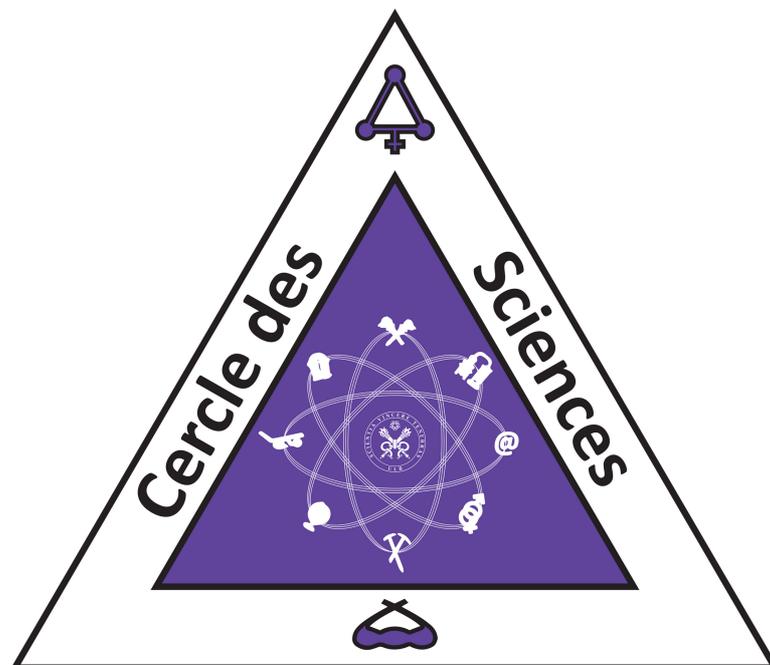


# Cercle des Sciences

Année académique 2022-2023

## Recueil d'examens

Géographie



UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

# Introduction

Hello à toi, futur.e géographe !)

Tu viens de rentrer à l'unif et t'es un peu déboussolé.e par tous les changements, les nouveaux cours et la manière de préparer tes examens ? Alors ce recueil te sera sans doute plus qu'utile.

Dans les pages qui suivront, tu trouveras les descriptions de chaque cours + les examens des années précédentes (corrigés mais parfois, quelques fautes s'y sont glissées). Je te conseille fort fort de consulter ce recueil avant un examen pour te préparer au mieux, une fois que tu auras étudié la matière.

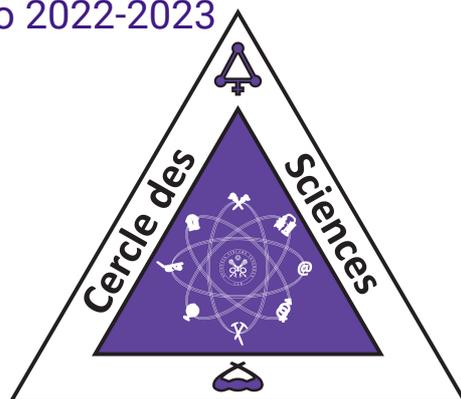
Pour t'expliquer un petit peu, les matières du Q1 et du Q2 sont assez différentes.

Au Q1, tu seras bassiné.e de sciences (math, chimie, physique) et d'un autre cours général déjà plus relatif à la géo. Ne prends pas les sciences à la légère parce que c'est beaucoup plus conséquent que ça en a l'air!! Au Q2, tu auras encore un peu de ces trois matières, mais le reste, c'est que de la géo ! Tu verras, c'est fort diversifié et assez introductif par rapport à ce qui va suivre tout au long de ton cursus. Alors accroche-toi vraiment au Q1 sans te demander pourquoi tu as choisi de faire des études en géographie, le meilleur reste à venir !)

En novembre, des tests facultatifs en sciences te seront proposés. Si tu les rates, rien n'est comptabilisé. Si tu les réussis, ces notes compteront pour 20-25% de ta note de janvier. Et crois-moi, ça peut vraiment te sauver ! Alors même si tu t'amuses à fond pendant l'année (ce que je te souhaite plus que tout), je te conseille vraiment de les faire, c'est QUE du bonus ! Autre chose qui peut te sauver en BA1, c'est que si tes examens de janvier ne se passent pas bien, tu peux les repasser en juin (et en août en seconde sess, comme pour tous les exams).

Quoi qu'il arrive, ne baisse pas les bras et dis-toi vraiment que le meilleur reste à venir ! N'hésite pas aussi à demander de l'aide à d'autres étudiant.e.s en géo de ton année ou des années supérieures. On est une petite famille donc autant en profiter pour rester solidaires ;)

Nina Nemry, cooptée géo 2022-2023



# Table des matières

Chim-f101 ..... p4

Phys-f104 ..... p227

Math-f112 ..... p475

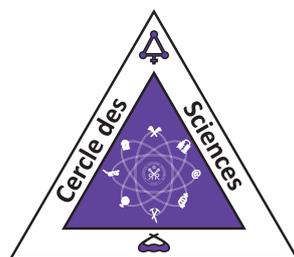
Envi-f1001 ..... p595

Geol-f105 ..... p615

Geog-f102 ..... p616

Geog-f1001 ..... p633

Geog-f103 ..... p553



# Chim-F101 / 10 crédits

Ce cours te suivra toute l'année. C'est sans doute un des cours voire LE cours le plus compliqué de BA1.

Les cours théoriques sont intéressants pour bien comprendre la matière parce que les slides ne sont pas toujours bien clairs et complets. Je te conseille d'y aller. Quant aux séminaires (les séances d'exos) je te conseille vraiment vraiment d'y aller ! Les assistant.e.s font des récaps au début de chaque séance pour t'aider un max à résoudre les exos. Si tu te sens un peu perdu.e ou que tu ne comprends pas tout, n'hésite pas à aller en guidance :)

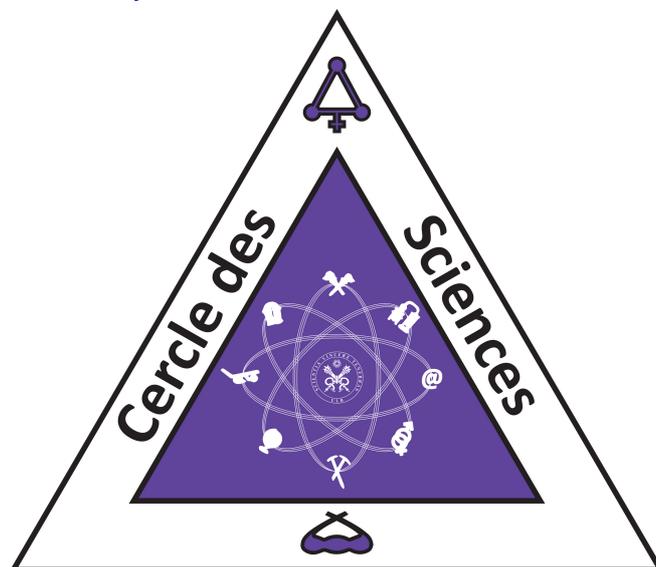
En tout début d'année, il y a des tests en ligne (travaux personnels) qui sont une sorte de remise à niveau par rapport à la matière généralement vue en secondaire. Tu peux gagner un point bonus en janvier (1/20 !!) en les réussissant et en validant une des questions de l'examen de janvier. Puis il y a les tests de novembre dont je t'ai un peu déjà parlé. Essaie de gratter un max de points comme ça déjà !!

Tu te doutes bien, les examens sont généralement plus difficiles que les séminaires. Donc avant d'essayer de faire un exam, je te conseille de refaire tous tous les exos des séminaires. Puis de t'entraîner avec un max d'exams !

L'examen de janvier est divisé en deux parties : la théorique et les exercices. Celui de juin, seulement exercices. Janvier et juin, c'est 50/50. D'ailleurs, la partie exercice (janvier comme juin) est à cours ouvert donc prends avec toi les séminaires les plus complets possibles, des anciens exams,... Bref tout ce qui pourra te sauver !

En juin, tu auras aussi un oral, qui comptera pour une partie de de tes points de chimie.

Aussi, au Q1, tu auras des labos (4-5 en tout). En décembre, tu auras un exam de labo divisé en deux parties. Une partie théorique (sous forme de test écrit) qui reprend quelques concepts de labos (des formules avec unités, calculs d'erreur,...). Puis une partie pratique où tu devras réaliser un titrage, dilution et calcul d'erreur. Si tu es allé.e à tous les labos et que tu te les remémores bien avant dans tous les détails, ça devrait le faire !





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 5 janvier 2015

### Première partie - Théorie

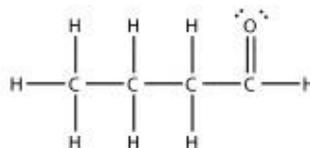
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

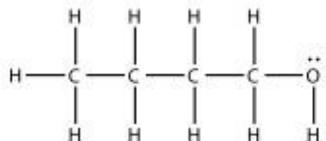
#### QUESTION 1 (15 points).

Considérez trois corps purs :

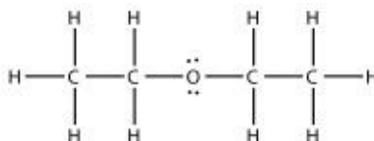
- le butanal ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$ )



- le butan-1-ol ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ )



- l'éthoxyéthane ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ )



- a) Classez ces composés dans l'ordre croissant de leur température d'ébullition.
- b) Justifiez ce choix sur base des interactions existant entre les molécules de ces composés.



Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 05 janvier 2015 – Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2 (20 points)**

- Définissez le terme « adiabatique ».
- Expliquez comment évoluera la vitesse moyenne des particules d'un gaz si l'on augmente le volume de manière adiabatique.
- Quel sera l'effet de cette opération sur la température du gaz ?

Considérez la détente isotherme d'un gaz.

- Existe-t-il un transfert de chaleur entre l'environnement et le système ? Justifiez.
- La vitesse moyenne des molécules est-elle modifiée ? Justifiez.

Considérez la détente isotherme de deux récipients de volume identique. L'un contient de l'argon et l'autre du diazote. Existe-t-il une éventuelle variation de l'entropie de l'environnement suite à l'opération ? Si oui, pour quel récipient cette variation serait-elle la plus forte et quel serait le signe de celle-ci ? Justifiez votre réponse.

Deux récipients de 2,241 L sont portés à la température de 0°C. L'un contient 1,000 mol d'argon et l'autre 1,000 mol d'ammoniac.

- Expliquez à quel gaz l'équation d'état des gaz parfaits s'applique le mieux.
- Pour quel récipient la pression mesurée est-elle la plus élevée ? Justifiez et estimez la valeur de celle-ci (sans machine).



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (20 points)

Face à l'évolution des cours et des réserves de pétrole, certains acteurs de la pétrochimie ont développé des unités de production de carburant liquide synthétisé à partir d'un mélange de  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  en présence d'un catalyseur.

- 1) Ecrivez l'équation chimique équilibrée de la réaction qui produit de l'octane ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) et de la vapeur d'eau.
- 2) Prédisez le signe de la variation d'entropie de la réaction. Justifiez.
- 3) La réaction étant spontanée dans les conditions de la synthèse, quelle conclusion pouvez-vous tirer sur le signe de  $\Delta_r H$  ? Justifiez votre réponse.
- 4) Existe-t-il une température d'inversion pour cette réaction ? Justifiez.



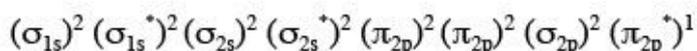
Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 05 janvier 2015 – Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4 (10 points)**

Soit la configuration électronique complète d'une molécule à l'état fondamental :



- A quelle molécule – CO, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NO ou F<sub>2</sub> – correspond-elle ?
- Comparez les longueurs de liaison de cette molécule avec celles de son cation monovalent et justifiez votre réponse.
- Cette molécule est-elle para- ou diamagnétique? Expliquez.

(Les symboles des éléments de la deuxième période sont dans l'ordre Li, Be, B, C, N, O, F, Ne.)

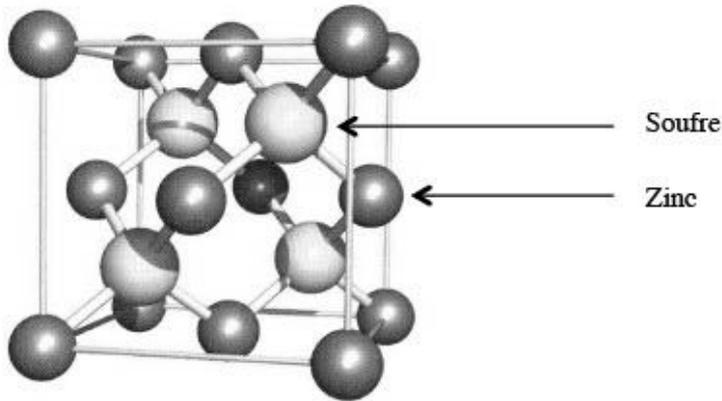


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5 (15 points)**

La figure ci-dessous représente la maille cristalline d'un minéral constitué d'atomes de zinc et de soufre.



- a) Sur base d'un décompte d'atomes, identifiez la formule brute de ce composé.
- b) Le soufre et le zinc appartiennent à la 3<sup>ème</sup> et à la 4<sup>ème</sup> période, respectivement. Expliquez pourquoi on a représenté les atomes de soufre plus volumineux que les atomes de zinc.





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 5 janvier 2015

### Seconde partie - Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**QUESTION 1** (25 points). *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels des étudiants en sciences physiques.*

L'alliage Sn/Pb est souvent utilisé en soudure car ce mélange fond à basse température (183°C). Quand 5,00 g de cet alliage sont plongés dans une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène en excès, un gaz se dégage et il y a apparition d'un précipité blanc de masse 2,55 g.

Les états d'oxydation des deux métaux sont de +2 en fin de réaction.

- Ecrivez les équations ioniques nettes des processus chimiques observés lorsque l'alliage est plongé dans la solution de chlorure d'hydrogène.
- Quelle est la fraction massique de l'étain dans cet alliage ?
- Quel est le volume du gaz dégagé à température et pression normales ?



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2 (25 points)**La vitesse d'un électron éjecté d'une surface métallique par un photon est de  $6,201 \cdot 10^2$  km/s.

- Quelle est la longueur d'onde associée au mouvement de l'électron éjecté ?
- Que vaut le travail d'extraction si la fréquence du rayonnement pour éjecter un électron est de  $1,100 \cdot 10^{15}$  Hz ?
- Dans quelle partie du spectre électromagnétique se situe l'énergie utilisée pour arracher l'électron ?
- Quelle est l'incertitude minimale sur la position de l'électron sachant que sa vitesse est connue à  $\pm 0,1$  km/s ?



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3 (25 points)**

L'indium est un métal gris brillant à bas point de fusion (156 °C). Sa récente utilisation massive, notamment dans les écrans plats, a fait passer son prix de 80 €/kg à 800 €/kg entre 2001 et 2005. La pénurie actuelle en fait une matière première minérale d'un enjeu socio-économique majeur.

Un industriel veut faire fondre 1,000 kg d'indium pur pour en faire un lingot. Pour cela, il utilise un dispositif qui permet la combustion complète d'un mélange gazeux de méthane et d'éthane. À la fin de la réaction, 5,342 g de dioxyde de carbone et d'eau (liquide) ont été produits. La température initiale de l'indium est de 25°C ; son enthalpie de fusion est de 3,270 kJ.mol<sup>-1</sup> et sa capacité calorifique est de 26,75 J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

- Ecrivez les réactions de combustion des deux gaz.
- Quel volume du mélange de gaz à 25 °C sous 1,000 atm est nécessaire pour réaliser cette opération ?

*(Considérez l'absence de toute perte calorifique et la capacité calorifique constante dans la plage de température mentionnée. Négligez la variation de l'enthalpie molaire de réaction avec la température.)*



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4 (25 points)**

Une expérience de diffraction des rayons X ( $\lambda = 0,1541$  nm) d'un cristal donne un angle de diffraction de premier ordre de  $29,32^\circ$  pour le plan (002). La substance a une masse volumique de  $10,22$  g/cm<sup>3</sup> et ses atomes adoptent une structure cristalline de type cubique centré.

- a) Représentez en trois dimensions une maille élémentaire du cristal et indiquez-y les axes et le plan (002).

Au moyen des données, répondez aux questions suivantes :

- b) Quelle est la masse molaire de cet élément ?  
c) Combien d'atomes un plan (001) d'une surface de  $1,000$  cm<sup>2</sup> traverse-t-il ?





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

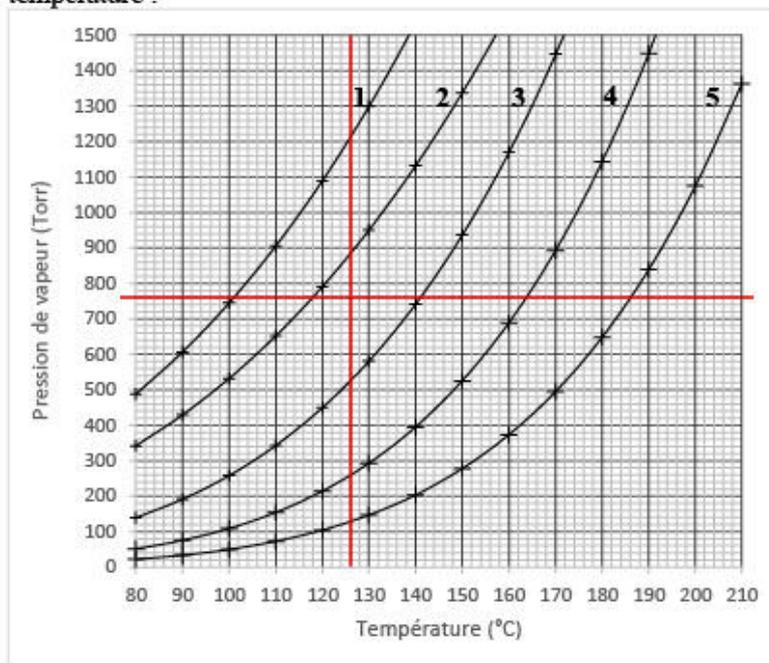
## EXAMEN DE CHIMIE du 26 mai 2015

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**QUESTION 1** (20 points). Une feuille supplémentaire est fournie pour répondre à cette question

Les pressions de vapeur de différents acides carboxyliques ont été mesurées en fonction de la température :



- 1) HCOOH
- 2) CH<sub>3</sub>COOH
- 3) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH
- 4) CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH
- 5) CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>COOH

a) Complétez le tableau ci-dessous. Détaillez vos calculs sur la feuille supplémentaire fournie.

	Acide propanoïque	Acide pentanoïque
Formule chimique	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
T <sub>ébul</sub> (°C) (à P atmosphérique)	141	186
ΔH <sub>vap</sub> <sup>0</sup> (kJ/mol)	33.8	45.9

b) À 126°C, l'acide propanoïque et l'acide pentanoïque forment un mélange idéal. On considère un mélange au-dessus duquel la pression totale au-dessus du mélange est égale à 330 Torr. Calculer les fractions molaires des deux acides dans la phase liquide et la phase gazeuse.

c) Dessinez, en utilisant les valeurs calculées, l'isotherme du mélange à 126 °C sur le graphique situé au bas de la feuille fournie.



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

1

a) Exemple de données sur le graphique

	T/°C	T/K	P/Torr
Acide propanoïque	170	443,15	1450
	100	373,15	260
Acide pentanoïque	210	483,15	1360
	120	393,15	100

Acide propanoïque :  $\Delta H_{vap}^0 = + 33,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Acide pentanoïque :  $\Delta H_{vap}^0 = + 45,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$

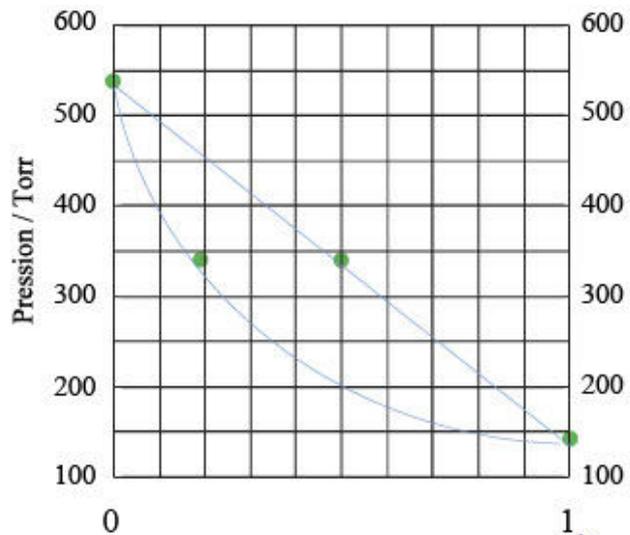
b) Acide propanoïque seul :  $P_{126^\circ\text{C}}^0 = 530 \text{ Torr}$

Acide pentanoïque seul :  $P_{126^\circ\text{C}}^0 = 130 \text{ Torr}$

c)

$$\chi_{Ac.propanoïque}^L = \frac{200}{400} = 0,500 \rightarrow \chi_{Ac.pentanoïque}^L = 1 - 0,500 = 0,500$$

$$\chi_{Ac.propanoïque}^V = \frac{0,500 \cdot 530}{330} = 0,803 \rightarrow \chi_{Ac.pentanoïque}^V = 1 - 0,803 = 0,197$$



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2 (20 points)**

- a) Des ions sulfures sont progressivement ajoutés à une solution contenant des ions cadmium, ferreux et ferrique. La concentration de chaque ion est égale à  $10^{-6}$  mol.L<sup>-1</sup>. Déterminez et justifiez la séquence d'apparition des précipités.
- b) Calculez la solubilité du sulfure de cadmium dans une solution aqueuse saturée de H<sub>2</sub>S à 0,1 mol.L<sup>-1</sup> ajustée à pH = 2,0 à 25°C.

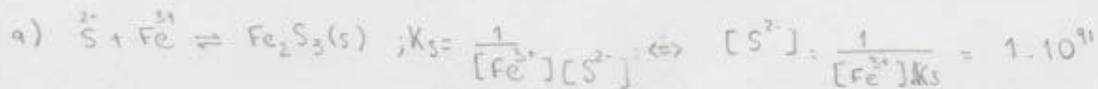
a)

La séquence d'apparition des précipités suit l'ordre croissant des concentrations en ions sulfures calculées :

$Fe_2S_3(s)$  puis  $CdS(s)$  puis  $FeS(s)$   
 1            2            3

b)

$[Cd^{2+}] = 1,4 \cdot 10^{-13}$  mol.L<sup>-1</sup>



Pareil pour  $CdS$  :  $[S^{2-}] = 7,14 \cdot 10^{-34}$

$FeS$  :  $[S^{2-}] = 6,29 \cdot 10^{-24}$

} Celui qui a besoin d'une concentration plus petite précipite d'abord.

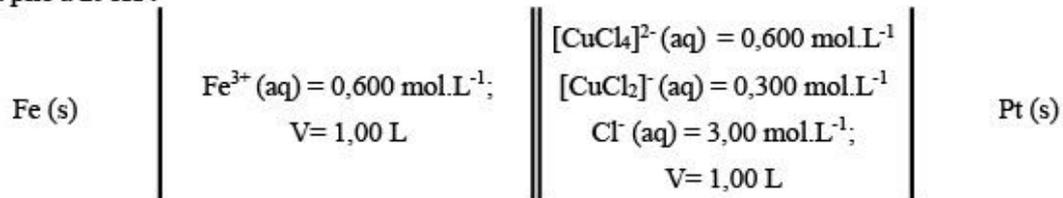


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

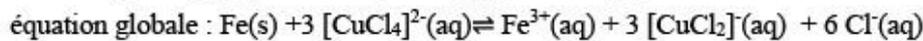
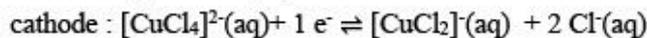
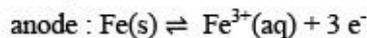
**QUESTION 3 (20 points)**

Soit la pile à 298K :



- a) Ecrivez les équations des demi-réactions qui se produisent à la cathode et à l'anode, ainsi que l'équation de la réaction globale.
- b) A l'aide des constantes de complexation des ions Cu(I) et Cu(II) et de la table des potentiels standard en solution aqueuse acide, calculez le potentiel standard de la cathode.
- c) Calculez la force électromotrice de cette pile.
- d) Quelle masse fer sera déposée sur l'électrode de fer si ce système est soumis à une électrolyse opérée avec un courant de 3,00 A pendant 90,0 minutes ? Que vaudra la force électromotrice après l'électrolyse ?

a)

b)  $\rightarrow E^{\circ} = 0,726 \text{ V}$ c)  $E_{\text{pile}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}} = + 0,729 \text{ V}$ d)  $\Delta E = +0,763 \text{ V}$ 

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4 (20 points)**

a) On dispose de deux solutions aqueuses :

- de l'acide maléique  $\text{HOOC-CH=CH-COOH}$  à  $0,300 \text{ mol.L}^{-1}$ - de l'hydroxyde de sodium à  $0,200 \text{ mol.L}^{-1}$ . Calculez le pH du deuxième point d'équivalence du titrage de  $20,0 \text{ mL}$  de la solution acide par la base forte. Écrivez les deux équations de neutralisation de ce diacide. Mentionnez un indicateur approprié.

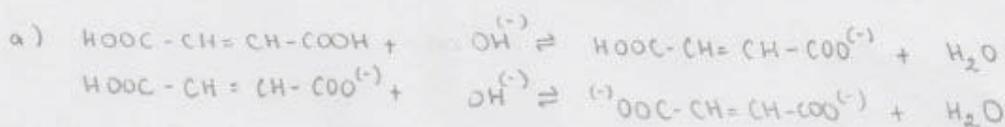
b) On dispose des deux solutions suivantes :

- une solution aqueuse de maléate de sodium à  $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ - une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène à  $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ .Quels volumes des deux solutions faut-il mélanger pour obtenir  $1,00 \text{ litre}$  d'une solution tampon de pH égal à  $6,00$ . Écrivez la réaction chimique qui se produit lors du mélange.c) Quel sera le pH après avoir rajouté à la solution tampon  $1,00 \text{ litre}$  de solution de  $\text{NaCl}$  à  $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$  ?posons  $\text{HOOC-CH=CH-COOH(aq)} = \text{H}_2\text{A(aq)}$ 

a)

$$\rightarrow \text{pOH} = 4,529 \quad \text{pH} = 9,47$$

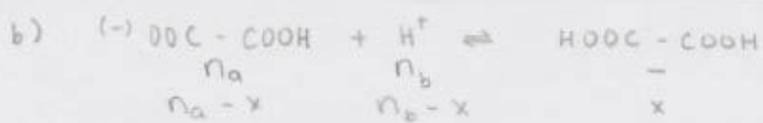
b)

→ Acide chlorhydrique :  $0,350 \text{ L}$ → Maléate de sodium :  $0,650 \text{ L}$ c) Le  $\text{NaCl (aq)}$  n'a aucune activité acido-basique. On dilue un mélange tampon, ce qui n'affecte pas le pH de celui-ci.
 $20 \text{ mL} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \rightarrow \text{on a besoin 2 fois de } 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol d'acide forte} \rightarrow 0,03 \text{ L} \times 2$ 

$$V_{\text{TOT}} = 0,08 \text{ L}$$

$$\text{OH} = \sqrt{K_{b2} \cdot M} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{a2}} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,08}} = 3,1 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \text{pOH} = 4,5$$





(maleate simplifié)

n: nre de moles

v: volume

1)  $V_a + V_b = 1$

$$\frac{n_a}{0,100} + \frac{n_b}{0,100} = 1$$

①  $n_a + n_b = 0,100$

3) ② en ①

$$10^{-6} = n_b - \frac{n_a}{1,857}$$

$$1,857 \cdot 10^{-6} = 1,857 n_b - n_a \quad ④$$

4) ④ et ①

$$1,857 \cdot 10^{-6} = 1,857 n_b - (0,100 - n_b)$$

$$1,857 \cdot 10^{-6} = 1,857 n_b - 0,100 + n_b$$

$$0,1 = 2,857 n_b$$

$$n_b = 0,035 \text{ mol} \rightarrow V_b = \frac{n_b}{0,100} = 0,350 \text{ L} \quad \text{et} \quad V_a = 0,650 \text{ L}$$

2)  $\text{pH} = 6 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-6} = n_b - x \quad ②$

$$\frac{1}{K_{a2}} = \frac{[\text{HOOC} - \text{COOH}]}{[\text{H}^+] [\text{OOC} - \text{COOH}]}$$

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+] [\text{OOC} - \text{COOH}]}{[\text{HOOC} - \text{COOH}]}$$

$$K_{a2} = \frac{(10^{-6})(n_a - x)}{x}$$

$$8,57 \cdot 10^{-3} x = 10^{-6} n_a - 10^{-6} x$$

$$1,857 \cdot 10^{-3} x = 10^{-6} n_a$$

$$x = \frac{n_a}{1,857} \quad ③$$

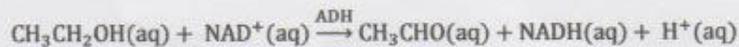


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5 (20 points)**

Dans le corps humain (37°C) l'éthanol est dégradé en éthanal dans le foie par le biais d'une enzyme (alcooldéhydrogénase, ADH):



Dans son laboratoire, un scientifique étudie cette réaction en mesurant la variation du pH au cours du temps à partir d'une solution à pH = 3,00 contenant  $4,37 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  d'éthanol.

t (h)	0,0	2,00	5,50	9,00	13,0	15,0	18,0
pH	3,00	2,12	1,72	1,52	1,35	1,35	1,35

- a) Déterminez graphiquement l'ordre partiel de réaction par rapport à l'éthanol ainsi que la valeur de la constante cinétique.  
 b) Combien de temps faut-il pour décomposer 50% d'éthanol à partir d'une solution contenant  $3,00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  d'éthanol.

a)

t (h)	0,0	2,00	5,50	9,00	13,0	16,5	19,0
pH	3,00	2,12	1,72	1,52	1,35	1,35	1,35
$[\text{H}^+]$	$1 \cdot 10^{-3}$	$7,586 \cdot 10^{-3}$	$1,905 \cdot 10^{-2}$	$3,020 \cdot 10^{-2}$	$4,467 \cdot 10^{-2}$	$4,467 \cdot 10^{-2}$	$4,467 \cdot 10^{-2}$
$[\text{H}^+]$ formé	0	$6,586 \cdot 10^{-3}$	$1,805 \cdot 10^{-2}$	$2,920 \cdot 10^{-2}$	$4,367 \cdot 10^{-2}$	$4,367 \cdot 10^{-2}$	$4,367 \cdot 10^{-2}$
$[\text{EtOH}]$	$4,37 \cdot 10^{-2}$	$3,71 \cdot 10^{-2}$	$2,56 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$3,16 \cdot 10^{-3}$	$3,16 \cdot 10^{-3}$	$3,16 \cdot 10^{-3}$

Ordre 0

b)  $t_{1/2} = 10,0$  heures

On trouve la constante graphiquement et le temps avec  $t_{1/2} = \frac{1}{2} \frac{A_0}{k}$

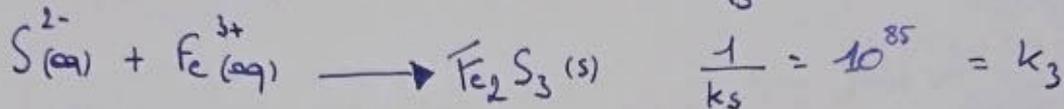
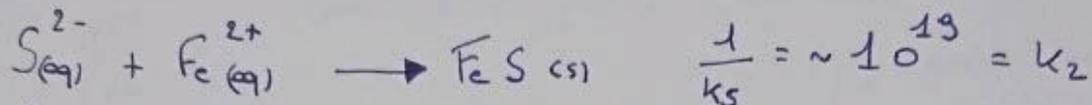
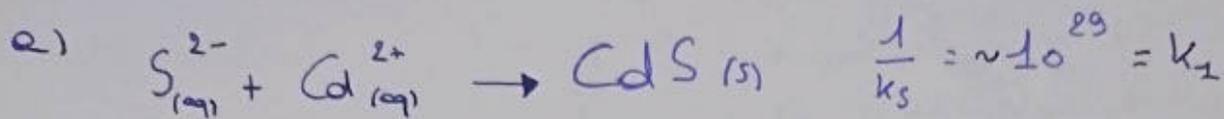


MVN

# Chimie: Mai 2015

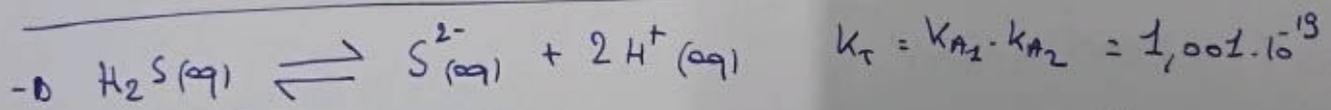
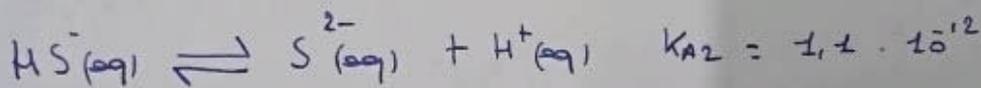
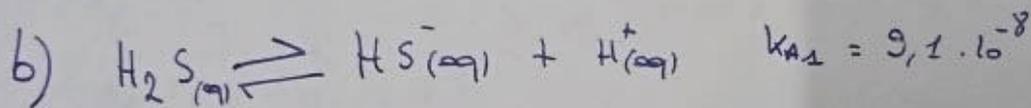
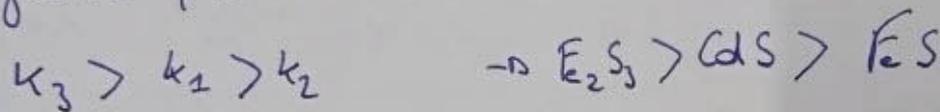
①

Q2



On voit ici que le  $Fe_2S_3$  va précipiter le plus rapidement puis le  $CdS$  puis le  $FeS$  car la constante de précipitation est plus grande que les autres.

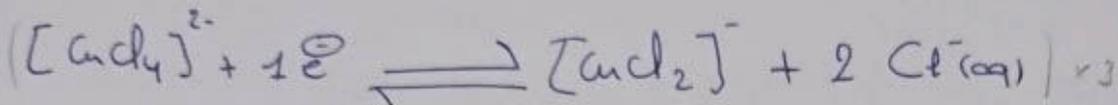
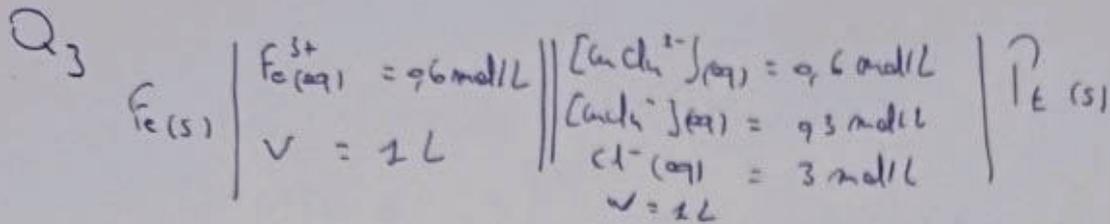
grande que les autres.



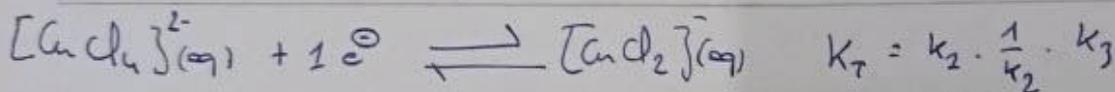
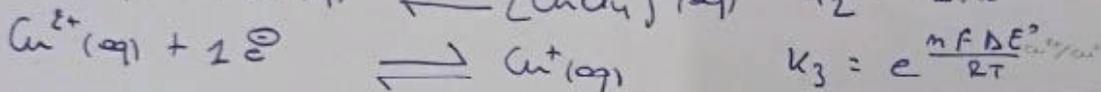
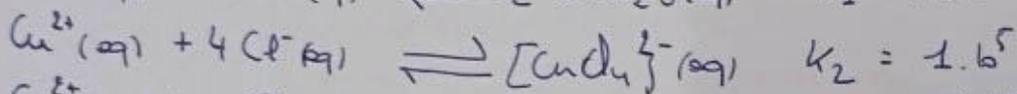
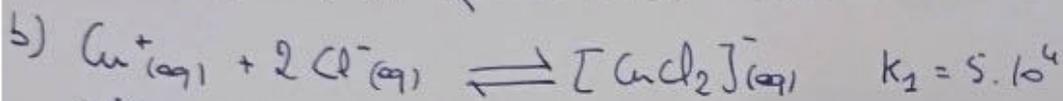
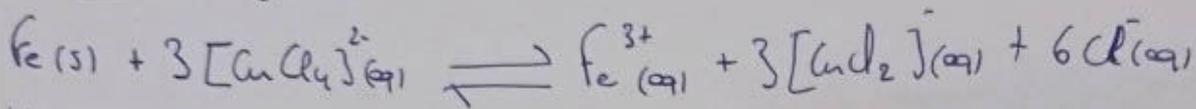
$$K_T = \frac{[H^+]^2 \cdot [S^{2-}]}{[H_2S]} \rightarrow [S^{2-}] = \frac{K_T \cdot [H_2S]}{[H^+]^2} = \frac{1,001 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1 \text{ mol/L}}{(10^{-2})^2}$$

$\rightarrow [S^{2-}] = 1,001 \cdot 10^{-16} \text{ mol/L}$

$K_S = [Cd^{2+}] [S^{2-}] \rightarrow [Cd^{2+}] = \frac{K_S}{[S^{2-}]} = \frac{1,40 \cdot 10^{-29}}{1,001 \cdot 10^{-16}} = 1,40 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$



Equation globale:



$= 193,48$

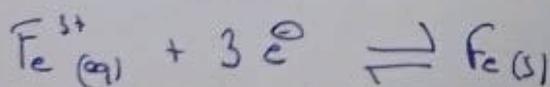
on sait que :  $K_T = K = e^{\frac{nF \Delta E^{\circ}}{RT}} \rightarrow \Delta E^{\circ}_{\text{complete}} = \frac{\ln K \cdot RT}{nF} = 0,135 \text{ V}$

c)  $\Delta E = \Delta E_{\text{cath}} - \Delta E_{\text{anode}} = 0,137 \text{ V}$

$\Delta E_{\text{cath}} = \frac{0,135 - 8,314 \cdot 298}{96485} \cdot \ln \left( \frac{[\text{Cl}^{-}]^2 \cdot [\text{CuCl}_2]}{[\text{CuCl}_4^{2-}]} \right) = 0,096 \text{ V}$

$\Delta E_{\text{anode}} = \frac{-0,037 - 8,314 \cdot 298}{3 \cdot 96485} \cdot \ln \left( \frac{1}{[\text{Fe}^{3+}]} \right) = -0,041 \text{ V}$

d)  $m_{\text{e}^{-}} = \frac{Q}{F} = \frac{it}{F} \rightarrow m_{\text{e}^{-}} = \frac{3 \cdot 5400}{96485} = 0,168 \text{ mol}$



$i: n = 0,6 \quad 0,168$

$\Rightarrow n = 0,6 \cdot \frac{0,168}{3} = 0$

$= 0,544 \text{ mol}$

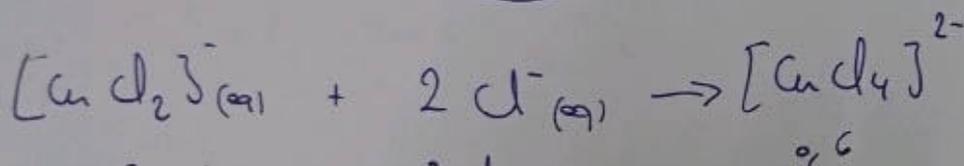
$\frac{0,168}{3} = 0,056 \text{ mol}$

$m_{\text{Fe}} = (0,056 \cdot 55,845) \text{ g} = 3,13 \text{ g}$

1 MVM

Chimie Mai 2015

1 bis



i: 0,3 mol

3 mol

0,6

$$\Rightarrow 0,3 - 0,168 \\ = 0,132 \text{ mol}$$

$$3 - (2 \cdot 0,168) \\ = 2,664 \text{ mol}$$

$$0,6 + 0,168 \\ = 0,768 \text{ mol}$$

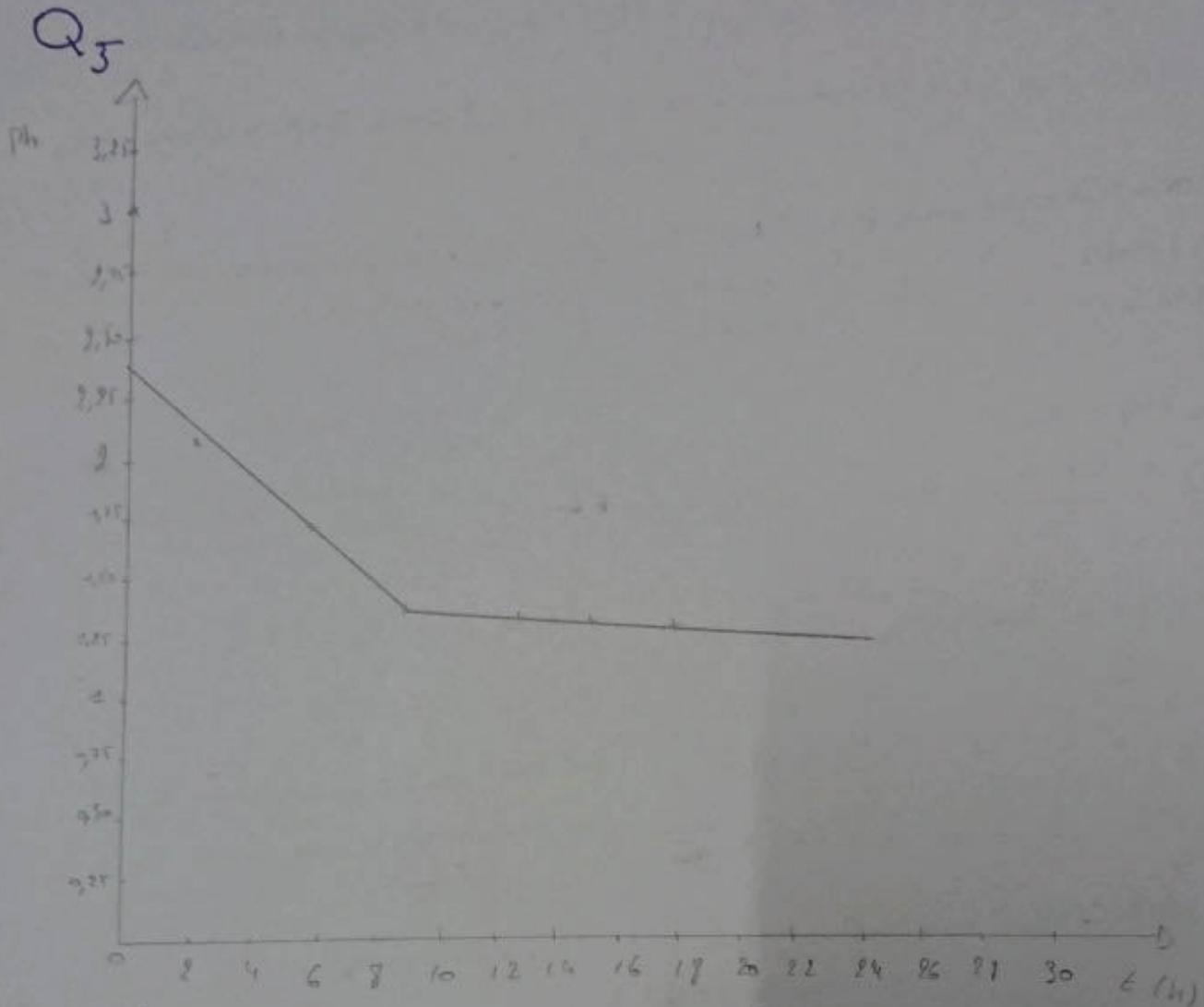
$$\Delta E = E_{\text{cath}} - E'_{\text{Anode}} = 0,172 \text{ V}$$

$$E'_{\text{cath}} = 0,135 - \frac{8,314 \cdot 298}{1 \cdot 96485} \cdot \ln \left( \frac{[\text{Cl}^-]_{\text{eq}}^2 \cdot [\text{CuCl}_4]_{\text{eq}}^-}{[\text{CuCl}_2]_{\text{eq}}^{2-}} \right) = 0,130 \text{ V}$$

$$E'_{\text{Anode}} = -0,037 - \frac{8,314 \cdot 298}{3 \cdot 96485} \cdot \ln \left( \frac{1}{[\text{Cl}_2]_{\text{eq}}} \right) = -0,042 \text{ V}$$

MVM

Chimie: Mai 2015  
②



a) la courbe décroît puis se stabilise. Ce type de graphique correspond à l'ordre 0

b) 50% ethanol =  $t_{1/2}$

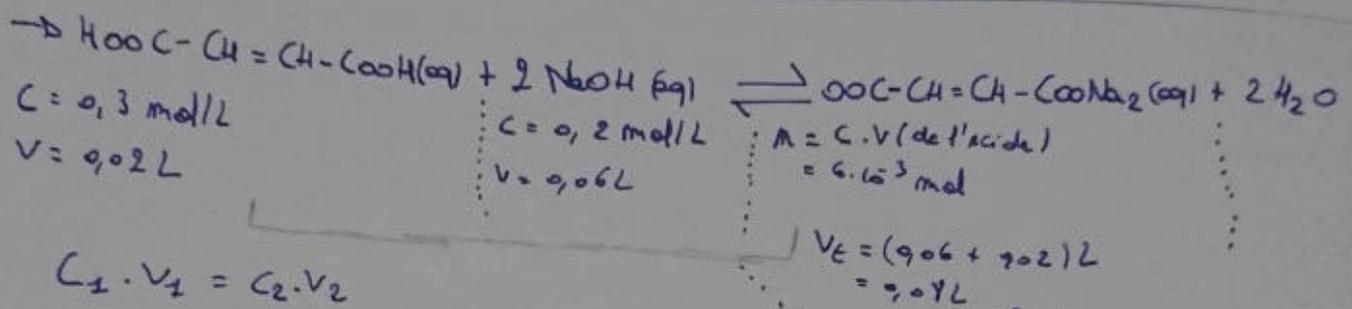
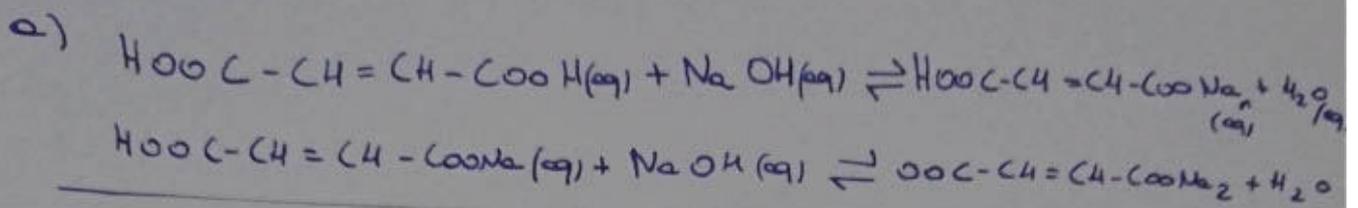
$$\frac{[Et]_0 - [Et]}{k_2}$$

Par graphique je trouve  $k = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}\cdot\text{h}$   $\left| \begin{array}{l} \frac{[Et]_0 - [Et]}{t} \\ \frac{3 - 0,5}{9 - 0} \end{array} \right. \rightarrow t_{1/2} = 3,24 \cdot 10^3 \text{ h}$

$$[Et]_0 = \frac{c}{m} = \frac{3 \text{ g/L}}{46 \text{ g/mol}} = 0,065 \text{ mol/L}$$

$$t_{1/2} = \frac{[Et]_0}{k_2} \cdot \frac{1}{2} = 10,02 \text{ h}$$

1 Q4



$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$\rightarrow \frac{V_2}{2} = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2} = 0,03 \text{ L} \rightarrow V_2 = 0,06 \text{ L}$$

$$\text{pH} = 14 + \log \sqrt{K_{a2} \cdot C_b}$$

$$= 9,47$$

b)  $\text{pH} = 6 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-6}$  on sait aussi: que  $[\text{H}^+] = K_{a2} \frac{C_a}{C_b}$

$$\rightarrow \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} = \frac{C_a}{C_b} \rightarrow 1,167 = \frac{m_a}{m_b} \text{ (on peut ramener } C_a \text{ } \rightarrow \text{ m}_a \text{ car le } V_E \text{ est le m\^eme)}$$

ON SAIT :  $m_a = 0,1 \cdot V_A$  et que  $m_b = 0,1 V_b - 0,1 V_A$

$$- V_b + V_A = 1 \Rightarrow V_b = -V_A + 1$$

$$\Rightarrow 1,167 = \frac{0,1 \cdot V_A}{0,2 - 0,1 V_A - 0,1 V_A} \Rightarrow 0,117 = 0,333 V_A$$

$$\Rightarrow V_A = 0,350 \text{ L}$$

$$V_b = 1 - V_A = 0,650 \text{ L}$$

B → molécule de Sodium  
A → HCl

c) Ça n'aura aucun effet car NaCl est un élément inactif.  
Car  $\text{Na}^+$  acide inactif et  $\text{Cl}^-$  base inactif.

MVN

# Chimie : Mai 2015

③

Q<sub>1</sub>

a)

	Acide propanoïque	acide pentanoïque
Formule :	<chem>CH3CH2COOH</chem>	<chem>CH3(CH2)3COOH</chem>
T <sub>éb</sub> :	141°C	186°C
$\Delta H_{vap}$ :	33,8	45,9

④ Formule de Clausius-Clapeyron :  $\ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = \frac{-\Delta H_{vap}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

b) à 126°C → mélange idéal

$$P_T = P_A^0 \cdot X_A^L + P_B^0 \cdot X_B^L \Rightarrow 330 = 520x + 130(1-x)$$

$$\Rightarrow x = \frac{330 - 130}{520 - 130} = 0,513$$

où  $P_T = 330 \text{ ton}$       $1 = x + y$

$x = X_A^L$       $1-x = y$

$y = X_B^L$

$$\Rightarrow X_A^L = 0,523 \text{ et } X_B^L = 0,487$$

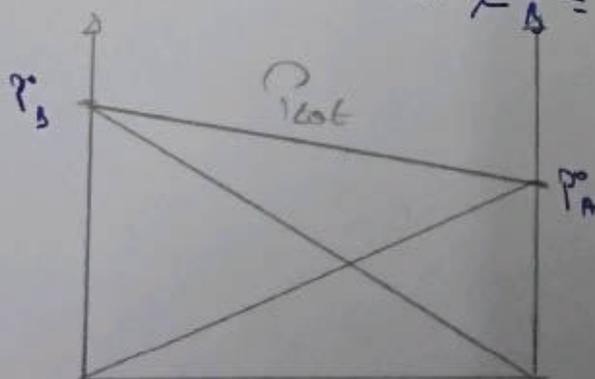
$$X_A^V = \frac{P_A^0 \cdot X_A^L}{P_A^0 \cdot X_A^L + P_B^0 \cdot X_B^L} = 0,808$$

$$P_A^0 \cdot X_A^L + P_B^0 \cdot X_B^L$$

$$1 - X_A^V = X_B^V$$

$$\Rightarrow X_A^V = 0,192$$

c)





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 4 janvier 2016

### I. Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

#### QUESTION 1 (10 points)

Voici différentes propositions de configuration électronique pour des atomes.

- 1) Identifiez, à l'aide d'une croix, celles qui sont correctes.
- 2) Parmi les configurations correctes, identifiez de la même manière si la configuration est celle de l'état fondamental ou celle d'un état excité de l'atome.
- 3) Donnez la position dans le tableau périodique (numéro ou nom de la famille, numéro de la période) des configurations correctes.

	Correcte	État fondamental	État excité	Famille	Période
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$					
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5 5s^1$					
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$					
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$					
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^7 4s^2$					



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2** (25 points)

Remplissez le tableau suivant, qui liste un ensemble de propriétés moléculaires. L'oxygène et le soufre appartiennent tous deux à la 6<sup>e</sup> famille des groupes principaux, tandis que l'iode et le chlore sont des halogènes (famille VIIa).

	HIO <sub>3</sub>	SCl <sub>2</sub>
Nomenclature		
Structure(s) de Lewis		
Charges formelles		
Géométrie		
Types d'interactions intermoléculaires possibles		

À votre avis, laquelle de ces deux molécules a l'enthalpie de vaporisation standard ( $\Delta_{\text{vap}}H^\circ$ ) la plus élevée ? Justifiez sur base des réponses apportées dans le tableau ci-dessus.



NOM, Prénom: ..... \_\_\_\_\_

Section et numéro de matricule : ..... 3

---

**QUESTION 3** (20 points)

La molécule de difluor (nombre atomique  $Z=9$ ) est diamagnétique, alors que celle de dioxygène ( $Z=8$ ) est paramagnétique. Justifiez cette différence en faisant appel à la structure électronique fondamentale de ces deux molécules, telle que donnée par la théorie des orbitales moléculaires. Sur la base de ces mêmes configurations, déterminez à laquelle de ces deux molécules est associée l'énergie de liaison la plus élevée.

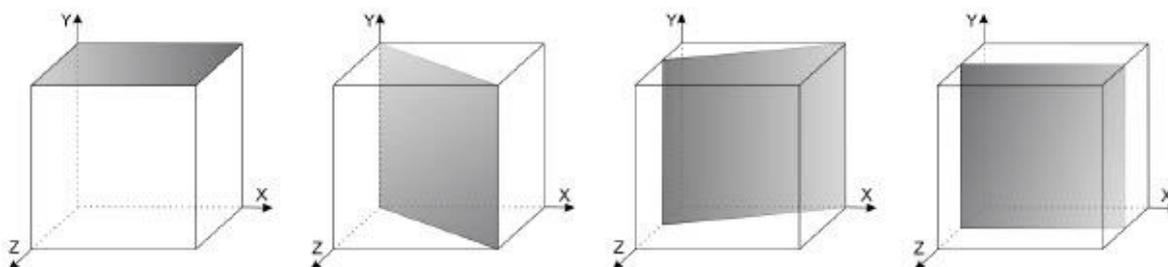


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4** (8 points)

Déterminez les indices de Miller ( $h,k,l$ ) des plans suivants, faisant partie d'un réseau cubique :



**QUESTION 5** (7 points)

On observe souvent qu'un gaz réel suit l'équation des gaz parfaits pour une certaine température  $T_B$ , appelée la « température de Boyle ». Obtenez une expression pour cette température en fonction des paramètres  $a$  et  $b$  de l'équation de van der Waals

$$P = \frac{RT}{V_m - b} + \frac{a}{V_m^2}$$

dans laquelle  $V_m$  est le volume molaire du gaz, maintenu constant. Notez qu'avec cette notation, l'équation des gaz parfaits est donnée par  $P = RT/V_m$ .



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 6** (15 points)

La formation d'acide acétique à partir de ses éléments dans leur état de référence est un processus exothermique dans les conditions standard, que cet acide soit sous forme liquide ou gazeuse :



- Quel est le signe de la variation d'entropie pour chacune de ces réactions ? Justifiez.
- Calculez l'enthalpie de vaporisation de l'acide acétique.
- Existe-t-il une température d'inversion pour la vaporisation de l'acide acétique ? Justifiez.



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 6

**QUESTION 7 (15 points)**

Vous trouverez ci-dessous une série de questions à choix multiples. Indiquez la seule réponse correcte en noircissant la case correspondante et justifiez votre choix en une ligne maximum.

*Pondération : réponse valide et justifiée : 3 points ; réponse valide non justifiée : 1 point ; pas de réponse : 0 point ; réponse incorrecte : - 1 point !*

a) Soit deux gaz parfaits de masse molaire  $M_1$  et  $M_2$ , respectivement aux températures  $T_1$  et  $T_2$ . Laquelle de ces affirmations concernant la vitesse moyenne des particules,  $v_1$  et  $v_2$ , est correcte ?

- Si  $M_1 > M_2$  et  $T_1 < T_2$ , alors  $v_1 > v_2$
- Si  $M_1 < M_2$  et  $T_1 \neq T_2$ , alors  $v_1 = v_2$
- Si  $M_1 > M_2$  et  $T_1 = T_2$ , alors  $v_1 < v_2$
- Si  $M_1 = M_2$  et  $T_1 > T_2$ , alors  $v_1 < v_2$

Justification :

b) Dans le diagramme des phases d'un corps pur, la variance de Gibbs le long de la courbe correspondant à l'équilibre solide-gaz vaut

- 1
- 0
- 1
- 2

Justification :

c) La capacité calorifique molaire à pression constante d'un certain gaz diatomique à TPN vaut  $(7/2)R$ . Cette valeur peut être attribuée aux degrés de liberté de

- translation et vibration
- rotation et translation
- vibration, translation et rotation
- rotation et vibration

Justification :

d) Une orbitale moléculaire anti-liante

- ne peut jamais contenir d'électrons.
- est caractérisée par une probabilité de présence négative.
- est énergétiquement moins stable que l'orbitale liante correspondante.
- ne joue aucun rôle dans le calcul de l'ordre de liaison d'une molécule diatomique.

Justification :

e) Selon les lois de la thermodynamique, durant toute transformation spontanée

- l'entropie de l'univers augmente.
- l'énergie de l'univers diminue.
- l'enthalpie du système reste constante.
- l'énergie libre de Gibbs du système augmente.

Justification :





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 4 janvier 2016

### II. Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**QUESTION 1** (25 points). *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels des étudiants en sciences physiques.*

Le zinc est le quatrième métal le plus utilisé sur terre. Il est extrait d'un minerai contenant du sulfure de zinc. La première étape de la purification du zinc est l'oxydation du sulfure de zinc contenu dans le minerai par le dioxygène de l'air. Cette réaction mène à la formation à 910 °C d'oxyde de zinc solide et de dioxyde de soufre gazeux. Dans un second temps, on effectue une réduction de l'oxyde de zinc à 1300 °C en le faisant réagir avec du monoxyde de carbone. Cette deuxième réaction conduit à la formation de dioxyde de carbone et de zinc métallique gazeux.

- Écrivez les équations moléculaires des deux réactions mentionnées.
- Calculez la fraction massique du zinc dans un minerai dont la purification d'un échantillon de 0,500 kg a nécessité 3000 L d'air à 910 °C et à pression atmosphérique.

Les fractions molaires des différents constituants présents dans l'air utilisé sont :  
21,0 % d'O<sub>2</sub>, 77,8 % de N<sub>2</sub> et 1,20 % de gaz inertes.



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

---

**QUESTION 2** (25 points)

Dans l'eau la pression augmente d'une atmosphère tous les 10 m, au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Les plongeurs en scaphandre autonome doivent respirer le contenu de leur bouteille de plongée à la pression ambiante, c'est-à-dire à la pression qui règne là où ils se trouvent à un moment donné de la descente. Considérons le cas d'un plongeur ayant rempli une bouteille de 10 litres d'air à 25 °C et à une pression de 180 atm. Combien de temps cette bouteille lui permettrait-elle de respirer à une profondeur de 35 mètres et une température de 10 °C, sachant qu'il respire 12 fois par minute et que chaque respiration consomme 0,50 L d'air ?

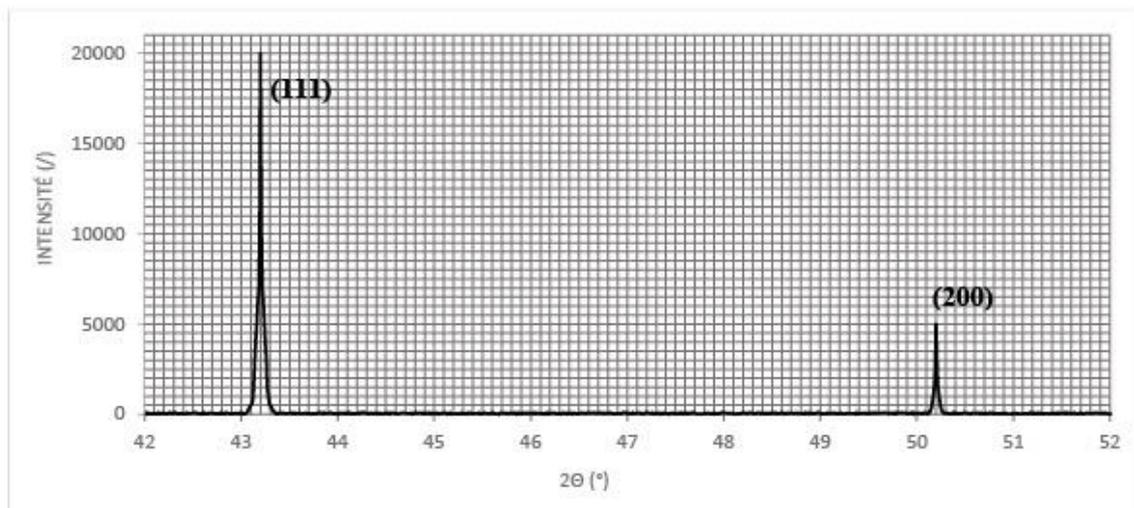


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (25 points)

Soit le graphe de la diffraction de rayons X du cuivre pur (cubique à faces centrées) :



À partir des données tirées de ce graphique, dans lequel les indices de Miller des plans concernés sont indiqués, on vous demande :

- de calculer le paramètre de maille du cuivre, sachant que la longueur d'onde des rayons X incidents vaut 0,154 nm.
- de déterminer la valeur de la distance minimale entre deux atomes de cuivre et d'en déduire la valeur du rayon cristallographique d'un atome de cuivre.



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

---

**QUESTION 4** (25 points)

L'énergie libérée par la combustion d'une bougie de 35,68 g, constituée de pentacosane ( $C_{25}H_{52}$ ), est utilisée pour chauffer une canette en aluminium contenant 330 g d'eau. La combustion de la bougie a lieu sous une pression de 1 bar et la canette vide pèse 13,2 g. La température de l'eau et de la canette est initialement de 20,0 °C et atteint 60,0 °C après chauffage. La bougie est éteinte à ce moment et sa masse finale est alors de 34,49 g.

- a) Ecrivez l'équation de combustion du pentacosane.
- b) On considère que les pertes calorifiques sont négligeables et que les différentes capacités calorifiques impliquées restent constantes. Dans ces conditions, calculez la valeur de l'enthalpie de formation du pentacosane dans les conditions standard.





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

---

## EXAMEN DE CHIMIE du 23 mai 2016

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

---

### **QUESTION 1** (15 points).

L'éthanol et le méthanol sont 2 alcools dont les températures d'ébullition normales valent 79 °C et 65 °C respectivement.

- Que vaut leur tension de vapeur à 75 °C ?
- Si une solution contient 35,0 g de méthanol et que la pression de la vapeur en équilibre avec cette solution vaut 1,00 atm à 75 °C, quelle masse d'éthanol contient-elle ?
- Quelles sont les fractions molaires des deux constituants dans la phase vapeur surmontant la solution ?



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

---

**QUESTION 2** (20 points)

L'activité des protéines, comme par exemple les enzymes, n'est efficace que dans des domaines de pH limités, qui stabilisent les conformations actives des macromolécules biologiques et optimisent les vitesses de réactions biochimiques. Ainsi, le pH du sang fœtal humain à 37 °C doit être maintenu à 7,3. Cela est possible grâce, entre autres, au couple acide-base  $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$  qui fait du sang un milieu tamponné. Nous désirons recréer ces conditions en laboratoire.

- a) Que vaut le  $\text{p}K_{a1}$  de l'acide carbonique à 37 °C ?
- b) De quel volume d'une solution de  $\text{CO}_2(\text{aq})$  à 0,20 M avons-nous besoin pour préparer, à partir de 120 mg de  $\text{NaOH}(\text{s})$ , une solution tampon au pH désiré à 37 °C ?



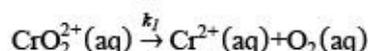
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

3

**QUESTION 3** (25 points)

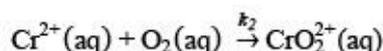
Le chlorure de chromyle,  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ , est un oxydant puissant qui permet, par exemple, d'oxyder le toluène en benzaldéhyde. Un chercheur veut synthétiser cette molécule via l'oxydation d'ions  $\text{Cr}^{2+}$  par du dioxygène :  $\text{Cr}^{2+}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CrO}_2^{2+}(\text{aq})$ . Pour caractériser la cinétique de cette réaction, il étudie dans une première expérience (menée à 25 °C) la vitesse de décomposition de l'ion chromyle :



La réaction a pour constante de vitesse  $k_1 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Après 16 minutes et 40 secondes, la concentration en ions  $\text{CrO}_2^{2+}$  vaut  $1,5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- Quel est l'ordre en  $\text{CrO}_2^{2+}$  de cette réaction ? Que vaut le temps de demi-réaction ?
- Calculez la concentration initiale en  $\text{CrO}_2^{2+}$ .

Dans un deuxième temps, il mesure la vitesse initiale,  $v_0$ , de la réaction de formation de l'ion chromyle :



Les conditions initiales utilisées sont les suivantes :

	$[\text{Cr}^{2+}]$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$[\text{O}_2]$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$v_0$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )
Expérience 1	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	3,6
Expérience 2	$6,0 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	14,4
Expérience 3	$1,5 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-4}$	7,2

- Déterminez l'ordre global et les ordres partiels de cette deuxième réaction.
- Déterminez le temps de demi-réaction pour l'Expérience 1 dans le tableau ci-dessus.



Examen de chimie - mai 2016

NOM, Prénom: .....

\_\_\_\_\_

Section et numéro de matricule : .....

4

---

**QUESTION 3** (*suite*)



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 4** (20 points)

On réalise la synthèse du thiosulfate de sodium,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ , en faisant réagir, à 25 °C et en milieu acide, 50 mL d'une solution aqueuse de sulfite de sodium de concentration  $5,03 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  avec 1,46 g de soufre solide rhomboédrique,  $\text{S}(\text{s})$ .

- Calculez le degré d'oxydation du soufre dans les trois composés mentionnés.
- Ecrivez les demi-équations redox correspondant aux couples impliqués et la réaction globale, correspondant à la synthèse du thiosulfate de sodium.
- Sur base des informations thermodynamiques suivantes (prises à 25 °C), calculez la valeur de la constante d'équilibre dans les conditions de l'expérience :

	$\Delta_f H^\circ$ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	$S^\circ$ ( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$	-652,3	67,0
$\text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$	-635,5	-29,0

- Quelle est la composition finale du mélange ?



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

6

**QUESTION 5** (20 points)

Au cours d'une manipulation de démonstration, un enseignant étudie la dissolution d'un sel dans l'eau pure à différentes températures. Il note ses conclusions dans le tableau ci-dessous :

Température (°C)	0	20	40	60	80
$K_s$	$1,49 \times 10^3$	$2,11 \times 10^3$	$2,87 \times 10^3$	$3,77 \times 10^3$	$4,81 \times 10^3$

- Déterminez graphiquement l'enthalpie de dissolution de ce sel.
- Calculez la variation d'entropie et la variation d'énergie libre pour cette dissolution à 20 °C.
- L'enseignant a préparé 500 mL (à  $0,100 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) de solution aqueuse du sel, qu'il divise en deux parties. Dans la première moitié il ajoute du nitrate d'argent : on observe la formation d'un précipité. Il congèle la seconde moitié de solution : on observe que sa température de solidification est de  $-0,38 \text{ °C}$ . Sachant que la constante cryoscopique de l'eau vaut  $1,86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ , déterminez si le sel étudié est  $\text{MgI}_2$ ,  $\text{AlI}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{I}$  ou  $\text{NH}_4\text{F}$ .



MVM

Chimie EXAMEN Mai 2016

①

Q<sub>1</sub> a)

T<sub>éb méth</sub> = 65°C ; T<sub>éb éth</sub> = 79°C

$\Delta H_{vap, éth} = \Delta_f H_{(g)} - \Delta_f H_{(l)} = 42,59 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_{vap, méth} = \Delta_f H_{(g)} - \Delta_f H_{(l)} = 38 \text{ kJ/mol}$

$P_{méth}^{\circ} : \ln\left(\frac{P_{vap}}{P^{\circ}}\right) = \frac{-\Delta H_{vap}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^{\circ}}\right)$

$P_{vap} = e^{0,383} \cdot 1 \text{ atm} \rightarrow P_{vap} = 1,48 \text{ atm}$

$P_{éth}^{\circ} : \ln\left(\frac{P_{vap}}{P^{\circ}}\right) = \frac{-\Delta H_{vap}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^{\circ}}\right)$

$P_{vap} = e^{(-0,267)} \cdot 1 \text{ atm} \rightarrow 0,77 \text{ atm} = P_{vap}$

$P^{\circ} = 1 \text{ atm}$

b)  $P_{\text{tot}} = P_{\text{éth}} + P_{\text{méth}}$  et on sait que

$1 = \chi_{\text{méth}}^L + \chi_{\text{éth}}^L$

$\Rightarrow 1 - \chi_{\text{méth}}^L = \chi_{\text{éth}}^L$

$\rightarrow P_{\text{tot}} = P_{\text{éth}} (1 - \chi_{\text{méth}}^L) + P_{\text{méth}}^{\circ} \cdot \chi_{\text{méth}}^L$

$\Rightarrow 1 = 0,77 (1 - \chi_{\text{méth}}^L) + 1,48 \cdot \chi_{\text{méth}}^L$

on sait que  $\chi_{\text{méth}}^L = \frac{n_{\text{méth}}}{n_{\text{méth}} + n_{\text{éth}}}$  et  $n_{\text{éth}} = \frac{35 \text{ g}}{32,04 \text{ g/mol}} = 1,09 \text{ mol}$

$\Rightarrow 0,24 = \chi_{\text{méth}}^L \Rightarrow 0,24 = \frac{1,09}{1,09 + n_{\text{éth}}} \Rightarrow n_{\text{éth}} = \frac{1,09}{0,262}$

$= 4,17 \text{ mol}$

$m_{\text{éth}} = n_{\text{éth}} \cdot M_{\text{éth}} = 134,96 \text{ g}$

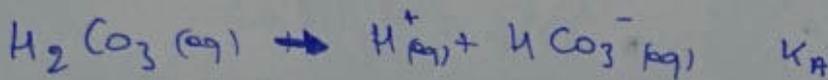
$$c) \chi_{\text{éth}}^G = \frac{P_{\text{éth}}}{P_{\text{éth}} + P_{\text{méth}}} = \frac{\chi_{\text{éth}}^L \cdot P_{\text{éth}}^{\circ}}{\chi_{\text{éth}}^L \cdot P_{\text{éth}}^{\circ} + \chi_{\text{méth}}^L \cdot P_{\text{méth}}^{\circ}}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,79}{0,85 \cdot 0,79 + 1,48 \cdot 0,22} = 0,68$$

$$1 = \chi_{\text{éth}}^G + \chi_{\text{méth}}^G \Rightarrow \chi_{\text{méth}}^G = 1 - 0,68 = 0,32$$

Q2

$$a) K_A = K \quad \text{ici } K = e^{\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right)} = e^{\left(\frac{-\Delta H^{\circ}}{RT}\right)} \cdot e^{\left(\frac{\Delta S^{\circ}}{R}\right)}$$



$$\Delta H^{\circ} = \Delta_f H_{\text{HCO}_3^-} + \Delta_f H_{\text{H}^+} - \Delta_f H_{\text{H}_2\text{CO}_3} = 7,66 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^{\circ} = \Delta_f S_{\text{HCO}_3^-} + \Delta_f S_{\text{H}^+} - \Delta_f S_{\text{H}_2\text{CO}_3} = 96,2 \text{ J/mol K}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \Delta S^{\circ} = (7,66 \cdot 10^3 - (310 \cdot 96,2)) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ} = -22,16 \text{ kJ/mol}$$

$$K = e^{\frac{+22,16 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 310}} = 5425,08$$

$$\text{p}K_A = -\log K_A \Rightarrow \text{p}K_A = -3,73$$

$$b) \text{pH} = 7,3 \quad \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-6,7} \text{ mol/L}$$

$$= 2,995 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\rightarrow [\text{OH}^-] = K_b \frac{C_b}{C_a} \Rightarrow \frac{[\text{OH}^-]}{K_b} = \frac{C_b}{C_a} \quad \text{Volume total ident: que}$$

$$\Rightarrow \frac{[\text{OH}^-]}{K_b} = \frac{m_b}{m_a} \Rightarrow 8,97 = \frac{m_{\text{NaOH}}}{m_A - m_{\text{NaOH}}} \Rightarrow 8,87 = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot V_A - 3 \cdot 10^{-3}}$$

$$\rightarrow 1,774 V_A = 3 \cdot 10^{-3} + 0,02662$$

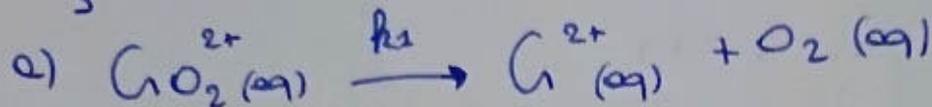
$$\rightarrow V_A = \frac{0,02962}{1,774} = 0,017 \text{ L}$$

$$V_A = 17 \text{ mL}$$

MUN

Chimie EXAMEN MAI 2016

②

Q<sub>3</sub>

$$k_1 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1} ; [\text{A}_t] = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

L'ordre est de 1 car comme on peut le voir à partir du  $k_1$  son unité est  $\text{s}^{-1}$  et il y a que l'ordre 1 où la constante cinétique possède comme unité  $\text{s}^{-1}$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1} = 2772,59 \text{ s}$$

d)

⚠ Ici l'ordre est de 2 car on prend l'équation globale donc l'ordre global. Et ici l'ordre global est 2

$$v_0 = k_2 \cdot [\text{Cr}^{2+}] [\text{O}_2] \rightarrow k_2 = \frac{v_0}{[\text{Cr}^{2+}] [\text{O}_2]} = 1,6 \cdot 10^8 \text{ L/mol}\cdot\text{s}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k_2 \cdot [\text{A}_0]} = \frac{1}{k_2 \cdot [\text{Cr}^{2+}]} = 4,17 \cdot 10^5 \text{ s}$$

$$b) \ln [\text{A}_t] = \ln [\text{A}_0] - k_1 t \rightarrow \ln [\text{A}_0] = \ln [\text{A}_t] + k_1 t$$

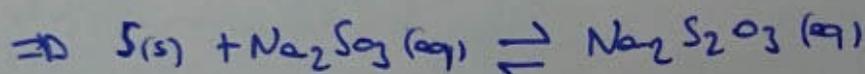
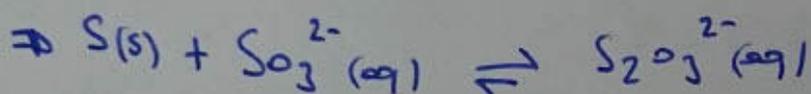
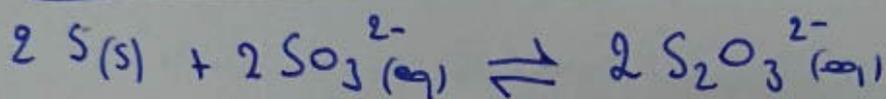
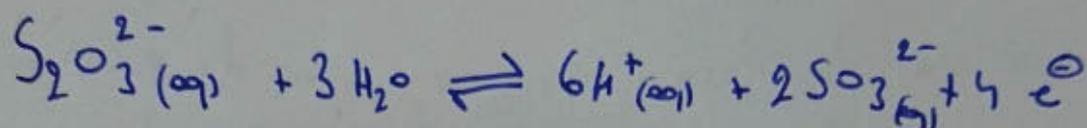
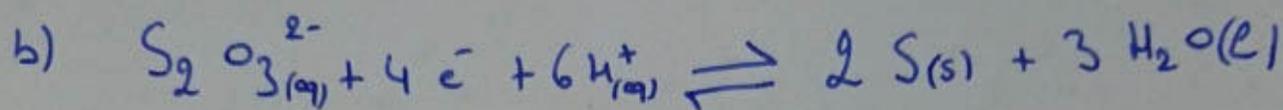
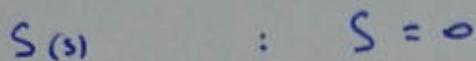
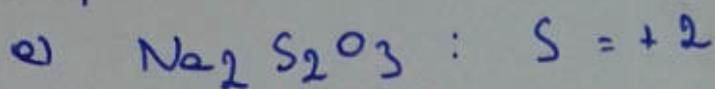
$$\ln [\text{A}_0] = -8,56$$

$$[\text{A}_0] = 1,91 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

c) l'ordre partiel : ordre 1 pour  $\text{Cr}^{2+}$   
ordre 1 pour  $\text{O}_2$

$$\text{l'ordre global} = \sum \text{ordre partiel} = 1 + 1 = 2$$

Q4



c)  $\Delta_r H = \Delta_f H_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} - \Delta_f H_{\text{Na}_2\text{SO}_3} - \Delta_f H_{\text{S}}$

$= (-652,3 + 635,5 + 0) \text{ kJ/mol} = -16,8 \text{ kJ/mol}$

$\Delta_r S = \Delta_f S_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} - \Delta_f S_{\text{Na}_2\text{SO}_3} - \Delta_f S_{\text{S}}$

$= (67,0 + 29,0 - 31,80) \text{ J/molK} = 64,2 \text{ J/molK}$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -35,93 \text{ kJ/mol}$

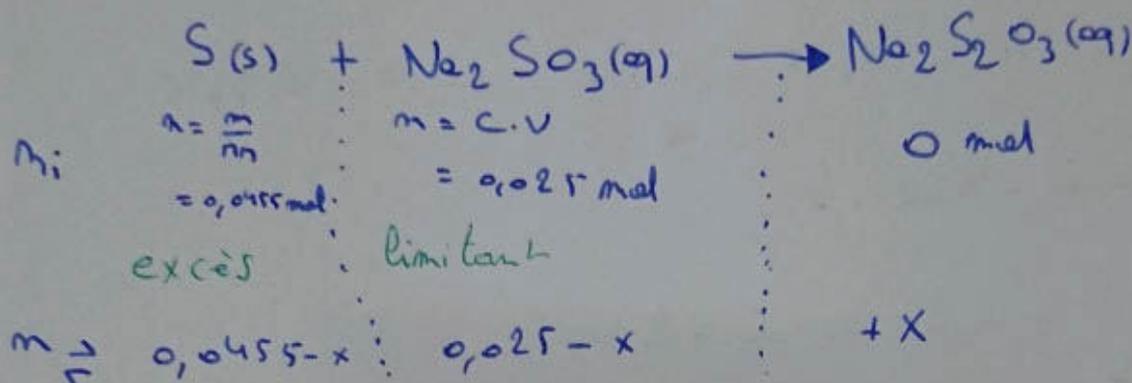
$K = e^{\frac{-\Delta G}{RT}} = 2 \cdot 10^6$

MVM

## Chimie Examen MAI 2016

③

Q4 d)



$$V_E = 0,05 \text{ L}$$

$$\text{On sait que } K = K_c \rightarrow K = \frac{[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]}{[\text{Na}_2\text{SO}_3]}$$

$$\Rightarrow K = \frac{\frac{x}{0,05}}{\frac{0,025 - x}{0,05}} = 1 \cdot 10^6 - \frac{2x \cdot 10^6}{0,05} = \frac{x}{0,05}$$

$$\Rightarrow x = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 0,05}{2 \cdot 10^6} = 0,025$$

$m \Rightarrow$  pour le S(s) = 0,0205 mol,  $\text{Na}_2\text{SO}_3 = 0$  mol et  
pour le  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,025$  mol

Q5

$$a) \frac{\ln(4,92 \cdot 10^5) - \ln(1,49 \cdot 10^5)}{\left(\frac{1}{353} - \frac{1}{273}\right)} = \frac{\Delta H_{\text{diss}}}{R}$$

$$\Rightarrow -1411,71 \text{ K}^{-1} = \frac{\Delta H_{\text{diss}}}{R} \Rightarrow \Delta H_{\text{diss}} = -11,74 \text{ KJ/mol}$$

Par graphique on trouvera la même valeur

$$b) K_s = K = e^{-\Delta H/RT} \cdot e^{\Delta S/R}$$

$$\rightarrow \left( \ln K_s + \frac{\Delta H}{RT} \right) \cdot R = \Delta S \rightarrow \Delta S = 141,99 \text{ J/molK}$$

ici j'ai utilisé  $K_s = 2,11 \cdot 10^5$  et  $T = 293K$

$$c) \Delta T = i \cdot K_{\text{éb}} \cdot b$$

$$i = \frac{\Delta T}{K_{\text{éb}} \cdot b} = -2 \rightarrow i = 2$$

-  $i$  de  $\text{HgI}_2 = 3$  car  $\text{Hg}^{2+} + 2 \text{I}^-$  du coup  $\neq 2$

-  $i$  de  $\text{AlI}_3 = 4$  car  $\text{Al}^{3+} + 3 \text{I}^-$  du coup  $\neq 2$

il reste plus que  $\text{NH}_4\text{I}$  et  $\text{NH}_4\text{F}$  qui ont tous les 2 un  $i = 2$ .

Mais on nous dit que la molécule peut précipiter or quand on voit les tables, on remarque  $\text{NH}_4\text{F}$  ne précipite pas du coup le composé utilisé est le  $\text{NH}_4\text{I}$ .

\*

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$= 11,74 \text{ kJ/mol} - (293K \cdot 0,142 \text{ kJ/molK})$$

$$= -29,87 \text{ kJ/mol}$$



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, MATHÉMATIQUES, EN SCIENCES DE L'INGÉNIEUR (ORIENTATION  
BIOINGÉNIEUR), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 30 octobre 2017

NOM, Prénom : .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**ATTENTION : Pour toutes les questions, soignez votre écriture ET votre orthographe**

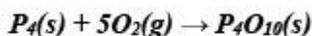
**QUESTION 1** (15 points) *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels.*  
Le phosphate d'hydrogène (acide phosphorique) est un composé utilisé dans la fabrication des engrais.  
Il est également présent en faibles quantités dans les boissons communément appelées « soft ». L'acide  
peut être préparé en 2 étapes successives :

- 1) Oxydation du tétraphosphore blanc ( $P_4$ ) en présence de dioxygène pour former du pentoxyde de diphosphore ( $P_4O_{10}$ )
- 2) Réaction du pentoxyde de diphosphore avec l'eau pour former le produit final recherché qu'est l'acide phosphorique.

204 g d'un mélange de tétraphosphore et d'impuretés réagissent avec un excès de dioxygène pour former le pentoxyde de diphosphore. Dans la seconde étape, 550 g d'acide phosphorique (phosphate d'hydrogène) sont récoltés.

- a) Écrire les équations de ces réactions.
- b) Calculer le pourcentage d'impuretés dans le mélange d'origine.

Informations utiles : masse atomique du phosphore : 30,9738 u ;  
masse atomique de l'oxygène : 15,9994 u ; masse atomique de l'hydrogène : 1,0079 u



$$n_{H_3PO_4/4} = n_{P_4O_{10}} = n_{P_4}$$

$$m_{P_4} = m_{H_3PO_4} \cdot \frac{M_{P_4}}{4} \cdot \frac{4}{M_{H_3PO_4}} = 174 \text{ g}$$

$$\% \text{ impuretés} = (204 - 174) / 204 = 14,8 \%$$

NOM, Prénom: .....

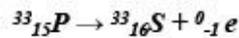
Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2** (15 points)

Le phosphore-33 ( $^{33}_{15}\text{P}$ ) est utilisé en laboratoire notamment pour marquer les nucléotides de l'ADN et l'ARN. Il se désintègre en  $^{33}\text{S}$  en émettant une particule  $\beta^-$ . Sa demi-vie est de 25,5 jours.

- a) Écrire l'équation de désintégration correspondante
- b) Donner le nombre de neutrons et protons présents dans le phosphore-33.
- c) À partir d'une masse initiale de 5,00 g, quelle sera la masse résiduelle de phosphore-33 après 31 jours ? après 200 jours ?

a)



- b) *nombre de neutrons* =  $33 - 15 = 18$   
*nombre de protons* = 15

c)  $m(t) = m(t=0)e^{-kt}$

$$t_{1/2} = \ln 2 / k$$

$$m(t) = 5,00 e^{-\ln 2 \cdot t / t_{1/2}}$$

$$31 \text{ j} = 2,15 \text{ g}$$

$$200 \text{ j} = 2,18 \cdot 10^{-2} \text{ g}$$

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (15 points)

3.1. Le formaldéhyde (méthanal, CH<sub>2</sub>O) est un composé organique produit lors de combustions incomplètes. Il se forme également lorsque le dioxygène réagit avec le méthane sous l'action des rayons solaires dans l'atmosphère. C'est encore un contaminant prouvé de l'air confiné dans les habitations.

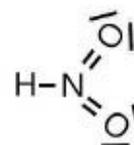
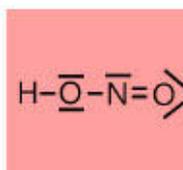
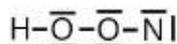
- a) Compléter le tableau ci-après concernant les trois éléments présents dans la molécule.
- b) Représenter cette molécule en structure de Lewis, et justifier le schéma dessiné.

c) Quelle est la structure géométrique de cette molécule ?

**3 liens effectifs : triangulaire plane :**

Élément	Hydrogène	Carbone	Oxygène
Structure électronique (état fondamental)	1s <sup>1</sup>	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
Nombre d'électrons sur la couche externe	1	4	6
Nombre de doublets non-liants dans la molécule	0	0	2

3.2. Choisissez la bonne représentation de Lewis de HNO<sub>2</sub> parmi les suivantes. Justifiez.





NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5** (10 points)

Au laboratoire, un chercheur dispose de deux lasers illuminant respectivement à des longueurs d'onde de 460 nm et 650 nm.

Il souhaite observer un effet photoélectrique sur une surface de potassium.

Sachant que le travail d'extraction d'un électron de la surface est de 2,20 eV,

- a) quel laser doit-il utiliser et
- b) quelle sera la vitesse de l'électron éjecté ?

Données :

$$1 \text{ eV} = 1,602176487 \cdot 10^{-19} \text{ J}, h = 6,62606896 \cdot 10^{-34} \text{ J.s},$$

$$\text{masse de l'électron} = 9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

a)

$$\text{travail de sortie, en J} = 3,52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

le laser à 460 nm (1)

$$\text{car : } hc/\lambda_1 = 4,32 \times 10^{-19} \text{ J et l'énergie du laser 2 (650nm)} = 3,06 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{b) } E_{\text{cin}} = hc/\lambda_1 - e\phi = mv^2/2$$

$$v = 4,19 \times 10^5 \text{ m/s}$$

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 6

**QUESTION 6** (30 points)

6.1. Les électrons peuvent avoir un caractère ondulatoire.

Dans l'équation  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ ,  $V$  représente :

- a) La fréquence
- b) La vitesse
- c) **La tension d'accélération**
- d) Le volume
- e) Autre chose (préciser)

Entourer la bonne réponse.

*Attention, cette sous-question est de type « QCM » (question à choix multiples). La bonne réponse rapporte des points (+4), une mauvaise réponse retire des points (-4).*

6.2. Soient  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , toutes des molécules dans lesquelles les liaisons sont covalentes. Classer ces molécules par angle entre les liens A-H (où A = C, N, O) décroissant. Justifier. **Attention : soignez votre écriture ET votre orthographe.**

*$\text{CH}_4 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$  car  $\text{CH}_4$  forme un tétraèdre (4 liens effectifs « purs »), angle de 109 degrés,  $\text{NH}_3$  est basé sur un tétraèdre (4 liens effectifs), mais avec 1 doublet non liant qui prend plus de place, ce qui rapproche les 3 liens N-H (107 degrés) et  $\text{H}_2\text{O}$  a aussi 4 liens effectifs, mais deux doublets non liants prenant plus de place, donc l'angle entre les liens O-H est de 104,5 degrés*

6.3. Parmi les gaz suivants, lesquels sont des gaz à effet de serre ? Justifier.

Ar,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$

*$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  car ils peuvent absorber et réémettre les rayonnements infrarouges lors de la vibration. En effet, soit la molécule possède un moment dipolaire permanent ( $\text{H}_2\text{O}$ ), soit la molécule, bien que symétrique, présente un moment dipolaire lors d'une vibration antisymétrique ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )*

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 6

**QUESTION 6** (suite)

6.4. Pourquoi, dans l'élaboration de la structure électronique d'un atome, « remplit-on » l'orbitale 4s avant les orbitales 3d ? Justifier en 5 lignes maximum et, éventuellement, un schéma.

*A cause de l'effet de pénétration, l'orbitale 4s présente une probabilité de présence des électrons près du noyau plus importante que l'orbitale 3d. Cette configuration est donc favorisée.*

6.5. On prépare une solution aqueuse de NaCl en mélangeant 29,22 g de sel avec 970,88 g d'eau. Le volume total de la solution est de 1,00 L. (12 points)

Calculer, pour cette solution : a) la concentration molaire, b) la molalité, c) la fraction molaire en sodium, d) la fraction massique en chlore.

Informations utiles : masse atomique de l'oxygène : 15,9994 u ; masse atomique de l'hydrogène : 1,0079 u ; masse atomique du sodium : 22,9898 u ; masse atomique du chlore : 35,4530 u

**M NaCl= 58,44 g.mol<sup>-1</sup> ; n NaCl=0,5 moles ; M H<sub>2</sub>O = 18,0152 g.mol<sup>-1</sup> , nH<sub>2</sub>O = 53,89 moles**

a)  $C = n/V = 0,500/1 = 0,500 \text{ mol/L}$

b)  $\text{molalité} = n(\text{soluté})/m(\text{solvant -kg}) = 0,500/0,97088 = 0,515 \text{ molal}$

c)  $x_{\text{Na}} = n_{\text{Na}}/(n_{\text{Na}}+n_{\text{Cl}}+n_{\text{H}_2\text{O}}) = 0,500/(1,00+53,89) = 9,11 \cdot 10^{-3}$

d)  $w_{\text{Cl}} = (0,5 \cdot 35,453)/(29,22+970,88) = 1,77 \cdot 10^{-2}$



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHÉMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

# INTERROGATION DE CHIMIE du 9 janvier 2017

## I. Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

### QUESTION 1 (10 points)

Le phosphore a le numéro atomique 15. On vous demande :

- a) d'écrire la configuration électronique d'un atome de cet élément dans son état fondamental ;
- b) d'indiquer tous les nombres quantiques associés à chacun des électrons de valence du phosphore.

Q1)  $1s^2 2s^2 2p^6 \underline{3s^2 3p^3}$

Q1) 5 électrons de Valence  $\rightarrow 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$

↙	↓	↓	↓	↓
$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$	$n=3$
$l=0$	$l=0$	$l=1$	$l=1$	$l=1$
$m=0$	$m=0$	$m=0$	$m=1$	$m=-1$
$s=1/2$	$s=1/2$	$s=1/2$	$s=1/2$	$s=1/2$

### QUESTION 2 (10 points)

La configuration électronique de l'ion  $C_2^{n-}$  est  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \pi_{2px}^2 \pi_{2py}^2 \sigma_{2p}^2$ . Quelle est la charge de cet ion et son ordre de liaison, sachant que le numéro atomique du carbone, Z, vaut 6 ?

$\rightarrow$  Ordre de liaison =  $(\#e^- \text{liant} - \#e^- \text{anti-liant}) \cdot \frac{1}{2} = 3$   
 $\Rightarrow n = 2$



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

2

**QUESTION 3 (20 points)**

Six propositions de structures de Lewis de l'ion  $\text{OCN}^-$  (ion cyanate) sont représentées ci-dessous. Parmi elles, on vous demande d'indiquer celles qui sont incorrectes en justifiant brièvement votre choix.

a) Pour celles qui sont correctes, on vous demande de préciser la charge formelle ainsi que l'hybridation des différents atomes. Le carbone est dans le groupe principal IVa, l'azote dans le groupe principal Va, et l'oxygène dans le groupe principal VIa.

		Correcte ? Oui/Non	Justification (si structure incorrecte)	Charge formelle Hybridation		
				O	C	N
A	$[\text{O}=\text{C}\equiv\text{N}]^-$	X		/	/	/
B	$[\text{O}=\text{C}=\text{N}]^-$	✓				
C	$[\text{O}^--\text{C}\equiv\text{N}]^-$	✓				
D	$[\text{O}\equiv\text{C}-\text{N}]^-$	✓				
E	$[\text{O}=\text{C}-\text{N}]^-$	X				
F	$[\text{O}^--\text{C}=\text{N}]^-$	X				

b) Grâce aux structures correctes sélectionnées, déduisez la géométrie de l'ion cyanate, en justifiant votre choix.

-> Géométrie linéaire

-> justification via Calcul des charges formelles



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

3

**QUESTION 4 (15 points)**

Soit les trois corps purs suivants :  $H_2O$ ,  $H_2S$  et  $CO_2$ . On vous demande :

- a) d'énumérer dans un tableau les différents types d'interactions qui s'exercent entre molécules pour chacun de ces trois corps purs pris séparément ;  
 b) sur cette base, de classer ces trois corps purs par température d'ébullition croissante.

Ia
Z=1
<b>H</b>
$\chi=2,20$

IVa
Z=6
<b>C</b>
$\chi=2,60$

VIa
Z=8
<b>O</b>
$\chi=3,50$
Z=16
<b>S</b>
$\chi=2,60$

a)  $H_2O$  : -  $\text{liens } H$   
 - moment dipolaire permanent  
 - dp - dp  
 - dp - di  
 - di - di



$H_2S$  : - dp - dp  
 - dp - di  
 - di - di



$CO_2$  : - di - di  
 - double liaison



b)  $H_2S < CO_2 < H_2O$

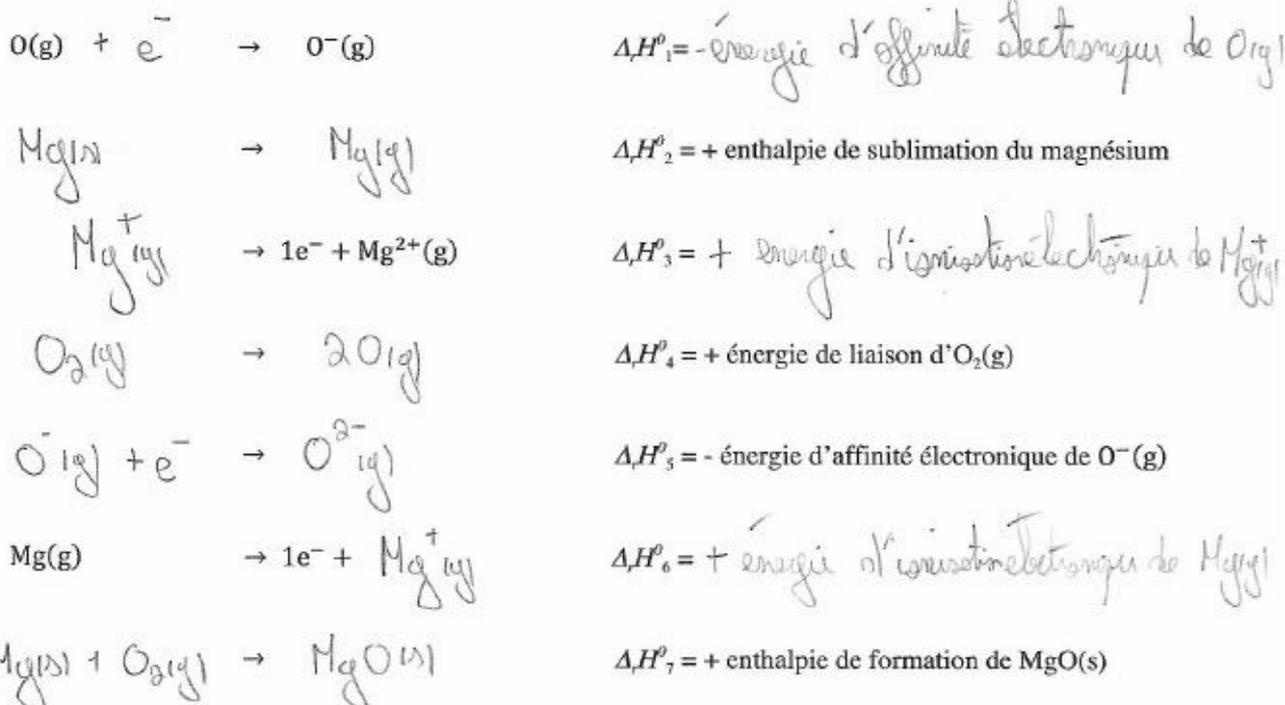


NOM, Prénom: .....

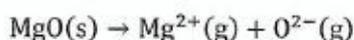
Section et numéro de matricule : .....

**QUESTION 5 (20 points)**

a) On vous demande de compléter les équations chimiques ci-dessous ainsi que de nommer le type d'énergie impliquée pour chaque transformation.



b) En combinant ces équations selon la loi de Hess, donnez l'expression du  $\Delta H^0$  de la réaction suivante (énergie de réseau de  $MgO(s)$ ) en termes de  $\Delta H^0_1, \Delta H^0_2, \Delta H^0_3, \Delta H^0_4, \Delta H^0_5, \Delta H^0_6$  et  $\Delta H^0_7$ :



$$\Delta_{\text{Réaction}} H^0 = -\Delta_{\text{H}} H^0_7 + \Delta_{\text{H}} H^0_2 + \frac{1}{2} \Delta_{\text{H}} H^0_4 + \Delta_{\text{H}} H^0_6 + \Delta_{\text{H}} H^0_3 - \Delta_{\text{H}} H^0_1 - \Delta_{\text{H}} H^0_5$$



**QUESTION 6 (15 points)**

- a) Une réaction exothermique est-elle toujours spontanée à température et pression constantes ? Justifiez votre réponse.

→ Exothermique indique un  $\Delta_r H$  négatif, car c'est le  $\Delta_r G$  qui indique la spontanéité.  $\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta_r S$   
 Donc, un  $\Delta_r H < 0$  n'implique pas forcément une réaction spontanée.

- b) Qu'est-ce que la température d'inversion ? Quelle est son expression mathématique ?

→ Le concept est basé sur le  $\Delta_r G$ . En effet, il s'agit de la température limite entre une réaction totale ou partielle (qualitatif)  
 → Se calcule à  $\Delta_r G^0 = 0 = \Delta_r H^0 - T\Delta_r S^0$

- c) Que vaut la capacité calorifique à pression constante de  $I_2$  à haute température (considérez que le gaz est parfait) ? Justifiez.

→  $I_2 =$  gaz diatomique  $\Rightarrow C_p = \frac{7}{2}R$   
 $P \cdot V = nRT$   
 $C_p - C_v = nR$   $\Leftrightarrow C_v = \frac{5}{2}R$  (no démonstration sur ces cas)  
 (soit  $n=1$ )

- d) Combien d'atomes ou d'ions y a-t-il par maille élémentaire dans le système cubique centré ?

2

- e) Pour un solide monoatomique cristallisant dans le système cubique à faces centrées, quelle est l'équation reliant le paramètre de maille  $a$  et le rayon de l'atome  $r$  ? Détaillez votre réponse, éventuellement à l'aide d'un schéma.



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

6

**QUESTION 7 (10 points)**

Indiquez la seule réponse correcte à chacune des questions à choix multiples ci-dessous en noircissant la case correspondante.

*Pondération : réponse valide : 2 points ; pas de réponse : 0 point ; réponse incorrecte : - 1 point !*

a) Considérons un diagramme de Lennard-Jones représentant les interactions intermoléculaires de van der Waals. Le puits de potentiel de la molécule de  $\text{CH}_4$

- est plus profond que celui de la molécule de  $\text{H}_2\text{O}$ .
- est moins profond que celui de la molécule de  $\text{H}_2\text{O}$ .
- a la même profondeur que celui de la molécule de  $\text{H}_2\text{O}$ .
- n'existe pas.

b) Considérons les atomes  ${}^{72}_{30}\text{Zn}$ ,  ${}^{75}_{33}\text{As}$ ,  ${}^{74}_{32}\text{Ge}$ . Ces atomes ont :

- le même nombre d'électrons.
- le même nombre de protons.
- le même nombre de neutrons.
- le même nombre de protons et le même nombre de neutrons.
- la même masse.

c) L'atome ayant la configuration  $4s^2 4p^5$  de sa coque valencielle se trouve :

- dans le groupe VIA et la période 5.
- dans le groupe IVB et la période 4.
- dans le groupe VIB et la période 7.
- dans le groupe VIIA et la période 4.
- dans le groupe VIIB et la période 4.

d) Le carbonate de calcium est un solide

- ionique.
- covalent.
- moléculaire.
- métallique.

e) Quel(s) changement(s) d'état est (sont) endothermique(s) ?

1. Fusion 2. Sublimation 3. Vaporisation 4. Condensation 5. Solidification

- uniquement 1 et 2 et 3.
- uniquement 4 et 5.
- uniquement 1.
- uniquement 2 et 3 et 5.
- une autre combinaison.





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

# INTERROGATION DE CHIMIE du 9 janvier 2017

## II. Exercices

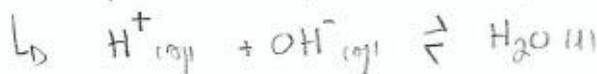
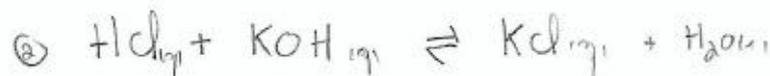
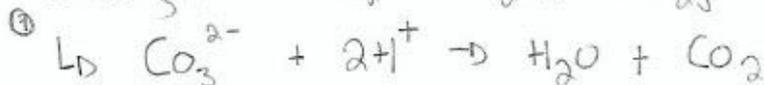
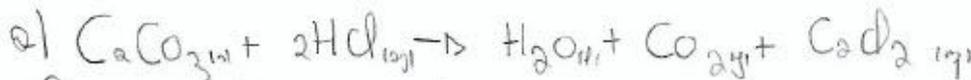
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**QUESTION 1 (25 points)** La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels des étudiants en sciences physiques.

Votre assistante s'est préparé des escargots à l'ail et a décidé de ne pas jeter les coquilles. Après les avoir lavées consciencieusement et laissées sécher plusieurs heures, elle les apporte au laboratoire et vous demande de déterminer la fraction massique en carbonate de calcium dans les coquilles. Lors de la manipulation, vous dissolvez 1,745 g de coquilles dans 20,0 mL d'une solution de chlorure d'hydrogène 3,55 mol/L. La dissolution est totale et on suppose que seul le carbonate de calcium réagit avec l'acide. Au cours de cette réaction, du dioxyde de carbone et de l'eau sont formés. Vous titrez ensuite l'excès d'acide par 25,2 mL d'une solution d'hydroxyde de potassium 2,00 mol/L. On demande :

- a) d'écrire les équations moléculaires et ioniques nettes des deux réactions ;
- b) de déterminer la fraction massique du carbonate de calcium dans les coquilles.



8) Eau de HCl titré par 25,2 mL de KOH 2,00M

↳  $n_{KOH} = 25,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,00 = 50,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = n_{HCl}$

-> Tableau d'avancement :

	$CaCO_3$	$2HCl$	$H_2O$	$CO_2$	$CaCl_2$
$t_0$	x	y	0	0	0
$t_f$	0	$y - 2x$	x	x	x

↳  $y$  : 20 mL de HCl 3,55 M     $\Leftrightarrow y - 2x = 50,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

-> On isole x = nombre de moles de  $CaCO_3$  en 0 + 1 - 11 - 0



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

**QUESTION 2 (20 points)**

L'huile de coco est composée en grande partie d'acides gras saturés, dont l'acide octanoïque ( $C_8H_{16}O_2$ ), l'acide laurique ( $C_{12}H_{24}O_2$ ) et l'acide myristique ( $C_{14}H_{28}O_2$ ). Après combustion complète de 1,00 g de l'un de ces acides gras, on récupère, à 298 K et dans les conditions standard, 1,47 L de  $CO_2$  et 1,07 g d'eau.

- Déterminez duquel des trois acides gras il s'agit en justifiant votre réponse.
- Sachant que la combustion d'une mole de cet acide gras libère 7377,0 kJ, calculez l'enthalpie de formation de ce dernier dans les conditions standard et à 298 K.



↳ On récupère: - 1,47 L de  $CO_2 = V_{CO_2} \rightsquigarrow P \cdot V = nRT \Leftrightarrow n = \frac{P \cdot V}{RT}$   
 - 1,07 g de  $H_2O = m_{H_2O} \rightsquigarrow n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{MM_{H_2O}}$

↳  $P = 1 \text{ atm}$  et  $T = 298 \text{ K}$

↳  $n_{H_2O} = 5,84 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  //  $n_{CO_2} = 6,07 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$m = 1g$	}	$MM_{C_8H_{16}O_2} = 144 \text{ g/mol} \Leftrightarrow n = 1/144 \text{ mol}$
		$MM_{C_{12}H_{24}O_2} = 200 \text{ g/mol} \quad n = 1/200 \text{ mol}$
		$MM_{C_{14}H_{28}O_2} = 228 \text{ g/mol} \quad n = 1/228 \text{ mol}$

→ Étant donné que la réaction est complète, le coef. stœchiométrique du  $CO_2$  lib. doit correspondre au nombre de C. dans l'acide gras. Dès lors, il suffit de multiplier le nombre de mole d'acide gras par le nombre de carbone et de vérifier que l'on obtient bien le même nombre de mole.

⇒  $n_{C_{12}H_{24}O_2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mole} \cdot 12 = 6 \cdot 10^{-2} \text{ mole} = n_{CO_2} \quad \square$

b)  $\Delta_{RH} = 7377,0 \text{ kJ} = b \Delta_{RH} CO_2 + c \Delta_{RH} H_2O - a \Delta_{RH} O_2 - \Delta_{RH} \text{acide gras}$   
 → Les  $\Delta_{RH}$  des autres produits sont dans les tables

□ Il suffit d'ordre  $\Delta_{RH} \text{acide gras}$   $\Delta_{RH} \text{coef. stœch}$

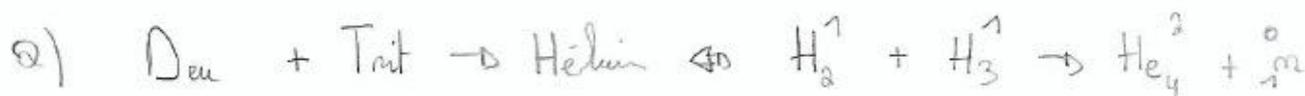


**QUESTION 3 (15 points)**

Un espoir de production d'énergie repose sur la fusion contrôlée d'un noyau de deutérium (noyau d'hydrogène contenant 1 neutron) avec un noyau de tritium (noyau d'hydrogène contenant 2 neutrons), ce qui génère un noyau d'hélium. Le deutérium se trouve en abondance dans l'eau de mer où sa masse est estimée à  $4,6 \times 10^{13}$  tonnes. On vous demande :

- a) d'écrire la réaction de fusion équilibrée entre le deutérium et le tritium ;
- b) de calculer l'énergie libérée par la réaction de fusion si 1,00 kg de deutérium est consommé.

Données :  $m(\text{deutérium}) = 2,01355 \text{ u}$  ;  $m(\text{tritium}) = 3,01550 \text{ u}$  ;  $m(\text{hélium}) = 4,00150 \text{ u}$



b)  $E = \Delta m \cdot c^2$

$\Leftrightarrow \Delta m = [m_{\text{He}} + m_{\text{n}}] - [m_{\text{Deu}} + m_{\text{Trit}}]$  so  $m_{\text{n}} = 1,00866 \text{ u}$   
 $= -1,889 \cdot 10^{-27} \text{ u} = -3,13676 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$   
 $[1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}]$

$\Leftrightarrow E = \Delta m \cdot c^2 = -3,13676 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -2,81932 \cdot 10^{-12} \text{ J}$   
 $= -17,60 \text{ MeV}$

⚠ 1 Kg de Deutérium!

↳ Pour des noyaux seuls

$\Rightarrow n_{\text{Deu}} = \frac{m_{\text{Deu}}}{MM_{\text{Deu}}} = \frac{1000}{2,0} = 500 \text{ moles}$

$\Leftrightarrow N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ atomes dans 1 mole} \Leftrightarrow 3 \cdot 10^{26} \text{ noyaux!}$

$\rightarrow E_{\text{énergie libérée}} = 3 \cdot 10^{26} \cdot 17,60 = 5,28 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$



NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

4

**QUESTION 4 (15 points)**

En analysant un cristal de MgO(s) par diffraction aux rayons X, on trouve que l'angle correspondant au premier ordre de diffraction est égal à  $21,44^\circ$  pour le plan (200) quand les rayons X sont produits par une source de cuivre correspondant à une longueur d'onde  $\lambda$  égale à 1,54 Angström. Que vaudrait l'angle de diffraction au premier ordre si on utilisait une source de molybdène ( $\lambda = 71,07$  pm) ?

$$\rightarrow \text{Loi de Bragg : } 2d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda$$

↪  $d$  = distance interplanaire entre deux plans cristallins adjacents

↳ Celle-ci est connue

$$\textcircled{1} \lambda^{\text{Cu}} = 1,54 \text{ \AA} = 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$\theta = 21,44^\circ$$

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin \theta} = 2,11 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\textcircled{2} \lambda^{\text{Mo}} = 71,07 \text{ pm} = 71,07 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$d = 2,11 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \arcsin \left( \frac{\lambda}{2d} \right) = \theta = 9,69^\circ$$



**QUESTION 5 (25 points)**

Sous une pression de 1 bar, on ajoute dans un récipient contenant 100,0 g d'eau liquide à 40 °C, une pièce en cuivre de 5,00 g à une température de 85 °C.

- a) On vous demande de calculer la température après équilibre thermique.
- b) On ajoute ensuite 20,0 g de glace à -5°C dans le récipient. Quelle est la température du système après équilibre thermique ?

Données :  $C_{p,m}(\text{glace}) = 38,09 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $\Delta_{\text{fusion}}H^\circ(\text{glace}) = 6,006 \text{ kJ/mol}$ . Ces données sont supposées constantes dans les intervalles de température considérés.

Remarque : Vous pouvez supposer que la capacité calorifique du récipient ainsi que les pertes calorifiques sont négligeables.

$\Rightarrow Q = C_v m \Delta T = \text{Chaleur}$

a) Il faut considérer que toute l'énergie du cuivre est transmise à l'eau  $\rightarrow -C_p^{\text{Cuivre}} m_{\text{Cuivre}} [T_f - 85^\circ] = C_p^{\text{Eau}} m_{\text{Eau}} [T_f - 40^\circ]$

$\hookrightarrow$  Le signe moins indique que l'énergie du cuivre est dissipée. Il reste à isoler  $T_f$ . ( $C_p^{\text{Cuivre}}$  sont dans les tables)

b) Même exercice, sauf qu'il faut considérer le fait que la glace fond

$\hookrightarrow 20,0 \text{ g}$  de glace  $\rightarrow MM = 18 \text{ g/mol} \Rightarrow m_{\text{glace}} = 1,1 \text{ mol}$

Énergie emmagasinée par la fusion:  $1,1 \cdot 6,006 \text{ kJ/mol} = 6,606 \text{ kJ}$

$\Rightarrow -C_p^{\text{glace}} m_{\text{glace}} [T_f - (-5^\circ)] + 6,606 \cdot 10^3 \text{ J} = [C_p^{\text{Cuivre}} m_{\text{Cuivre}} + C_p^{\text{eau}} m_{\text{eau}}] [T_f - T_f^\circ]$



EXAMEN DE CHIMIE du 29 mai 2017

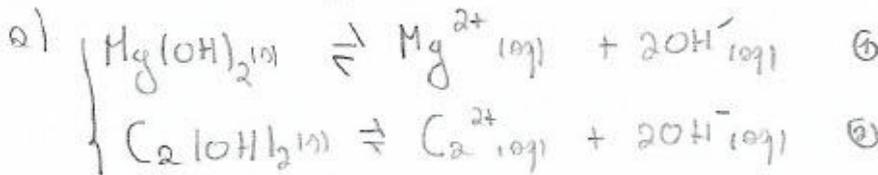
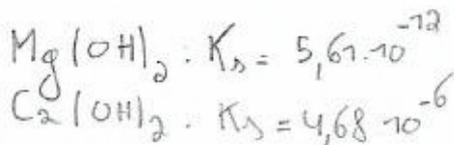
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

QUESTION 1 (15 points)

L'eau de mer contient, entre autres, des ions  $Mg^{2+}$  dont la concentration vaut  $6,00 \times 10^{-2}$  mol/L et des ions  $Ca^{2+}$  dont la concentration est égale à  $1,10 \times 10^{-2}$  mol/L. Pour récupérer les ions magnésium, on les précipite sous forme d'hydroxyde  $Mg(OH)_2$ , en ajoutant une base forte à un volume donné d'eau de mer. On suppose les variations de volume négligeables.

- a) En-dessous de quel pH faut-il maintenir la solution pour précipiter le plus d'ions magnésium possible, sans précipiter les ions calcium sous forme de  $Ca(OH)_2$  ?
- b) Dans ces conditions, quelle sera la concentration résiduelle en ions magnésium après précipitation ?



①  $K = K_s = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 5,61 \cdot 10^{-12}$

$\Leftrightarrow [OH^-] = 9,67 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} \rightarrow \text{à cette concentration les ions } Mg^{2+} \text{ précipitent}$

②  $K = K_s = [Ca^{2+}][OH^-]^2 = 4,68 \cdot 10^{-6}$

$\Leftrightarrow [OH^-] = 2,0627 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

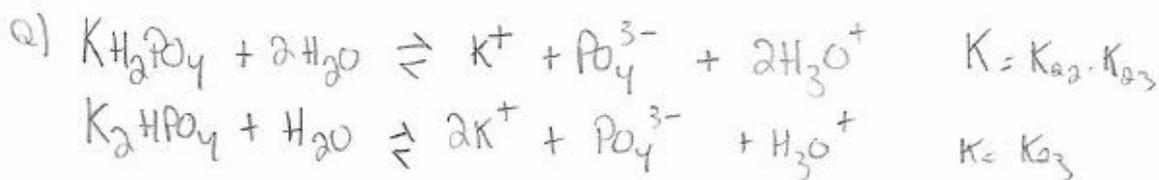
$\hookrightarrow$  ①  $[OH^-][H_3O^+] = 10^{-14} \Leftrightarrow [H_3O^+] = 4,848 \cdot 10^{-13}$   
 $pH = -\log[H_3O^+] = 12,31$  

b)  $[Mg^{2+}]_{\text{rés}} = 1,378 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$

**QUESTION 2 (25 points)**

On veut préparer 500 mL de solution tampon à pH = 7,50, de concentration en ion  $K^+$  égale à 0,500 mol/L. On a à notre disposition de l'eau et les sels suivants : hydrogénophosphate de potassium et dihydrogénophosphate de potassium.

- Écrivez les équations de dissociation de ces sels dans l'eau.
- Quelle masse de chacun de ces sels doit-on utiliser pour obtenir la solution tampon voulue ?
- On ajoute à ce tampon 100 mL d'une solution aqueuse de NaOH de concentration égale à 1,00 mol/L. Quel sera le pH de la solution finale ?



$$b) \quad pH = pK_a - \log\left(\frac{C_A}{C_B}\right)$$

$$= pK_{a2} - \log\left(\frac{m_{H_2PO_4^-}}{m_{HPO_4^{2-}}}\right)$$

$$\left. \begin{array}{l} K_{a2} = 6,34 \cdot 10^{-8} \\ K_{a3} = 2,2 \cdot 10^{-13} \end{array} \right\}$$

$$\Leftrightarrow \frac{m_{H_2PO_4^-}}{m_{HPO_4^{2-}}} = 10^{pK_a - pH}$$

$$= 10^{7,1975 - 7,5} = 0,489$$

$$\Leftrightarrow m_{H_2PO_4^-} = 0,489 m_{HPO_4^{2-}}$$

$$\hookrightarrow m_{K^+} = [K^+] V_{K^+} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \text{ mol}$$

$$\Delta \quad m_{K_2HPO_4} + m_{K_2H_2PO_4} = 3m_{K^+}$$

$$= m_{HPO_4^{2-}} + m_{H_2PO_4^-}$$

$$m_{H_2PO_4^-} = \left[ 3m_{K^+} - m_{HPO_4^{2-}} = m_{HPO_4^{2-}} \cdot 0,489 \right]$$

$$\Leftrightarrow m_{HPO_4^{2-}} = 0,500 \text{ mol}$$

$$\Leftrightarrow m_{H_2PO_4^-} = 0,250 \text{ mol}$$



**QUESTION 2 (suite)**

$$\textcircled{1} m_{K_2HPO_4} = m_{HPO_4^{2-}} \cdot MM_{K_2HPO_4}$$

$$\textcircled{2} m_{KH_2PO_4} = m_{H_2PO_4^-} \cdot MM_{KH_2PO_4}$$

$$\text{C) } \underset{\text{initial}}{pH = 7,50} \Leftrightarrow pH = -\log [H_3O^+]^{\text{ini}} \Leftrightarrow [H_3O^+]^{\text{ini}} = 10^{-pH} = 3,16 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$[H_3O^+]^{\text{ini}} [OH^-]^{\text{ini}} = 10^{-14}$$

$$\Leftrightarrow [OH^-]^{\text{ini}} = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]^{\text{ini}}} = 3,16 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$\Leftrightarrow m_{OH^-}^{\text{ini}} = V_{\text{solution initiale}} \cdot [OH^-]^{\text{ini}} = 1,58 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

$$+ 100 \text{ ml NaOH } [OH^-] 1,00 \text{ M} \Rightarrow m_{OH^-}^{\text{ajouté}} = V_{\text{ajouté}} \cdot 1,00 = 0,1 \text{ mol}$$

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

$$\Rightarrow m_{\text{tot. } OH^-} = 0,1 + 1,58 \cdot 10^{-7} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

$$V_{\text{tot}} = 600 \text{ ml}$$

$$\Leftrightarrow [OH^-]^{\text{final}} = 1,66 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$\rightarrow pH = 14 + \log [OH^-]^{\text{final}}$$

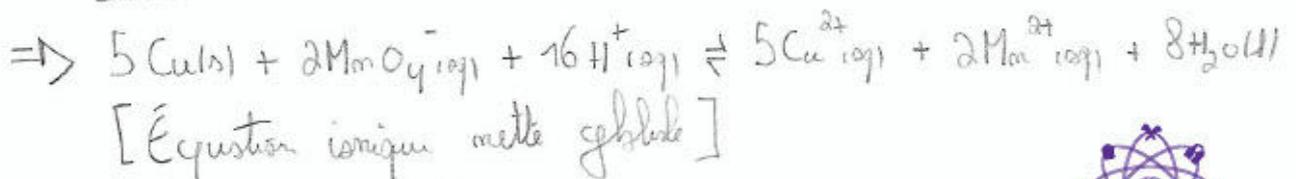
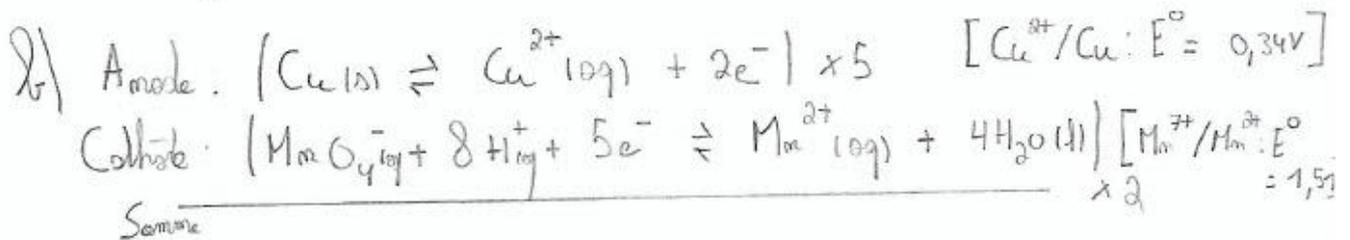
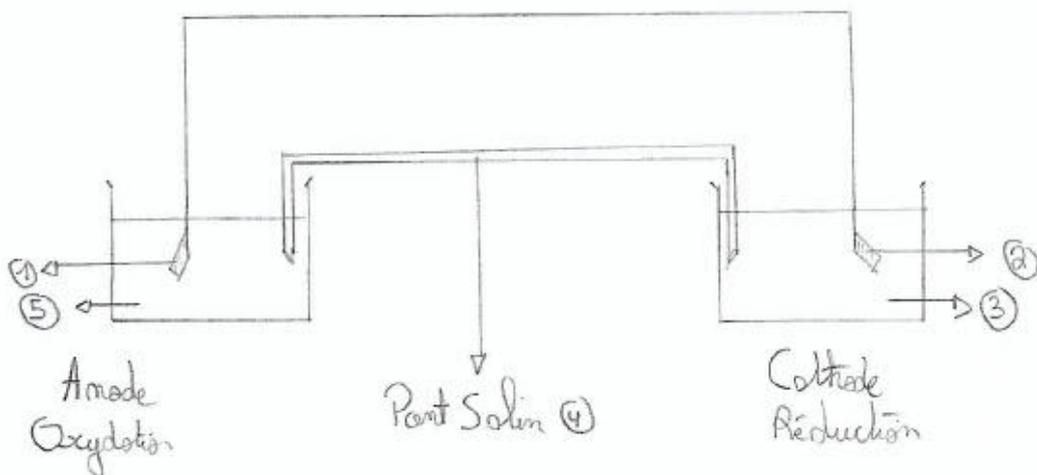


**QUESTION 3 (25 points)**

Un étudiant doit préparer une pile au laboratoire. La température est maintenue constante à 298 K. Il dispose du matériel suivant, qu'il utilise dans son intégralité :

- une lamelle de cuivre de 5,00 g (1)
  - une électrode de platine (2)
  - 200 mL d'une solution aqueuse dont le pH vaut 2,00 et contenant du permanganate de potassium et du sulfate de manganèse, de concentrations égales respectivement à 0,300 mol/L et à 0,0750 mol/L (3)
  - une solution aqueuse saturée en nitrate de potassium (4)
  - 200 mL d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre (II) de concentration égale à 0,300 mol/L (5)
- a) Représentez le schéma de la pile en indiquant la position de l'anode et de la cathode. (Justifiez votre réponse.)
- b) Écrivez l'équation ionique nette globale correspondant à la réaction chimique du fonctionnement de la pile et calculez la constante d'équilibre de celle-ci.
- c) Que vaut la force électromotrice de cette pile ?

2)



$\rightarrow K = e^{\left(\frac{n \cdot F \cdot \Delta E}{RT}\right)}$   $\rightarrow$  Il faut donc calculer notre  $\Delta E$



**QUESTION 3 (suite)**

$$\Delta E^{\circ} = E_{\text{cath}}^{\circ} - E_{\text{anode}}^{\circ} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E = E_{\text{cath}} - E_{\text{anode}}$$

→ Il faut utiliser Nernst pour chaque réaction.

$$E_{\text{cath}} = E_{\text{cath}}^{\circ} + \left( \frac{R \cdot T}{m \cdot F} \right) \ln \frac{[M_m O_4^-]}{[M_m^{3+}]} \quad (m=5)$$

$$E_{\text{an}} = E_{\text{anode}}^{\circ} + \left( \frac{R \cdot T}{m \cdot F} \right) \ln \frac{[Cu^{2+}]}{1} \quad (m=2)$$

$$\Leftrightarrow \Delta E = E_{\text{cath}} - E_{\text{anode}}$$

$$\Leftrightarrow K = \text{constante} = e^{\left( \frac{m \cdot F \cdot \Delta E}{R \cdot T} \right)}$$

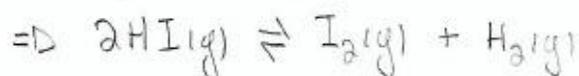
$$c) \rightarrow f \cdot e \cdot m = \Delta E$$



**QUESTION 4 (15 points)**

Au laboratoire, un étudiant de BA1 considère l'équilibre en phase gazeuse :  $2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ . Le récipient ne contient initialement que de l'iodure d'hydrogène et la température est maintenue constante à 400 K. Le volume du récipient est maintenu constant et les gaz peuvent être considérés comme parfaits. À l'équilibre, la pression partielle en dihydrogène est égale à 3,10 bar.

- a) Calculez la constante d'équilibre de cette réaction à 400 K. (Les variations d'enthalpie  $\Delta_r H^\circ$  et d'entropie  $\Delta_r S^\circ$  de la réaction peuvent être évaluées à 298 K.)  
 b) Calculez la pression initiale dans le récipient ainsi que la pression totale à l'équilibre.



$$a) \Delta_n G^\circ = \Delta_n H^\circ - T \cdot \Delta_n S^\circ \quad \rightarrow \left. \begin{array}{l} T = 400 \text{ K} \\ \Delta_n H^\circ \\ \Delta_n S^\circ \end{array} \right\} \text{obtenues à partir des tables}$$

$$\Delta_n H^\circ = \Delta_f H^\circ_{\text{I}_2} + \Delta_f H^\circ_{\text{H}_2} - 2 \Delta_f H^\circ_{\text{HI}}$$

$$\Delta_n S^\circ = S^\circ_{\text{I}_2} + S^\circ_{\text{H}_2} - 2 S^\circ_{\text{HI}}$$

$\Leftrightarrow \Delta_n G^\circ$  peut désormais être calculé

$$\Leftrightarrow \Delta_n G^\circ = - R T \ln K \quad \Leftrightarrow K = e^{-\frac{\Delta_n G^\circ}{RT}}$$

b)  $\rightarrow P_{\text{gaz}}$  considéré comme parfait

LD Équilibre  $P_{\text{tot}} = P_{\text{I}_2} + P_{\text{H}_2} + 2P_{\text{HI}} \quad \Leftrightarrow P_{\text{I}_2} = P_{\text{H}_2}$

$$K = \frac{[\text{I}_2][\text{H}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{(P_{\text{HI}})^2} \quad \Leftrightarrow P_{\text{HI}} = \sqrt{\frac{P_{\text{I}_2} P_{\text{H}_2}}{K}}$$



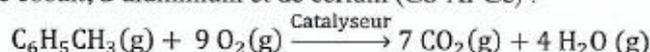
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

7

**QUESTION 5 (20 points)**

Dans son laboratoire, un chercheur étudie l'oxydation complète du toluène par l'oxygène en présence d'un catalyseur à base de cobalt, d'aluminium et de cérium (Co-Al-Ce) :



La vitesse de la réaction ne dépend que de la quantité en toluène. Le chercheur compare deux catalyseurs prometteurs, le  $\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}$  et le  $\text{Co}_6\text{Al}_2$ . Le tableau ci-dessous reprend ses résultats pour le premier catalyseur :

Température $T$ (°C)	182,0	205,0	217,0	237,0	253,0
Constante cinétique $k$ ( $\text{h}^{-1}$ )	22,8	62,6	102,3	220,1	389,5

- Déterminez graphiquement l'énergie d'activation de la réaction en présence du premier catalyseur,  $E_a^{\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}}$ . Dans ces conditions, trouvez le facteur pré-exponentiel de l'équation d'Arrhenius,  $A^{\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}}$ .
- L'étude cinétique du second catalyseur donne les résultats suivants :  $E_a^{\text{Co}_6\text{Al}_2} = 84,70 \text{ kJ/mol}$  et  $A^{\text{Co}_6\text{Al}_2} = 6,43 \times 10^8 \text{ h}^{-1}$ . Avec quel catalyseur l'oxydation est-elle la plus rapide ? (*Justifiez votre réponse.*)
- Que vaut la vitesse initiale d'oxydation à 205,0 °C avec le premier catalyseur si la pression initiale en toluène est de 1,50 bar ? Après combien de temps 90% de la quantité initiale de toluène seront-ils consommés à cette température ?

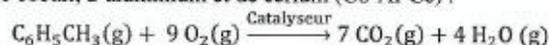


NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 7

**QUESTION 5 (20 points)**

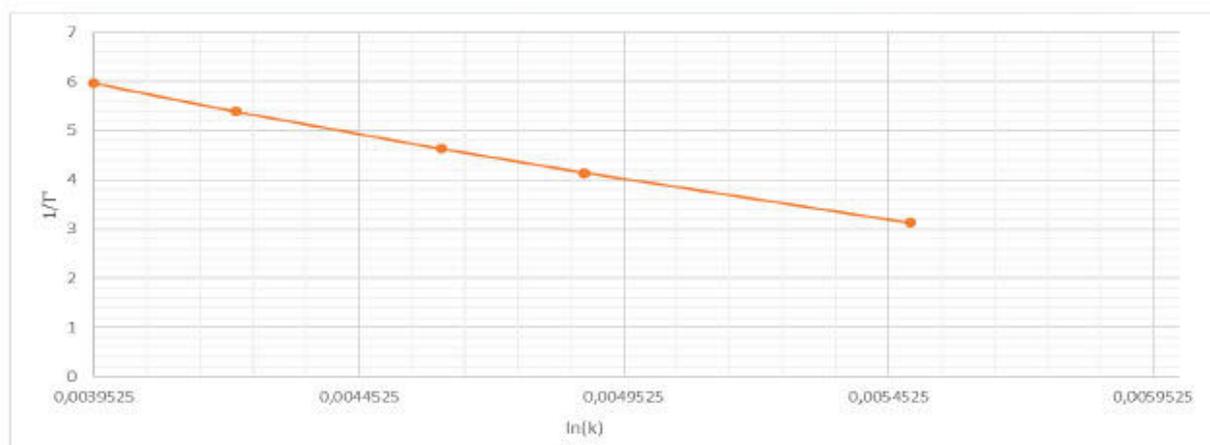
Dans son laboratoire, un chercheur étudie l'oxydation complète du toluène par l'oxygène en présence d'un catalyseur à base de cobalt, d'aluminium et de cérium (Co-Al-Ce) :



La vitesse de la réaction ne dépend que de la quantité en toluène. Le chercheur compare deux catalyseurs prometteurs, le  $\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}$  et le  $\text{Co}_6\text{Al}_2$ . Le tableau ci-dessous reprend ses résultats pour le premier catalyseur :

Température $T$ (°C)	182,0	205,0	217,0	237,0	253,0
Constante cinétique $k$ ( $\text{h}^{-1}$ )	22,8	62,6	102,3	220,1	389,5

- Déterminez graphiquement l'énergie d'activation de la réaction en présence du premier catalyseur,  $E_a^{\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}}$ . Dans ces conditions, trouvez le facteur pré-exponentiel de l'équation d'Arrhenius,  $A^{\text{Co}_6\text{Al}_{1,2}\text{Ce}_{0,8}}$ .
- L'étude cinétique du second catalyseur donne les résultats suivants :  $E_a^{\text{Co}_6\text{Al}_2} = 84,70 \text{ kJ/mol}$  et  $A^{\text{Co}_6\text{Al}_2} = 6,43 \times 10^8 \text{ h}^{-1}$ . Avec quel catalyseur l'oxydation est-elle la plus rapide ? (Justifiez votre réponse.)
- Que vaut la vitesse initiale d'oxydation à 205,0 °C avec le premier catalyseur si la pression initiale en toluène est de 1,50 bar ? Après combien de temps 90% de la quantité initiale de toluène seront-ils consommés à cette température ?



Loi d'Arrhenius :  $k = A \cdot e^{\frac{-E}{RT}}$

- Pour effectuer le graphique, il faut d'abord recalculer l'inverse de la température ainsi que le

$$\ln \text{ de } k \text{ car : } \frac{d \ln(k)}{dT} = \frac{E}{RT^2}$$

La pente de la droite obtenue nous donne le facteur  $-\frac{E}{R}$ , tandis que l'ordonnée à l'origine nous donne le facteur  $\ln(A)$ .

- Pour comparer l'efficacité entre les deux catalyseurs, il suffit de calculer les constantes cinétique et de les comparer, la plus élevée impliquera la vitesse la plus élevée.
- La vitesse ne dépend que de la quantité en toluène

Vitesse =  $k \cdot [\text{toluène}]$



MUN

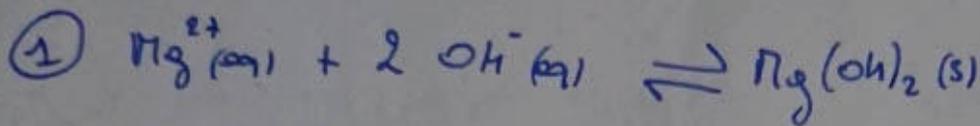
Chimie Mai 2017

①

Q2 a)

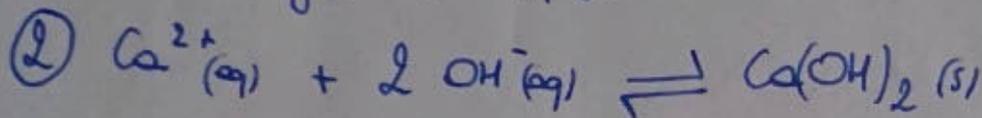
$$[\text{Mg}^{2+}] = 6,10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1,10^{-2} \text{ mol/L}$$



$$K_S = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^2 \rightarrow [\text{OH}^{-}] = \sqrt{\frac{K_S}{[\text{Mg}^{2+}]}} = 9,67 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = 14 + \log[\text{OH}^{-}] = 8,98$$



$$K_S = [\text{Ca}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2 \rightarrow [\text{OH}^{-}] = \sqrt{\frac{K_S}{[\text{Ca}^{2+}]}} = 0,0206 \text{ mol/L}$$

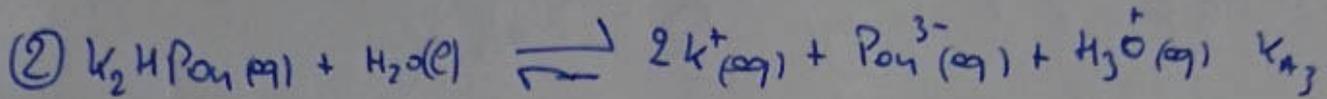
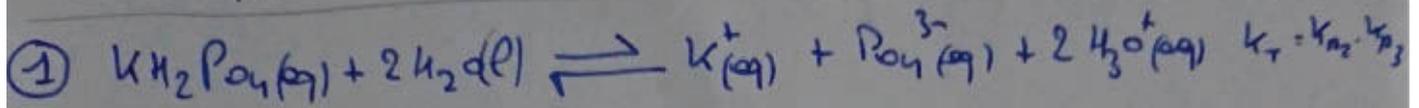
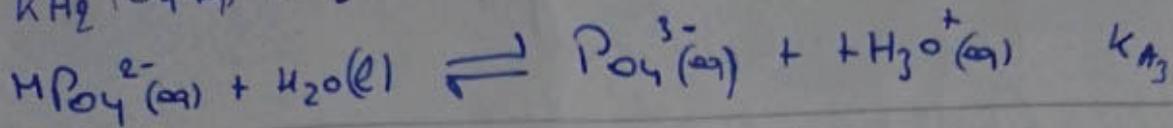
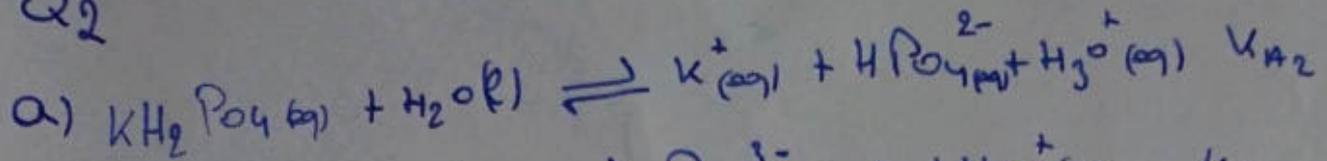
$$\text{pH} = 14 + \log[\text{OH}^{-}] = 12,3$$

il faut avoir un pH de 12,3 pour qu'on précipite seulement  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  car il faut un pH de +12,3 pour faire précipiter le  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

b) En prenant compte du pH = 12,3 donc  $[\text{OH}^{-}] = 0,0206 \text{ mol/L}$

$$\rightarrow [\text{Mg}^{2+}] = \frac{K_S}{[\text{OH}^{-}]^2} = 1,32 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$$

Q2



$$b) \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,50}$$

$$\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_{A2} \cdot \frac{c_a}{c_b} \xrightarrow{V_e \text{ identique}} [\text{H}_3\text{O}^+] = K_{A2} \cdot \frac{m_a}{m_b}$$

$$\text{ici } m_a = m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} \text{ et } m_b = m_{\text{K}_2\text{HPO}_4}$$

$$\rightarrow \frac{m_a}{m_b} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{A2}} \Rightarrow \frac{m_a}{m_b} = 0,499 \Rightarrow m_a = 0,499 \cdot m_b$$

$$\rightarrow m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} = 0,499 m_{\text{K}_2\text{HPO}_4}$$

on additionne  $\textcircled{1}$  et  $\textcircled{2}$

$$m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} + m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = 3m_{\text{K}^+}$$

$$m_{\text{K}^+} = C \cdot V = 0,5 \cdot 0,5$$

$$\rightarrow 0,499 m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} + m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = 3m_{\text{K}^+} \Rightarrow m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = \frac{3m_{\text{K}^+}}{1,499} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} = 0,5 \cdot 0,499 = 0,25$$

$$m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = m_{\text{K}_2\text{HPO}_4} \cdot \text{PP}_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = 87,1 \text{ g}$$

$$m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} = m_{\text{KH}_2\text{PO}_4} \cdot \text{PP}_{\text{KH}_2\text{PO}_4} = 34,02 \text{ g}$$

MUN

Chimie Mai 2017

(2)

Q2

c) Si on ajoute NaOH qui est une base alors

 $C_b \rightarrow$  et  $C_a \rightarrow$ 

$$n_{NaOH} = C \cdot V = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ mol}$$

$$m'a = 0,250 - 0,2 = 0,150 \text{ mol}$$

$$m'b = 0,500 + 0,2 = 0,600 \text{ mol}$$

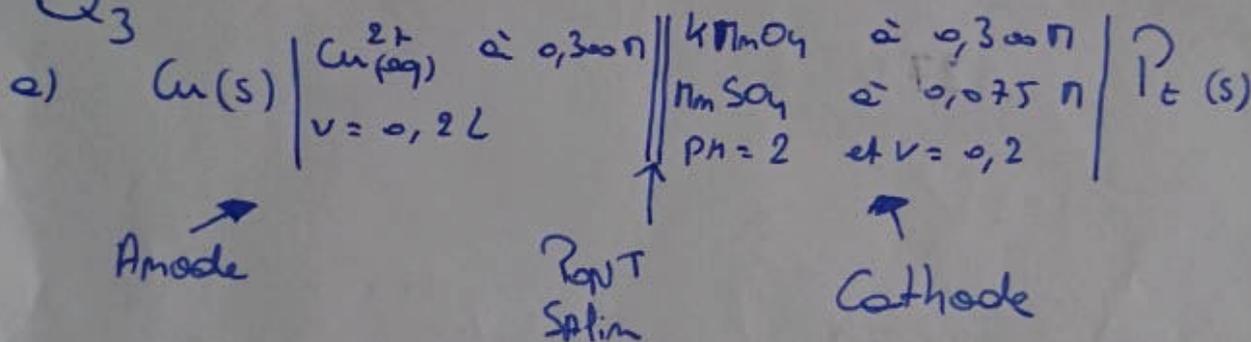
$$V'_e = 0,500 + 0,200 = 0,600 \text{ L}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = K_{A2} \cdot \frac{C_a}{C_b} \quad \text{ou } C_a = \frac{m'a \cdot V'_e}{V}$$

$$\text{et } C_b = \frac{m'b \cdot V'_e}{V}$$

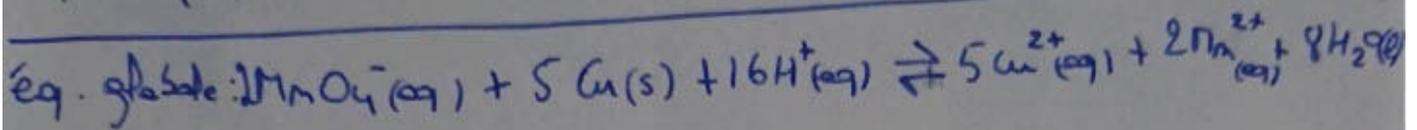
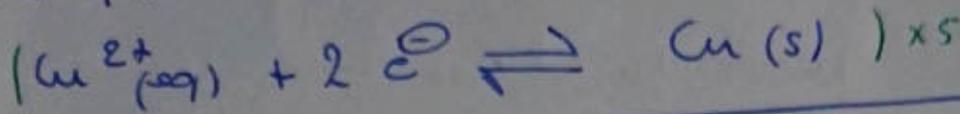
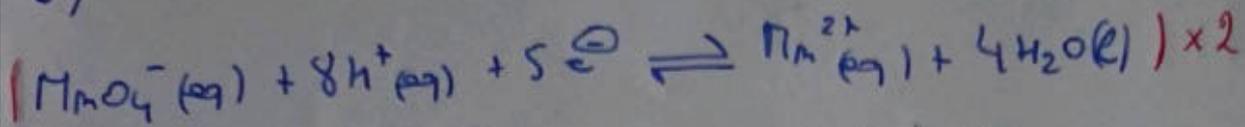
$$\Rightarrow pH = pK_{A2} - \log\left(\frac{C_a}{C_b}\right) = 7,80$$

Q3



Le couple qui va à la cathode est le couple rédox possédant un  $\Delta E^\circ$  plus élevé que l'autre couple. Ici le couple  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  a un  $\Delta E^\circ = 1,507 V$  et le couple  $Cu^{2+} / Cu$  a un  $\Delta E^\circ = 0,342 V$  donc c'est normal de mettre le couple  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  à la cathode car il a un  $\Delta E^\circ$  plus élevé que celui du couple  $Cu^{2+} / Cu$ .

b)



$$K = e^{\left(\frac{nF \cdot \Delta E}{RT}\right)}$$

on a pas le  $\Delta E$ . Du coup, il faut le calculer

$$\Delta E = \Delta E_{\text{cath}} - \Delta E_{\text{anode}}$$

$$\Delta E_{\text{cath}} = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} - \frac{RT}{nF} \cdot \ln \left( \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8} \right) \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2}$$

$$= 1,32 \text{ V}$$

$$\Delta E_{\text{anode}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \frac{RT}{nF} \cdot \ln \left( \frac{1}{[\text{Cu}^{2+}]} \right)$$

$$= 0,327 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \Delta E = 0,993 \text{ V}$$

$$\Rightarrow K = e^{\left(\frac{10 \cdot 36415 \cdot 0,993}{4,314 \cdot 298}\right)} = 8,83 \cdot 10^{167}$$

$$c) \Delta E = f \cdot \text{ém}$$

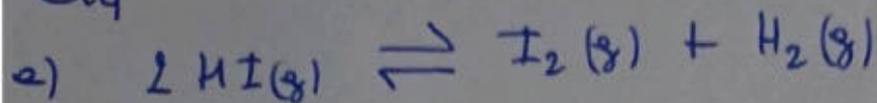
$$f \cdot \text{ém} = 0,993 \text{ V}$$

MUN

Chimie Mai 2017

③

Q4



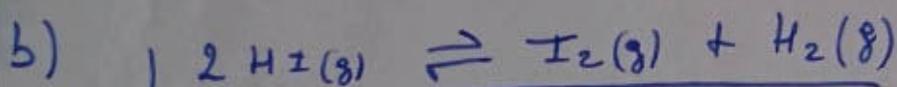
$$\Delta H = \Delta_f H_{\text{I}_2(g)} + \Delta_f H_{\text{H}_2(g)} - 2 \Delta_f H_{\text{HI}(g)} = 9,48 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S = \Delta_f S_{\text{I}_2(g)} + \Delta_f S_{\text{H}_2(g)} - 2 \Delta_f S_{\text{HI}(g)} = -22,33 \text{ J/molK}$$

$$G = \Delta H - T \Delta S \quad \text{au } T = 400 \text{ K}$$

$$= -17956 \text{ J/mol}$$

$$K = e^{-\frac{\Delta G}{RT}} = 4,52 \cdot 10^{-3}$$



	$P_i$		
$P_i$	$P_i$		
$P_{\text{I}_2}$	$P_i - x$	$x$	$x$

on sait que  $P_{\text{H}_2} =$   
vaut 3,10 bar  
donc  $x = 3,10$

$$K_p = K = \frac{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HI}}^2} \Rightarrow P_{\text{HI}}^2 = \frac{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{K}$$

$$\Rightarrow (P_i - 3,10)^2 = \frac{3,10 \cdot 3,10}{4,52 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow (P_i - 3,10) = 46,22$$

$$\Rightarrow P_i = 46,22 + 3,10 \Rightarrow P_i = 49,32 \text{ bar}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{I}_2} + P_{\text{H}_2} + 2 P_{\text{HI}} = 52,31 \text{ bar}$$

Q5 a)

$$v[k] = E^{-1}$$

on nous dit que  $v = k$ . Prohibe  $v$  donc cela veut dire qu'on a une réaction d'ordre 1.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

$\ln A$      ordonnée à l'origine     pente      $\ln k$

Donc on va faire un graphique qui porte  $\ln k$  en fonction de  $\frac{1}{T}$ . la pente nous donne  $-\frac{E_a}{R}$ . De comp, on pourra

Trouver  $E_a$

$$\frac{\ln k_{255^\circ\text{C}} - \ln k_{142^\circ\text{C}}}{\frac{1}{526} - \frac{1}{455}} = C.A. \Rightarrow C.A. = -9566,81 \text{ K}^{-1}$$

$$\Rightarrow C.A. = -\frac{E_a}{R} \Rightarrow \frac{-E_a}{R} = -9566,81 \text{ K}^{-1} \Rightarrow E_a = 79,54 \text{ KJ/mol}$$

**\***

$$b) k_{\text{CO}_2/\text{Pt}_2} = e^{-\frac{E_a}{RT}} \cdot A \quad \text{à } T = 205^\circ\text{C}$$

$$= 0,36 \text{ h}^{-1}$$

à  $205^\circ\text{C}$  le  $k_{\text{CO}_2/\text{Pt}_2} C_{0,1}$  est de  $k = 62,6 \text{ h}^{-1}$

étant donné que le  $k$  du premier catalyseur est plus grand que le second du comp c'est lui le plus rapide.

**\***  $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \Rightarrow \ln k + \frac{E_a}{RT} = \ln A \Rightarrow A = 3,082 \cdot 10^{10} \text{ h}^{-1}$

$$c) \ln P_{Ac} = \ln P_{A0} - kt \Rightarrow t = \frac{\ln P_{A0} - \ln P_{Ac}}{k} \quad \text{à } 205^\circ\text{C}$$

$$P_{Ac} = 10\% \cdot P_{A0} = 0,15 \quad t = 0,037 \text{ h} = 133,2 \text{ s}$$

$$r = k \cdot P_{A0} \Rightarrow r = 93,9 \text{ bar/h}$$



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 8 janvier 2018

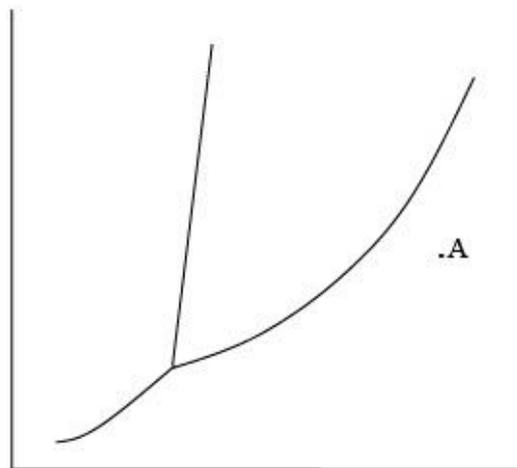
### Première partie - Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

#### QUESTION 1 (25 points).

Soit le diagramme de phases d'un corps pur X :



Complétez ⇒

	symbole	Unité (MKS)
ordonnée		
abscisse		

- Indiquez sur ce diagramme les phases solide, liquide, et gaz, par les lettres S, L, G, respectivement.
- Indiquez par une flèche la courbe d'équilibre liquide – gaz.
- Écrivez l'équation mathématique décrivant cette courbe.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 1** (suite)

d) Ce diagramme implique un rapport de densités entre les phases solide et liquide ; lequel ? Barrez ce qui est faux et justifiez votre réponse.

$d_s > d_L$

$d_L > d_s$

e) Placez sur le graphe un point B : ce point doit correspondre à un équilibre de phases et être tel que le trajet de A à B (tracez-le) soit une isobare sur laquelle se situent deux changements d'états.

f) Écrivez la formule la plus générale de la variance, et appliquez-la aux courbes tracées ainsi qu'au point triple en explicitant la valeur prise par chaque terme dans la formule.

formule générale     ⇒   .....

courbes                ⇒   .....

point triple         ⇒   .....

g) Représentez (sur le graphe) par un pointillé ce que devient ce diagramme si l'on réalise un mélange homogène du corps X (volatil) avec une petite quantité d'un soluté non volatil.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 2** (20 points)

Sachant que le chlore et l'iode sont des halogènes dont les nombres atomiques  $Z$  valent respectivement 17 et 53 :

a) Ecrivez la structure électronique de l'atome de chlore dans son état fondamental :

b) Complétez le tableau suivant :

	$\text{ICl}_4^-$	$\text{IO}_4^-$
Structure de Lewis		
Résonance	OUI / NON	OUI / NON
Charges formelles (labellisez clairement les différents atomes)		

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

---

**QUESTION 3** (20 points)

Les hydrures métalliques sont une source d'hydrogène intéressante pour les piles à combustible, qui pourraient à terme remplacer les moteurs à explosion actuels. Afin d'étudier les propriétés de l'un d'entre eux, 250 g de  $\text{LiBH}_4(\text{s})$  sont placés dans un réacteur *isolé et indéformable* de volume  $V$ , en présence de carbone graphite. La réaction endothermique entre les deux solides mène à la formation de dihydrogène et de  $\text{LiBC}(\text{s})$ .

- a) Ecrivez l'équation stœchiométrique équilibrée de la réaction.
- b) La température en fin de réaction est-elle inférieure, supérieure ou identique à la température initiale ? Justifiez.
- c) L'énergie interne en fin de réaction est-elle inférieure, supérieure ou identique à sa valeur initiale ? Justifiez.
- d) Si la réaction avait été effectuée dans un réacteur à *pression* constante, aurait-elle été plus endothermique, moins endothermique, ou la chaleur de réaction aurait-elle été la même ? Justifiez.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 4** (20 points)

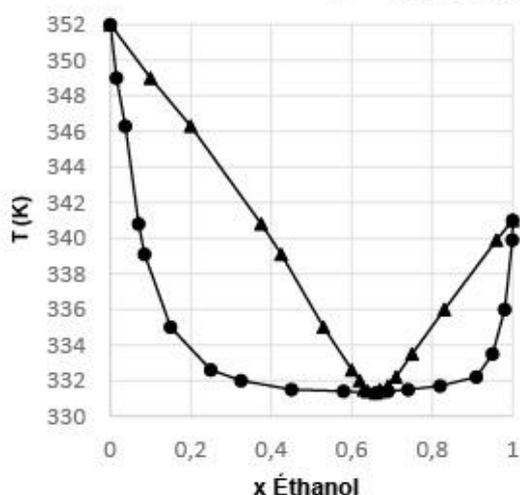
Soit le diagramme de phases décrivant l'équilibre liquide-vapeur du mélange éthanol-hexane.

a) La mélange éthanol/hexane constitue-t-il une solution idéale ? Justifiez en termes d'interactions intermoléculaires en cochant dans le tableau ci-dessous les interactions pertinentes.

(DI = dipôle induit, DP = dipôle permanent, LH = lien hydrogène).

**Équilibre liquide-vapeur éthanol/hexane**

P = 101,325 kPa



Substance	DI-DI	DP-DP	LH
éthanol			
hexane			

Conclusion : ceci est/n'est pas une solution idéale (barrer la mention incorrecte)

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 6

**QUESTION 4** (suite)

b) Choix multiples à réponse unique ; justifiez votre choix en une phrase ! *Attention : un choix sans justification correcte implique la nullité de la réponse.*

- Ce graphe représente
  - des courbes isothermes.
  - des courbes isobares.
  - un azéotrope à maximum.
  - un eutectique.
  - Aucune des propositions.

Justification :

- La température d'ébullition de l'éthanol pur est égale à
  - 331,8 K.
  - 341 K.
  - 352 K.
  - Aucune des propositions.

Justification :

- Si on distille un mélange composé de 80% d'éthanol, la fraction de tête sera composée
  - d'azéotrope.
  - d'éthanol pur.
  - d'hexane pur.
  - Aucune des propositions.

Justification :

- Si on distille un mélange composé de 80% d'hexane, la fraction de queue sera composée
  - d'éthanol pur.
  - d'hexane pur.
  - d'un mélange 0,65/0,35 éthanol/hexane.
  - Aucune des propositions.

Justification :

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 7

---

**QUESTION 5** (5 points)

Les gaz nobles présentent les paramètres « a » de van der Waals suivants :

	a (atm·L <sup>2</sup> ·mol <sup>-2</sup> )
He	0,0346
Ne	0,208
Ar	1,355
Kr	5,193
Xe	4,192

Soient 5 échantillons différents, contenant chacun une quantité identique  $n$  de l'un de ces gaz. En vous basant uniquement sur le paramètre « a », quel gaz exercera la pression la plus élevée ? Justifiez en 3 lignes maximum.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

8

---

**QUESTION 6** (10 points)

Les lois ébullioscopique et cryoscopique prennent la forme suivante :

$\Delta T = v K m$  (avec  $m$  = molalité)

En solution aqueuse, que vaut  $v$  (théorique) pour :

$\text{CaCl}_2$  :

$\text{KCl}$  :

Justifiez en trois lignes maximum.

D'autre part, la constante  $K$  dépend de (entourez la bonne réponse) :

*Attention, entourer une réponse incorrecte = perte de points*

- La nature du soluté
- la nature du solvant
- la quantité de soluté
- la quantité de solvant
- la nature des interactions solvant-soluté
- l'âge du capitaine



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

---

## INTERROGATION DE CHIMIE du 8 janvier 2018

### Seconde partie - Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

---

#### **QUESTION 1** (25 points)

Lors d'un voyage scientifique, du butane ( $C_4H_{10}$ ) a été transporté à  $-63,15^\circ C$ . Quelle est la pression de vapeur du butane à cette température sachant que, à pression normale, sa température d'ébullition est de  $-0,5^\circ C$ , et que son enthalpie de vaporisation vaut  $22,389 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  ?

Une partie de ce butane a été utilisée sous sa forme gazeuse et mélangée à du propane ( $C_3H_8$ ) gazeux. Après avoir effectué, en présence de dioxygène, la combustion de  $0,7310 \text{ g}$  du mélange des deux gaz, la réaction libère  $1,245 \text{ L}$  de  $CO_2$  à  $21,00^\circ C$  sous  $740,0 \text{ mmHg}$ .

Quelle était la masse de butane dans l'échantillon initial ?

Quelle sera la masse d'eau libérée ?

Quel a été le volume de dioxygène (mesuré dans les conditions normales de température et pression) utilisé ?

*Conseil : pour résoudre cette question, nous vous conseillons de garder le maximum possible de chiffres significatifs dans vos calculs.*

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

---

**QUESTION 2** (25 points)

Le carbone est constitué de plusieurs isotopes ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) dont certains sont radioactifs. Sachant que la demi-vie de l'isotope 14 du carbone est de 5730 années, le chimiste américain Libby a développé la méthode de datation dite « au carbone 14 ». En dosant la radioactivité libérée par un échantillon contenant des fibres végétales, il est possible de dater ce dernier, c'est-à-dire d'estimer quand il a été fabriqué. En effet, on suppose que la fibre végétale s'est construite par extraction du carbone ( $\text{CO}_2$ ) de l'atmosphère, via la photosynthèse, et que le rapport  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  est resté décemment constant dans l'atmosphère au cours des siècles (ceci a été validé par d'autres méthodes). Il a été mesuré que le  $^{14}\text{C}$  dans un organisme vivant avait une activité spécifique de 15,3 désintégrations par minute, par gramme de carbone total, ce qui correspond à 0,255 Bq/g (le Becquerel, ou Bq, est l'unité de mesure de radioactivité).

Des archéologues ont retrouvé un outil en bois, préservé de l'oxydation et de l'humidité, et donc intact. Ils l'ont confié à un chimiste responsable d'un laboratoire d'analyse de traces. La radioactivité émise par cet outil est de 0,195 Bq/g. Quand cet outil a-t-il été fabriqué ?

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

---

**QUESTION 3** (25 points)

Un élément crucial dans la survie du personnage incarné par Matt Damon dans le récent film de Ridley Scott est l'utilisation de l'hydrazine ( $N_2H_4$ ) sous forme liquide comme carburant de fusée afin de produire de l'eau. En effet, l'hydrazine se dissocie à la surface d'un catalyseur métallique en diazote et en dihydrogène gazeux. La combustion du dihydrogène récolté produit de l'eau, indispensable à la vie et à la production de denrées alimentaires.

- Calculez la chaleur de combustion isochore associée à la production de 1 kg d'eau (liquide, à 25 °C) à partir de dihydrogène et de dioxygène gazeux.
- Calculez l'augmentation de température qui résulterait de cette production dans l'habitacle initialement à 298 K, si la chaleur spécifique de l'atmosphère artificielle à volume constant y est égale à  $0,718 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .
- A votre avis, l'hypothèse formulée dans le film, et compte tenu des hypothèses de calcul présentées ici, est-elle crédible ?

*(Négligez l'énergie libérée lors de la dissociation de l'hydrazine ; considérez un rendement de 100%, une chaleur de réaction et une chaleur spécifique inchangées suite à l'augmentation de température initialement à 298 K, et un habitacle de  $50 \text{ m}^3$  d'air.)*

$$\rho_{\text{air}}(298\text{K}) = 1,184 \text{ kg.m}^{-3}$$

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

---

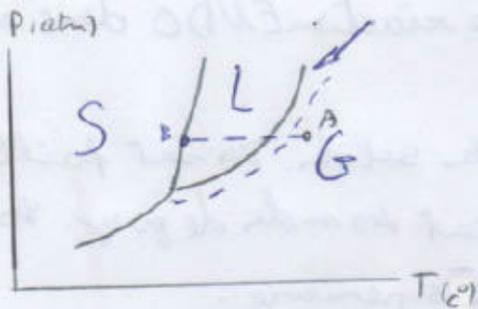
**QUESTION 4** (25 points)

L'argent et le palladium cristallisent tous deux dans le système cubique à faces centrées. En alliage, ces deux éléments forment une solution solide idéale. Dans ces conditions, le paramètre cristallin de la maille ( $a$ ) varie linéairement avec la composition. Le paramètre de maille de l'argent vaut 0,40862 nm, et celui du palladium 0,38898 nm.

Afin de déterminer la composition d'un alliage  $\text{Ag}_x\text{Pd}_y$ , on analyse un échantillon par diffraction de rayons X. L'anode utilisée est du cuivre, et la longueur d'onde sélectionnée correspond à la raie K(alpha) et vaut 1,5406 ångström (1 ångström =  $10^{-10}$  m). Dans ces conditions, l'angle de diffraction du plan (200) vaut  $22,725^\circ$ . Quelle est la composition de l'alliage ?

Janvier 2018 (Théorie)

Q1



eq de la courbe:

$$P_{(T)}^0 = \text{const} \cdot \exp\left[\frac{-\Delta H_{\text{vap}}}{RT}\right]$$

$$d_s > d_L$$

$$V = C - \varphi + 2$$

courbes:  $V = 1 - 2 + 2 = 1$

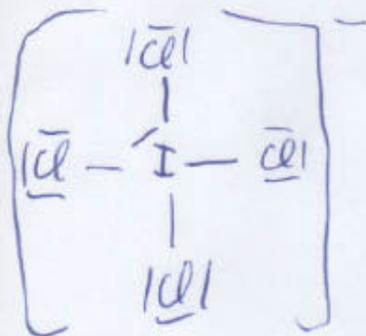
pt triple:  $V = 7 - 3 + 2 = 0$

Q2

$$Cl: 7s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$$

$$I: 7s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$$

$ICl_4^-$



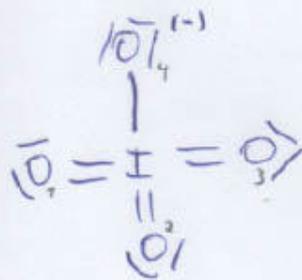
Non

CF:

$$Cl: 7 - 6 - \frac{7}{2} \cdot 2 = 0$$

$$I: 7 - 2 - \frac{1}{2} \cdot 8 = 1$$

$IO_4^-$



Oui

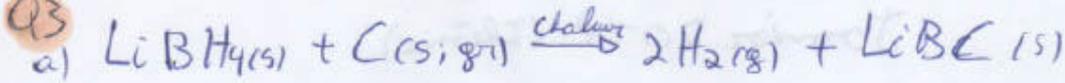
CF:

$$O_{\text{moy}}: 6 - 4 - \frac{7}{2} \cdot 4 = 0$$

$$I: 7 - 0 - \frac{7}{2} \cdot 14 = 0$$

$$O_4: 7 - (6+1) - \frac{7}{2} \cdot 2 = -1$$

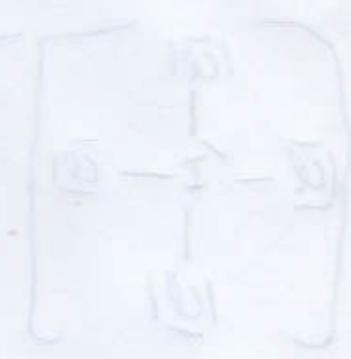
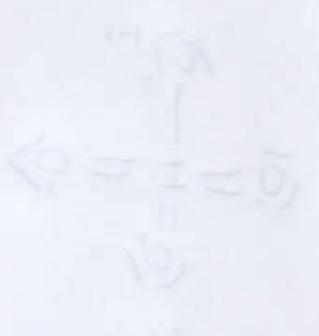
Q3



b) L'énoncé précise que c'est une réaction ENDO donc elle consomme de la chaleur  $\Rightarrow T$  inférieure.

c) Initialement, il n'y a que des solides. Ils sont faibles en énergie. En fin de réaction, on obtient des moles de gaz. Les gaz sont haut en énergie.  $\Rightarrow E$  supérieure.

d) Si Vest et Pest, la réaction "évitera" de former des moles de gaz. L'équilibre sera poussé vers la gauche. Si on veut que la réaction se déroule vers la droite, il faut fournir beaucoup d'énergie (sous forme de chaleur).  
 $\Rightarrow$  chaleur en fin de réaction sera plus basse.



$0 = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - 0 = 0$   
 $0 = 1 - 0 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$   
 $0 = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - 0 = 0$

$0 = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - 0 = 0$   
 $0 = 1 - 0 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$   
 $0 = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} - 0 = 0$

Jouvier 2018 (Exo)

Q7

$$T_1 = -63,75^\circ\text{C} = 270\text{K}$$

$$P_1 = ?$$

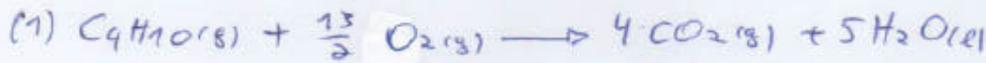
$$P_2 = 1\text{atm}$$

$$T_2 = -0,5^\circ\text{C} = 272,65\text{K}$$

$$\Delta H_{\text{VAP}} = 22,389\text{ kJ/mol}$$

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -\frac{\Delta H_{\text{VAP}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$P_1 = 0,05\text{ atm}$$



$$m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,73708$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} \cdot M_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + m_{\text{C}_3\text{H}_8} \cdot M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,73708$$

$$V_{\text{CO}_2(\text{l})} + V_{\text{CO}_2(\text{g})} = 7,245\text{ L à } 27^\circ\text{C et } P = 740\text{ mmHg}$$

$$n_{\text{CO}_2(\text{l})} + n_{\text{CO}_2(\text{g})} = 7,245\text{ L}$$

$$= 0,9737\text{ atm}$$

$$(1) \frac{m_{\text{C}_4\text{H}_{10}}}{4} = n_{\text{CO}_2(\text{g})}$$

$$(2) \frac{m_{\text{C}_3\text{H}_8}}{3} = n_{\text{CO}_2(\text{g})}$$

Il faut remplacer et résoudre le syst à 2 eq et 2 inc.

Q2

$$t_{1/2} = 5730\text{ ans}$$

$$0,255\text{ Bq/g} \longrightarrow N_0$$

$$0,785\text{ Bq/g} \longrightarrow N$$

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1,20968 \cdot 10^{-4}$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -k t$$

$$t = 2277,69\text{ années.}$$

④  $m\lambda = 2d \sin \theta$

CFC

$a_{Ag} = 0.40862 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

$a_{Pd} = 0.38888 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

$\lambda = 7.15406 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

plans (200)

$\theta = 22,725^\circ$

Résolution classique. Seule diffraction à la fin, il faut  $\div$  par 2

(1)  $2d \sin \theta = m\lambda$   
 (2)  $2d \sin \theta = n\lambda$

$\frac{m}{n} = \frac{d_1}{d_2}$   
 $\frac{m}{n} = \frac{a_{Ag}}{a_{Pd}}$   
 $\frac{m}{n} = \frac{0.40862}{0.38888}$   
 $\frac{m}{n} = 1.0505$   
 (1)  $\frac{m}{n} = 1.0505$   
 (2)  $\frac{m}{n} = 1.0505$

$\frac{m}{n} = 1.0505$   
 $\frac{m}{n} = 1.0505$   
 $\frac{m}{n} = 1.0505$



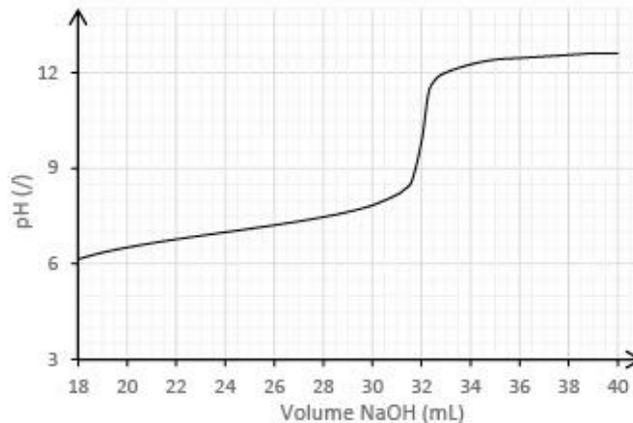
## EXAMEN DE CHIMIE du 28 mai 2018

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

### QUESTION 1 (20 points)

Le saut de pH représenté sur ce graphe est le second observé lors du titrage de 20,0 mL d'une solution aqueuse d'acide sulfureux par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration 0,15 mol/L.



- Ecrivez l'équation ionique nette correspondant à ce saut.
- La réaction est-elle complète ? Justifiez.
- Quelle est la concentration initiale de la solution d'acide sulfureux ?
- Quel est le pH de cette solution ?
- Quel est le pH du mélange à la première équivalence ?
- Schématisez sur le graphe ci-dessus la courbe de titrage si l'acide avait été moins concentré.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

---

**QUESTION 2** (20 points)

Une pile est construite à partir de 2 cellules électrochimiques à 25°C. L'une contient une lamelle de cuivre trempée dans une solution aqueuse de  $\text{CuCl}_2$  (0,200 M), à un pH de 5, l'autre contient un fil de platine trempé dans une solution aqueuse de  $\text{NaNO}_3$  (0,100 M), à un pH de 3, et du NO à la pression de 1,2 bar. Le volume de chaque solution est de 20,0 mL.

- Ecrivez les équations ioniques nettes correspondant aux réactions à la cathode et à l'anode ainsi que la réaction globale du fonctionnement de la pile.
- Calculez la force électromotrice de cette pile.
- Quelle sera la différence de potentiel standard de la pile si on augmente la température à 80°C ? (Négligez la variation des grandeurs thermodynamiques pour effectuer vos calculs.)
- Quel sera le pH dans le compartiment azoté après une électrolyse de 50 min par un courant de 100 mA à 25 °C ? Sachant que la lamelle de cuivre pesait 1,00 g avant l'électrolyse, quelle sera sa masse après ?

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

---

**QUESTION 3** (20 points)

a) Quelle devrait être la concentration d'une solution aqueuse de nitrate d'argent pour que, lorsque l'on ajoute à 500 mL de cette solution 500 mL de solution aqueuse de  $\text{NH}_3$   $2 \cdot 10^{-3}$  M, on obtienne la même concentration en cation argent et en cation complexe à l'équilibre ? (On admettra l'additivité des volumes.)

b) Quelles seront les espèces présentes en solution si on ajoute à ce mélange un large excès de cyanure de potassium solide ? Justifier sur base des constantes de complexation.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

---

**QUESTION 4** (20 points)

Le carbamate d'ammonium peut, dans certaines conditions, se décomposer selon la réaction suivante :



A 50°C, l'entropie standard de cette réaction vaut 225 J/mol.K, et sa constante d'équilibre vaut 1,00. On considère que les gaz se comportent comme des gaz parfaits.

- a) Déterminez l'enthalpie libre standard de Gibbs et l'enthalpie standard de cette réaction
- b) Dans un réacteur à 50°C, à l'équilibre, on mesure des pressions de 0,50 bar pour  $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{H}$  et 2,00 bar pour l'ammoniac. En maintenant la température constante, on diminue ensuite le volume du réacteur de moitié par compression.
  - Que devient la constante d'équilibre ?
  - Calculez les valeurs de pressions partielles lorsque le système sera revenu à l'équilibre.

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5** (20 points)

On observe que la disparition d'une substance active (médicament) dans l'organisme d'un être humain suit une loi identique à la loi de la désintégration nucléaire.

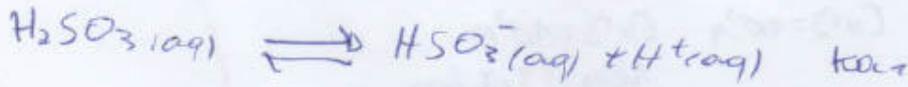
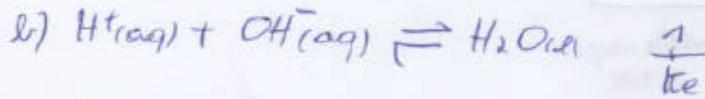
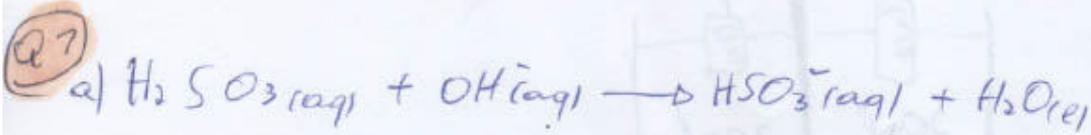
Les résultats de l'étude indiquent que le "temps de demi-vie" associé à la substance active est de 2275,8 s et que, chez l'être humain, la substance n'a plus d'effet en-dessous d'une concentration limite de 1,00 microgramme par kg de masse corporelle pour une température de 37,5°C.

- 1) Sachant que les doses sont fournies sous forme de pastilles contenant 750 mg de substance active, quel sera l'intervalle de temps maximum qu'un être humain de 75,0 kg devra respecter entre deux prises pour subir un effet de la substance en continu ?
- 2) L'effet de la température est étudié et les informations suivantes sont obtenues :

T /°C	t <sub>1/2</sub> /s <sup>-1</sup>
36,0	2332,9
37,5	2275,8
38,0	2262,8
39,0	2226,2
40,0	2192,4

Déterminez l'énergie d'activation du processus graphiquement. Détaillez vos calculs.

Mai 2018



$$K = \frac{1}{K_e} \cdot K_{a1} \gg 1$$

c) 1000 ml  $\rightarrow$  0,15 mol

18 ml  $\rightarrow$   $2,7 \cdot 10^{-4}$  mol

$2,7 \cdot 10^{-4}$  mol  $\rightarrow$  20 ml

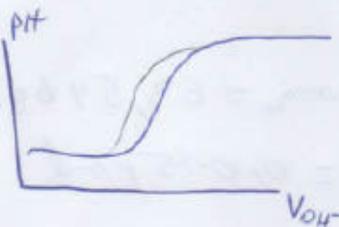
0,0735 mol  $\rightarrow$  1000 ml

$\Rightarrow$  0,0735 M

d) pH = 6,1

e) pH = 5,8

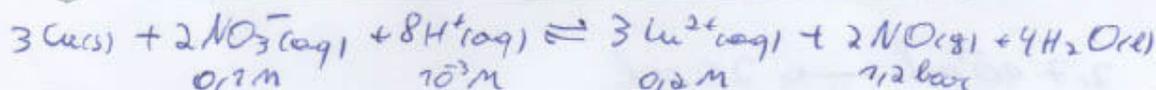
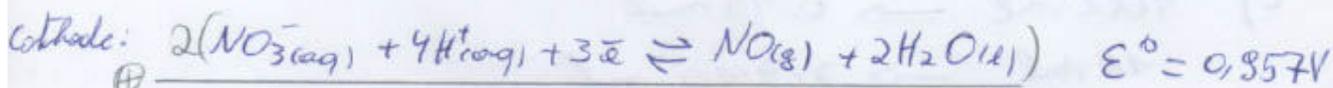
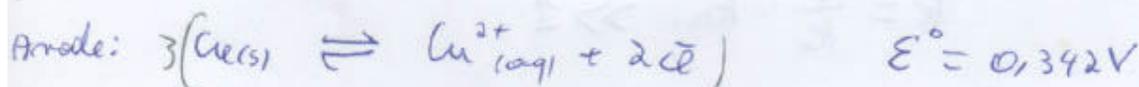
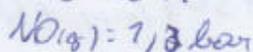
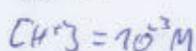
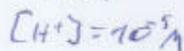
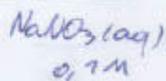
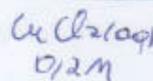
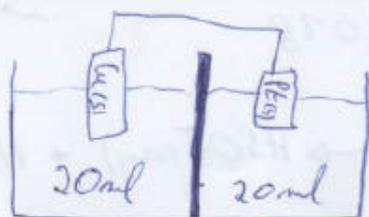
f)



initial  
moles concentration

Q2

a)



b)  $\Delta E^\circ = E^\circ_{\text{cat}} - E^\circ_{\text{an}} = 0,615 \text{ V}$

$\Delta E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln(Q)$

$\stackrel{1}{=} 0,615 - \frac{8,314 \cdot 298}{6 \cdot 96485} \ln\left(\frac{(1,2)^2 (0,2)^3}{(10^{-3})^8 (0,1)^2}\right)$

$\stackrel{1}{=} 0,378 \text{ V}$

d)  $Q = It = m \cdot z \cdot F$

$m_{\text{Cu}} = 18$   $m_{\text{Cu}} = 63,546 \text{ g/mol}$

$t = 50 \cdot 60 = 3000 \text{ s}$

$m_{\text{Cu}(\text{s})} = 0,0157 \text{ mol}$

$I = 100 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

$m_{\text{e}^-} = \frac{I \cdot t}{F} = 3,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$2 \text{ mol Cu}(\text{s}) = m_{\text{e}^-}$

$m_{\text{Cu}(\text{s})} = 1,555 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$m_{\text{Cu}(\text{s})} = 0,09881 \text{ g}$

$m_{\text{r}} = 1 - 0,09881 = 0,90119 \text{ g restants de Cu}(\text{s})$

Mai 2018

$$Q4) K = \exp\left[-\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right] = \exp\left[\frac{\Delta S^\circ}{R}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\Delta H^\circ}{RT}\right]$$

$$\Delta S^\circ = 225 \text{ J/molK} \quad T = 323 \text{ K}$$

$$K = 1$$

$$R = 8.314$$

$$1 = \exp\left[\frac{225}{R}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\Delta H^\circ}{RT}\right]$$

$$1.765 \cdot 10^{-12} = \exp\left[-\frac{\Delta H^\circ}{RT}\right]$$

$$\Delta H^\circ = 72675 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$= 72675 - 323 \cdot 225$$

$$= 0$$

$$a) PV = nRT$$

$$P_A^\circ = \chi_A \cdot P_{\text{Tot}}$$

$$\chi_A^\circ = \frac{n_A}{n_T}$$

$$P_T = \sum_i P_i$$

Q5  $t_{1/2} = 2275,8 \text{ s}$        $750 \cdot 10^{-3} \text{ g pour } 75 \text{ kg}$

$[ ]_{\text{lim}} = 10^{-6} \text{ g/kg}$        $10 \cdot 10^{-3} \text{ g pour } 1 \text{ kg}$

$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -k \cdot t$        $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$

$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 3,0457 \cdot 10^{-4}$

$t = \frac{\ln\left(\frac{10^{-6}}{10 \cdot 10^{-3}}\right)}{-3,0457 \cdot 10^{-4}} = 30240,47 \text{ s}$   
 $= 8 \text{ h } 24 \text{ min}$  entre chaque prise.

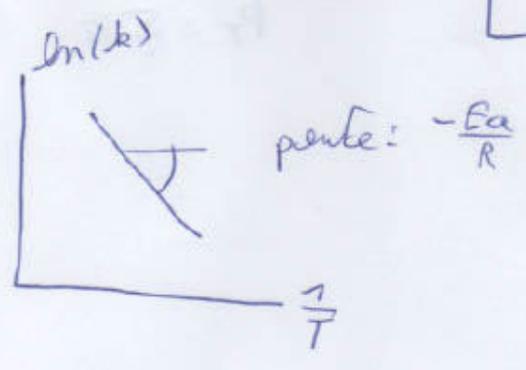
$k = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$

$k = A \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{RT}\right]$

Tem Kelvin

$\ln(k) = \ln(A) + \left(-\frac{E_a}{RT}\right)$

↑ ordonnée à l'origine





Faculté des Sciences

Année académique 2017/2018

**PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES**

---

## **EXAMEN DE CHIMIE du 13 août 2018**

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

---

**Précision : si vous avez eu une note de janvier ou de juin <10, vous DEVEZ repasser la partie correspondante. Si vous avez obtenu une note >10 pour une partie, vous POUVEZ la repasser. Afin que ceci soit clair, tant pour vous que pour les correcteurs, vous trouverez ci-dessous les différents cas de figure possibles, et les questions associées auxquelles nous vous demandons de répondre.**

**Sélectionnez ci-dessous la situation qui vous correspond, entourez cette situation et signez cette page.**

**Ensuite, répondez aux questions.**

**Bon examen**

**A quelles questions répondre :**

**Situation 1.** vous avez eu une note <10 à l'examen écrit de janvier ET à l'examen écrit de juin : vous répondez aux questions 1, 3, 4, 5, 6

**Situation 2.** vous avez eu une note <10 à l'examen écrit de juin, mais vous avez une cote d'examen de janvier supérieure ou égale à 10 (y compris le point bonus éventuel lié aux travaux personnels et la partie intégrée de l'interrogation d'octobre) : vous répondez aux questions 4, 5, 6, 7

**Situation 3 :** vous avez eu >10 en janvier, et une note <10 en juin, mais vous souhaitez abandonner votre note de janvier (ATTENTION, celle-ci sera effacée si vous choisissez cette option), vous répondez aux questions 1, 3, 4, 5, 6.

**Situation 4 :** vous avez eu une note >10 à l'examen écrit de juin, mais votre note de janvier est inférieure à 10 : vous répondez aux questions 1, 2, 3 (a) et 5 partie Q1.

Examen de chimie - août 2018

NOM, Prénom: ..... \_\_\_\_\_

Section et numéro de matricule : ..... 1

---

**QUESTION 1** (20 points)

Quel volume d'éthylène glycol –  $C_2H_6O_2$  - (non électrolyte) faut-il ajouter à 15 litres d'eau pour produire une solution « antigel » résistant jusqu'à  $-30\text{ }^\circ\text{C}$ . Quelle est la température d'ébullition de cette solution ? La masse volumique de l'éthylène glycol est égale à  $1,11\text{ g/cm}^3$  et celle de l'eau à  $1,00\text{ g/cm}^3$ . La constante cryoscopique de l'eau vaut  $1,86\text{ }^\circ\text{C kg/mol}$  et sa constante ébullioscopique vaut  $0,51\text{ }^\circ\text{C kg/mol}$ .

Examen de chimie - août 2018

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

---

**QUESTION 2** (20 points)

Sous une pression de 1 bar, on mélange 20,0 g de glace à  $-10^{\circ}\text{C}$  avec 100,0 g d'eau liquide à  $80^{\circ}\text{C}$ . Quelle est la température du mélange après équilibre thermique sachant que les capacités calorifiques de la glace et de l'eau liquide valent respectivement  $2,08 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  et  $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  et que l'enthalpie de fusion de la glace vaut  $6,01 \text{ kJ/mol}$ ? Vous pouvez supposer que la capacité calorifique du récipient ainsi que les pertes calorifiques sont négligeables.

NOM, Prénom: ..... \_\_\_\_\_

Section et numéro de matricule : ..... 3

---

**QUESTION 3** (20 points)

Soit la réaction d'hydrogénation du méthanal (HCOH), sous forme gazeuse, en méthanol (CH<sub>3</sub>OH), également sous forme gazeuse. La constante d'équilibre de cette réaction vaut  $1,33 \text{ atm}^{-1}$  à  $550^\circ\text{C}$ .

- dessinez la structure de Lewis du méthanal et du méthanol. Quelle est l'hybridation des atomes de carbone et d'oxygène dans ces deux molécules ?
- écrivez l'équation stoechiométrique de la réaction d'hydrogénation et calculez la pression partielle des différentes espèces chimiques à l'équilibre (à  $550^\circ\text{C}$ ), sachant que la pression totale vaut  $0,600 \text{ atm}$  et que la quantité initiale de méthanol est de  $1,00 \text{ mol}$ .

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

4

---

**QUESTION 4** (20 points)

Soit la pile

$\text{Sn} \mid \text{Sn}^{2+} 0,050 \text{ mol/L}, \text{H}^+ 1,00 \text{ mol/L} \parallel \text{MnO}_4^- 0,020 \text{ mol/L}, \text{Mn}^{2+} 0,050 \text{ mol/L}, \text{H}^+ 1,00 \text{ mol/L} \mid \text{Pt}$

Les volumes aqueux initiaux dans les deux compartiments sont de 25,0 mL.

- écrivez les équations correspondant aux réactions d'électrode et à la réaction globale.
- quelle est la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction ?
- quelle est la f.e.m. de la pile décrite ci-dessus ?
- Que vaut le potentiel de l'électrode de gauche après addition dans ce compartiment de 60,0 mL d'hydroxyde de potassium 0,500 mol/L ?

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

---

**QUESTION 5** (20 points)

Soient les réactions suivantes :

a) hydroxyde de cadmium (s) et acide nitreux (aq), à 25°C

b) iodate de sodium (aq) et acide nitreux (aq) à 25°C

c) réaction de formation du nitrate de sodium (solide) dans les conditions standard à 25°C

Q1 Ecrivez les équations équilibrées des réactions ci-dessus (le cas échéant les équations ioniques nettes). Indiquez de quel type de réaction il s'agit (rédox, précipitation, acide-base, ....).

Q2 Calculez les constantes d'équilibre pour ces réactions.

NOM, Prénom: ..... \_\_\_\_\_

Section et numéro de matricule : ..... 6

---

**QUESTION 6** (20 points)

Soit une solution d'acide maléique 0,300 mol/L. On titre 20,0 mL de cette solution par une solution aqueuse de NaOH 0,200 mol/L.

- a) écrivez les deux équations des réactions de titrage et démontrez que ces réactions sont complètes.
- b) quel est le pH au second point d'équivalence ?
- c) quel indicateur serait le plus approprié pour détecter ce point d'équivalence ?

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 7

---

**QUESTION 7** (20 points)

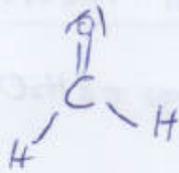
On mélange une solution aqueuse de nitrate d'argent (solution 1) avec une solution aqueuse de carbonate de sodium (solution 2).

- 1) Quelle réaction pourrait se produire ?
- 2) Quelle est la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction à 298 K ?
- 3) Cette réaction se produira-t-elle si on mélange :
  - a) 10,0 mL de solution 1 ( $10^{-3}$  mol/L) et 20,0 mL de solution 2 ( $10^{-4}$  mol/L)
  - b) 20,0 mL de solution 1 ( $10^{-3}$  mol/L) et 10,0 mL de solution 2 ( $10^{-4}$  mol/L)

Calculer les concentrations à l'équilibre de tous les ions présents après mélange.

Acet 2018

Q3 methanal :  $6 + 2 \cdot 7 + 8 = 16e$



C :  $sp^2$

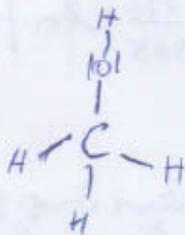
O :  $sp^2$

LF

$$C: 4 - 8 \cdot \frac{1}{2} = 0$$

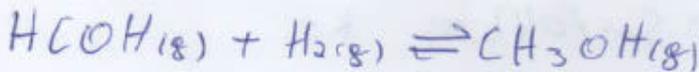
$$O: 6 - 4 - 4 \cdot \frac{1}{2} = 0$$

methanol



C :  $sp^3$

O :  $sp^3$



$m_0$	0	0	1
$m_f$	x	x	1-x

$$P_T = 0,6 = 1 - x + x + x$$

$$x = 0,4$$

$$K_p = 7,33 = \frac{P_{CH_3OH}^0}{P_{H_2}^0 \cdot P_{HCOH}^0} \xrightarrow{\text{on naplate}} P_g^0 = P_T \cdot \chi_A$$

$\downarrow$   
0,6

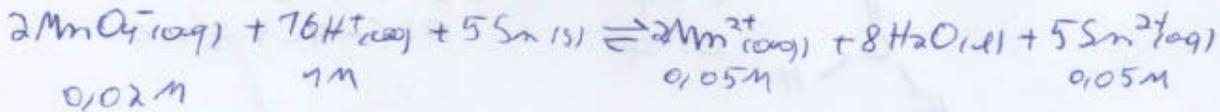
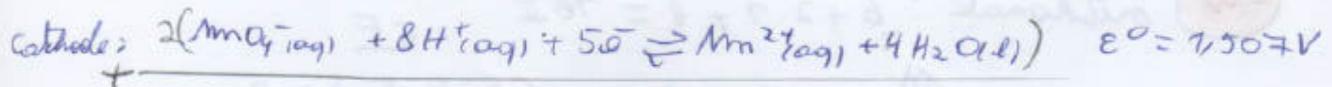
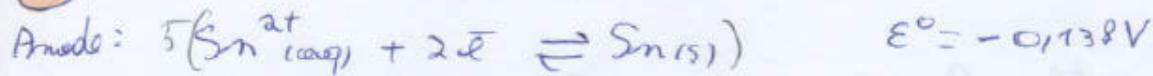
$\downarrow$   
 $\frac{n_A}{n_T}$

$$n_T = 0,6 + 0,4 + 0,4$$

Q7  $\Delta T = \bar{m} \cdot K_{\text{eb}} \cdot \Delta$   
 $\Delta T = \bar{m} \cdot K_{\text{ge}} \cdot \Delta$

$$P = CRT \Delta$$

Q4

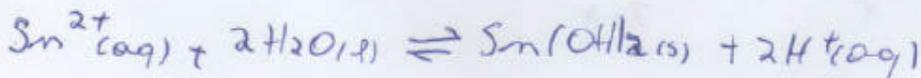
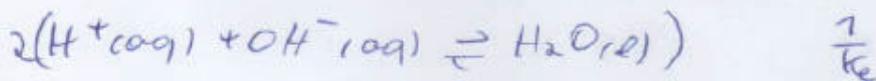
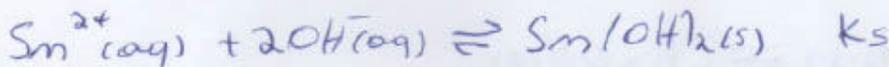


$$\Delta E^\circ = E_c^\circ - E_a^\circ = 1,645\text{V}$$

$$\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln(Q) = 1,645 - \frac{8,314 \cdot 298}{10 \cdot 96485} \cdot \ln\left(\frac{0,05^2 \cdot 0,05^5}{0,02^2 \cdot 1^{16}}\right)$$

$$= 1,678\text{V}$$

$$K = \exp\left[\frac{nF\Delta E}{RT}\right] = \text{math error. Valeur trop grande mais c'est normal.}$$

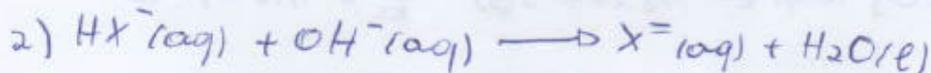
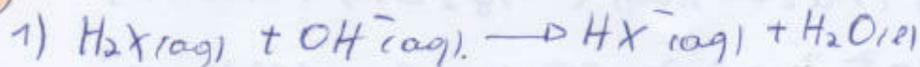


$$K = K_s \cdot K_e^{-2}$$

Il faut trouver  $[\text{Sn}^{2+}]$  et calculer Nernst

Agout 2018

Q6



20 ml =  $6 \cdot 10^{-3}$  mol : il faut 2 fois plus de  $6 \cdot 10^{-3}$  mol d'acide fort car  $0,03 \text{ l} \cdot 2 = 0,06 \text{ l}$

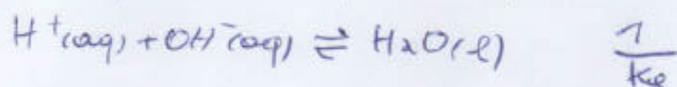
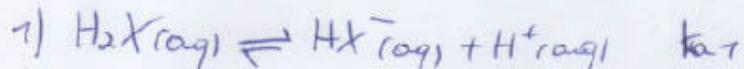
$$V_T = 20 \text{ ml} + 2 \cdot 30 \text{ ml} = 80 \text{ ml}$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_{b2} \cdot C} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{K_{a2}} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,08}} = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

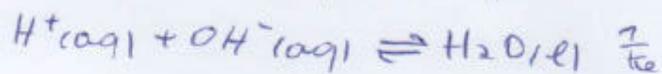
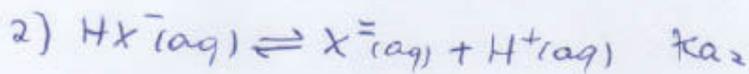
$$pOH = 4,5 \rightarrow pH = 9,5$$

Indicateur coloré: Thymolphthaleïne 9,3  $\rightarrow$  10,5

Démo



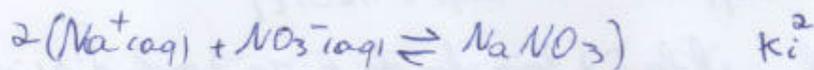
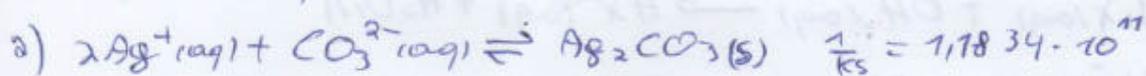
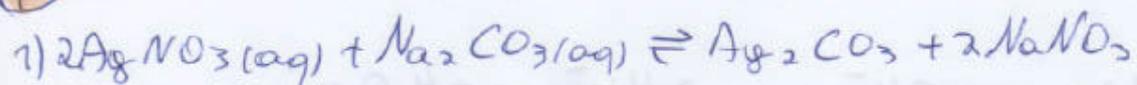
$$K_1 = K_{a1} \cdot \frac{1}{K_e} \gg 1$$



$$K_2 = K_{a2} \cdot \frac{1}{K_e} \gg 1$$

Les 2 réactions sont complètes.

Q7



$$\Delta H_i^\circ = -20,37 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_i^\circ = -88,88 \text{ J/molK}$$

$$K_i = \exp\left[\frac{\Delta S_i^\circ}{R}\right] \cdot \exp\left[\frac{-\Delta H_i^\circ}{RT}\right] = 0,0847$$

3) Il faut calculer le cot d'équilibre des réactions.

Si  $K > K_s$  alors précipitation.



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 7 janvier 2019

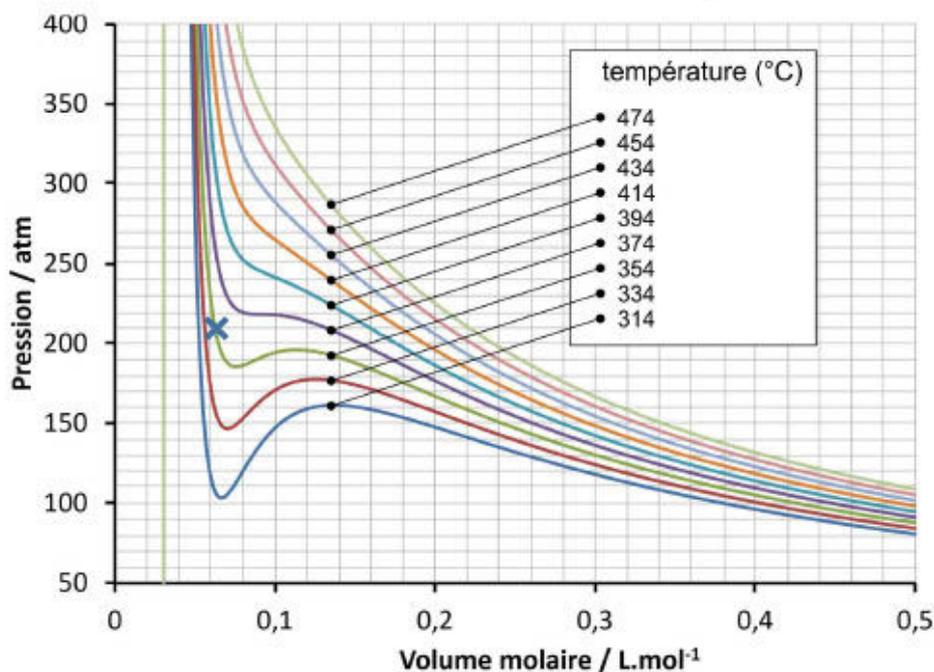
### Première partie – Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

#### QUESTION 1 (15 points) (Veuillez répondre au verso de cette page-ci)

Par application de la formule des gaz réels de van der Waals, le graphique ci-dessous porte la pression en fonction du volume molaire d'une substance, à différentes températures.



- Donnez les coordonnées du point critique ( $V_{\text{mol,crit}}$ ,  $P_{\text{crit}}$ ,  $T_{\text{crit}}$ ) de cette substance.
- Cette substance est-elle liquéfiable par compression à  $340^{\circ}\text{C}$  ? Justifiez votre réponse en 1 ligne
- Sous quel état physique se trouve la substance à  $210\text{ atm}$  à  $354^{\circ}\text{C}$ . Justifiez votre réponse et indiquez sur le graphique le point qui vous mène à votre conclusion.

- $V_{\text{mol,crit}} = 0,090\text{ L.mol}^{-1}$  ;  $P_{\text{crit}} = 220\text{ atm}$  ;  $T_{\text{crit}} = 374^{\circ}\text{C}$
- oui, car  $T < T_{\text{crit}}$
- liquide

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2** (20 points)

a) Complétez le tableau ci-dessous

	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
Représentez <u>une</u> structure de Lewis possible		H-H	
Types d'interaction entre molécules	D-D D-DI DI-DI Liaison H	DI-DI	D-D D-DI DI-DI
Hybridation des deux atomes de N (à identifier par un n° sur la structure de Lewis représentée)	N(1) : sp <sup>3</sup> N(2) : sp <sup>3</sup>	Ne rien indiquer ici	N(1) : sp N(2) : sp
Charges formelles des deux atomes	N(1) : 0 N(2) : 0	H(1) : 0 H(2) : 0	N(1) : 0 N(2) : +1
Types de liaisons sur la structure de Lewis représentée (σ et/ou π)	Entre N et N : σ	Entre H et H : σ	Entre N et O : σ

b) Laquelle des trois espèces a un comportement qui s'éloigne le plus de celui d'un gaz parfait ? Justifiez votre réponse.

N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, en raison des liaisons hydrogènes. Ces interactions sont plus importantes que celles liées au moment dipolaire de N<sub>2</sub>O.

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Théorie

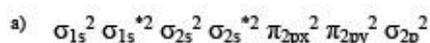
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (15 points)

La configuration électronique  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \pi_{2px}^2 \pi_{2py}^2 \sigma_{2p}^1 \sigma_{3s}^1$  correspond à un des états excités de la molécule de CO.

- Écrivez la configuration électronique de CO dans son état fondamental.
- L'énergie de la liaison dans l'état excité mentionné varie-t-elle significativement par rapport à celle de l'état fondamental ? Justifiez à l'aide des ordres de liaison.
- Cette molécule est-elle paramagnétique ou diamagnétique dans l'état excité ? Justifiez.



b) Non, car dans les 2 cas, l'ordre de liaison est égal à 3 ( $OL = \frac{10-4}{2} = 3$ )

c) Paramagnétique, car elle présente des électrons non appariés

**QUESTION 4** (10 points)

Deux sources laser sont dirigées vers une surface métallique.

La première source émet des photons à une longueur d'onde de 200 nm avec une puissance de 1 W.

La seconde source émet des photons à une longueur d'onde de 500 nm avec une puissance de 10W.

Déterminez quelle source est la plus susceptible de déclencher l'effet photoélectrique.

Justifiez en 4 lignes maximum.

La première :  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$  Si  $\lambda$  est inférieure, l'énergie des photons est plus élevée et davantage susceptible de déclencher une photoémission.

La puissance du faisceau n'intervient pas.

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Théorie

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 5** (20 points)

Cochez la case à côté de la réponse correcte. Il n'y a qu'une réponse correcte par énoncé.

**Attention** : Réponse au stylo à bille uniquement. Une rature ou une correction entraîne l'annulation de la sous-question.

- a. La définition de l'électronégativité selon Pauling dépend :
- du rayon covalent des atomes impliqués dans la liaison chimique.
  - de l'énergie des liens entre les atomes impliqués dans la liaison.
  - de l'affinité électronique des espèces.
  - de la température.
  - Aucune des réponses précédentes.
- b. Soit le xénon, gaz noble de la 5<sup>ème</sup> période du tableau périodique et le krypton le gaz rare de la 4<sup>ème</sup> période. Quelle est la structure électronique fondamentale du xénon :
- [Kr] 5s<sup>2</sup>
  - [Kr] 5s<sup>2</sup>4d<sup>10</sup>
  - [Kr] 5s<sup>2</sup>4d<sup>10</sup>5p<sup>6</sup>
  - [Kr] 5s<sup>2</sup>5d<sup>10</sup>5p<sup>6</sup>
  - [Kr] 4s<sup>2</sup>5d<sup>10</sup>6p<sup>6</sup>
  - [Kr] 5s<sup>2</sup>5p<sup>6</sup>
- c. L'énergie d'un photon est :
- proportionnelle à sa fréquence
  - inversement proportionnelle à sa fréquence
  - proportionnelle à sa masse au repos
  - proportionnelle au flux de photons d'une source lumineuse
  - Aucune des propositions précédentes
- d. La fonction de distribution radiale de l'orbitale 1s de l'ion  ${}_{92}\text{U}^{91+}$  présente un maximum :
- plus éloigné du noyau par rapport à celui de l'orbitale 1s de l'H
  - plus proche du noyau par rapport à celui de l'orbitale 1s de l'H
  - de position inchangée par rapport à celui de l'orbitale 1s de l'H
  - qui confère à l'ion  $\text{U}^{91+}$  une énergie d'ionisation plus faible que celle de l'atome d'hydrogène.
- e. En supposant que la température de la surface du soleil soit plus élevée que sa température actuelle :
- son maximum d'émission se rapprocherait du violet
  - son maximum d'émission se rapprocherait du rouge
  - son maximum d'émission resterait inchangé car la longueur d'onde des photons émis par le soleil ne dépend pas de la température

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Théorie

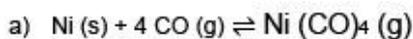
NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 6** (20 points)

La formation de l'espèce  $\text{Ni}(\text{CO})_4(\text{g})$  à température ambiante à partir de nickel solide et de monoxyde de carbone est un processus chimique spontané dans les conditions standard.

- Ecrivez la réaction chimique de cette transformation.
- Ecrivez l'expression de la constante d'équilibre de cette réaction chimique.
- Quel serait l'effet d'une augmentation de la pression du  $\text{CO}(\text{g})$  sur la valeur de la constante d'équilibre ?
- Quel est le signe de la variation de l'enthalpie de cette transformation. Justifier votre raisonnement en 5 lignes maximum



b)  $K_p = \frac{P_{\text{Ni}(\text{CO})_4}}{P_{\text{CO}}^4}$

c) Aucun effet

d)  $\Delta_r G^\circ < 0$  or  $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$ , à T ambiante la réaction consomme des moles de gaz :  $\Delta n_g = 1 - 4 = -3 \rightarrow \Delta S$ , la variation de l'entropie du système, est négative.

$\rightarrow -T \Delta_r S^\circ > 0$ . Pour que  $\Delta_r G^\circ$  soit  $< 0$ , il faut obligatoirement que  $\Delta_r H^\circ$  le soit aussi.

$\rightarrow \boxed{\Delta_r H^\circ < 0}$



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 7 janvier 2019

### Seconde partie - Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

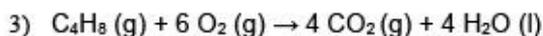
**QUESTION 1** (20 points). *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels des étudiants en sciences physiques.*

Lors de la combustion complète d'un hydrocarbure gazeux  $C_xH_y$ , on récupère 165,74 g d'eau et 404,89 g de dioxyde de carbone.

- 1) Déterminez la masse d'hydrocarbure brûlée lors de cette combustion.
- 2) Dans les conditions normales de température et de pression, l'hydrocarbure de départ occupe un volume de 51,55 L. Déterminez sa formule moléculaire.
- 3) Écrivez la réaction de la combustion complète de l'hydrocarbure.
- 4) Calculez le volume d'air utilisé à 25°C et à 1,00 atm lors de la combustion sachant que l'air est un mélange constitué de 21% en volume de dioxygène et de 79 % de diazote.

1)  $m_{(CH_2)_n} = 9,2 \text{ mol} \cdot 12,011 \text{ g mol}^{-1} + 18,4 \text{ mol} \cdot 1,0079 \text{ g mol}^{-1} = 129,05 \text{ g}$

2)  $C_4H_8$



4)  $V = \frac{n R T}{P} = \frac{52,57 \text{ mol} \cdot 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} K^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1286 \text{ L}$

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Exercices

NOM, Prénom: .....

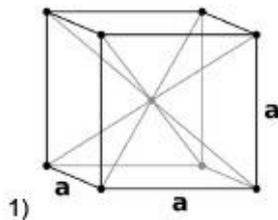
Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2** (20 points)

La maille élémentaire d'un cristal métallique de molybdène est un cube centré dont l'arête mesure 0,31474 nm.

D'après ces données :

- 1) Calculez le volume molaire (en  $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ) de ce métal.
- 2) A quel angle doit-on s'attendre à un pic de diffraction du premier ordre sur la face (002) de ce métal si une source de rayons X de 0,1541 nm de longueur d'onde est utilisée ?
- 3) Que vaut le rayon métallique d'un atome de molybdène ?



$$\rightarrow V_m = 9,385 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

2) Selon le schéma, il apparaît que  $d_{(002)} = \frac{a}{2} = 0,15737 \text{ nm}$

$$\rightarrow \theta = 0,5116 \text{ rad}$$

3)  $\rightarrow r_{\text{mét}} = \frac{\sqrt{3} \cdot a}{4} = 0,13629 \text{ nm}$

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (20 points)

Pour l'ammoniac, les équations des courbes de sublimation et de vaporisation vérifient les relations suivantes :

$$\text{Sublimation : } \ln\left(\frac{P_S}{P^0}\right) = 16,4018 - \frac{3752,706 \text{ K}}{T}$$

$$\text{Vaporisation : } \ln\left(\frac{P_V}{P^0}\right) = 11,1696 - \frac{2730,033 \text{ K}}{T}$$

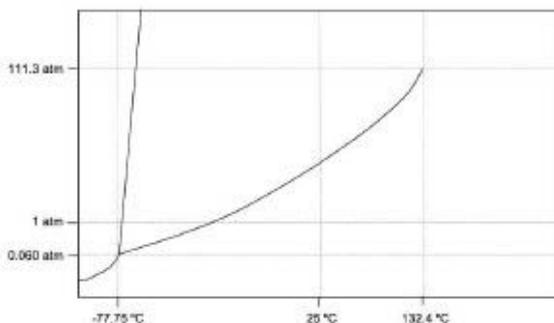
où  $P_S$  est la pression d'équilibre solide-gaz,  $P_V$  est la pression de vapeur saturante,  $P^0 = 1 \text{ bar}$  et  $T$  est la température (en K).

- Déterminez les coordonnées du point triple.
- Schématisez le diagramme de phases de l'ammoniac sachant que les coordonnées du point critique de  $\text{NH}_3$  sont ( $132,25^\circ\text{C}$  ;  $113,33 \text{ bar}$ ) et que la densité de l'ammoniac liquide est plus faible que celle de l'ammoniac solide. Faites apparaître sur votre schéma les coordonnées des points essentiels. Le schéma ne doit pas respecter les échelles.
- Déterminez l'enthalpie de fusion de l'ammoniac et l'enthalpie de formation du  $\text{NH}_3(\text{s})$  dans les conditions définies par le point triple sachant que l'enthalpie de formation du  $\text{NH}_3(\text{g})$  dans ces conditions est égale à  $-46,11 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

a) Les deux courbes se rencontrent au point triple :

$$16,4018 - \frac{3752,706}{T} = 11,1696 - \frac{2730,033}{T}$$

$$\rightarrow T = 195,458 \text{ K et } P = 0,0609442 \text{ bar}$$



b) (Rem. les unités de la pression sont des atm et non des bars mais le schéma reste évidemment valable)

c) Au point triple,  $\Delta H_{\text{fus}} + \Delta H_{\text{vap}} = \Delta H_{\text{subl}}$

$$\rightarrow \Delta_f H^\circ_{\text{NH}_3(\text{s})} = \Delta_f H^\circ_{\text{NH}_3(\text{g})} - \Delta_f H^\circ_{\text{subl NH}_3} \rightarrow \Delta_f H^\circ_{\text{NH}_3(\text{s})} = -77310 \text{ J mol}^{-1}$$

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4** (20 points)

La molécule responsable de l'arôme d'orange, de citron et d'autres agrumes est un hydrocarbure : le limonène ( $C_{10}H_{16}$ ). En étudiant l'absorption du limonène, on trouve un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 358 nm dans une cellule 40 cm. A cette longueur d'onde, on mesure ensuite l'absorbance de plusieurs solutions de limonène aux concentrations connues pour construire une droite d'étalonnage (absorbance en fonction de la concentration). Cette droite passe par le point suivant :

$$C = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; A = 0,178$$

- Dans quelle région du spectre absorbe le limonène ?
- À la même longueur d'onde, une solution inconnue de limonène a une absorbance de 0,230. Déterminez la concentration de cette solution.
- Quelle énergie faudrait-il fournir pour exciter une mole de limonène par un rayonnement absorbé à  $555 \text{ cm}^{-1}$  ? Dans quel domaine du spectre électromagnétique ce rayonnement se trouve-t-il ?

a) UV (proche)

b) Si  $A = 0,230$ , alors  $C = \frac{0,230}{11,867} = 1,94 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ c)  $\frac{1}{555 \text{ cm}^{-1}} = \lambda = 1,802 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ , ou  $1,802 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ , ou  $18,02 \text{ nm} \rightarrow \text{IR}$ 

$$E = 6645 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 07 janvier 2019 – Exercices

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5** (20 points)

Les chauffeuses portables utilisées pour réchauffer des gants ou des vestes sont remplies d'une solution saturée en acétate de sodium et d'une petite pièce métallique que l'on manipule afin d'initier la réaction de solidification de l'acétate de sodium. La réaction impliquée est la suivante :



- 1) A l'aide de vos tables thermodynamiques, déterminez l'enthalpie de la réaction de solidification de l'acétate de sodium ( $\Delta_f H^\circ(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s})) = -1603.18 \text{ kJ/mol}$ ) à 298 K dans les conditions standard.
- 2) En considérant qu'une chauffeuse de 20,0 g ne contient plus que du solide, déterminez l'énergie dégagée par une chauffeuse.
- 3) Calculez l'élévation de température que subirait une masse de 10 g d'hélium (considéré comme gaz parfait) dans un volume maintenu constant et sans perte de chaleur s'il était chauffé par une chauffeuse. Négligez l'énergie perdue à chauffer l'enveloppe de l'objet et la petite pièce métallique.

$$1) \Delta_f H_{298 \text{ K}}^\circ = -19,56 \text{ K J mol}^{-1}$$

$$2) Q = n \cdot \Delta_f H_{298 \text{ K}}^\circ = 2875 \text{ Joules}$$

$$3) \Delta T = \frac{2875 \text{ J}}{2,5 \text{ mol} \cdot 12,47 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 92 \text{ K}$$



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## EXAMEN DE CHIMIE du 27 mai 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

1

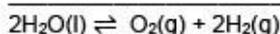
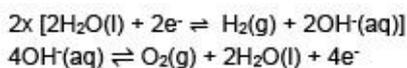
/20

### QUESTION 1 (20 points)

On effectue l'électrolyse de l'eau à 298 K avec un courant de 25,0 A pendant 30,0 minutes, dans les conditions standard en milieu basique.

- Écrivez les deux demi-équations et l'équation globale de cette électrolyse.
- Quelle est le volume maximal de dihydrogène susceptible d'être récupéré lors de cette opération ?
- À l'aide des tables, calculez l'énergie minimale requise pour réaliser cette opération.
- Une batterie de téléphone portable de 4000 mAh (milliampère.heure) suffirait-elle pour produire un tel volume de dihydrogène par électrolyse ? Justifiez

a)



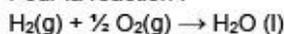
b)

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,4664 \text{ mol} \cdot 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{0,9869 \text{ atm}}$$

$$= 5,778 \text{ Litres} \rightarrow \text{arrondi à } 5,78 \text{ L}$$

c)

Pour la réaction :



$$\rightarrow \Delta_r G_{298\text{K}}^0 = +237,18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,2332 \text{ mol}$$

$$= 55,31 \text{ kJ, arrondi à } 55,3 \text{ kJ}$$

Autre approche possible :

$$\Delta E^\circ = -1,229 \text{ V (une valeur négative est effectivement attendue pour un processus non spontané)}$$

$$\Delta G^\circ = -45000 \text{ C} \cdot (-1,229 \text{ V}) = 55305 \text{ J, arrondi à } 55,3 \text{ kJ}$$

d)

$$4 \text{ Ah} = 4 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 3600 \text{ s} = 14400 \text{ C}$$

La charge de cette batterie est donc insuffisante car il faudrait 45000 C.

NOM, Prénom: .....

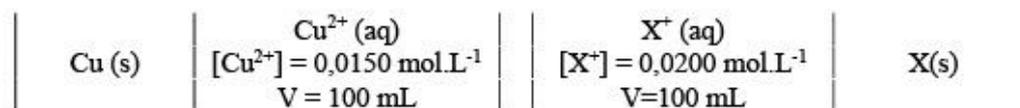
Section et numéro de matricule : .....

2

/20

**QUESTION 2** (20 points)

Une pile est construite à partir de deux cellules électrochimiques à 25°C en milieu acide :



- a) Si la force électromotrice de cette pile vaut 0,412 V, quel est l'élément X ?
- b) La masse volumique de la solution du compartiment anodique augmentera-t-elle ou diminuera-t-elle au cours de la décharge de la pile ? Justifiez en trois lignes maximum.
- c) Quelle serait la force électromotrice de cette pile suite à l'ajout de 5,00 grammes de chlorure de sodium dans le compartiment de droite ? On suppose que la dissolution du sel n'entraîne pas de variation significative du volume de la solution.

a)

$$E^\circ = 0,700\text{V} + 0,100\text{V} = 0,800\text{V} \rightarrow \text{tables} \rightarrow \text{X} = \text{Ag}$$

b)

La masse volumique du compartiment anodique augmentera sans doute du fait de l'élévation de la concentration en ions Cu(II) en solution, p. ex sous forme de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  si le pont salin est fait de  $\text{KNO}_3$ .

c)

Ajout de 5,00g de NaCl :

- provoque une précipitation dans le compartiment contenant des ions  $\text{Ag}^+$  sans forme d' $\text{AgCl}$  (s)

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,800 - \frac{8,314 \cdot 298}{1,96485} \ln \frac{1}{2,11 \cdot 10^{-10}}$$

$$= 0,228\text{V}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,288 \text{ V}$$

Il y a inversion de polarité :  $fem = 0,288 \text{ V} - 0,228 \text{ V} = 0,060\text{V}$  (la valeur négative est acceptée aussi car on ne demande pas de notifier cette inversion de polarité)

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

3

/20

**QUESTION 3** (20 points)

Lors d'une préparation réalisée à 25°C, on dissout 4,65 g de butylamine-1 ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) et 10,12 g de chlorure de butyl-1-ammonium ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{NH}_3\text{Cl}$ ) dans de l'eau. Le volume est amené à 500,0 mL avec de l'eau distillée.

a) Quel est le pH de cette solution de départ ?

Quel est le pH de la solution si on ajoute à la solution de départ :

b) 5,0 mL d'une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène 6,0 mol/L.

c) 8,42 g d'hydroxyde de potassium solide. On négligera l'effet de cet ajout sur la variation du volume final.

d) 300 mL d'eau distillée.

a)

$\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$  : 4,65g (base) et  $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{NCl}$  : 10,12g (acide conjugué)

Af et Bf conjugués → mélange tampon

pH = 10,61

b)  $\text{pH} = 10,772 + \log \frac{3,358 \cdot 10^{-2}}{\frac{12,224 \cdot 10^{-2}}{V}} = 10,21$

c) pH = 13,06

d) Dilution simple, sans effet sur le pH du mélange tampon → pH = 10,61

Examen de chimie – CHIM-F-101 – 27 mai 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

4

/20

**QUESTION 4** (20 points)

L'eau de Javel doit ses propriétés décolorantes et désinfectantes à l'ion hypochlorite qu'elle contient. En milieu basique et à température suffisante, on observe la dismutation de cet ion selon la réaction :



Lors de l'étude cinétique de cette réaction à 25 °C, il a été possible d'obtenir les données suivantes :

Temps (s)	0	1000	3000	10 000	20 000	40 000	100 000
[ClO <sup>-</sup> ] (10 <sup>-3</sup> mol/L)	12,7	12,2	11,3	8,9	6,9	4,7	2,4

Une analyse rapide de ces données montre que la vitesse de la réaction varie en fonction du temps et que le temps de demi-réaction dépend de la concentration du réactif.

- Quel est l'ordre cette réaction (0, 1 ou 2) par rapport aux ions hypochlorite ? Justifiez en trois lignes maximum.
- Confirmez cet ordre réactionnel par un graphique et déduisez-en la constante cinétique de la réaction.
- Après combien de temps 70% des ions hypochlorite auront-ils réagi ?

a)

C'est un ordre 2

b)

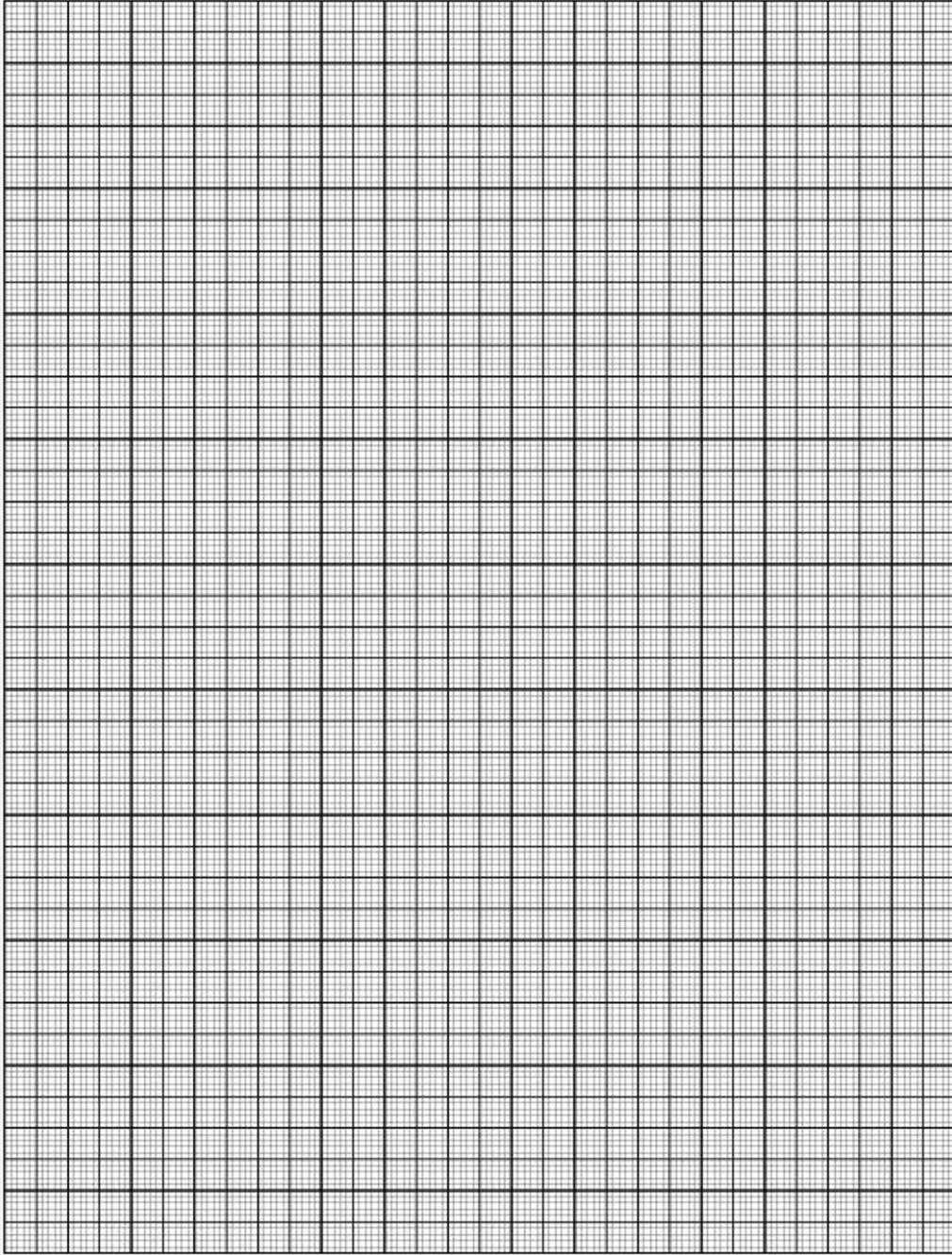
voir graphique qui confirme l'ordre 2 le coefficient angulaire vaut 3k

Dans le graphique :  $3k = \frac{400-125}{96000-1400} = 3,36 \cdot 10^{-3}$ →  $k = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 

c)

Il reste  $3,81 \cdot 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  d'ions ClO<sup>-</sup>→ Le graphique  $\frac{1}{[\text{ClO}^-]} = \frac{1}{[\text{ClO}^-]_i} + kt$  montre que pour  $\frac{1}{[\text{ClO}^-]} = 262 \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $t \approx \underline{55000\text{s}}$

Détermination des paramètres cinétiques de la réaction de dismutation de l'ion hypochlorite à 298 K



temps / s

/

Examen de chimie – CHIM-F-101 – 27 mai 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

5

/20

**QUESTION 5** (20 points)

Le problème de la pollution atmosphérique par les oxydes d'azote (les  $\text{NO}_x$ ) résulte de la réaction entre le diazote et le dioxygène de l'air à haute température. Ces conditions se rencontrent à l'intérieur des moteurs à essence ou Diesel, ainsi que dans des chaudières au gaz ou au mazout.

Le monoxyde d'azote étant nocif pour la santé, une étude de sa formation est entamée. La constante d'équilibre  $K_c$  de la réaction  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$  à 1200 °C vaut  $1,00 \cdot 10^{-5}$ .

- Calculez les concentrations molaires à l'équilibre de NO,  $\text{O}_2$  et  $\text{N}_2$  dans un réacteur de 10,0 L contenant initialement 0,312 mol de  $\text{N}_2$  et 0,407 mol de  $\text{O}_2$ .
- La valeur numérique de la constante  $K_c$  est-elle plus élevée, plus basse ou égale à  $1,00 \cdot 10^{-5}$  à la température de 1000 °C ? Justifiez.

a)

Solution « approximative » (on néglige le terme en  $x$  et  $10^{-5} x^2$ )

$$\rightarrow 4x^2 = 1,26984 \cdot 10^{-8} \rightarrow x = \pm 5,634 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

Solution exacte :

$$x_1 = 5,6254 \cdot 10^{-5} \rightarrow \begin{aligned} [\text{N}_2] &\approx 0,0311 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{O}_2] &\approx 0,0406 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{NO}] &\approx 1,125 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned}$$

b)

Plus basse.

L'énoncé suggère fortement que la réaction est endothermique, mais la formation de NO à haute température dans un moteur thermique pourrait résulter d'un effet cinétique.

Pour répondre exactement à cette question, il suffit d'aller voir dans les tables le signe de  $\Delta_f H_{298\text{K}}$  pour NO(g), qui est bien positif.

Le principe de Le Chatelier indique que  $K \searrow$  si  $T \searrow$  pour une réaction endothermique.



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## EXAMEN DE CHIMIE du 12 août 2019

NOM, PRÉNOM (en majuscules) : .....

Section et numéro de matricule : .....

### N'ouvrez ce fascicule qu'au signal de votre assistant

Précision :

Si vous avez eu une note à l'examen de janvier inférieure à 10/20, vous DEVEZ le repasser.

Si vous avez obtenu une note supérieure ou égale à 10/20 pour une partie, vous POUVEZ le repasser.

Afin que ceci soit clair, tant pour vous que pour les correcteurs, vous trouverez ci-dessous les deux cas de figure possibles.

Sélectionnez ci-dessous la situation qui vous correspond, entourez cette situation et signez cette page.

Ensuite, répondez aux questions.

Bon examen

A quelles questions répondre :

**Situation 1.** Vous avez eu une note inférieure à 10/20 à l'examen écrit de janvier 2019 OU vous avez une note supérieure à 10 mais vous souhaitez améliorer votre résultat de janvier (ATTENTION, votre note de janvier sera effacée si vous choisissez cette option).

- Vous répondez aux questions 1,2,3,4 (situation 1) et 5

**Situation 2.** Vous avez une note supérieure ou égale à 10/20 à l'examen écrit de janvier 2019 et vous souhaitez conserver cette note.

- Vous répondez aux questions 4 (situation 2), 5, 6, 7, 8

Entourez votre choix ci-dessous :

**Situation 1 / Situation 2**

Signature

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

1

/20

**QUESTION 1** (20 points) (Q1)

La distribution de Maxwell-Boltzmann d'un gaz monoatomique donné indique que la vitesse la plus probable des atomes de ce gaz est de  $759,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  à 700 K.

- Calculez la valeur de la vitesse quadratique moyenne.
- Donnez la valeur et les unités de la capacité calorifique de ce gaz à pression constante.
- Une compression isotherme de ce gaz entraînera-t-elle une modification de la distribution de vitesses de Maxwell-Boltzmann ? Justifiez votre réponse.
- A pression constante, la moitié de l'énergie d'une mole de ce gaz est transférée pour chauffer 100 grammes d'eau initialement à  $20^\circ\text{C}$ . Quelle sera la température de l'eau après ce transfert de chaleur (*Vous pouvez supposer que la capacité calorifique du récipient ainsi que les pertes calorifiques sont négligeables*).
- Donnez la nature de ce gaz.

NOM, Prénom: .....

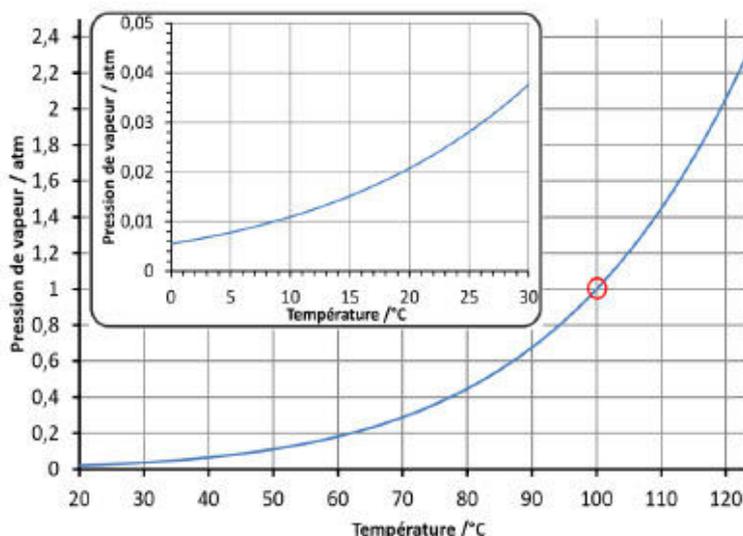
Section et numéro de matricule : .....

2

/20

**QUESTION 2** (20 points) (Q1)

La courbe de la tension de vapeur de l'eau entre 0 et 120 °C est présentée ci-dessous. Un volume fermé indéformable de 1,00 litre contient 1,00 gramme d'eau à 20°C. On considère que les équilibres liquide-gaz sont atteints et qu'il n'y a pas d'autres espèces chimiques dans le volume.



a) Quel est le pourcentage de l'eau à l'état liquide à 20°C dans le volume ?

b) Quelle est la pression exercée par les molécules de gaz à 60 °C ?

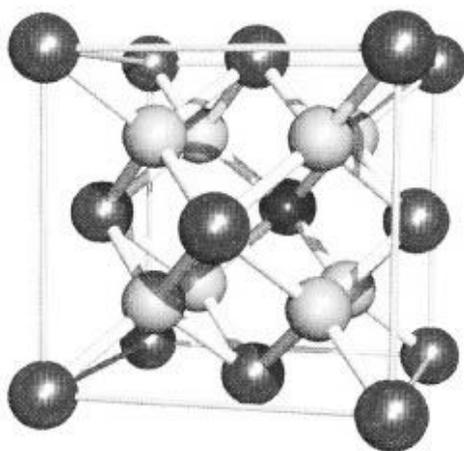
c) Quelle est la pression exercée par les molécules de gaz à 120 °C ?

d) A 120°C, quelle serait la pression exercée par les molécules d'eau sur la paroi s'il y avait 5,00 grammes d'eau dans l'enceinte ?

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3 

/20
-----

**QUESTION 3** (20 points) (Q1)

La fluorine est un solide ionique dont la formule est  $\text{CaF}_2$ . La structure cristalline de la fluorine est une maille cubique dont une représentation est reproduite ci-contre.

- Donnez la nature des ions représentés en gris clair sur la figure. Justifiez votre réponse.
- Sachant que la masse volumique de la fluorine est de  $3,18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , calculez la longueur de l'arête de la maille.
- Déduisez-en la distance la plus courte entre les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{F}^-$  (en d'autres termes, la distance représentée par les bâtonnets courts sur la figure).

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4 

/20
-----

**QUESTION 4** (20 points)

Veillez à ne répondre qu'à la question qui correspond à votre situation :

**Situation 1 (Q1 + Q2)**

Si on dissout 5,10 grammes d'un acide faible inconnu (HA) dont la masse molaire est de 85,0 g/mol dans 500 g d'eau, on obtient une solution dont le point de congélation est de  $-0,257\text{ }^{\circ}\text{C}$  et dont la masse volumique est assimilable à celle du solvant pur.

La constante cryoscopique de l'eau est de  $1,86\text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$

- a) Calculez la constante d'acidité  $K_a$  de cet acide faible.

**Situation 2 (Q2)**

On utilise de l'hydroxyde de potassium pour faire précipiter chaque cation des solutions suivantes. Déterminez la concentration minimale de KOH requise pour amorcer la précipitation dans les deux cas suivants et calculez les pH correspondants :

- a)  $\text{CaCl}_2$   $0,015\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   
b)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$   $0,0025\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   
c) En supposant une solution suffisamment acide pour maintenir en solution les deux solutés « a » et « b » ci-dessus, quel précipité sera formé en premier lieu lors de l'ajout progressif d'hydroxyde de potassium ? Justifiez brièvement.

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

/20

**QUESTION 5** (20 points) (Q1 et Q2)

Les biphényles polychlorés (PCB) sont une classe de produits chimiques industriels qui ont été très utilisés mais on a constaté qu'ils constituaient un risque pour la santé et l'environnement. Les PCB ne contiennent que du carbone, de l'hydrogène et du chlore. Un PCB donné a une masse molaire de  $360,88 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . La combustion de 1,52 g de ce composé donne 2,224 g de  $\text{CO}_2$  et la combustion de 2,53 g donne 0,2530 g de  $\text{H}_2\text{O}$ . Combien y a-t-il d'atomes de carbone, d'hydrogène et de chlore dans une molécule de ce PCB-ci ?

Détaillez vos calculs.

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

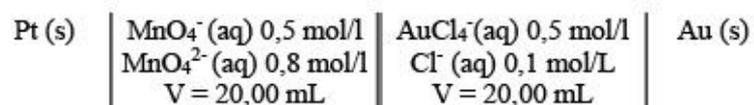
Section et numéro de matricule : .....

6

/20

**QUESTION 6** (20 points) (Q2)

On considère la pile suivante à 25°C :



- Écrivez les équations chimiques à l'anode et à la cathode ainsi que l'équation de la réaction spontanée dans les conditions standard.
- Calculez la f.é.m. de la pile dans les conditions standard et dans les conditions décrites ci-dessus.
- Quelle sera la f.é.m. de la pile si l'on ajoute 20,00 mL d'eau pure dans le compartiment anodique ?
- Calculez la constante d'équilibre de cette réaction ? S'agit-il d'une réaction complète ou incomplète ?
- Calculez la concentration du réactif en excès lorsque la pile sera déchargée ?
- La masse de l'électrode de platine sera-t-elle supérieure, inférieure ou inchangée quand la pile sera déchargée ? Justifiez votre réponse.

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : .....

7

/20

**QUESTION 7** (20 points) (Q2)

Soit la réaction de décomposition du carbonate de magnésium :



- a) Déterminez la constante d'équilibre de cette réaction à 490 K. Considérez que les variations d'enthalpie et d'entropie sont indépendantes de la température.

A l'équilibre, un volume de 10,0 L à 490 K renferme 1,00 gramme de MgO(s) et du CO<sub>2</sub> à une pression de 0,0258 bar.

- b) Le volume est ensuite comprimé de manière isotherme jusqu'à ce qu'il occupe 0,100 litre. Quelle masse de MgCO<sub>3</sub> se forme-t-il ?

Examen de chimie - août 2019

NOM, Prénom: .....

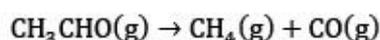
Section et numéro de matricule : .....

8

/20

**QUESTION 8** (20 points) (Q2)

- a) A 700 K, l'acétaldéhyde se décompose en méthane et en monoxyde de carbone selon la réaction suivante :



Un échantillon de  $\text{CH}_3\text{CHO}$  est chauffé à 700 K et à une pression de 0,22 atm avant que la réaction s'amorce. On surveille ensuite la cinétique de la réaction en mesurant la pression totale et on obtient les résultats suivants :

$P_{\text{tot}} / \text{atm}$	$t / \text{s}$
0,22	0
0,24	1000
0,27	3000
0,31	7000

Après un traitement de données rapide, l'observateur réalise immédiatement que la vitesse de la réaction évolue au cours du temps. Son logiciel lui indique aussi que le graphique portant le logarithme népérien de la pression du réactif en fonction du temps ne donne pas une droite.

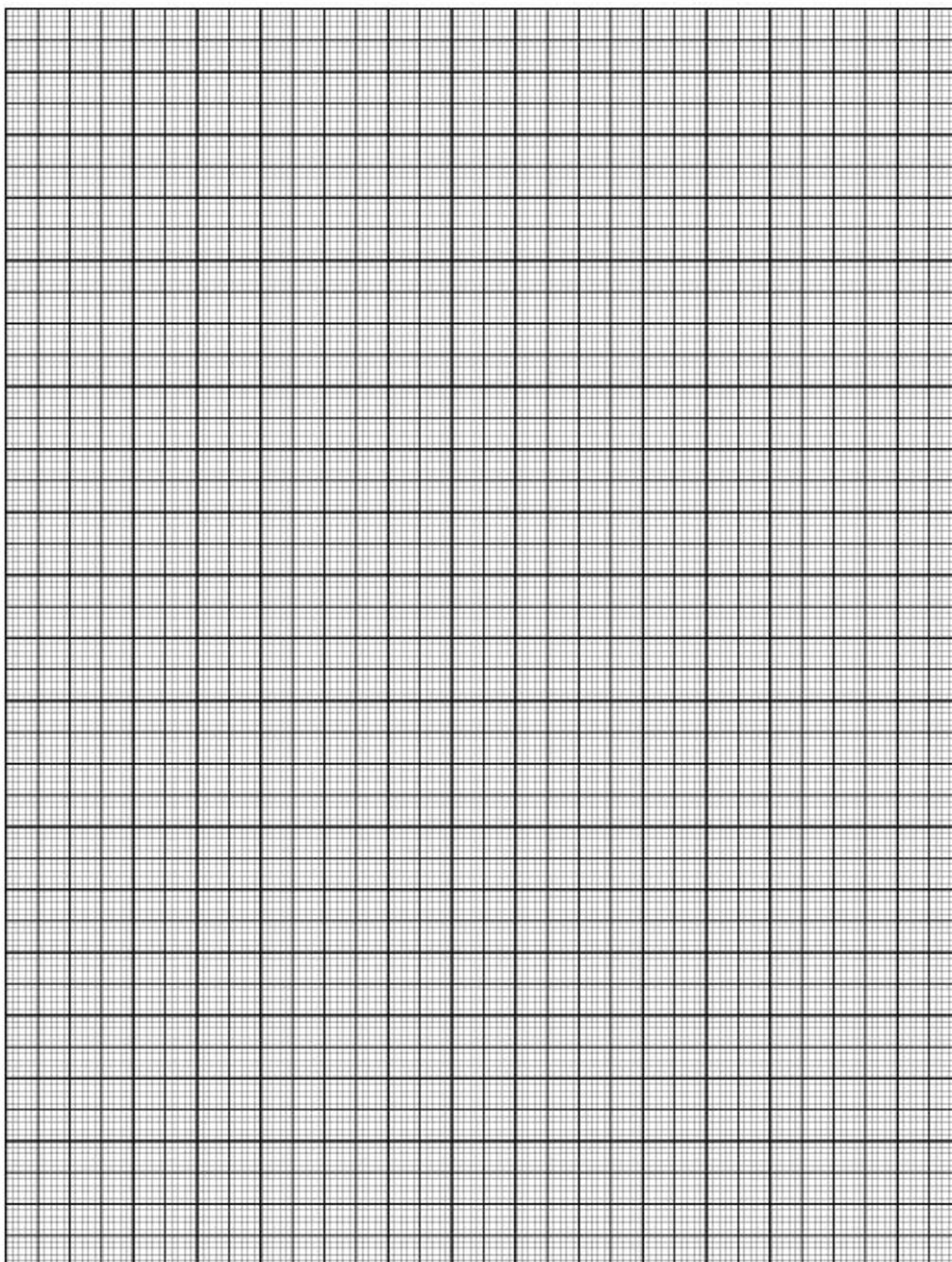
- Déterminez graphiquement la constante de vitesse et précisez ses unités en supposant que vous exprimez ici la vitesse de la réaction en  $\text{atm} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Donnez la loi de vitesse de cette réaction chimique.
- Quelle serait la pression totale en fin de réaction (à l'équilibre) si celle-ci était complète ?

NOM, Prénom: .....

**QUESTION 8** (partie graphique)

Détermination de la constante cinétique de la décomposition de l'acétaldéhyde à 700 K

/



/

## Liste de question de l'examen oral de chimie de Mr. Thierry Visart pour les BA1

- Qu'est-ce qu'un indicateur coloré ?
- Parler des Equilibre liquide vapeur.
- Parler des différents types de solides (Q1) .
- Démontrer la formule de Nernst, qu'est-ce que l'énergie libre concrètement, expliquer la pile à combustion, la réaction de Vaporeformage et qu'est-ce que l'acide perchlorique (donner sa formule) es-ce un acide fort ou faible ? et pourquoi?
- Quels sont les critères de spontanéité des réactions et équation d'Haber-Bosch (son enthalpie est négative à 400 °C :P)
- Expliquer la courbe de titrage d'un polyacide
- Parler des équilibres chimiques + comment varie la constante cinétique en fonction de la température
- Expliquer l'influence du pH sur la solubilité précipitation. Puis : pourquoi la dissolution de certaines molécules est-elle exothermique alors que pour d'autres elle est endothermique ? Comment d'ailleurs expliquer qu'une dissolution peut-être exothermique alors que pour casser une liaison, il faut toujours fournir de l'énergie?
- Gibbs-Duhheim, expliquer le potentiel chimique, comment déterminer la spontanéité d'une réaction, dessiner l'électrolyse de l'eau, dire où se trouve la cathode.
- Comment modifier la vitesse d'une réaction ?
- Et après expliquer l'électrophorèse (mais version : comment puis-je casser des acides aminés?)
- Lien entre acidité et structure (question tirée) puis il a embrayé sur les réductions (quel alcalin est plus réducteur) puis les complexes (levée de dégénérescence et coloration)
- Faire et expliquer le diagramme de phase du CO<sub>2</sub>.
- Petite question : Une redox en milieu basique (ClO<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>) & comment mesurer la distance des liaisons dans le NaCl (=> Loi de Bragg)
- Expliquer les mécanismes réactionnels, donner les différentes hypothèses et illustrer par un exemple (avec toutes les formules, tout réinjecter, etc., ...) Et puis pression osmotique et une application avec la membrane semi-perméable
- Expliquer les différentes liaisons chimiques puis, j'ai parlé du lien H. Il a demandé s'il y avait des molécules en bio ayant des liens H : acide aminé puis, dessiner un acide aminé, parler de l'électrophorèse, courbe de titrage diacide, pH isoélectrique, et constante de vitesse selon Arrhenius
- Comparez solubilité gaz et sel (pression, température, solvation)
- Interpréter la formule de la loi de distribution des vitesses de Maxwell.
- Qu'est ce qu'un équilibre chimique + procédé d'Haber-Bosch ?
- Qu'est ce que l'énergie de résonance ?(Q1)
- Parler du modèle de collision en phase gazeuse en cinétique chimique
- Qu'est-ce qu'un indicateur coloré(risque de question exercice ou il faut trouver quel indicateur coloré faut-il utiliser par rapport a tel réaction)
- Orbital de tel élément + donner nombre quantique
- Un calcul thermodynamique pour trouver le k de la réaction (calcul à faire sans calculette mais tables disponible)



- Une courbe de pH
- Déterminer le pH à partir duquel un précipité se forme
- Expliquer le pH isoélectrique et application aux acides aminés (parler d'électrophorèse et de zwitterion)
- Expliquer les liaisons H
- Dire ce qui se passe quand on met un bloc de Na dans de l'eau (c'est une redox à équilibrer)
- Rapport entre k cinétique et K équilibre
- Courbe de titrage d'un polyacide (tout débarrassé de A à Z et j'ai pris H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> comme exemple), et puis expliquer le procédé de Haber-Bosch par une approche thermo et cinétique
- Lien entre énergie chimique, travail utile et énergie électrique, comment trouver le pH d'une sol avec une concentration inconnue de Cu<sup>2+</sup>, expliquer les complexes
- Redox en milieu basique (CrO<sub>2</sub><sup>-</sup> / Cr (s) )
- Pile combustible, le procédé de Haber-Bosch et tout ce qui est enthalpie libre et lien avec potentiel et la démo, Le Chatelier..
- Théorie du champ cristallin (Q1)
- Parler de l'enthalpie libre de Gibbs, faire des liens avec l'entropie et l'enthalpie puis dire tout ce que ça implique d'un point de vue Energie, en parlant aussi des oxydations d'un point de vue spontanéité. Ensuite on est passés sur le premier chapitre de chimie descriptive en bifurquant par un petit développement du principe d'Hall&Hérault niveau utilité, ...
- Diagramme de phase de l'eau + Propriétés colligatives
- Quelle est la couleur d'un complexe dont l'ion métallique central est zn<sup>2+</sup> ? (Connaissant sa configuration électronique)
- Courbe de titrage d'un polyacide + calculer le pH de solubilité d'un sel, loi de déplacement de Wien, Stephan Boltzmann, effet de paire inerte.
- Qu'est ce que la Loi de Raoult et quelles sont ses limites ?
- Quelles sont les interactions présentes dans une solution idéale, tracer le graphique de l'Energie en fonction de la distance, redox en milieu basique ?
- Que se passe-t-il quand on met du carbonate de calcium dans l'eau?
- Réaction du carbonate avec un acide Fort, eau de Javel (redox) , exemple d'oxydants et réducteurs forts.
- Comment mesurer et calculer le pH, donner les demi réactions dans le pH-mètre, faire le lien entre le potentiel et la concentration en H<sup>+</sup>, parler du procédé Haber-Bosch et à quoi sert un catalyseur.
- Pourquoi les composés azotés sont utilisés dans les explosifs et les carburants +exemple, comparer acidité phénol acide picrique. Expliquer les indicateurs colorés et expliquer pourquoi il y a une différence de couleur (+exemple de composés à chromophore).
- Qu'est ce qu'une électrode de référence? Expliquer pourquoi ESH n'est pas une bonne électrode pour pH (j'avais fait l'erreur) Qu'est ce qu'un indicateur coloré? Pourquoi sont-ils coloré? Qu'est ce qu'un mélange tampon ? Différence de taille entre vanadium et fer (Expliquer)
- Relation Gibbs-dunheim ( démonstration et dire a quoi ça sert), pile galvanique, allotropes ( diagramme et explications)
- Les facteurs influençant la vitesse d'une réaction, lier la distribution de vitesse par rapport à la température dans la théorie cinétique des gaz, datation au carbone 14
- Expliquer les processus de fission et fusion nucléaire (question préparée) et ensuite, effusion + fonctionnement d'une centrale nucléaire.





PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, MATHÉMATIQUES, EN SCIENCES DE L'INGÉNIEUR (ORIENTATION  
BIOINGÉNIEUR), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 28 octobre 2019

NOM, Prénom : .....

Section et numéro de matricule : ..... 1

**ATTENTION : Pour toutes les questions, soignez votre écriture ET votre orthographe**

**QUESTION 1** (15 points) *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels.*

Un étudiant effectue le titrage d'une solution aqueuse d'HCl de concentration inconnue à l'aide d'une solution aqueuse de NaOH. La concentration de la solution d'hydroxyde de sodium est de 0,1010 mol/L. L'étudiant place donc 40,00 mL de la solution d'HCl dans un erlenmeyer et y ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine. Après avoir ajouté dans cette solution 19,8 mL de solution de NaOH à l'aide d'une burette, l'indicateur coloré passe d'incolore à mauve.

- 1) Écrivez les équations chimiques moléculaire et ionique nette de la réaction.
- 2) Définissez l'équivalence. (2 lignes maximum)
- 3) Déterminer la concentration de la solution d'acide titrée ainsi que le pourcentage en masse de HCl dans la solution acide de départ.  
On considère que la solution de HCl a la même densité que l'eau.  
(Il n'est pas nécessaire d'effectuer un calcul d'erreur.)

(M H = 1,0079 g/mol ; M Cl = 35,4530 g/mol)

Interro. Chimie – 29 octobre 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 2

**QUESTION 2** (20 points)

L'iridium-192 ( $^{192}_{77}\text{Ir}$ ) est notamment utilisé en radiothérapie. Il se désintègre en platine-192 par émission d'une particule  $\beta^-$ .

- Écrire l'équation de désintégration correspondante.
- Donner le nombre de protons et de neutrons de l'iridium-192.
- Calculer la demi-vie de l'iridium-192 et la masse initiale d'un échantillon sachant qu'après 7 jours, il en reste 2,81 g, et, après 365 jours, 0,0973 g.

Interro. Chimie – 29 octobre 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 3

**QUESTION 3** (20 points)

Complétez le tableau suivant :

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>
Structure de Lewis				
Charge formelle	O(1) : O(2) : O(3) :	N : O(1) : O(2) :	Al : Cl(1) : Cl(2) : Cl(3) :	H(1) : H(2) : H(3) : O :
Géométrie (nom)				
Structure de résonance (entourer la bonne réponse)	Oui - Non	Oui - Non	Oui - Non	Oui - Non
Hybridation de l'atome central				

NB : dans la classification périodique, l'aluminium se trouve dans la même colonne que le bore.

Interro. Chimie – 29 octobre 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 4

**QUESTION 4** (13 points)

Dans le modèle des orbitales moléculaires, comment calcule-t-on l'ordre de liaison (écrivez la formule et explicitez les termes).

*Pour répondre aux questions suivantes, entourez la bonne réponse. (Attention ces questions sont « à choix multiple » ; choisir une mauvaise réponse entraîne une perte de points.)*

Dans l'équation des gaz parfaits,  $pV=nRT$ ,  $V$  représente :

- a) la vitesse des molécules frappant la paroi
- b) le volume du récipient dans lequel se trouve le gaz
- c) la ventilation de la pièce dans laquelle se trouve le gaz.

Dans le modèle du champ cristallin, en présence d'un champ octaédrique, les orbitales :

- a)  $d_z^2$  et  $d_{x^2-y^2}$  ont plus d'énergie que les orbitales  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{xz}$
- b)  $d_z^2$  et  $d_{x^2-y^2}$  ont autant d'énergie que les orbitales  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{xz}$
- c)  $d_z^2$  et  $d_{x^2-y^2}$  ont moins d'énergie que les orbitales  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{xz}$

Connaissant l'ordre de liaison, pour une liaison entre deux atomes identiques :

- a) la longueur de liaison augmente quand l'ordre de liaison augmente
- b) la longueur de liaison diminue quand l'ordre de liaison augmente
- c) la longueur de liaison ne dépend que du nombre d'électrons non appariés.

Interro. Chimie – 29 octobre 2019

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule : ..... 5

**QUESTION 5** (20 points)

Le travail d'extraction d'un électron de la surface du magnésium vaut 3,66 eV.

- 1) Sachant cela, calculer la longueur d'onde critique à utiliser pour qu'il y ait émission d'un électron.
- 2) Calculer la longueur d'onde et la fréquence du rayonnement à utiliser pour qu'un électron émis de la surface du magnésium ait une vitesse de  $9,05 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ .

$$1\text{eV} = 1,602176487 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Constante de Planck } h = 6,62606896 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\text{Vitesse de la lumière dans le vide } c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{Masse de l'électron } m_e = 9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

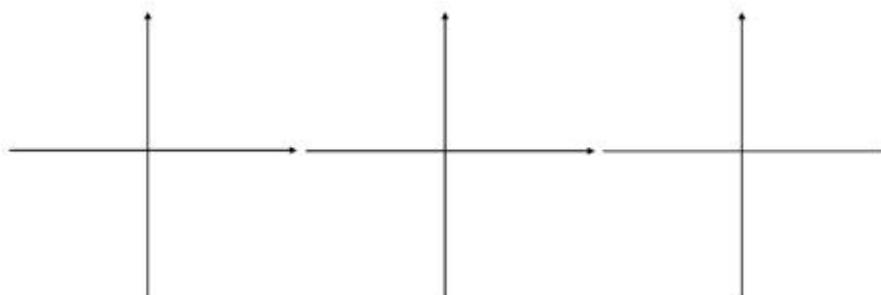
Interro. Chimie – 29 octobre 2019

NOM, Prénom:.....

Section et numéro de matricule :..... 6

**QUESTION 6** (12 points)Ecrivez la structure électronique fondamentale du silicium ( $Z=14$ ) et identifiez la couche de valence.

Donnez un ensemble de nombres quantiques permettant d'identifier les électrons de valence à l'état fondamental.

Un électron de valence du Si est excité dans l'orbitale définie par les nombres quantiques  $n=3$  et  $l=2$ , donnez une des configurations électroniques excitées.Pour le même atome, dessinez sur une même échelle, la forme des orbitales  $2s$ ,  $3s$  et  $3p_y$ . Identifiez clairement les orbitales dessinées dans ces repères cartésiens :

## Correction de l'interro de chimie de novembre 2019

### Question 1

1) Eq moléculaire :  $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(e)}$   
 Eq ionique nette :  $\text{H}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(e)}$

2) Point où l'espèce titrante et l'espèce titrée ont été mélangées dans les mêmes proportions stoechiométriques.

3)  $m_{\text{NaOH}} = C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 10,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1010 = 1,0998 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

---

$C_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCl}}} = 4,9995 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

$m_{\text{solution}} = \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{solution}} = 40 \text{ g}$

$m_{\text{HCl}} = m_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}} = 1,9995 \cdot 10^{-2} \cdot (1,0079 + 35,4530) = 7,29 \cdot 10^{-1} \text{ g}$

$\% m_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{m_{\text{sd}}} \cdot 100 = 1,82 \%$

### Question 2

a)  $^{132}_{55}\text{Ia} \rightarrow ^{132}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\beta^-$

b) 22 p<sup>+</sup> et 115 n<sup>0</sup>  
 L<sub>0</sub> 132-77

c)  $\ln\left(\frac{[A]_{t_2}}{[A]_0}\right) = -kt = \frac{-t}{t_{1/2}} \ln(2) \Rightarrow [A]_0 = \frac{[A]_t}{\exp\left(\frac{-t \ln(2)}{t_{1/2}}\right)}$

$[A]_{t_2} = 0,0823$   
 $[A]_{t_1} = 2,21$   
 $t_1 = 7 \text{ jours}$      $t_2 = 365 \text{ jours}$

---

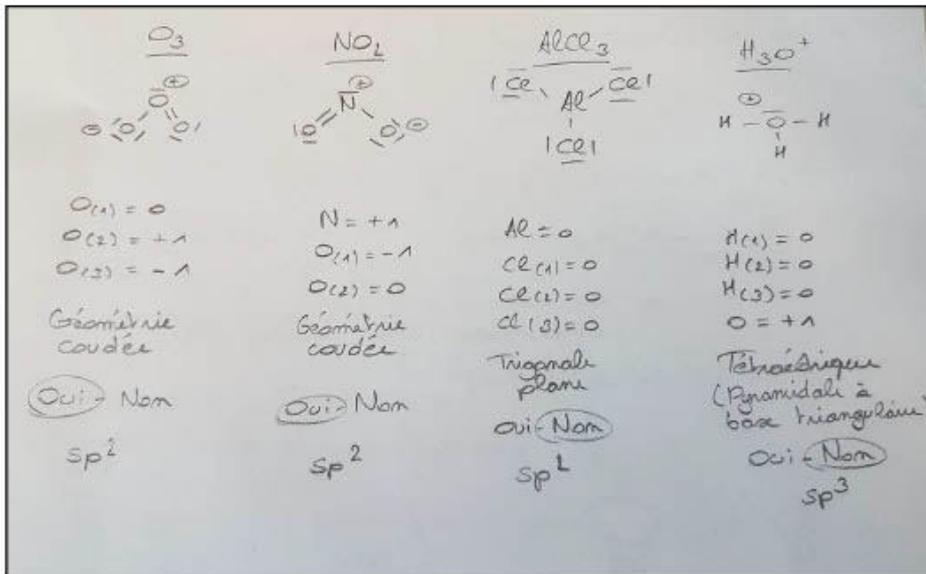
$\frac{[A]_{t_1}}{\exp\left(\frac{-t_1 \ln(2)}{t_{1/2}}\right)} = \frac{[A]_{t_2}}{\exp\left(\frac{-t_2 \ln(2)}{t_{1/2}}\right)}$

$\frac{-t_2 \ln(2)}{t_{1/2}} + \ln [A]_{t_1} = \frac{-t_1 \ln(2)}{t_{1/2}} + \ln [A]_{t_2}$

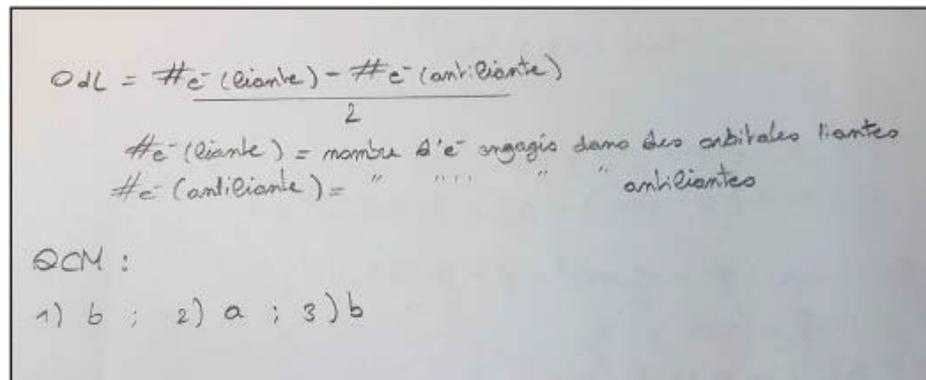
$3,363 = \frac{-t_1 \ln(2)}{t_{1/2}} + t_2 \ln(2)$

$t_{1/2} = 73,75 \text{ jours}$

Question 3



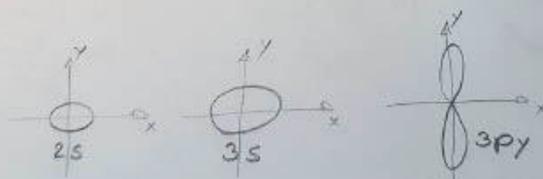
Question 4



Question 5

$$\begin{aligned}
 1) \quad & 3,66 \text{ eV} = 5,856 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \phi \\
 & E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = 0,05 \cdot 10^{-7} \text{ m} \\
 2) \quad & E = E_{\text{cin}} + \phi = \frac{1}{2} m v^2 + \phi = 9,582 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\
 & v = \frac{E}{m} = 1,45 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \\
 & \lambda = \frac{h}{m v} = 5,53 \cdot 10^{-7} \text{ m}
 \end{aligned}$$

Question 6

- Si  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^2$   
} Couche de valence
- $m=3, l=0 \rightarrow m_l=0$   
ou  
 $l=1 \rightarrow m_l = -1; 0; 1$   
ou  
 $(l=2 \rightarrow m_l = -2; -1; 0; 1; 2)$  } avec  $m_s = \pm 1/2$   
↳ vide dans l'atome fondamental
- Si<sup>+</sup>  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 3d^1$
- 



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR), MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 6 janvier 2020

### Première partie – Théorie

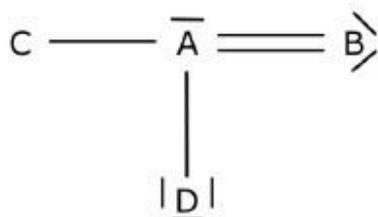
NOM, Prénom: .....

/24
-----

Section et numéro de matricule : ..... page 1

#### QUESTION 1 (24 points)

Soit la molécule imaginaire possédant une structure de Lewis représentée ci-dessous



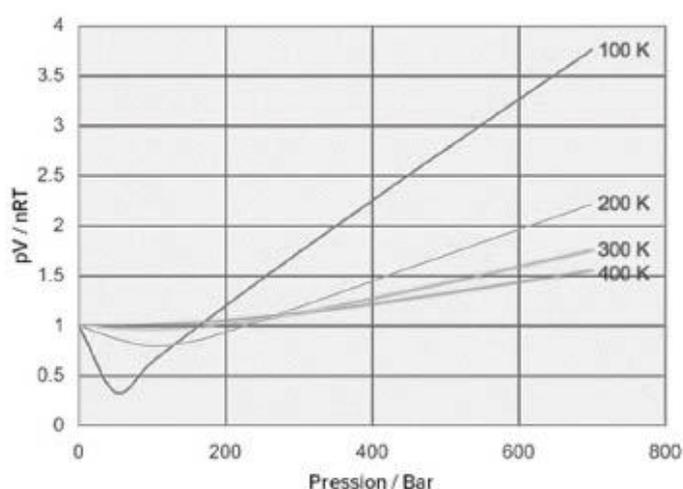
En sachant que l'élément D fait partie de la famille des halogènes :

Entourez toutes les affirmations correctes. *Attention, entourer une réponse incorrecte induit une perte de points. Une bonne réponse = +3 points, une mauvaise réponse = -3 points*

- 1) A est plus électronégatif que B
- 2) D est plus électronégatif que A
- 3) D est plus électronégatif que C
- 4) L'élément A est situé dans la première ou deuxième période du tableau périodique
- 5) L'élément A est situé dans la 3<sup>ème</sup> période, ou une période plus grande, du tableau périodique
- 6) L'atome A a sa couche de valence complétée
- 7) L'atome B a son octet complété
- 8) L'atome C a sa couche de valence complétée
- 9) L'atome B pourrait être hybridé sp
- 10) L'atome C pourrait être hybridé sp<sup>3</sup>
- 11) L'atome A pourrait être hybridé sp<sup>2</sup>d
- 12) L'atome A pourrait être hybridé sp<sup>3</sup>
- 13) La molécule possède un dipôle permanent
- 14) Il est possible de calculer la charge formelle de l'atome D avec les informations données
- 15) Il est possible de calculer la charge formelle de l'atome A avec les informations données

**QUESTION 2 (20 points)**

Facteur de compressibilité - Azote



	$a / \text{atm} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$	$b / \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$	$T_{\text{éb}}^{1 \text{ atm}} / \text{K}$
He	0,0341	0,0237	4
Ar	1,345	0,0322	87
H <sub>2</sub>	0,244	0,0266	20
N <sub>2</sub>	1,39	0,0391	77

Le facteur de compressibilité permet de comparer le comportement d'un gaz réel au comportement d'un gaz parfait. Sur ce graphique quatre courbes isothermes portent le facteur de compressibilité ( $Z = PV/nRT$ ) en fonction de la pression.

A partir de ce graphique et de vos connaissances sur les gaz vues en cours ; répondez aux questions suivantes :

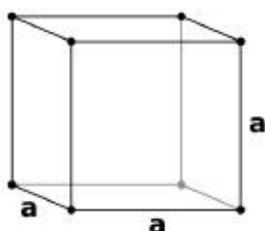
- Quelle est la valeur du facteur de compressibilité dans le cas des gaz parfaits ?
- Selon le graphique, à quelle température correspond le tracé où le N<sub>2</sub> se rapproche le plus d'un gaz parfait ?
- en vous basant sur le tableau ci-dessus, à la température de 77 K, est-ce que la pression de vapeur de l'azote est supérieure, égale ou inférieure à 1 atm ? Justifiez
- Écrivez l'équation d'état des gaz réels (équation de Van der Waals) ? Identifiez les symboles.
- Parmi les gaz suivants, lequel aura le comportement le plus proche du gaz parfait ? Justifiez  
CH<sub>4</sub> à 2 atm, NH<sub>3</sub> à 2 atm, CH<sub>4</sub> à 1 atm et H<sub>2</sub>O à 1 atm

NOM, Prénom: .....

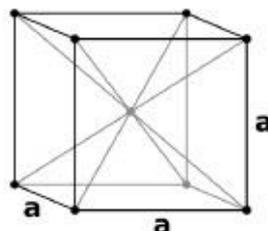
/15

Section et numéro de matricule :

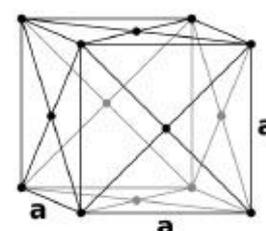
page 3

**QUESTION 3** (15 points)

(1)



(2)



(3)

- a) Nommez les mailles élémentaires ci-dessus et donnez le nombre d'atomes par maille

Structure (1) :

Structure (2) :

Structure (3) :

- b) Sachant que le NaCl peut être vu comme une structure cubique à faces centrées d'ions chlorure avec des cations sodium dans les sites octaédriques, ou comme une structure de type cubique simple de Na et de Cl, dessinez la maille du NaCl.

- c) Si l'on représente la structure cristalline du NaCl par une maille élémentaire de type CFC d'ions chlorure, combien de cations sodium doit-on compter dans cette même maille ? Justifiez votre réponse.

**QUESTION 4 (24 points)**

Cochez la case à côté de la réponse correcte. Il n'y a qu'une réponse correcte par énoncé.

Réponse correcte = +3 points, réponse incorrecte = -2 points, pas de réponse = 0 point

- a. La chaleur d'une réaction chimique à volume constant dépend :
- Uniquement de l'enthalpie
  - De l'enthalpie et de la variation du nombre total de moles
  - De l'enthalpie et de la variation du nombre de moles de solide
  - De l'enthalpie et de la variation du nombre de moles de gaz
- b. Vous souhaitez calculer le volume d'un gaz parfait sur base d'une pression de 0,45 bar en utilisant l'équation des gaz parfaits. Comment allez-vous procéder ?
- Utiliser la pression en bar,  $R=8,314$  pour obtenir un volume en L
  - Convertir la pression en atm, utiliser  $R=8,314$  pour obtenir un volume en L
  - Convertir la pression en atm, utiliser  $R=8,314$  pour obtenir un volume en  $m^3$
  - Convertir la pression en atm, utiliser  $R=0,08206$  pour obtenir un volume en L
  - Convertir la pression en Pa, utiliser  $R=0,08206$  pour obtenir un volume en L
  - Convertir la pression en Pa, utiliser  $R=0,08206$  pour obtenir un volume en  $m^3$
- c. Dans un diagramme de phase pression - température, la variance sur la courbe d'équilibre liquide - gaz vaut :
- 1
  - 2
  - 3
  - 0
  - 1,5
- d. La tension de vapeur d'un composé dépend :
- Uniquement de la masse totale du composé
  - Uniquement des interactions intermoléculaires
  - Uniquement de la température
  - Des interactions intermoléculaires et de la température
  - De la masse totale du composé et de la température
  - De la masse totale du composé, des interactions intermoléculaires et de la température
- e. Le plan (3 0 0)
- Coupe l'axe x à une distance correspondant à 3 fois le paramètre de maille
  - Ne coupe pas l'axe X, mais coupe l'axe Y
  - Ne coupe pas l'axe Y, mais coupe l'axe Z
  - Ne coupe pas l'axe Z, mais coupe l'axe Y
  - Ne coupe ni l'axe Y, ni l'axe Z

NOM, Prénom: .....

Section et numéro de matricule :

page 5

**QUESTION 4** (suite)

f. Laquelle des propositions suivantes reprend les conditions standard :

- $C = 1 \text{ mol/L}$ ,  $P = 1 \text{ atm}$ ,  $T = 298,15 \text{ K}$  ;
- $C = 1 \text{ mol/L}$ ,  $P = 1 \text{ bar}$ ,  $T = 273,15 \text{ K}$  ;
- $P = 1 \text{ atm}$ ,  $T = 298,15 \text{ K}$  ;
- $P = 1 \text{ bar}$ ,  $C = 1 \text{ mol/L}$ .

g. D'après le principe d'exclusion de Pauli :

- deux électrons d'une même orbitale peuvent avoir 4 nombres quantiques identiques ;
- deux électrons d'une même orbitale ne peuvent pas avoir 4 nombres quantiques identiques ;

h. Si vous vous reportez au tableau périodique, et sachant que le césium a une couche de valence de type «  $6s^1$  », et que le chlore a le numéro atomique 17,

- l'énergie de première ionisation du chlore est inférieure à celle du césium
- l'énergie de première ionisation du chlore est supérieure à celle du césium
- l'énergie de première ionisation du chlore est identique à celle du césium

Interrogation de chimie – CHIM-F-101 – 06 janvier 2020 – Théorie

NOM, Prénom: .....

/17
-----

Section et numéro de matricule : .....page 6

---

**QUESTION 5** (17 points)

a) Dessinez le diagramme d'orbitales moléculaires de  $O_2^+$ .

b) Calculez l'ordre de liaison

c) Cette molécule est-elle para ou diamagnétique ? Justifier (en 2 lignes)

d) La longueur de liaison dans  $O_2^+$  est-elle supérieure, inférieure, ou identique à celle de  $O_2$ . Justifiez (en 2 lignes maximum)



PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

---

## INTERROGATION DE CHIMIE du 6 janvier 2020

### Seconde partie - Exercices

NOM, Prénom: .....

/25

Section et numéro de matricule : ..... page 1

---

**QUESTION 1** (25 points) *La réussite de cette question validera, le cas échéant, les travaux personnels des étudiants en sciences physiques.*

Un étudiant place un morceau de 5,00 g d'un métal inconnu issu de la colonne IIIA (terreux) du tableau périodique à l'état solide dans une solution d'acide fort concentrée et en excès.

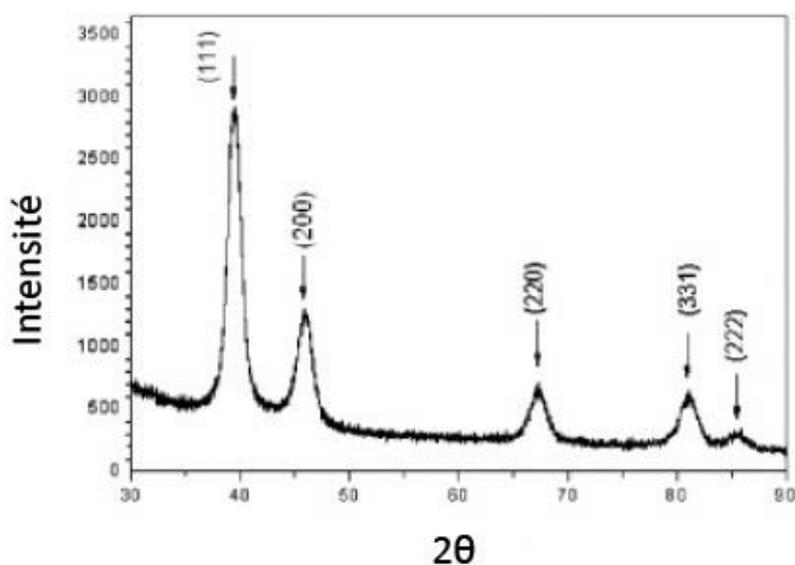
Suite à cela, il récupère l'hydrogène ainsi obtenu qu'il fait réagir avec de l'oxygène en excès, afin de pouvoir transporter son produit de réaction (l'hydrogène étant extrêmement compliqué à stocker).

L'eau ainsi formée une fois refroidie occupe un volume de 5,00 mL.

Déterminez quel est le métal inconnu.

**QUESTION 2** (25 points)

Voici un spectre de diffraction des rayons X d'un échantillon de nanoparticules de platine



Les nanoparticules ont des mailles élémentaires de type cubique à faces centrées et le rayonnement envoyé a comme énergie 8,04 keV. Sur base de ces données, déterminez le rayon cristallographique d'un atome de platine ? Attention, ce rayon ne correspond pas à celui renseigné dans le tableau périodique.

NOM, Prénom: .....

/25

Section et numéro de matricule :

page 3

**QUESTION 3** (25 points)

On effectue la combustion (complète) d'un mélange de  $C_6H_6(l)$  et de  $C_8H_{18}(l)$  en présence d'un excès d'oxygène. Les produits de réaction, tous gazeux sont ramenés à une température de  $25,0^\circ C$  dans un récipient de  $0,500\text{ m}^3$ . A cette température, la pression de vapeur de l'eau est de  $21,43\text{ mm Hg}$ . Sachant que l'enthalpie standard de formation du  $C_8H_{18}(l)$  à cette température vaut  $249,73\text{ kJ/mol}$ , que la combustion du mélange a dégagé  $23,644 \times 10^6\text{ J}$ , que les gaz peuvent être considérés comme parfaits, que la combustion se fait à pression constante et que la pression mesurée dans le récipient de récupération est de  $2,0136\text{ atm}$ , déterminez la composition du mélange.

NOM, Prénom: .....

/25

Section et numéro de matricule : ..... page 4

**QUESTION 4 (25 points)**Quelques caractéristiques du dichlore,  $\text{Cl}_2$ , sont reprises ci-dessous :

- Enthalpie standard de vaporisation : 20,4 kJ/mol
- Enthalpie standard de fusion : 6,4 kJ/mol
- Température de fusion :  $-101\text{ }^\circ\text{C}$
- Température de vaporisation normale :  $-34,5\text{ }^\circ\text{C}$

Parmi ces informations, certaines sont utiles pour répondre aux questions suivantes :

- Dans quel(s) état(s) physique(s) se trouve 1,0 kg de dichlore contenu dans une bouteille fermée en acier de 10,0 L à  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ?
- Une fissure laisse s'échapper 220 g de dichlore par heure. Il a fallu 4 heures pour qu'un technicien s'en aperçoive et rebouche finalement la fissure. Dans quel état physique se trouve alors le dichlore restant dans la bouteille, à la même température de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ?

Justifiez toutes vos réponses par calcul.

## CORRECTION DE L'INTERROGATION DE CHIMIE du 6 janvier 2020

### Première partie –Théorie

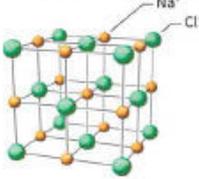
#### Question 1

Bonnes réponses : 2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 8 ; 11 ; 13 ; 14

#### Question 2

- a)  $Z=PV/nRT$  car  $Z=1$  pour les gaz parfaits
- b) A basse pression et haute température
- c) La pression de vapeur de l'azote ( $N_2$ ) est égale à 1 atm
- d)  $\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$   
a= paramètre d'interactions moléculaires ; b=covolume...
- e)  $CH_4$  à 1 atm puis  $CH_4$  à 2 atm puis  $NH_3$  à 2atm et enfin  $H_2O$  à 1atm car le méthane a moins d'interactions intermoléculaires que l'ammoniac qui a lui-même moins d'interactions intermoléculaires que l'eau. Ensuite, plus la pression est basse, plus son comportement s'apparentera à celui d'un gaz parfait, dans de tels ordres de grandeurs du moins (cfr graphique de l'azote).

#### Question 3

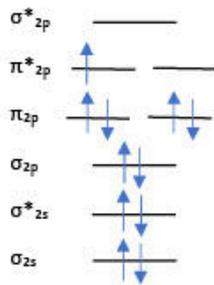
- a) Cubique simple – 1 atome par maille ; Cubique centré – 2 atomes par maille ; Cubique à faces centrées – 4 atomes par maille
- b) 
- c) D'un point de vue stœchiométrique,  $Na^+$  et  $Cl^-$  ont un rapport de 1. Ainsi, si un CFC contient 4 atomes par maille (cfr Q3.a), il y aura 4 atomes d'ions chlorures et donc 4 atomes d'ion sodium.

#### Question 4

- a) (Réponse 4) De l'enthalpie et de la variation du nombre de moles de gaz.
- b) (Réponse 4) Convertir la pression en atm, utiliser  $R=0,08206$  pour obtenir un volume en L.
- c) (Réponse 1) 1
- d) (Réponse 4) Des interactions intermoléculaires et de la température.
- e) (Réponse 5) Ne coupe ni l'axe Y, ni l'axe Z.
- f) (Réponse 4)  $P = 1$  bar,  $C = 1$  mol/L.
- g) (Réponse 2) Deux électrons d'une même orbitale ne peuvent pas avoir 4 nombres quantiques identiques.
- h) (Réponse 2) L'énergie de première ionisation du chlore est supérieure à celle du césium.

### Question 5

$O_2^+$  - 11 électrons

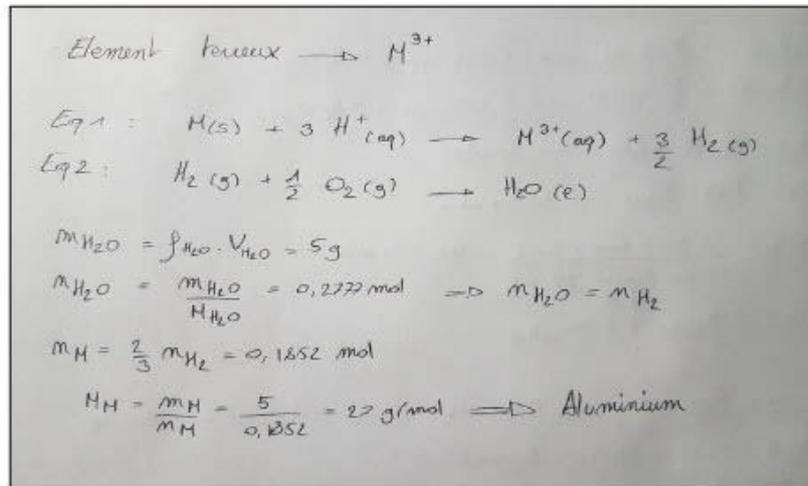


- b)  $\text{Ordre de liaison} = (8-3)/2 = 2,5$
- c) 1 électron non apparié, paramagnétique
- d) La longueur de liaison étant inversement proportionnelle à l'ordre de liaison et que l'ordre de liaison de l' $O_2$  est de 2, la longueur de notre liaison est inférieure à celle du dioxygène.

## CORRECTION DE L'INTERROGATION DE CHIMIE du 6 janvier 2020

### Seconde partie - Exercices

#### Question 1



#### Question 2

$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$8,04 \text{ keV} = 1,288 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

$E = h\nu \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E}$

$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,997 \cdot 10^8}{1,288 \cdot 10^{-15}} = 1,542 \text{ \AA}$

On se base sur la face (2;0;0):  $d = \frac{a}{2}$

$2d \sin \theta = n\lambda$  avec  $n=1$

$d = 1,96 \text{ \AA}$

$a = 2d = 3,92 \text{ \AA}$

CFC  $\Rightarrow a = \sqrt{3} R \Rightarrow R = 1,39 \text{ \AA}$

Question 3

$$\begin{aligned}
 &C_6H_6(l) + \frac{15}{2} O_2(g) \rightarrow 6 CO_2(g) + 3 H_2O(l) \quad C_1 \\
 &C_6H_6(l) + \frac{25}{2} O_2(g) \rightarrow 6 CO_2(g) + 9 H_2O(l) \quad C_2 \\
 &P_{H_2O} = 21,43 \text{ mmHg} = 0,0282 \text{ atm} \\
 &P_{CO_2} = P_{tot} - P_{H_2O} = 1,9254 \text{ atm} \\
 &n_{CO_2} = \frac{1,9254 \text{ atm} \cdot 500 \text{ L}}{\frac{0,08206 \text{ L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 40,574 \text{ mol} \\
 &n_{CO_2} = 6 n_{C_6H_6} + 8 n_{C_6H_6} \\
 &Q = -23,644 \cdot 10^6 \text{ J} = \Delta_r H(C_1) \cdot n_{C_6H_6} + \Delta_r H(C_2) \cdot n_{C_6H_6} \\
 &\Delta_r H(C_1) = -3135,52 \text{ kJ/mol} \\
 &\Delta_r H(C_2) = -5079,73 \text{ kJ/mol} \\
 &\begin{cases} -23,644 \cdot 10^3 \text{ kJ} = -3135,52 \cdot n_{C_6H_6} - 5079,73 \cdot n_{C_6H_6} \\ 40,574 \text{ mol} = 6 n_{C_6H_6} + 8 n_{C_6H_6} \end{cases} \\
 &\rightarrow \begin{cases} n_{C_6H_6} = 3,123 \text{ mol} \\ n_{C_6H_6} = 2,720 \text{ mol} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Question 4

Chlorure liquide et gazeux car  $T > T_{\text{fusion}}$

$A = 34,5^\circ\text{C} (307,5 \text{ K}), P^\circ = 1 \text{ atm}$

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \Rightarrow P_2 = 6,78 \text{ atm}$$

$$n_{Cl_2(g)} = \frac{P_2 V}{RT} = 2,82 \text{ mol}$$

$$m_{Cl_2(g)} = n_{Cl_2(g)} \cdot M_{Cl_2(g)} = 200 \text{ g}$$

$$m_{Cl_2(l)} = m_{Cl_2(\text{tot})} - m_{Cl_2(g)} = 300 \text{ g} \Rightarrow \text{Une partie liquide, une autre gazeuse}$$

Ch de fuite :  $4 \cdot 220 \text{ g} = 880 \text{ g}$   
 Il y a 120 g dans la bouteille  
 Comme  $120 \text{ g} < 200 \text{ g}$ , tout est à l'état gazeux



Faculté des Sciences

Année académique 2019-2020

PREMIERES ANNEES DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES,  
GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR  
(ORIENTATION BIOINGENIEUR) ET PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## EXAMEN DE CHIMIE DE MAI 2020

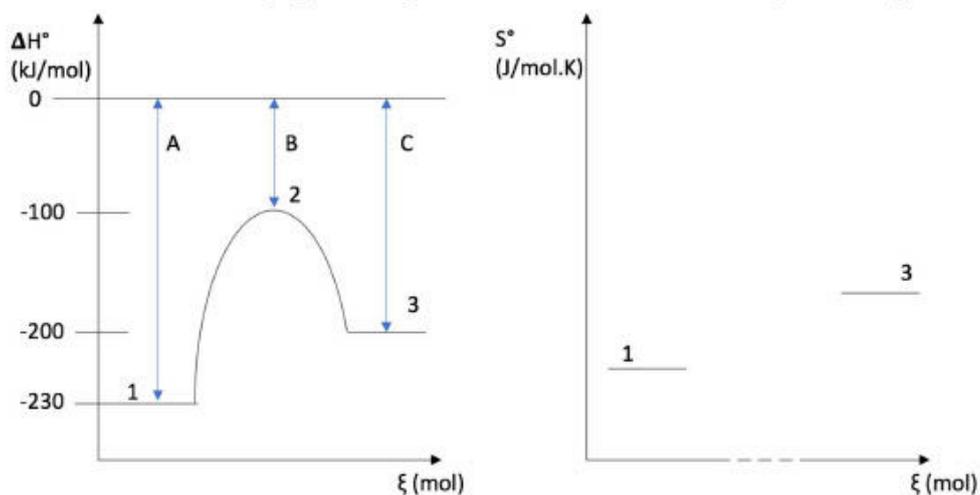
### Question 1

Un étudiant souhaite effectuer un 1,00 L de mélange tampon à un pH de 4,50. Pour cela, il dispose de :

- 3,00 g d'acide arsénique
  - 3,00 g d'acide malique
  - 3,00 g d'acide salicylique
  - 3,00 g d'acide maléique
  - NaOH 1,00 mol/L
  - HCl 1,00 mol/L
  - eau distillée
- a) Quel acide va-t-il utiliser ?
- b) Quel est le volume de HCl ou NaOH qu'il va utiliser s'il utilise la totalité de la masse d'acide ?
- a) Quel acide va-t-il utiliser ? Acide malique
- b) Quel est le volume de HCl ou NaOH qu'il va utiliser s'il utilise la totalité de la masse d'acide ?  
26,8 mL de NaOH 1,00 mol/L

## Question 2

Soient les diagrammes réactionnels suivants associés à une même réaction sur lesquels A, B et C sont des différences selon l'axe y représentées par les flèches bleues, et 1, 2 et 3 des espèces chimiques.



( $\xi$  est l'avancement de la réaction)

La mention "cette réaction" fera référence à la réaction allant de 1 vers 3. La mention « réaction inverse » fera quant à elle référence à la réaction allant de 3 vers 1.

Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses.

Une bonne réponse vous fera gagner 1 point pour les vrai ou faux et 2 points pour les QCM. Une mauvaise réponse vous fera perdre ce même montant de points. En cas d'incertitude, vous pouvez cocher la case "ne se prononce pas", qui ne vous fera ni gagner ni perdre de points. Notez que la note finale de la question 5 sera au moins de 0.

- Suffisamment d'informations sont fournies pour affirmer que la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction est supérieure à 1 :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- Cette réaction est endothermique
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- En supposant que les molécules 1 et 3 sont constituées d'une seule liaison, on peut affirmer que la liaison dans 1 est moins forte que celle dans 3 :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- La réaction inverse n'est spontanée qu'à basse température :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas

- L'augmentation de la température favorise thermodynamiquement cette réaction :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- L'augmentation de la température augmente la vitesse de la réaction inverse :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- L'ajout d'un catalyseur modifierait l'enthalpie de réaction de cette réaction :
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas

Cochez la bonne réponse parmi les propositions.

- 1) Si l'espèce 1 est un gaz :
  - L'espèce 3 est nécessairement un gaz
  - L'espèce 3 peut être un solide, un liquide ou un gaz
  - L'espèce 3 peut être un solide ou un liquide
  - L'espèce 3 peut être un liquide ou un gaz
  - Ne se prononce pas
- 2) B représente :
  - L'enthalpie de la réaction
  - L'énergie d'activation de la réaction
  - Le complexe activé
  - Aucune des autres propositions
  - Ne se prononce pas
- 3) Suite à une augmentation de la température :
  - La vitesse de cette réaction augmente plus que la vitesse de la réaction inverse
  - La vitesse de la réaction inverse augmente plus que la vitesse de cette réaction
  - Les vitesses de cette réaction et de la réaction inverse augmentent d'une même valeur
  - On ne dispose pas d'assez d'informations pour répondre à cette question
  - Ne se prononce pas
- 4) Quelles informations manque-t-il pour calculer la constante k ?
  - La température et l'énergie d'activation
  - La température et la concentration de l'espèce 1
  - Le facteur pré exponentiel d'Arrhenius et la température
  - L'énergie d'activation et la constante d'équilibre
  - Ne se prononce pas

### **Question 3**

Un chimiste veut solubiliser un sel de type  $M(OH)_2$  dans 1,00L d'eau pure. Après avoir mis le sel en solution et agité, il reste du solide au fond du récipient et le pH de la solution est à 9,113 à 25°C.

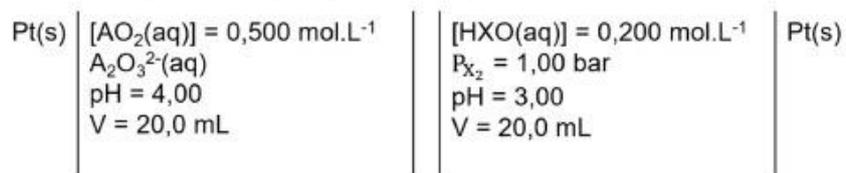
Le chimiste se débarrasse du solide non dissous et décide d'effectuer un titrage sur 200mL de la solution récupérée avec du HCl  $5,00 \times 10^{-4}$  mol/L.

- a) Quelle est la concentration en  $OH^-$  au départ ?
- b) Que vaut le  $K_s$  ?
- c) Quelle est l'identité de M ?
- d) Quel est le volume de HCl ajouté pour atteindre l'équivalence (entre 1,00 et 100ml) ?

- a) Quelle est la concentration en  $OH^-$  au départ ?  $1,2971 \cdot 10^{-5}$  mol/L
- b) Que vaut le  $K_s$  ?  $1,091 \cdot 10^{-15}$
- c) Quelle est l'identité de M ? Le cobalt
- d) Quel est le volume de HCl ajouté pour atteindre l'équivalence (entre 1,00 et 100ml) ? 5,19 mL

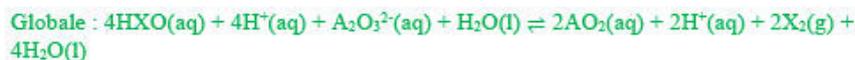
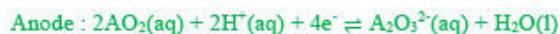
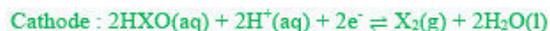
#### Question 4

Les couples  $\text{AO}_2(\text{aq})/\text{A}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$  ( $E^\circ = 0,643\text{V}$ ) et  $\text{HXO}(\text{aq})/\text{X}_2(\text{g})$  ( $E^\circ = 0,831\text{V}$ ) sont en solution, à  $25^\circ\text{C}$ , dans deux compartiments séparés pour former la pile :



- Quelles sont les réactions à la cathode, à l'anode et la réaction globale dans les conditions standards ?
- Quel est le potentiel de la cathode dans ces conditions ?
- Quelle sera la concentration de  $\text{A}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$  minimale pour que la pile fonctionne ?

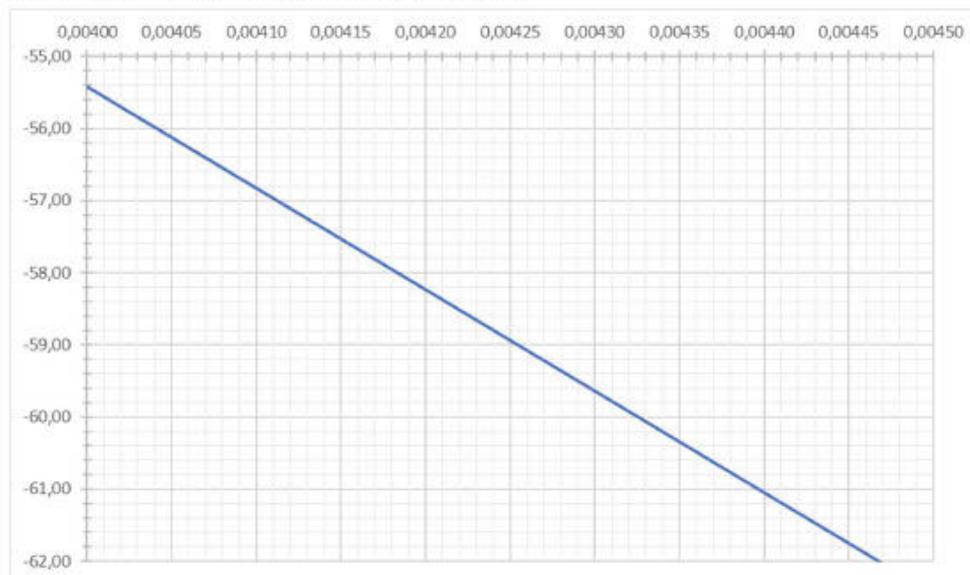
- Quelles sont les réactions à la cathode, à l'anode et la réaction globale dans les conditions standards ?



- Quel est le potentiel de la cathode dans ces conditions ?  $E(\text{cathode}) = 0,612 \text{ V}$
- Quelle sera la concentration de  $\text{A}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$  minimale pour que la pile fonctionne ?  $[\text{A}_2\text{O}_3^{2-}] = 2,99 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$

### Question 5

Après 4 longues heures de travaux pratiques, un assistant rentre chez lui assez épuisé mais décide tout de même de corriger les rapports rendus par ses étudiants le soir même plutôt que de remettre cela à plus tard. La manipulation a porté sur l'étude de l'influence de la température sur la vitesse de la réaction de décomposition de l'acide phosphorique contenu dans une boisson gazeuse, réaction qui suit une cinétique d'ordre 0. Un binôme d'étudiants a rendu un rapport incomplet accompagné d'un graphique sans titre et sans unité aux axes. L'assistant décide cependant d'évaluer la pertinence de leurs mesures sur base du peu d'information à sa disposition.



- A quoi correspondent les axes (grandeur + unité) ?
- Que vaut l'énergie d'activation du processus étudié ?
- Quelle est l'unité de la constante cinétique associée à ce processus ?

- A quoi correspondent les axes (grandeur + unité) ? axe x :  $1/T$ ; axe y :  $\ln(k)$
- Que vaut l'énergie d'activation du processus étudié ?  $E_a = 117 \text{ kJ/mol}$  ;  $CA = -14072,6$
- Quelle est l'unité de la constante cinétique associée à ce processus ?  $\text{mol/L s}$

## Correction de l'examen de chimie de juin 2020

### Question 1

a) Si  $\text{pH} = 4,5$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,16 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{C_a}{C_b}$$

→ Acide oxalique :

$$\frac{C_a}{C_b} = 6,12 \cdot 10^{-3}$$

Acide malique :

$$\frac{C_a}{C_b} = 4,05 \text{ (avec } K_{a2})$$

Acide salicylique :

$$\frac{C_a}{C_b} = 3,01 \cdot 10^{-2}$$

Acide maléique :

$$\frac{C_a}{C_b} = 2,22 \cdot 10^{-3}$$

→ L'acide malique et son  $K_{a2}$  est le seul qui respecte la condition des mélanges tampons qui veut que  $10^{-1} < \frac{C_a}{C_b} < 10^1$

b)  $\text{pH} = 4,5 = \text{p}K_{a2} + \log \frac{C_b}{C_a}$

$$\frac{C_b}{C_a} = \frac{n_b}{n_a} = 2,47 \cdot 10^{-1}$$

$$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_5(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_3\text{O}_5^-(\text{aq}) + \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5^{2-}(\text{aq})$$

	$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_5(\text{aq})$	+	$\text{OH}^-(\text{aq})$	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_5^-(\text{aq})$	+	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5^{2-}(\text{aq})$
n:	$2,24 \cdot 10^{-2}$		$1 \cdot V_{\text{NaOH}}$		0		0
m:	0		0		$2,24 \cdot 10^{-2}$		$V_{\text{NaOH}} - 2,24 \cdot 10^{-2}$
					$(V_{\text{NaOH}} - 2,24 \cdot 10^{-2})$		$= m_b$
					$= m_a$		

$$\Rightarrow 2,47 \cdot 10^{-1} = \frac{V_{\text{NaOH}} - 2,24 \cdot 10^{-2}}{4,48 \cdot 10^{-2} - V_{\text{NaOH}}}$$

$$V_{\text{NaOH}} = 26,6 \text{ mL}$$

Question 2

Taux  
 Vrai  
 Vrai  
 Vrai  
 Vrai  
 Vrai  
 Taux  
 Rep 1  
 Rep 3  
 Rep 3  
 Rep 1

Question 3

Question 3

a)  $M(OH)_2 (s) \rightleftharpoons M^{2+}_{(aq)} + 2 OH^{-}_{(aq)}$   
 $pH = 9,13 \Rightarrow pOH = 4,867$   
 $[OH^{-}] = 10^{-pOH} = 1,297 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

b) Sol de type  $AB_2 \Rightarrow K_S = 4s^3$   
 $K_S = 4 \left( \frac{[OH^{-}]}{2} \right)^3 = 1,031 \cdot 10^{-15}$

c) Du cobalt, selon les tables

d)  $n_{OH^{-}} = C_{OH^{-}} \cdot V = 0,2 \cdot 1,297 \cdot 10^{-5} = 2,594 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$   
 $n_{OH^{-}} = n_{H^{+}} \text{ (point d'équivalence)}$   
 $V = \frac{n_{H^{+}}}{C_{H^{+}}} = 5,188 \cdot 10^{-3} \text{ L}$

Question 4

Question 4

b)  $C_{HXO} = 0,2 \text{ mol/L}$        $Q = \frac{P_{x_2}}{[H^{+}]^2 [HXO]^2}$   
 $C_{H^{+}} = 10^{-3} \text{ mol/L}$   
 $E = 0,612 \text{ V (grâce à Nernst)}$

c)  $E_{\text{anode}} > 0,612 \text{ V}$   
 $0,612 = 0,643 - \frac{0,0592}{4} \cdot \log \left( \frac{x}{(10^{-9})^2 \cdot (0,5)^2} \right)$   
 $\frac{x}{(10^{-9})^2 \cdot (0,5)^2} = 1,243 \cdot 10^2$   
 $x = 3,1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$



Faculté des Sciences

Année académique 2019-2020

PREMIERES ANNEES DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES,  
GEOGRAPHIQUES, GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR  
(ORIENTATION BIOINGENIEUR) ET PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

---

## EXAMEN DE CHIMIE D'AOUT 2020

### Question 1

L'huile de noisette est composée d'acide oléique ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) et d'acide linoléique ( $C_{18}H_{32}O_2$ ).

La combustion de 100g de ce mélange libère 3951,4 kJ.

Sachant que l'enthalpie réactionnelle de formation de  $C_{18}H_{34}O_2$  vaut -764,8 kJ/mol et que celle de  $C_{18}H_{32}O_2$  vaut -634,7 kJ/mol, que l'eau formée est sous forme liquide et que la transformation est réalisée dans les conditions standards à 298 K :

- Ecrivez les équations de réaction
- Calculez les fractions massiques des acides oléique et linoléique dans le mélange initial.

## Question 2

Sur base des interactions intermoléculaires, expliquez avec vos mots pourquoi la température d'ébullition du méthanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , masse molaire = 32 g/mol) est nettement supérieure à celle du méthanal ( $\text{CH}_2\text{O}$ , masse molaire = 30 g/mol).

### **Question 3**

Sachant que 675 g d'eau se trouvent dans une enceinte de  $12,0 \text{ m}^3$  dans laquelle l'air est saturé d'humidité à une température de  $28^\circ\text{C}$ , calculez la masse d'eau à l'état liquide et la masse d'eau à l'état gazeux. L'enthalpie de vaporisation de l'eau vaut  $44,01 \text{ kJ/mol}$  et peut être considérée comme indépendante de la température.

#### Question 4

L'électrophorèse est une technique chromatographique couramment utilisée pour séparer des espèces telles que des protéines, des nucléotides ou encore des acides aminés selon leur charge et pour des composés de même charge, selon leur taille.

Des étudiants en laboratoire parviennent à séparer les constituants d'un mélange d'acides aminés dont notamment de la cystéine. Pour la suite de leur manipulation, ces derniers doivent placer l'acide aminé en question dans une solution tampon (pH=6,30).

- a) Sachant que le  $pH_{\text{isoelectrique}}$  de la cystéine est de 5,07, quel sera le signe de la charge de cette dernière dans une solution tampon de pH=6,30 ? Justifiez
- b) Proposez 2 réactifs à utiliser pour préparer la solution tampon de pH=6,30. Justifiez
- c) Pour le système considéré au point b., que devrait être le rapport  $C_a/C_b$  (où  $C_a$  et  $C_b$  sont respectivement les concentrations analytiques des formes acides et basiques) ?

### Question 5

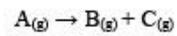
Une pile de concentration fonctionnant avec le couple  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  est mise en place à  $25^\circ\text{C}$ .

Chaque compartiment est constitué d'une électrode d'argent plongeant dans un litre de solution de  $\text{AgNO}_3$ . Cette concentration vaut  $1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$  dans le premier compartiment et  $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  dans le second. Chaque compartiment occupe un volume de 1,00L.

- a) Calculez la force électromotrice de la pile.
- b) Quelle serait la force électromotrice de cette pile si l'on ajoutait  $5,84 \cdot 10^{-2} \text{ g}$  de  $\text{NaCl}_{(s)}$  dans le second compartiment ? La variation de volume suite à cet ajout est considérée nulle.

### Question 6

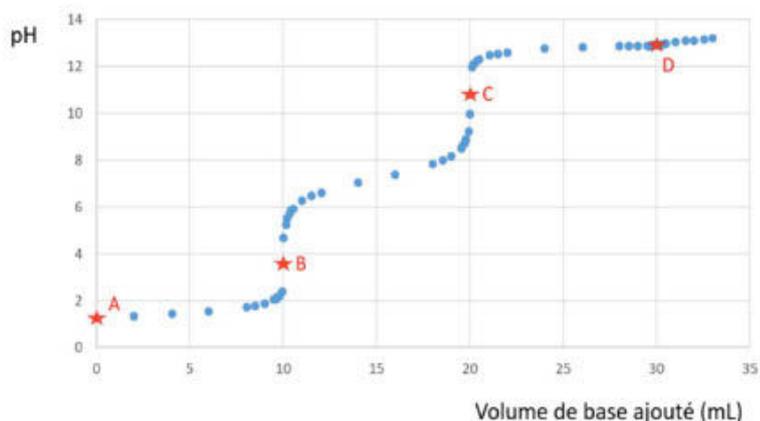
La décomposition d'un produit  $A_{(g)}$  se fait en une étape élémentaire comme suit :



- Que vaut la constante de vitesse de réaction à  $25,0^{\circ}\text{C}$  si le facteur pré-exponentiel vaut  $4,20 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$  et l'énergie d'activation vaut  $102 \text{ kJ/mol}$  ?
- Que vaut la constante de vitesse de cette réaction à  $120^{\circ}\text{C}$  ?
- Combien de temps faut-il pour consommer 25% du composé A à  $120^{\circ}\text{C}$  ?

### Question 7

Soit le graphique suivant représentant la courbe d'un titrage d'une solution de 10,0mL d'un acide imaginaire A effectué par une base forte de concentration 0,5 mol/L. Les lettre A, B, C et D représentent les différentes espèces chimiques rencontrées au cours du titrage.



Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses.

Une bonne réponse vous fera gagner 1 point pour les vrais ou faux et 2 points pour les QCM. Une mauvaise réponse vous fera perdre ce même montant de points. En cas d'incertitude, vous pouvez cocher la case 'Ne se prononce pas', qui ne vous fera ni gagner ni perdre de points. Notez que la note totale de cette question sera au moins de 0.

- A concentration équivalente, une solution de polyacide a toujours un pH plus élevé qu'une solution contenant un monoacide.
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- On peut affirmer que le pKa de l'espèce C est supérieure à celui de l'espèce A.
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- Suffisamment d'informations sont fournies pour affirmer que l'espèce A est un acide faible.
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- L'indicateur coloré jaune titan (zone de virage 12,2-13,2) est adéquat pour déterminer expérimentalement la 3<sup>e</sup> équivalence.
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas
- L'espèce B pourrait être du  $HY^{2-}$  (avec Y un groupement d'atomes imaginaires sans atome d'hydrogène)
  - Vrai
  - Faux
  - Ne se prononce pas

- Pour déterminer expérimentalement la première équivalence, du méthylorange a été utilisé. (Indicateur coloré rouge sous sa forme acide, jaune sous sa forme basique, zone de virage 3,2-4,4). A l'équivalence, on retrouve en solution :
  - Des molécules de l'indicateur qui transmettent chacune la couleur jaune et des molécules de l'indicateur qui transmettent chacune la couleur rouge.
  - Uniquement des molécules de l'indicateur qui transmettent chacune la couleur orange.
  - Uniquement des molécules de l'indicateur qui transmettent chacune la couleur rouge.
  - Des molécules de l'indicateur qui ne transmettent aucune couleur.
  - Ne se prononce pas.
- Pour tracer théoriquement cette courbe de titrage à une température donnée, il faudrait comme information :
  - Les pKa des différentes espèces et la concentration de la solution titrante.
  - La concentration de la solution titrante et le volume de la solution titrante ajouté.
  - Les concentrations des espèces titrantes et titrées, les pKa des différentes espèces, le volume de solution titrante ajouté.
  - Les concentrations des espèces titrantes et titrées, les pKa des différentes espèces, le volume de solution titrée.
  - Ne se prononce pas.
- Pour déterminer expérimentalement la première équivalence, on pourrait utiliser comme indicateur coloré (zone de virage indiquée entre parenthèses) :
  - Du pourpre de méta-crésol (1,2-2,8)
  - Du jaune de méthyle (2,9-4,0)
  - Du bleu de bromothymoll (6,0-7,6)
  - De la phénolphthaléine (8,0-9,6)
  - Ne se prononce pas
- Si l'espèce C est du  $\text{HY}^{2-}$  (avec Y un groupement d'atomes imaginaires sans atome d'hydrogène), alors :
  - L'espèce A est du  $\text{H}_3\text{Y}$
  - L'espèce D est du  $\text{Y}^{2-}$
  - L'espèce A est du  $\text{H}_3\text{Y}^{2+}$
  - L'espèce B est chargée positivement
  - Ne se prononce pas
- Si l'on souhaitait préparer un mélange tampon à un pH de 7, il faudrait avoir en présence :
  - Des molécules des espèces A et B
  - Des molécules des espèces B et C
  - Des molécules de l'espèces B uniquement
  - Des molécules des espèces C et D
  - Ne se prononce pas

## Correction de l'examen de chimie d'aout 2020

### Question 1

a)  $C_{18}H_{34}O_2(l) + \frac{51}{2} O_2(g) \rightarrow 18 CO_2(g) + 17 H_2O(l)$   
 $C_{18}H_{32}O_2(l) + 25 O_2(g) \rightarrow 18 CO_2(g) + 16 H_2O(l)$

b) Enthalpie de combustion de  $C_{18}H_{34}O_2 = -1,117745 \cdot 10^4$  kJ/mol  
 $C_{18}H_{32}O_2 = -1,10176 \cdot 10^4$  kJ/mol

$x =$  m. acide diéique  
 $y =$  m. acide indésique

$$\begin{cases} -1,117745 \cdot 10^4 x - 1,10176 \cdot 10^4 y = -5551,4 \\ 222,46 x + 220,45 y = 100 \end{cases}$$

$\Rightarrow x = 0,228$  mol  
 $y = 0,076$  mol

m. acide diéique = 16,52 g  $\Rightarrow 16,52\%$   
m. acide indésique = 24,48 g  $\Rightarrow 24,48\%$

### Question 2

Méthanal :

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

Les 2 molécules possèdent des liaisons dipôle permanent - dipôle permanent, des liaisons d. induit - A. induit et des liaisons dipôle induit - dipôle permanent.

Cependant, la molécule de méthanol contient des LH, des liaisons puissantes qui nécessitent un gros apport d'énergie pour être rompues.

### Question 3

$$M_{H_2O} = 18,0152 \text{ g/mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M} = 37,97 \text{ mol}$$

- $\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$  où  $P_2 = 101300 \text{ Pa}$   
 $T_1 = 301 \text{ K}$   
 $T_2 = 373 \text{ K}$   
 $R = 8,314 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$   
 $\Rightarrow P_1 = 3398,754 \text{ Pa}$
- $P_1 V = n_{H_2O(g)} R T$  où  $V = 12000 \text{ L}$   
 $P_1 = 0,0335 \text{ atm}$   
 $T = 301 \text{ K}$   
 $R = 0,08206$   
 $\Rightarrow n_{H_2O(g)} = 11,23 \text{ mol}$

$$m_{H_2O(l)} = m_{H_2O} - m_{H_2O(g)} = 293,20 \text{ g}$$

$$m_{H_2O(l)} = m_{H_2O} - m_{H_2O(g)} = 321,60 \text{ g}$$

### Question 4

a)  $pH_{10} < pH_{11}$  donc la molécule est négative

b)  $[H^+] = 10^{-6,3} = 5,012 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$   
 On peut utiliser le couple  $H_2CO_3 / HCO_3^-$  car son  $K_{A1} = 4,45 \cdot 10^{-7}$  et est donc comparé entre  $\frac{[H^+]}{10}$  et  $10 [H^+]$

c)  $\frac{C_a}{C_b} = \frac{[H^+]}{K_{A1}} = 1,126$

### Question 5

a)  $E = E^{\circ} - \frac{0,0592}{n} \log Q$  où  $n=1$

Rod:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 1e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$   
ex:  $\text{Ag}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + 1e^-$

$E_{\text{cathode}} = 0,7408 \text{ V}$   $\rightarrow E = E_c - E_a = 0,1184 \text{ V}$   
 $E_{\text{anode}} = 0,6224 \text{ V}$

b) Précipitation de  $\text{Ag}^+(\text{aq})$  en  $\text{AgCl}(\text{s})$   
 $K_s = 5^2 \Rightarrow S_{\text{Ag}^+} = 1,414 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$   $m_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}}} = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$   
 $E_{\text{anode}} = 0,572 \text{ V} \Rightarrow E = 0,1682 \text{ V}$

### Question 6

a)  $k = A \cdot \exp(-E_A/RT)$   
 $= 5,54 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

b)  $k = 0,116 \text{ s}^{-1}$

c)  $\ln \left( \frac{[A]_t}{[A]_0} \right) = -kt$   
 $\frac{[A]_t}{[A]_0} = 0,25 \Rightarrow t = 2,42 \text{ s}$

**Question 7**

Faux  
Vrai  
Faux  
Vrai  
Faux  
Rep 1  
Rep 4  
Rep 2  
Rep 1  
Rep 2

PREMIERE ANNEE DE BACHELIER EN SCIENCES BIOLOGIQUES, CHIMIQUES, GEOGRAPHIQUES,  
GEOLOGIQUES, PHYSIQUES, EN SCIENCES DE L'INGENIEUR (ORIENTATION BIOINGENIEUR),  
MATHEMATIQUES (ORIENTATION BIOLOGIE), PREMIERE ANNEE POLYVALENTE EN SCIENCES

## INTERROGATION DE CHIMIE du 4 janvier 2021

/20

Section et numéro de matricule :

### **QUESTION 1** (20 points)

*Cette question validera le cas échéant les travaux personnels des étudiants en sciences physiques*

La combustion complète de 100 g d'un hydrocarbure oxygéné de formule  $C_xH_yO_z$  est réalisée en présence de 8,08 moles de dioxygène. La réaction produit 122 grammes d'eau ainsi que 138,7 litres de dioxyde de carbone à la température de 300 K sous une pression de 0,950 atm. Déterminez la formule moléculaire de l'hydrocarbure, sachant que sa masse molaire vaut 74,1 g/mol. Détaillez les étapes de votre raisonnement.

Section et numéro de matricule : \_\_\_\_\_

**QUESTION 2** (20 points)

À basse température et dans des conditions spécifiques, le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote réagissent ensemble en recombinant leur électron célibataire pour former du trioxyde de diazote.

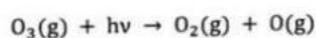
Structure de Lewis du monoxyde d'azote	
Structure de Lewis du trioxyde de diazote (+numérotez les deux atomes d'azote)	
Hybridation de l'atome d'azote n°1 + justification	Réponse :
	Justification :
Hybridation de l'atome d'azote n°2	Réponse :
Moment dipolaire	<input type="checkbox"/> Nul <input checked="" type="checkbox"/> Non nul
Type d'interactions intermoléculaires possibles entre les molécules de trioxyde de diazote	

Section et numéro de matricule : \_\_\_\_\_

**QUESTION 3** (15 points)

La couche d'ozone ( $O_3$ ) est située majoritairement dans la stratosphère terrestre. Les molécules d'ozone protègent la vie sur terre en absorbant la quasi-totalité des rayonnements ultra-violet de type UVC émis par le soleil. L'énergie des photons des rayonnements UVC est telle que ceux-ci peuvent engendrer des ruptures de liaisons chimiques incompatibles avec le maintien de la vie sur terre.

L'absorption d'un photon provoque la rupture d'une liaison de la molécule d'ozone selon le mécanisme suivant :



En considérant une absorption de photons d'une longueur d'onde unique de 255 nm et que la couche d'ozone absorbe  $7,50 \cdot 10^{23}$  Joules par an, déterminez la masse d'ozone (en tonnes) détruite chaque année par le soleil par ce processus.

Section et numéro de matricule : .....

**QUESTION 4** (15 points)

Déterminez l'énergie de réseau (ou enthalpie réticulaire) de l'oxyde de calcium en vous aidant des données suivantes, recueillies dans divers ouvrages de physique et de chimie. Ces valeurs sont mentionnées dans les conditions standard à 298 K :

	Ca	O
Énergie de 1 <sup>ère</sup> ionisation	6,1131 eV	1313,94 kJ/mol
Énergie de 2 <sup>ème</sup> ionisation	11,8717 eV	3388,67 kJ/mol
Enthalpie de capture du premier électron	Non disponible	-142 kJ/mol
Enthalpie de capture du deuxième électron	Non disponible	+844 kJ/mol
Enthalpie de sublimation	164 kJ/mol	Non applicable

L'enthalpie de dissociation du dioxygène est de 498 kJ/mol les conditions standard à 298 K.

Détaillez votre raisonnement.

Section et numéro de matricule : |

**QUESTION 5** (15 points)

Un élément métallique inconnu fait l'objet d'une analyse par diffraction des rayons X. L'examen détaillé du diffractogramme révèle que l'élément cristallise dans le réseau cubique centré. L'analyse est faite à l'aide d'une source d'une longueur d'onde de 0,114 nm et le pic correspondant au plan d'indices de Miller (002) apparaît à un angle de 20,2° pour le premier ordre de diffraction.

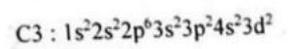
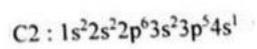
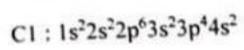
À l'aide de ces données,

- Déterminez la distance internucléaire entre atomes premiers voisins.
- Calculez la masse molaire (en g/mol) de cet élément connaissant sa masse volumique : 8,57 g/cm<sup>3</sup>. Détaillez toutes les étapes de votre calcul.
- Déduisez de ce calcul la nature chimique de cet élément

.....  
Section et numéro de matricule :

**QUESTION 6** (15 points)

Soient trois configurations électroniques de l'ion  $X^{2-}$  :



a) Quelle est la nature chimique de l'élément X ?

b) Classez par ordre croissant d'énergie ces trois configurations électroniques en justifiant votre raisonnement.

Interrogation de Chimie du  
4 janvier 2021

Question 1

$$x = \frac{m_{CO_2}}{m_{C_xH_yO_z}}$$

$$n_{CO_2} = \frac{P \cdot V}{RT} = \frac{0,95 \cdot 138,7}{0,082 \cdot 300} = 5,35 \text{ mol}$$

$$n_{C_xH_yO_z} = \frac{100}{74,1} = 1,35 \text{ mol}$$

$$x = \frac{5,35}{1,35} = 3,96 \approx 4 \rightarrow 4 \text{ atomes de C}$$

1 mole  $C_xH_yO_z \rightarrow y/2$  moles de  $H_2O$

$$\frac{y}{2} = \frac{n_{H_2O}}{n_{C_xH_yO_z}}$$

$$\text{ici } y = 2 \cdot \frac{n_{H_2O}}{1,35}$$

$$n_{H_2O} = \frac{122}{2 \cdot 1,0079 + 15,9994} = 6,772 \text{ mol}$$

$$= 2 \cdot \frac{6,772}{1,35} = 10,0 \rightarrow 10$$

$$z? \quad 4m_C + 10m_H + zm_O = 74,1 \text{ g/mol}$$

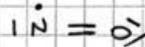
$$\text{ici } 4 \cdot 12,0110 + 10 \cdot 1,0079 + z \cdot 15,9994 = 74,1$$

$$\text{ici } z = 0,998 \approx 1$$

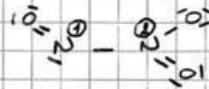
$\Rightarrow C_4H_{10}O$

Question 2

structure de Lewis du monoxyde d'azote



structure de Lewis du trioxyde de diazote



Hybridation atome  $N^{n^{\circ}1}$  + justification

$sp^2$  car 3 liens effectifs autour de cet atome

Hybridation atome  $N^{n^{\circ}2}$

$sp^2$

moment dipolaire

non nul

type d'interactions intermoléculaires

+ dipole-dipole  
+ dipole-dipole induit  
\* dipole induit-dipole induit

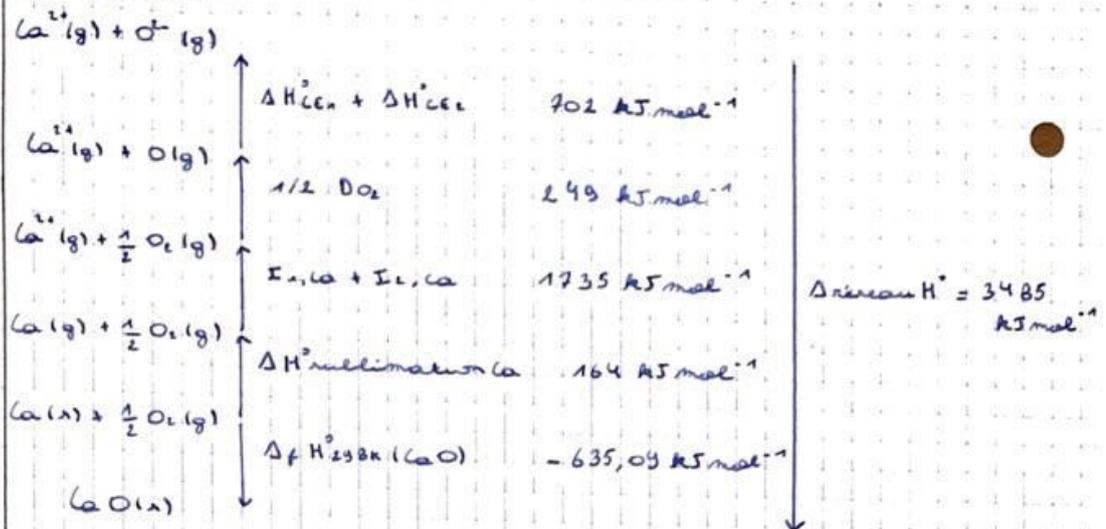
Question 3

$$E_{photon} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{255 \cdot 10^{-9}} = 7,790 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$n_{photon} = \frac{9,5 \cdot 10^{23}}{7,790 \cdot 10^{-19}} = 9,628 \cdot 10^{41} = n_{O_3}$$

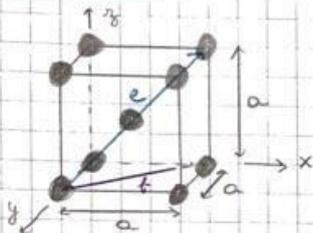
$$\frac{n_{O_3}}{N_A} \cdot M_{O_3} = \frac{9,628 \cdot 10^{41}}{6,02252 \cdot 10^{23}} \cdot (3 \cdot 15,9994) = 7,67 \cdot 10^{13} \text{ g} = 7,67 \cdot 10^{13} \text{ tonnes}$$

### Question 4



$$\Delta_{\text{réseau}} H^{\circ} = 702 + 249 + 1735 + 164 - (-635,09) = 3485 \text{ kJ mol}^{-1}$$

### Question 5



$(002) \rightarrow x: \frac{1}{0} = \infty, y: \frac{1}{0} = \infty, z: \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$   
 $n\lambda = 2d \sin \theta \rightarrow 20, 2^{\circ}$   
 $d_{002} = 0,165 \text{ nm}$   
 $\Rightarrow 2d = a$   
 $\Rightarrow a = 0,330 \text{ nm}$

a)  $e^2 = f^2 + a^2$        $f^2 = a^2 + a^2$   
 $= 3a^2$   
 $\Rightarrow e = \sqrt{3}a$

d intermédiaire =  $\frac{e}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,330 = 0,286 \text{ nm}$

b)  $V_{\text{maille}} = (0,330 \text{ nm})^3 = 3,594 \cdot 10^{-2} \text{ nm}^3$        $\frac{N_A}{2} \rightarrow 2,164 \cdot 10^{22} \text{ nm}^3$   
 $= 21,64 \text{ cm}^3$

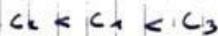
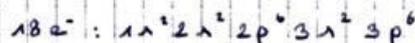
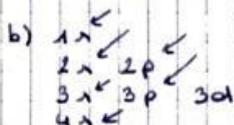
culique centré  $\Rightarrow 2$  atomes / maille  $\rightarrow V_m = \frac{21,64}{2} = 10,82 \text{ cm}^3$

$M = \rho \cdot V_m = 8,57 \cdot 10,82 = 92,7274 \text{ g mol}^{-1}$

c) Nb

### Question 6

a) Soufre



## Interrogation de chimie de juin 2021 : partie Q1

### QUESTION 1 (20 points)

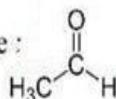
La plupart des autoroutes belges sont encore éclairées de nuit à l'aide d'ampoules à vapeur de sodium à basse pression. Ce type d'ampoule émet une lumière jaune-orangé caractéristique, correspondant à des photons émis à une longueur d'onde de 589 nm.

En considérant une ampoule standard libérant exclusivement ces photons à raison d'une puissance de 100 W, calculez le nombre de photons émis par une ampoule durant une nuit de 8,00 heures.

### QUESTION 2 (20 points)

Les paramètres **a** et **b** de l'équation de van der Waals sont donnés ci-dessous pour l'éthanol, le propane et l'éthanal (ou acétaldéhyde). En utilisant vos connaissances, attribuez les paramètres à ces gaz.

La structure de l'éthanal est reproduite ci-contre :  
Justifiez votre raisonnement.



Gaz	a / bar.L <sup>2</sup> .mol <sup>-2</sup>	B / L.mol <sup>-1</sup>
1	11,37	0,08695
2	9,385	0,09044
3	12,56	0,08710

### QUESTION 3 (20 points)

L'éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) est un composé chimique utilisé massivement en milieu industriel, notamment en pétrochimie pour la fabrication de polymères. Il peut également être utilisé pour la synthèse d'éthanol par addition d'eau.

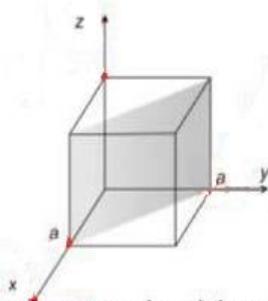
- 1) Écrivez l'équation de la réaction de formation de l'éthanol gazeux à partir d'éthylène gazeux et de vapeur d'eau.
- 2) Calculez la chaleur de réaction isobare à 25°C sous 1,00 bar. La réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Justifiez.
- 3) Calculez la chaleur de réaction isochore à 25°C.
- 4) On suppose que la chaleur libérée à pression constante par la combustion complète d'éthanol liquide est totalement transférée à 500 g de glace à -20°C contenue dans un réacteur. Quel volume d'éthanol à 25 °C faut-il brûler pour porter le contenu du réacteur à la température de 95°C ? La pression de départ dans le réacteur vaut 1,00 bar et est maintenue constante au cours de l'opération. Tous les produits de la combustion de l'éthanol sont gazeux.

Remarque : l'enthalpie de fusion de la glace à 0°C vaut 6,07 kJ/mol, la chaleur spécifique de la glace 2,092 J/g.K. La masse volumique de l'éthanol à 25 °C vaut 0,789 g.cm<sup>-3</sup>.

**QUESTION 4** (20 points)

L'ion peroxydinitrite est un isomère de l'ion nitrate : il possède la même formule moléculaire mais une structure différente. En sachant que le squelette de l'ion peroxydinitrite est O-N-O-O, déterminez sa structure de Lewis, l'hybridation de l'atome d'azote et la charge formelle de chaque atome.

Structure de Lewis		
Hybridation de l'azote		Justification :
Charge formelle (numérotez chaque atome d'oxygène dans votre structure de Lewis)	N : O(1) : O(2) : O(3) :	

**QUESTION 5** (20 points)

Un métal de structure cristalline cubique centrée a été analysé par diffraction des rayons X. La maille élémentaire et un plan sont schématisés ci-dessus.

Un rayonnement de 6,242 keV a donné, pour le plan représenté, une interférence constructive de premier ordre pour un angle incident de 26,63 degrés.

À partir de ces données et en détaillant vos démarches, déterminez :

- 1) les indices de Miller du plan de l'image,
- 2) la longueur d'onde du rayonnement incident,
- 3) le rayon cristallin d'un atome de cet élément.

Interrogation de chimie de  
juin 2021 : partie Q1

Question 1:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = 3,373 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

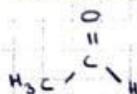
$$100 \text{ W} = 100 \text{ J/s} \text{ pendant } 8 \text{ h} \text{ ou } 28800 \text{ s}$$

$$\Rightarrow 28800 \cdot 100 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ J}$$

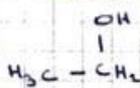
$$\text{nb de photons: } \frac{2,88 \cdot 10^6}{3,373 \cdot 10^{-19}} = 8,54 \cdot 10^{24} \text{ photons}$$

Question 2:

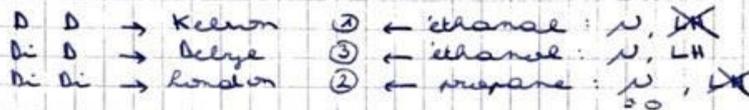
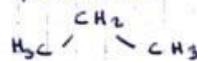
éthanal



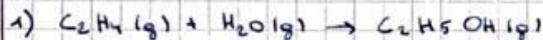
éthanol



propane



Question 3:



2)  $Q_p = \Delta_r H_{298\text{K}}^\circ = -235,10 - (-241,82 + 52,26) = -45,54 \text{ kJ/mol}$   
 $\Rightarrow$  exothermique

3)  $\Delta H = Q_v + \Delta(PV) \Leftrightarrow Q_v = \Delta H - \Delta(PV)$   
 $= \Delta H - \Delta(nRT)$   
 $= \Delta H - RT \Delta n_{\text{gaz}}$   
 $\hookrightarrow = 1 - 2 = -1$   
 $\Rightarrow Q_v = -45,54 - 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 298 \cdot (-1)$   
 $= -43,06 \text{ kJ/mol}$



$$\Delta_r H_{298\text{K}}^\circ = 3 \cdot (-241,82) + 2 \cdot (-393,51) - (-277,69) = -1234,99 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_p = C_{p,\text{glace}} \cdot m \cdot \Delta T_1 + m \Delta H_{\text{fus}}^\circ + C_{p,\text{eau}} \cdot m \cdot \Delta T_2$$

$$= 2,092 \cdot 500 \cdot 20 + \frac{500}{18,02} \cdot 6,07 \cdot 10^3 + 75,29 \cdot \frac{500}{18,02} \cdot 95$$

$$= 387,9 \text{ kJ}$$

$$n_{\text{éthanol}} = \frac{Q_p}{\Delta_r H^\circ} = 0,314 \text{ mol}$$

$$m_{\text{éthanol}} = 0,314 \cdot 46,07 = 14,46 \text{ g}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{14,46}{0,789} = 18,33 \text{ cm}^3$$

#### Question 4

Structure de Lewis:  $\overset{\ominus}{\text{O}} = \overset{\oplus}{\text{N}} - \overset{\ominus}{\text{O}} - \overset{\ominus}{\text{O}} \quad \text{T}^{-1}$

hybridation de N:  $sp^2$  car 3 liaisons effectives autour de l'atome N.

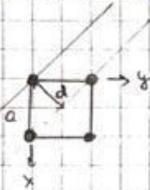
charge formelle:  $\begin{cases} * \text{N}: 0 \\ * \text{O}(1): 0 \\ * \text{O}(2): 0 \\ * \text{O}(3): -1 \end{cases}$

#### Question 5:

1)  $h, k, l \rightarrow h = \frac{1}{x}; k = \frac{1}{y}; l = \frac{1}{z} \rightarrow \frac{1}{1} = 1; \frac{1}{1} = 1, \frac{1}{\infty} = 0$   
 $\Rightarrow (1, 1, 0)$

2)  $12\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{J} \rightarrow 6242\text{eV} = 1,000 \cdot 10^{-15}\text{J}$   
 $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{10^{-15}} = 1,99 \cdot 10^{-10}\text{m}$

3)  $n\lambda = 2d \sin \theta \Rightarrow d = \frac{1,99 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot \sin 26,65^\circ} = 1,12 \cdot 10^{-10}\text{m}$



$$a^2 = d^2 + d^2 = 2d^2 \Rightarrow a = \sqrt{2}d = 3,14 \cdot 10^{-10}\text{m}$$

$r$ : rayon cristallin

$$(4r)^2 = a^2 + (\sqrt{2}a)^2 = 3a^2$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{3a^2}{16}$$

$$\Rightarrow r = \frac{\sqrt{3}a}{4} = 1,36 \cdot 10^{-10}\text{m}$$



---

# EXAMEN CHIM-F101 JANVIER 2022

---

Partie exercices



**QUESTION 1 (40 points)** *Partie exercice*

Soient deux composés liquides (A et B) de formule générique  $S_xO_yCl_z$ . A a une masse volumique de  $1,63 \text{ g/cm}^3$ , présente une tension de vapeur de  $400 \text{ mmHg}$  à  $56^\circ\text{C}$ , et contient  $59,6 \%$  en masse de chlore. B a une masse volumique de  $1,68 \text{ g/cm}^3$ , présente une tension de vapeur de  $477 \text{ mmHg}$  à  $56^\circ\text{C}$  et contient  $53\%$  en masse de chlore.

a) Sachant que la vapeur de A a une densité de  $4,107$  par rapport à l'air (masse molaire  $28,96 \text{ g/mol}$ ), et que A et B peuvent être considérés comme des gaz parfaits, quelle est la formule moléculaire de cette substance ?

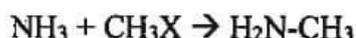
b) Un mélange idéal à volumes égaux de A (liq) et B(liq) est placé dans une enceinte initialement vide, maintenue à  $56^\circ\text{C}$ . Une pression de  $437 \text{ mmHg}$  s'établit à l'équilibre.

Quelle est la fraction molaire de A dans la phase liquide ?

Quelle est la formule moléculaire de B ?

**QUESTION 2 (30 points) Partie exercice**

Les composés méthylés contenant un hétéroatome tel que O, S, N ou un halogène absorbent entre 167 et 227 nm. Certains de ces composés peuvent également servir à faire une méthylation de l'ammoniac, c'est-à-dire qu'ils peuvent réagir avec l'ammoniac afin de remplacer un ou plusieurs atomes d'hydrogène par un groupement CH<sub>3</sub> suivant les réactions (non équilibrées) :



a) Si une solution absorbe un rayonnement ayant une fréquence de  $1,16 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ , quel composé méthylé contient-elle parmi ceux proposés dans le tableau suivant ?

Composé	$\lambda_{\text{max}}$ (nm)	$\epsilon_{\text{max}}$ (L.cm <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup> )
CH <sub>3</sub> OH	167	1480
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	184	2520
CH <sub>3</sub> Cl	173	200
CH <sub>3</sub> I	258	365
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	229	140
CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	215	600
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	227	900

b) 250 mL de cette solution ayant une absorbance de 0,858, mesurée dans une cellule dont le chemin optique vaut 4,00 cm, sont mélangés avec 5,00 mL d'une solution d'ammoniac 25% en masse. Quelles seront les espèces présentes en solution à la fin de la réaction et leur quantité ? (Densité ammoniac 25% = 0,892)

---

**QUESTION 3 (30 points)** *Partie exercice*

L'aniline ( $C_6H_5NH_2$ ) se présente sous la forme d'un cycle aromatique, comme le benzène, avec une fonction amine greffée sur un des atomes de carbone. C'est un liquide dont la température d'ébullition est de  $184,4^\circ C$  sous 1 atm, et dont la tension de vapeur vaut 400 mmHg à  $161,9^\circ C$ .

a) Calculez l'enthalpie de vaporisation de l'aniline.

b) Le toluène ( $C_6H_5CH_3$ ) présente la même structure que l'aniline, mais la fonction amine est remplacée par un groupe méthyle. Son enthalpie de vaporisation vaut 37 kJ/mol.

Dessinez les deux molécules (aniline et toluène), caractérisez les forces intermoléculaires dans les deux liquides et, sur cette base, justifiez la différence des enthalpies de vaporisation entre les deux liquides.

① a) Pour 1 mol de A :

$$53,6\% \text{ de U} \Rightarrow m_u = 118,94 \cdot 0,536 = 70,88 \text{ g}$$

$$\Rightarrow 2 \text{ U vu que U} = 35, \dots$$

$$M_{\text{tot}} = 118,96 \text{ g/mol} = 2 \cdot M_u + y \cdot M_o + x \cdot M_s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ y = 1 \\ x = 1 \end{cases}$$

$\rightarrow$  seules relations possibles.

b) Fraction molaire de A dans la phase liquide :

$$P_{\text{tot}} = x_A^L \cdot P_A^o + x_B^L \cdot P_B^o$$

$$= x_A^L \cdot P_A^o + (1 - x_A^L) \cdot P_B^o$$

$$\Rightarrow 437 = x_A^L \cdot 400 + (1 - x_A^L) \cdot 477$$

$$\Rightarrow x_A^L = 0,5195$$

Formule moléculaire de B

$$x_A^L = \frac{m_A}{m_A + m_B} = \frac{m_A / M_A}{\frac{m_A}{M_A} + \frac{m_B}{M_B}}$$

$\rightarrow$  mélange à volumes égaux :

$$100 \text{ mL de A} \rightarrow m_A = 1,63 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ mL} = 163 \text{ g}$$

$$100 \text{ mL de B} \rightarrow m_B = 1,68 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ mL} = 168 \text{ g}$$

$$\Rightarrow 0,5195 = \frac{163 / 118,94}{\frac{163}{118,94} + \frac{168}{M_B}}$$

$$\Rightarrow M_B = 132,54 \text{ g/mol}$$

$$m_u = 53\% \cdot 132,54 = 70,24 \text{ g} \Rightarrow 2 \text{ U}$$

$$M_{\text{tot}} = 132,54 = x \cdot M_s + y \cdot M_o + 2 \cdot M_u \Rightarrow$$

$$\begin{cases} z = 2 \\ x = 1 \\ y = 1 \end{cases}$$

$$(2) a) \nu = \frac{c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 10^3}{1,16 \cdot 10^{15}} = 258 \text{ nm}$$

$\Rightarrow$  la solution contient du  $\text{CH}_3\text{I}$

$$b) A = \epsilon \cdot l \cdot c$$

$$\therefore c_{\text{CH}_3\text{I}} = \frac{0,858}{365,4} = 0,588 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

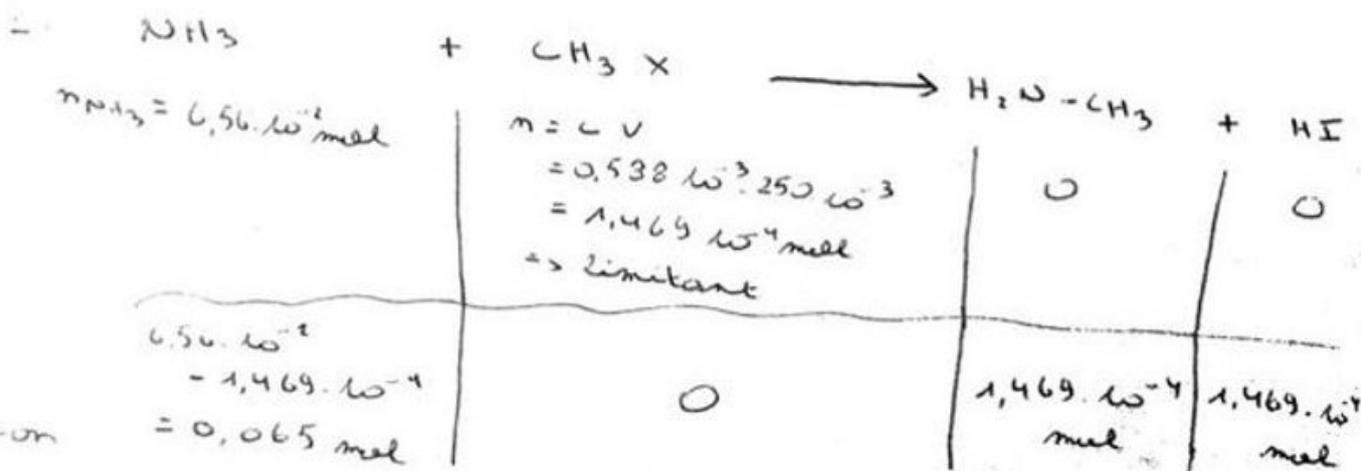
Ammoniac 25% d'ammoniac et 75% d'eau

$$m_{\text{solution NH}_3} = 5,00 \text{ mL} \cdot 0,892 \text{ g/mL} = 4,46 \text{ g}$$

$$m_{\text{NH}_3} = \%_{\text{NH}_3} \cdot m_{\text{solution NH}_3} = 25\% \cdot 4,46 = 1,115 \text{ g}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{M_{\text{NH}_3}} = \frac{1,115}{14+3} = 6,56 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

~~ex NH<sub>3</sub> + I<sub>2</sub> →~~

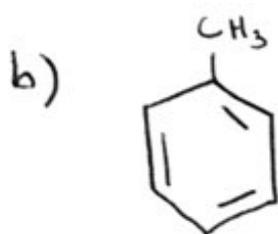


$$\textcircled{3} \text{ a) } \ln \left( \frac{P_1^*}{P_2^*} \right) = - \frac{\Delta H_{\text{var}}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

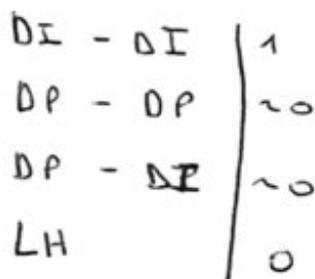
$$\hookrightarrow \Delta H_{\text{var}} = - \ln \left( \frac{760}{400} \right) \cdot 8,314 \cdot \left( \frac{1}{457,55} - \frac{1}{435,05} \right)^{-1}$$

$$= 47210,8 \text{ J/mol}$$

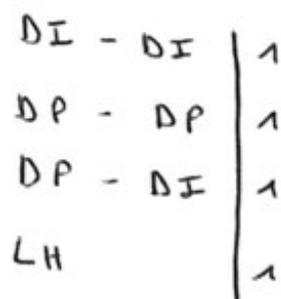
$$= 47,21 \text{ kJ/mol}$$



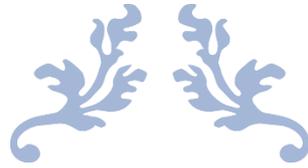
toluène



aniline



$\hookrightarrow$  interaction + fortes  
 $\Rightarrow \Delta H_{\text{var}}$  élevée



---

# EXAMEN CHIM-F101 JANVIER 2022

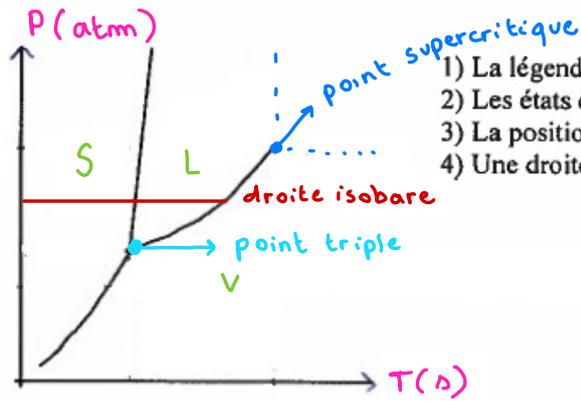
---

Partie théorique



### QUESTION 1 (20 points) Théorie

- Sur le diagramme des phases d'un corps pur ci-dessous, indiquez :



- 1) La légende pour les axes et les unités.
- 2) Les états de la matière dans les différentes zones du graphique.
- 3) La position du point triple et celle de la limite supercritique.
- 4) Une droite isobare traversant seulement deux états différents.  
↳ pression constante

L'allure de ce graphique correspond-elle au diagramme de phase du  $\text{CO}_2$  ou de  $\text{H}_2\text{O}$  (justifiez en 3 lignes maximum) ?

Déterminez la variance dans les conditions suivantes :

- a) Au point triple  $v = 1 - 3 + 2 - 0 = 0$
- b) Sur la courbe d'équilibre liquide - vapeur  $v = 1 - 2 + 2 - 0 = 1$
- c) Dans la phase liquide uniquement  $v = 1 - 1 + 2 - 0 = 2$

- Ecrivez l'équation mathématique décrivant la courbe d'équilibre solide-gaz, et explicitez chacune des grandeurs. (Soyez précis dans l'écriture des symboles.)

**QUESTION 2 (20 points) Théorie**

(a) Schématisez le diagramme d'orbitales moléculaires d' $O_2$  pour ses électrons de valence. Veillez à identifier les orbitales atomiques et moléculaires sur votre diagramme, indiquez l'axe d'énergie et remplissez les orbitales avec le bon nombre d'électrons.

O:  $1s^2 2s^2 2p^4$  donc pour  $O_2$  on a 12 e<sup>-</sup> de valences  
6 e<sup>-</sup> de valences

(b) Écrivez la structure électronique correspondante.

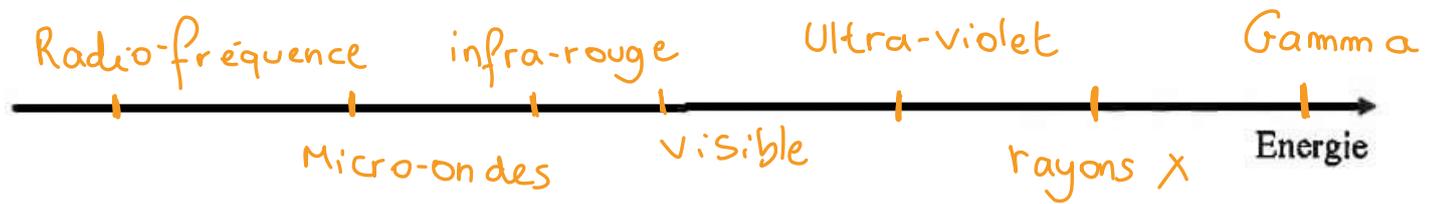
(c) Que vaut l'ordre de la liaison ? (Détaillez votre calcul.)

(d) La molécule de  $O_2$  est-elle para ou diamagnétique ? Justifiez en 2 lignes maximum.

(e) L'ordre de liaison de  $O_2^+$  est-il inférieur, supérieur, ou identique à celui de  $O_2$  ? Justifiez en 2 lignes maximum.

**QUESTION 3 (15 points)** *Théorie*

Placez dans l'ordre d'énergie croissante, sur l'axe ci-dessous, les rayonnements Visible (Vis), Infrarouge (IR), Ultraviolet (UV), microonde (MO), X (RX), radiofréquence (RF) et gamma ( $\gamma$ ).



Attention 

On vous demande l'énergie donc  $E = h \frac{c}{\lambda}$

Ainsi, +  $\lambda$  est grand  $\Rightarrow$  + l'E est petite

**QUESTION 4** (15 points) *théorie*

- a) Pour une solution idéale A-B, établissez mathématiquement la relation entre la fraction molaire de A en phase vapeur et la fraction molaire de A en phase liquide.
- b) Si A est plus volatil que B, sa fraction molaire en phase vapeur est-elle supérieure inférieure, ou égale à celle de A en phase liquide ? (Entourez la bonne réponse et justifiez.)

**QUESTION 5 (15 points)** *Théorie*

QCM: Entourez la bonne réponse. Attention, une mauvaise réponse peut entraîner des points négatifs.

5.1. Le fer présente, à température ambiante, une maille cubique centrée, représentée par l'Atomium à Bruxelles. Combien d'atomes comporte cette maille ?

- 9
- 2
- 4

5.2.

Dans l'équation de Bragg ( $n\lambda = 2d\sin\theta$ ), utilisée en diffraction de rayons X,  $d$  représente :

- le diamètre des atomes
- la distance entre deux atomes
- la distance entre deux plans
- le diamètre du faisceau de rayons X

5.3.

Un interstice octaédrique est l'espace libre situé entre :

- 3 atomes
- 4 atomes
- 6 atomes
- 8 atomes

5.4. À molarité égale, quel sel abaisse le plus le point de congélation de l'eau ?

- chlorure de sodium
- chlorure de calcium
- nitrate d'ammonium
- chlorure de fer(III)

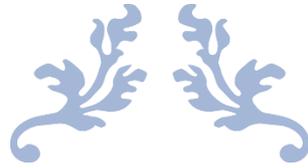
5.5. Le Césium se trouve dans la première colonne du tableau périodique, à la 6<sup>ème</sup> ligne. Comparé à l'azote,

- son rayon atomique est plus petit et son énergie de première ionisation est plus petite
- son rayon atomique est plus grand et son énergie de première ionisation est plus petite
- son rayon atomique est plus petit et son énergie de première ionisation est plus grande
- son rayon atomique est plus grand et son énergie de première ionisation est plus grande

**QUESTION 6 (15 points)**

*Théorie*

Pourquoi le  $\text{CO}_2$  est-il un gaz à effet de serre alors qu'il ne présente pas de moment dipolaire permanent ? Justifiez en trois lignes (éventuellement avec des schémas).



---

# EXAMEN CHIM-F101 JUIN 2022 (Q2)

---

Partie exercices



Écrivez les équations (ioniques mettons s'il y a lieu) des réactions  
qui se produisent si on mélange les substances suivantes.  
Indiquez de quel type de réaction il s'agit (oxydo-réduction, acido-basique,  
précipitation, substitution, autre, ...).  
Calculez la constante d'équilibre de chaque réaction et justifiez vos unités.

① CHIMIE  
Q2 2022  
EXERCICES p. 1  
120

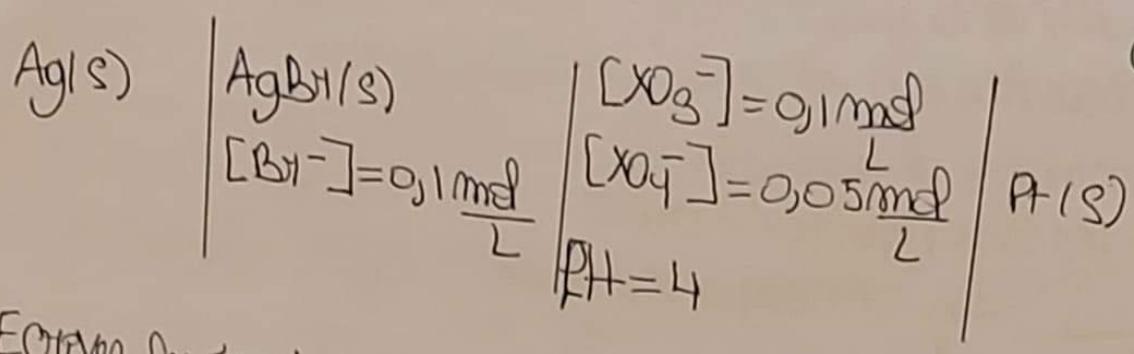
- a) Bromure d'hydrogène (aq) et carbonate de magnésium (s) à 25°C
- b) Permanganate de potassium (aq) et hypochlorite de sodium (aq) en milieu basique à 25°C
- c) Méthane (g) et dichlore (g) pour former  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (g) et  $\text{HCl}$  (g) à 55°C, sachant que le point d'ébullition standard de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  est de 61°C (négligez les éventuelles variations d'enthalpie et d'entropie avec la température).
- d) Quelle est l'enthalpie libre standard de vaporisation de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  à 25°C ?



La constante d'équilibre de la réaction suivante vaut 0,090 à 25°C :  $H_2O(g) + Cl_2O(g) \rightleftharpoons 2HClO(g)$ . L'enthalpie libre standard de formation de  $Cl_2O$  vaut 97,9 kJ/mol à 25°C

- a) Calculez les valeurs (à 25°C) de l'enthalpie libre standard de réaction et de l'enthalpie libre standard de formation de l'hypochlorite d'hydrogène (gazeux).
- b) Calculez la composition (en fraction molaire) du mélange à l'équilibre se fait quantités  $H_2O(g)$  et  $Cl_2O(g)$
- c) Quel serait l'effet d'une augmentation de la pression totale sur la composition à l'équilibre ? (Justifiez votre réponse)
- d) Uniquement pour les étudiants qui ont suivi le module 2 :  
 Si l'on dissout l'hypochlorite d'hydrogène dans une solution de pH bas ( $\ll 5$ ) quelle réaction a lieu ?

Et la pile suivante :



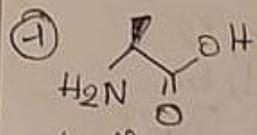
③ CHIMIE  
Q2 2022  
EXERCICES p. 3  
120

- a) Ecrivez les équations des réactions anodique, cathodique et globale.
- b) En sachant que la force électromotrice de cette pile est de 0,822V, déterminez par calcul la nature de l'élément X.

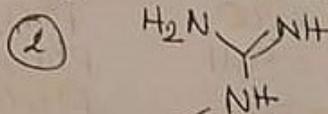
sechercheurs doivent réaliser l'électrophorèse d'un échantillon comprenant un mélange de 8 acides aminés. En utilisant une solution tampon de pH = 6, ils observent la migration de 6 acides aminés vers la borne négative. En interprétant l'expérience avec une solution de pH = 3, 50 les acides aminés migrent vers la borne positive

CHAPITRE  
Q2 2022  
EXERCICES p. 4

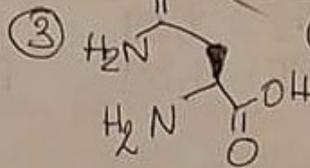
120



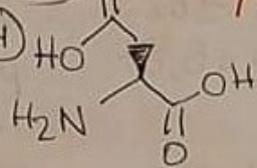
L-Alanine  
pKa1 = 2,34  
pKa2 = 9,69  
pI iso = 6,02



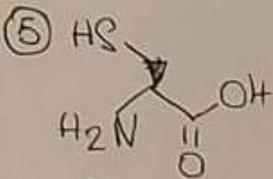
L-Arginine  
pKa1 = 2,17  
pKa2 = 9,04  
pI iso = 10,8



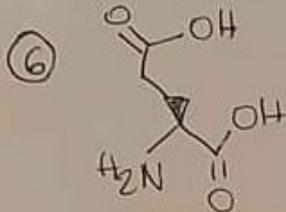
L-Asparagine  
pKa1 = 2,02  
pKa2 = 8,08  
pI iso = 5,41



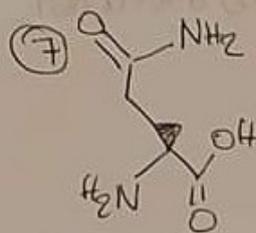
L-Acide aspartique  
pKa1 = 2,19  
pKa2 = 9,60  
pI iso = 2,77



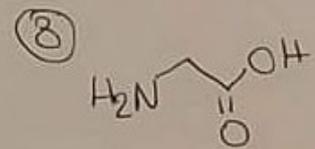
L-Cystéine  
pKa1 = 1,96  
pKa2 = 8,18  
pI iso = 5,07



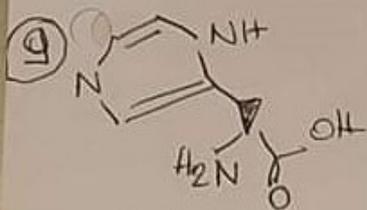
L-acide glutamique  
pKa1 = 2,19  
pKa2 = 9,67  
pI iso = 3,22



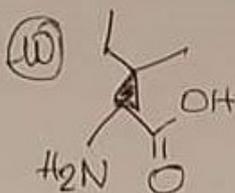
L-Glutamine  
pKa1 = 2,17  
pKa2 = 9,13  
pI iso = 5,65



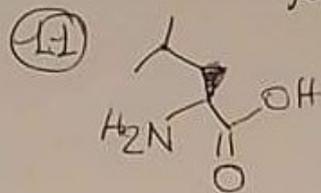
L-Glycine  
pKa1 = 2,35  
pKa2 = 9,60  
pI iso = 5,97



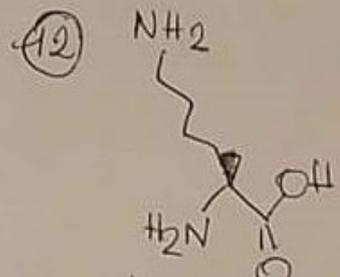
L-Histidine  
pKa1 = 1,82  
pKa2 = 9,17  
pI iso = 7,59



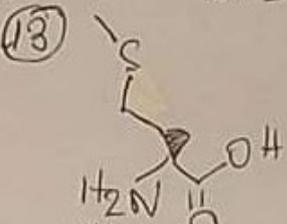
L-Proline  
pKa1 = 2,36  
pKa2 = 9,68  
pI iso = 6,02



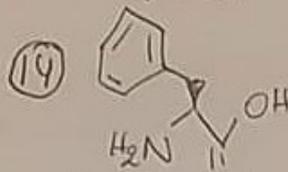
L-Leucine  
pKa1 = 2,36  
pKa2 = 9,60  
pI iso = 5,98



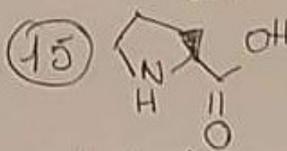
L-Lysine  
pKa1 = 2,18  
pKa2 = 8,95  
pI iso = 9,74



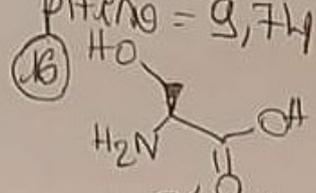
L-Méthionine  
pKa1 = 2,28 pI iso = 5,74  
pKa2 = 9,21



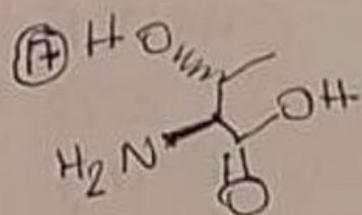
L-Phénylalanine  
pKa1 = 1,83 pI iso = 5,98  
pKa2 = 9,3



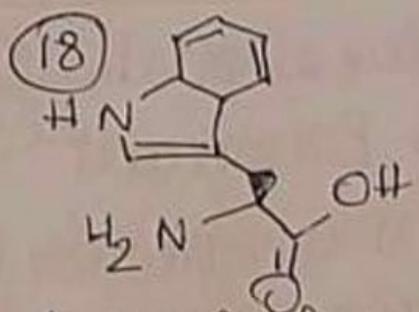
L-Proline  
pKa1 = 1,99 pI iso = 6,48  
pKa2 = 10,96



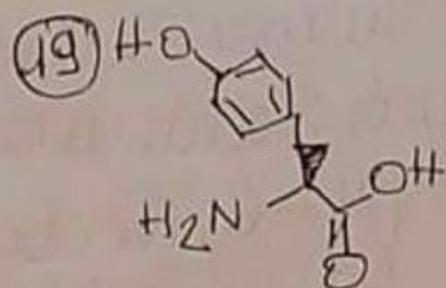
L-Sérine  
pKa1 = 2,21 pI iso = 5,68  
pKa2 = 9,45



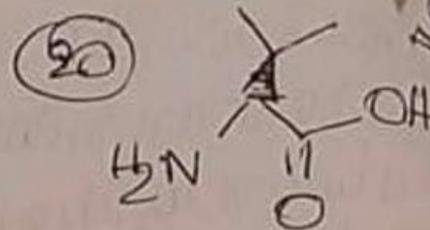
L-thréonine  
 $pK_{a1} = 2,11$   
 $pK_{a2} = 9,62$   
 $pK_{ind} = 5,87$



L-Tryptophane  
 $pK_{a1} = 2,38$   
 $pK_{a2} = 9,39$   
 $pK_{ind} = 5,89$



L-Tyrosine  
 $pK_{a1} = 2,20$   
 $pK_{a2} = 9,11$   
 $pK_{ind} = 5,66$



L-Valine  
 $pK_{a1} = 2,32$   
 $pK_{a2} = 9,62$   
 $pK_{ind} = 5,97$

(a) Identifiez, sur base du tableau ci-dessus, les acides aminés contenus dans le mélange (+ justification)

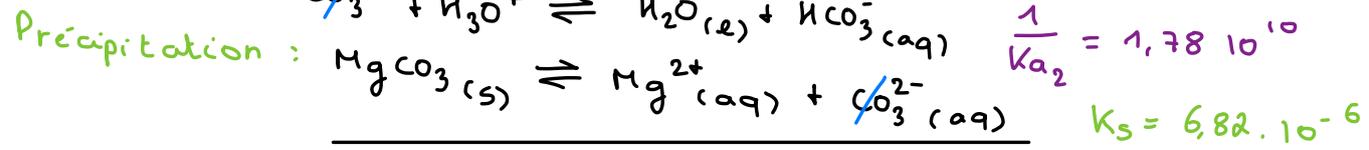
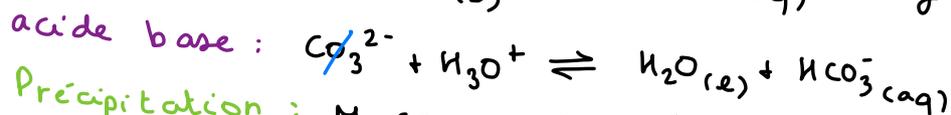
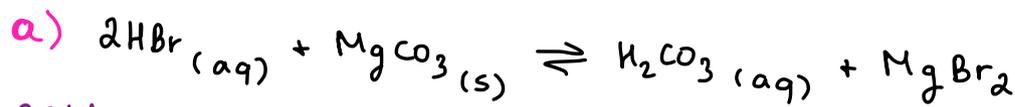
(b) Proposez sur base de vos tables de constantes, un ensemble de réactifs permettant la préparation d'une solution tampon de  $pH = 3,50$  ainsi que les quantités (relatives) à utiliser.

$\neq$  réaction  $A(g) \rightarrow B(g) + 2C(g)$  a été étudiée à  $25^\circ\text{C}$ . En CHAPITRE  
 partant de A pur et en suivant la variation de la pression Q 2 2022  
 totale au cours du temps, les résultats suivants ont été obtenus: EXERCICES p. 5

Temps (s)	0	20	50	100	180
Pression totale (atm)	1,000	1,659	2,266	2,729	2,945

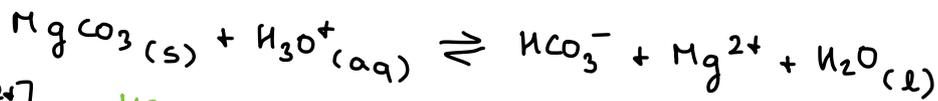
- a) A partir de ce tableau, déterminez graphiquement l'ordre de la réaction et la valeur de la constante cinétique
- b) Après combien de temps la pression totale sera-t-elle égale à 2,0 atm?

## Exercice 1:

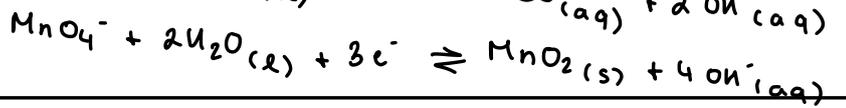


$$\frac{1}{K_{a2}} = 1,78 \cdot 10^{10}$$

$$K_s = 6,82 \cdot 10^{-6}$$

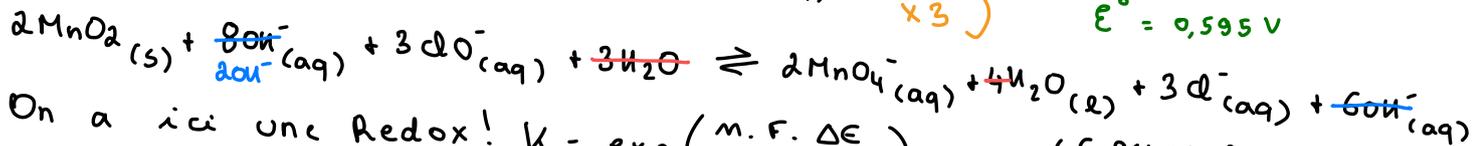


$$K = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{Mg}^{2+}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_s}{K_{a2}} = 1,2 \cdot 10^5$$



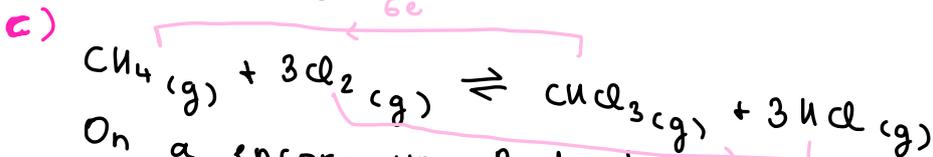
$$\left. \begin{array}{l} \times 2 \\ \times 3 \end{array} \right\} 6e^- \quad E^\circ = 0,890 \text{ V}$$

$$E^\circ = 0,595 \text{ V}$$



On a ici une Redox!  $K = \exp\left(\frac{n \cdot F \cdot \Delta E}{R \cdot T}\right) = \exp\left(\frac{6 \cdot 96485 \cdot (0,890 - 0,595)}{8,314 \cdot 298}\right)$

$$K = 8,63 \cdot 10^{29}$$



On a encore une Redox!

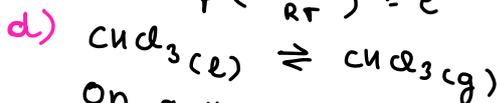
$$K = \exp\left(\frac{\Delta S^\circ}{R}\right) \cdot \exp\left(\frac{-\Delta H^\circ}{RT}\right) = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right)$$

$$\Delta H^\circ = 3(-92,3) - 103 + 74,81 - 3 \cdot 0 = -305,22 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ = 3 \cdot 186,79 + 295,7 - 186,15 + 3 \cdot 222,96 = 1338,8 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G_{328\text{K}}^\circ = -305,22 \cdot 10^3 - 328,15 \cdot 1338,8 = -744547,22$$

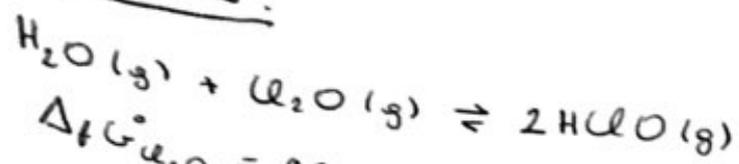
$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) = e^{277}$$



On a une vaporisation!

$$\Delta G^\circ = -70,4 - (-73,7) = 3,3 \text{ kJ/mol}$$

exercice 2 :



$$\Delta_f G^\circ_{\text{Cl}_2\text{O}} = 97,9 \text{ kJ/mol}$$

$$K = 0,09$$

$$a) K = \exp\left(-\frac{\Delta_r G^\circ}{RT}\right) \quad (\Rightarrow \ln K = -\frac{\Delta_r G^\circ}{RT})$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta_r G^\circ &= -\ln(K) \cdot RT = -\ln(0,09) \cdot 8,314 \cdot 298,15 \\ &= 5968,86 \text{ J/mol} \\ &= 6 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta_r G^\circ = \sum_{\text{prod}} \Delta_f G^\circ(\text{mol}) - \sum_{\text{rea}} \Delta_f G^\circ(\text{mol})$$

$$\Rightarrow 6 = 2 \cdot \Delta_f G^\circ_{\text{HClO}} - \Delta_f G^\circ_{\text{Cl}_2\text{O}} - \Delta_f G^\circ_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\Rightarrow \Delta_f G^\circ_{\text{HClO}} = \frac{6 + 97,9 - 228,59}{2} = -62,36 \text{ kJ/mol}$$

$$b) \text{ * } K = \frac{(2x)^2}{(a-x)^2} \quad (\Rightarrow 0,09 = \frac{4x^2}{1-x^2-2x}) \quad (\Rightarrow x = 0,13)$$

$$\begin{aligned} \text{* } n_{\text{tot}} &= a - x + a - x + 2x \\ &= 2a \\ &= 2 \cdot 1 = 2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{* } \chi_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{a-x}{2a} = \frac{1-x}{2} = 0,43$$

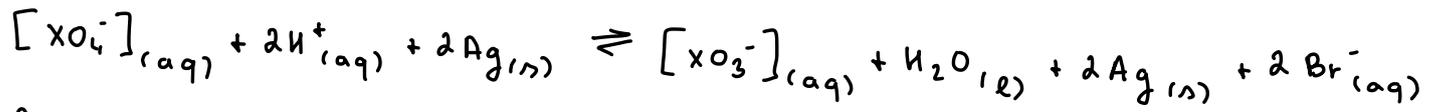
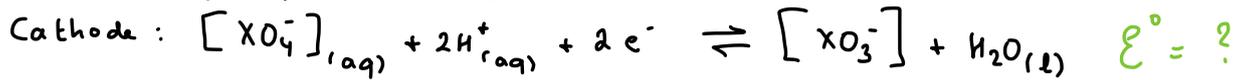
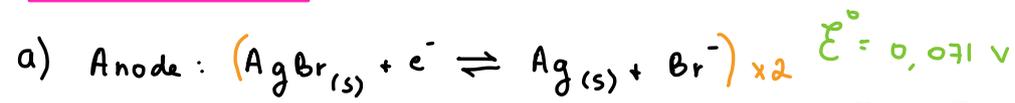
$$\chi_{\text{Cl}_2\text{O}} = \chi_{\text{H}_2\text{O}} = 0,43$$

$$\chi_{\text{HClO}} = 1 - \chi_{\text{H}_2\text{O}} - \chi_{\text{Cl}_2\text{O}} = 0,13$$

c) Aucune modification car  $K_p$  ne dépend que de la  $T^\circ$ .

d) Formation de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ .

### Exercice 3:



b) f.c.m = 0,822 V

$$E_{\text{anode}} = E^\circ_{\text{anode}} - \frac{R.T}{n.F} \ln(0,1) = 0,071 - \frac{8,314 \cdot 298}{2 \cdot 96485} \cdot \ln(0,1)$$

$$E_{\text{anode}} = 0,130 \text{ V}$$

$$\Delta E = E_{\text{cath}} - E_{\text{an}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{cath}} = \Delta E + E_{\text{an}} = 0,822 + 0,130 = 0,952 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\text{cath}} = E_{\text{cath}} + \frac{R.T}{n.F} \cdot \ln\left(\frac{0,1}{0,05 \cdot 10^{-4}}\right) = 1,197 \text{ V}$$

C'est donc le chlore

## Exercice 4:

- a) Dans le premier mélange ( $pH=6$ ), les a.a qui migrent vers la borne négative, ont un  $pK_{iso} > 6$  ainsi ceux-ci sont : Alanine, Arginine, Histidine, isoleucine, lysine et la proline !  
Dans le deuxième mélange ( $pH=3,5$ ), les a.a migrent vers la borne positive ! Ils ont donc un  $pK_{iso} < 3,5$  c'est donc l'acide aspartique et l'acide glutamique

b)  $pH=3,5$

On va prendre l'acide qui a le  $pK_a$  le plus proche de 3,5 c'est donc l'acide malique avec  $K_{a1} = 3,9 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pK_a = 3,4$

Vérifions notre choix :

$$pH = 3,5 \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3,5} = 3,162 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{[H_3O^+]}{K_{a1}} = 0,810 \checkmark 10^{-1} < \frac{c_b}{c_a} < 10^1$$

## Exercice 5 :

	$A(g) \rightarrow$	$B(g) + 2C(g)$
$i$	1	0
$f$	$1-x$	$x$
		$2x$

$$P_{\text{tot}} = 1-x + x + 2x = 1 + 2x$$

$$x = \frac{P_{\text{tot}} - 1}{2}$$

$$A' 0s : x = 0$$

$$A' 20s : x = \frac{1,659 - 1}{2} = 0,3295$$

$$A' 50s : x = \frac{2,266 - 1}{2} = 0,613$$

$$A' 100s : x = \frac{2,729 - 1}{2} = 0,8645$$

$$A' 180s : x = \frac{2,945 - 1}{2} = 0,9725$$

Pour savoir l'ordre, il faut trouver le graphique linéaire

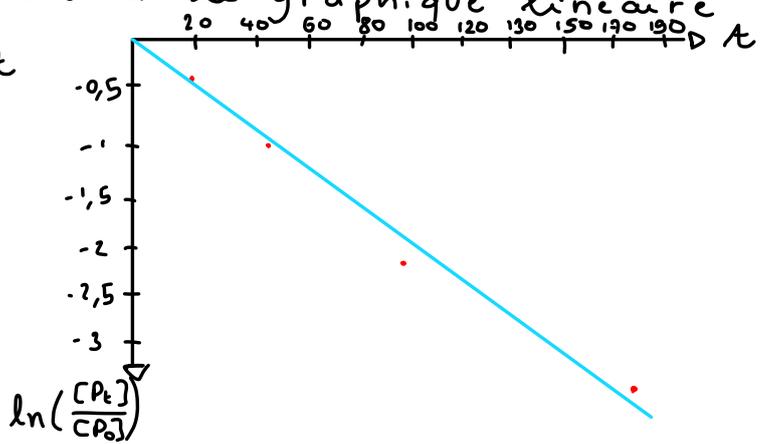
$$\text{Ordre 1 : } \ln\left(\frac{[P_t]}{[P_0]}\right) = -ak \cdot t$$

$$A' 20s : \ln\left(\frac{1 - 0,3295}{1}\right) = -0,400$$

$$A' 50s : \ln\left(\frac{1 - 0,613}{1}\right) = -0,95$$

$$A' 100s : \ln\left(\frac{1 - 0,8645}{1}\right) = -1,99$$

$$A' 180s : \ln\left(\frac{1 - 0,9725}{1}\right) = -3,59$$



La courbe est linéaire donc l'ordre est 1!

$k = ?$

$$\ln\left(\frac{[P_t]}{[P_0]}\right) = -ak \cdot t$$

$$\Leftrightarrow k = \frac{-\ln\left(\frac{[P_t]}{[P_0]}\right)}{t} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

b) Pression totale = 2 atm

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{[P_t]}{[P_0]}\right)}{k} = \frac{-\ln\left(\frac{1}{2}\right)}{1,9 \cdot 10^{-2}} = 34 \text{ secondes}$$

# Phys-F104 / 10 crédits

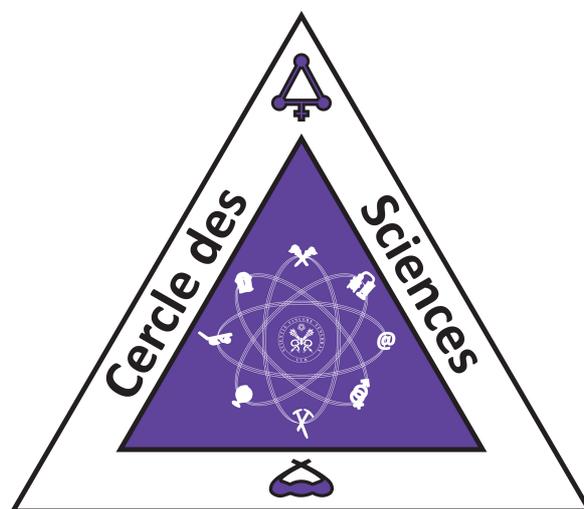
Tu auras aussi ce cours pendant tout ton Q1 et la moitié de ton Q2. Des 3 matières scientifiques, je dirais que c'est le plus abordable. En septembre, les bases sont revues pour que tout le monde soit au même niveau. La matière de toute l'année est plus ou moins similaire à ce qui est généralement vu en secondaire.

Les cours théoriques sont intéressants pour comprendre certains concepts (et fun quand les profs font des expériences) mais pas nécessaires pour réussir car les notes postées par les profs sont selon moi bien complètes. Encore une fois, je te conseille d'aller aux séminaires pour pouvoir résoudre les exos avec les assistant.e.s et comprendre le genre de questions qui pourraient être posées à l'examen :)

D'ailleurs, l'examen (de janvier ou juin) est composé que d'exercices. Pas de théorie donc. D'autant plus que tu auras droit à prendre avec toi une feuille A4 recto verso sur laquelle tu auras écrit à l'avance toutes les formules/tips qui te seront utiles selon toi. À l'exam, essaie de gratter un max de points en écrivant toujours les formules utiles à la résolution de l'exercice, les unités de tes réponses, ton cheminement,... Bref, tout ce qui peut t'aider à gratter quelques points même si tu n'as pas la bonne réponse! Et n'oublie pas le test de novembre qui peut bien t'avancer dans les points aussi!

L'exam de janvier compte pour 2/3 et celui de juin, pour 1/3.

De nouveau pour préparer l'exam, refais un max de séminaires puis d'exams précédents. :)



Physique 1 PHYS - F104 (2015-2016)  
Examen Janvier 2016

8 janvier 2016

Nom :

Prénom :

N° carte d'étudiant :

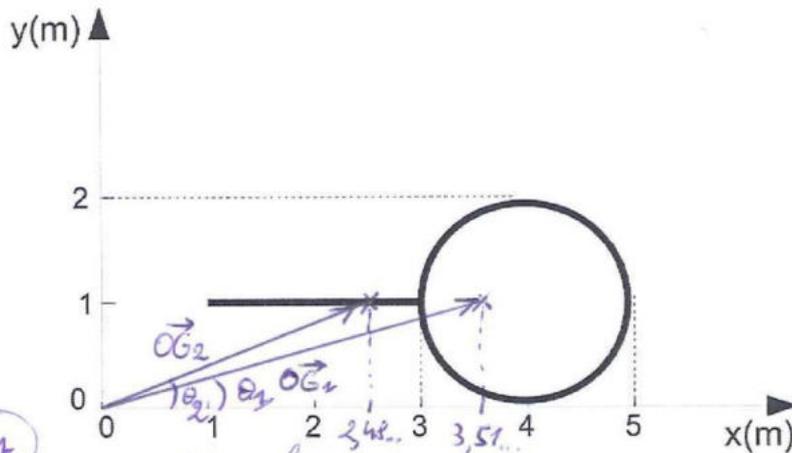
Cote :

1. Écrivez immédiatement vos nom, prénom, numéro de carte d'étudiant.
2. Ne pas dégrafer les pages.
3. Vous pouvez consulter votre aide mémoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut être prêté.
4. Les calculatrices ne peuvent être prêtées.
5. Les réponses doivent être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.
6. Vous prendrez  $g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  en cas de besoin.



1. (4pts) On considère un objet rigide et homogène formé d'un anneau de masse  $M$  et d'une tige de masse  $m = \pi M$  (voir figure).

- calculer la coordonnée en  $x$  du centre de masse.
- calculer la coordonnée en  $y$  du centre de masse.
- représenter le centre de masse sur la figure et calculer le module du vecteur  $\vec{OG} = (G_x, G_y)$  ainsi que l'angle que fait ce vecteur avec l'axe  $(O, \vec{x})$ .



Centre de masse de la tige en  $(2, 1)$  car elle est homogène.

Centre de masse de l'anneau en  $(4, 1)$  car homogène.

Version 1

Homogène:  $m_{\text{tige}} = 2 \cdot \lambda$  (kg/m)  
 $m_{\text{an.}} = 2\pi \cdot \lambda$

$$(a) \quad \boxed{G_x} = \frac{m_{\text{tige}} \cdot 2 + m_{\text{an.}} \cdot 4}{m_{\text{tige}} + m_{\text{an.}}} = \frac{(2 \cdot \lambda) \cdot 2 + (2\pi \cdot \lambda) \cdot 4}{2\lambda + 2\pi \cdot \lambda} = \frac{2 + 4\pi}{1 + \pi} = 3,5170538... m$$

$$(b) \quad \boxed{G_y} = \frac{m_{\text{tige}} \cdot 1 + m_{\text{an.}} \cdot 1}{m_{\text{tige}} + m_{\text{an.}}} = 1 m$$

$$(c) \quad \vec{OG}_2 = (3,5170538... m, 1 m)$$

$$\boxed{\|\vec{OG}\|} = 3,656484237... m$$

$$\vec{OG} \cdot \vec{1}_x = \|\vec{OG}\| \cdot \|\vec{1}_x\| \cdot \cos(\theta)$$

$$\Leftrightarrow \theta = \arccos\left(\frac{\vec{OG} \cdot \vec{1}_x}{\|\vec{OG}\| \cdot \|\vec{1}_x\|}\right)$$

$$\boxed{\theta_1} = 15,871815...^\circ$$

Version 2

$m_{\text{tige}} = \pi M$   
 $m_{\text{an.}} = M$

$$(a) \quad \boxed{G_x} = \frac{m_{\text{tige}} \cdot 2 + m_{\text{an.}} \cdot 4}{m_{\text{tige}} + m_{\text{an.}}} = \frac{2\pi + 4}{\pi + 1} = 2,482506014... m$$

$$(b) \quad \boxed{G_y} = \frac{m_{\text{tige}} \cdot 1 + m_{\text{an.}} \cdot 1}{m_{\text{tige}} + m_{\text{an.}}} = 1 m$$

$$(c) \quad \vec{OG}_2 = (2,482506014... m, 1 m)$$

$$\boxed{\|\vec{OG}\|} = 2,676718565... m$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{\vec{OG} \cdot \vec{1}_x}{\|\vec{OG}\| \cdot \|\vec{1}_x\|}\right)$$

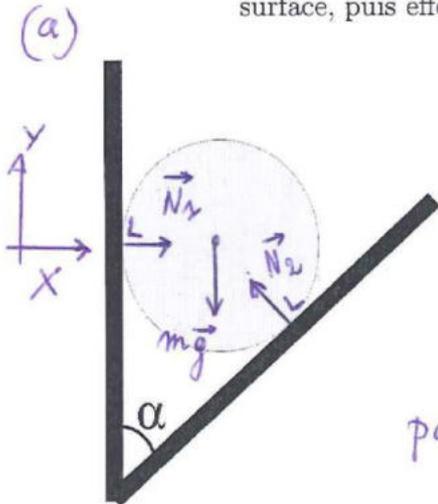
$$\boxed{\theta_2} = 21,93730175...^\circ$$





3. (3pts) Une sphère de masse  $m = 2\text{kg}$  est coincée entre deux plans comme indiqué sur la figure. La sphère est en équilibre statique, avec  $\alpha = 45^\circ$ . En négligeant les frottements entre la sphère et les deux plans

- (a) représenter toutes les forces extérieures qui agissent sur la sphère.  
 (b) calculer en fonction de l'angle  $\alpha$  et de la masse  $m$ , la force de réaction de chaque surface, puis effectuer l'application numérique.



(b) Selon  $Ox$ :  $\overset{0}{\sum} F_{\text{tot},x} = N_1 - N_{2x}$  (1)  
 Selon  $Oy$ :  $\overset{0}{\sum} F_{\text{tot},y} = N_{2y} - mg$  (2)

par (2):  $N_{2y} = mg \Leftrightarrow \boxed{N_2 = \frac{mg}{\cos(\alpha)}}$

par (1):  $N_1 = N_{2x}$   
 $= N_2 \cdot \sin(\alpha)$   
 $= \frac{mg}{\cos(\alpha)} \cdot \sin(\alpha)$

Remarque :  
 $\cos(\alpha) = \sin(\alpha)$   
 car  $\alpha = 45^\circ$

$\Rightarrow \boxed{N_1 = mg}$

$\Rightarrow \boxed{N_1 = 20\text{ N}}$   
 $N_2 = 28,2842712... \text{ N}$



4. (3pts) Les forces  $\vec{F}_1 = \vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}$  et  $\vec{F}_2 = -\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}$  sont exercées par deux hommes sur un chariot, considéré comme un point matériel. Le chariot se déplace sur un rail rectiligne du point A, défini par le vecteur position  $\vec{OA} = 3\vec{i} + \vec{j} + \vec{k}$  jusqu'au point B, défini par  $\vec{OB} = 5\vec{i} + \vec{j} + 4\vec{k}$ .

- (a) déterminez la force  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$  ainsi que l'angle entre les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ .  
 (b) en négligeant les forces de frottements, quel est le travail effectué par la force  $\vec{F}_2$  lors du déplacement de A à B ?

$$(a) \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}) + (-\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k})$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 4N\vec{j} - 2N\vec{k}}$$

$$\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2 = \|\vec{F}_1\| \cdot \|\vec{F}_2\| \cos(\theta)$$

$$\Rightarrow \theta = \arccos\left(\frac{\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2}{\|\vec{F}_1\| \cdot \|\vec{F}_2\|}\right) = \arccos\left(\frac{4}{6}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 48,183685...^\circ}$$

$$(b) \quad W = \int_{P_i}^{P_f} \vec{F} \cdot d\vec{x} = \vec{F}_2 \cdot \vec{AB}$$

$$\text{où } \vec{AB} = (5\vec{i} + \vec{j} + 4\vec{k}) - (3\vec{i} + \vec{j} + \vec{k}) = (2\vec{i} + 0\vec{j} + 3\vec{k})$$

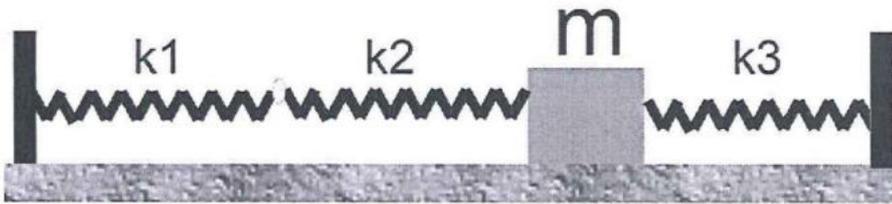
$$\Rightarrow W = (-\vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}) \cdot (2\vec{i} + 3\vec{k})$$

$$= -5 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \boxed{W = -5 \text{ J}}$$



5. (3pts) Une masse  $m = 5\text{kg}$  est fixée à deux ressorts de constantes de raideur  $k_2$  et  $k_3$  et peut glisser sans frottement sur le plan horizontal. Un troisième ressort, de constante  $k_1$  est relié au ressort  $k_2$ . Les ressorts de raideurs  $k_1$  et  $k_3$  sont attachés aux parois fixes. Initialement, on communique une petite impulsion horizontale à la masse  $m$ . Celle-ci est alors animée d'un mouvement d'oscillation harmonique autour de sa position d'équilibre. Sachant que  $k_1 = k_2 = 8\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$  et  $k_3 = 1\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ , calculer la période d'oscillation de la masse  $m$ .



Les ressorts 1 et 2 sont en série, donc

$$\frac{1}{k_{12}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow k_{12} = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}} = \frac{k}{2} \quad \text{car } k_1 = k_2 = k = 8\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{k_{12} = 4\text{N}\cdot\text{m}^{-1}}$$

12 et 3 sont en parallèle:  $k_{\text{tot}} = k_{12} + k_3$

$$\boxed{k_{\text{tot}} = 5\text{N}\cdot\text{m}^{-1}}$$

La période est donnée par:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{\text{tot}}}}$

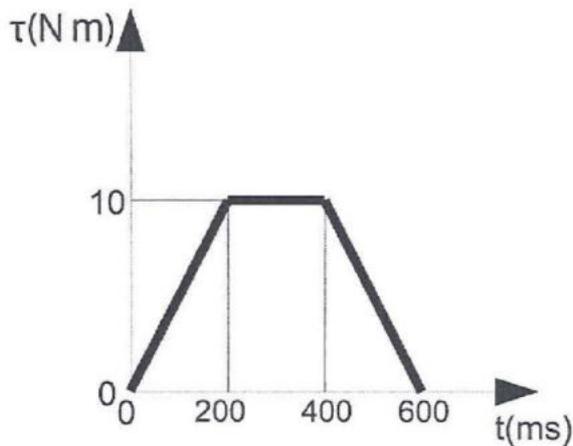
$$= 2\pi \cdot 1 \cdot \text{s}$$

$$\Rightarrow \boxed{T = 6,283185... \text{s}}$$



6. (3pts) Une fenêtre est initialement immobile. Lorsqu'on applique une force sur cette dernière, elle effectue un mouvement de rotation. Le moment de la force appliquée sur la fenêtre évolue au cours du temps, comme indiqué sur la figure. Le moment d'inertie de la fenêtre autour de son axe est  $I = 10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ .

- (a) Que vaut le moment cinétique de la fenêtre après 400ms?  
 (b) Que vaut la vitesse angulaire de la fenêtre après 400ms?



$$(a) \quad L = \int_0^{400 \text{ ms}} \tau \, dt = \int_0^{200 \text{ ms}} \tau \, dt + \int_{200 \text{ ms}}^{400 \text{ ms}} \tau \, dt$$

$$\Leftrightarrow L = \frac{200 \text{ ms} \cdot 10 \text{ N}\cdot\text{m}}{2} + 200 \text{ ms} \cdot 10 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\Rightarrow \boxed{L = 3 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}}$$

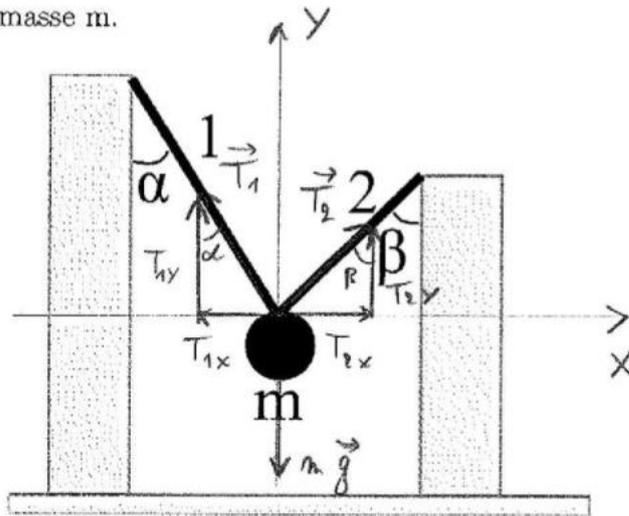
$$(b) \quad L = I \cdot \omega$$

$$\Leftrightarrow \omega = \frac{L}{I}$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega = 0,3 \text{ rad/s}}$$



1. (3 points) Un objet rigide de masse  $m$  est attaché à deux cordes inextensibles et de masse négligeable (voir figure). Le module de la tension dans la corde 1 est  $T_1 = 1000$  N et la masse  $m$  est en équilibre statique. Les angles sont donnés  $\alpha = 45^\circ$  et  $\beta = 60^\circ$ .
- (a) Représenter toutes les forces extérieures qui agissent sur la masse  $m$  et écrire l'équation vectorielle correspondant à l'équilibre statique en fonction des données du problème.
- (b) Calculer la tension  $T_2$  dans la corde 2.
- (c) Calculer la masse  $m$ .



$$\alpha = 45^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$T_1 = 1000 \text{ N}$$

(a)  $\vec{F}_{\text{tot}} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + m\vec{g} = \vec{0}$  (équilibre statique)

(b) Axe X:  $0 = T_{2x} - T_{1x} \Leftrightarrow 0 = T_2 \sin(\beta) - T_1 \sin(\alpha)$  (1)

Axe Y:  $0 = T_{1y} + T_{2y} - mg \Leftrightarrow 0 = T_1 \cos(\alpha) + T_2 \cos(\beta) - mg$  (2)

par (1):  $T_2 = \left( \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \right) T_1 \Leftrightarrow T_2 = 816,45658... \text{ N}$

(c) par (2):  $m = \frac{T_2 \cos(\beta) + \cancel{\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} T_1}}{g} = \frac{T_1 \cos(\alpha) + T_1 \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\beta)}}{g}$

$\Rightarrow m = 111,535072... \text{ kg}$



2. (3 points) Une petite particule est animée d'un mouvement de translation dont la vitesse est donnée par  $v(t) = at^2 + b$ . La position initiale (à  $t=0$ ) est  $x(0) = 0$  m.
- (a) Sachant que les vitesses à  $t = 0$  et à  $t = 1$ s sont respectivement  $v(0s) = 0$  et  $v(1s) = -1$  m/s, calculer les constantes  $a$  et  $b$  et indiquer leurs unités.
- (b) Calculer l'accélération de la particule à  $t=0$ s et à  $t=2$ s.
- (c) Calculer la position de cette particule à l'instant  $t=2$ s.

$$(a) \quad v(t) = at^2 + b$$

$$\begin{cases} v(0) = b = 0 \\ v(1) = a + 0 = -1 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix} b = 0 \text{ m/s} \\ a = -1 \text{ m/s}^3 \end{matrix}}$$

$$(b) \quad a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -2t \Rightarrow \boxed{a(t) = -2t}$$

$$\boxed{\begin{matrix} a(0) = 0 \text{ m/s}^2 \\ a(2s) = -4 \text{ m/s}^2 \end{matrix}}$$

$$(c) \quad v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \Leftrightarrow \int_{t_i}^{t_f} v(t) dt = \int_{x_i}^{x_f} dx$$

$$\Rightarrow (x_f - x_i) = \int_{t_i}^{t_f} -t^2 dt = - \left[ \frac{t^3}{3} \right]_{t_i}^{t_f} = - \left( \frac{t_f^3}{3} - \frac{t_i^3}{3} \right)$$

$$= - \frac{2^3}{3} = - \frac{8}{3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \boxed{x(t=2s) = -\frac{8}{3} \text{ m} = -2,666... \text{ m}}$$



3. (4 points) La Lune effectue un mouvement circulaire stable autour de la Terre. Le rayon de cette orbite (séparant les deux centres de masse) est de  $384 \cdot 10^3$  km. La masse de la Terre est donnée par  $m_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg. La constante de gravitation universelle vaut  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ . Trouver :

- (a) la vitesse de la Lune.  
 (b) sa période de révolution autour de la Terre.  
 (c) le rayon de l'orbite d'un satellite en orbite géostationnaire (de période de révolution 24 heures) autour de la Terre.

$$R_{TL} = 384 \cdot 10^3 \text{ km} = 384 \cdot 10^6 \text{ m} \quad \left| \quad M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \right.$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$(b) \quad \frac{R_{TL}^3}{T_L^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \Leftrightarrow T_L = \sqrt{\frac{4\pi^2 R_{TL}^3}{GM_T}}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_L = 2,363405,07 \dots \text{ s} \approx 27 \text{ jours}}$$

$$(a) \quad d = 2\pi R_{TL} \quad \Rightarrow \quad v_L = \frac{d}{t} = \frac{2\pi R_{TL}}{T_L}$$

$$t = T_L$$

$$\Rightarrow \boxed{v_L = 1020,87 \dots \text{ m/s}}$$

$$(c) \quad \frac{R_{TS}^3}{T_S^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \Leftrightarrow R_{TS} = \sqrt[3]{\frac{GM_T T_S^2}{4\pi^2}}$$

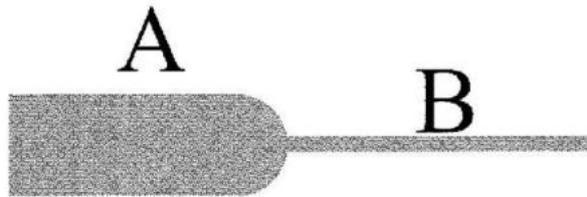
$$\Rightarrow \boxed{R_{TS} = 42,2575 \dots \cdot 10^6 \text{ m}}$$



4. (4 points) On considère l'écoulement d'un liquide incompressible et non-visqueux dans un tuyau dont la section droite en A est  $S_A = 5\text{cm}^2$  et  $S_B = 1\text{cm}^2$  en B. Le débit de l'écoulement dans ce tuyau est de  $10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ , la pression au point A est de  $P_A = 15\text{ kPa}$  et la masse volumique du liquide est de  $10^3\text{kg/m}^3$ .

(a) Que valent les vitesses aux points A et B ?

(b) Que vaut la pression au point B ?



$$S_A = 5\text{cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$$

$$P_A = 15\text{ kPa} = 15 \cdot 10^3\text{ Pa}$$

$$D = 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$$

$$S_B = 1\text{cm}^2 = 10^{-4}\text{m}^2$$

$$(a) \quad V_A S_A = V_B S_B = D \Rightarrow V_A = \frac{D}{S_A} = \frac{10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,2\text{ m/s}$$

$$V_B = \frac{D}{S_B} = \frac{10^{-4}}{10^{-4}} = 1\text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_A = 0,2\text{ m/s} \text{ et } V_B = 1\text{ m/s}}$$

$$(b) \quad P_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2 + \cancel{\rho g z_A} = P_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 + \cancel{\rho g z_B}$$

$\swarrow \quad \searrow$   
car  $z_A = z_B$

$$\Rightarrow P_B = P_A + \frac{1}{2} \rho (V_A^2 - V_B^2) = 15 \cdot 10^3 + \frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot (0,2^2 - 1^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{P_B = 1,452 \cdot 10^4\text{ Pa}}$$



5. (3 points) Une masse  $m_A$  se déplace avec une vitesse  $\vec{v}_A = (0, -2)\text{m/s}$ . Elle rentre en collision avec une masse  $m_B$  dont la vitesse est  $\vec{v}_B = (1, 0)\text{m/s}$ . Après la collision, les deux masses restent accrochées l'une à l'autre. Sachant que la vitesse de l'ensemble formé par les deux masses après la collision vaut  $\vec{v}' = (v'_x, -1)\text{m/s}$  :

- que vaut le rapport des masses  $m_A/m_B$  ?
- que vaut la composante  $v'_x$  de la vitesse de l'ensemble des deux masses après le choc ?
- calculer l'angle  $\alpha$  entre le vecteur vitesse et l'axe Ox après le choc.
- calculer la quantité d'énergie dissipée lors de cette collision si  $m_A = m_B = 5\text{kg}$ .

$$\vec{v}_A = (0, -2)\text{m/s} \quad | \quad \vec{v}' = (v'_x, -1)\text{m/s}$$

$$\vec{v}_B = (1, 0)\text{m/s}$$

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f \Rightarrow m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = (m_A + m_B) \vec{v}'$$

$$(a) \quad A \times e \ X: \quad m_B \overset{1}{\cancel{v_{B,x}}} = (m_A + m_B) v'_x \quad (1)$$

$$A \times e \ Y: \quad m_A (-2) = (m_A + m_B) (-1) \quad (2)$$

$$\Leftrightarrow 2 m_A = m_A + m_B$$

$$\Leftrightarrow m_A = m_B$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{m_A}{m_B} = 1}$$

$$(b) \text{ par (1): } v'_x = \frac{m_B}{m_A + m_B} = \frac{1}{2} \text{m/s} \Rightarrow \boxed{v'_x = 0,5 \text{m/s}}$$

$$(c) \quad \vec{v}' \cdot \vec{1}_x = \|\vec{v}'\| \|\vec{1}_x\| \cos(\alpha) \Leftrightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{v'_x \cdot 1 + 0}{\sqrt{0,5^2 + 1^2} \cdot 1}\right)$$

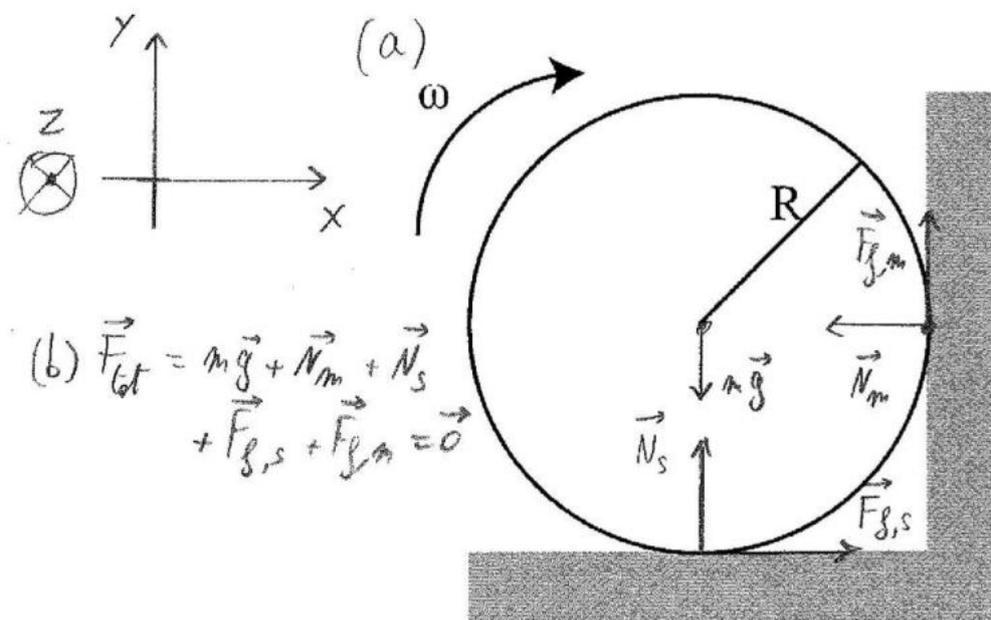
$$\Rightarrow \alpha = 63,4348...^\circ$$

$$(d) \quad \Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} = \frac{1}{2} (m_A + m_B) (\sqrt{0,5^2 + 1^2})^2 - \frac{1}{2} m_A (2)^2 - \frac{1}{2} m_B (1)^2$$

$$= m (0,5^2 + 1^2) - 2 \cdot \frac{1}{2} = -6,25 \text{J} \Rightarrow \boxed{\text{ém. dissipée} = 6,25 \text{J}}$$

6. (3 points) On considère un ballon sphérique de masse  $M$  et de rayon  $R$ . Son moment d'inertie est donné par  $I = \frac{2MR^2}{5}$ . On lui communique une vitesse angulaire initiale  $\omega_0$  à  $t=0$ . Le ballon effectue un mouvement de rotation autour de son centre de masse (voir figure). Le coefficient de frottement  $\mu_s = \mu_d = \mu$  est identique pour le mur et pour le sol. On demande de

- représenter sur le schéma toutes les forces qui agissent sur le ballon.
- établir les relations entre les forces exprimant le fait que le centre de masse du ballon est immobile (équilibre de translation).
- établir l'expression des forces de réaction.
- établir l'expression de l'accélération angulaire de ce ballon.
- établir l'expression donnant le temps nécessaire à l'arrêt du ballon.



$$I = \frac{2}{5} MR^2$$

$$\mu_s = \mu_d = \mu$$

$$(b) \vec{F}_{\text{tot}} = m\vec{g} + \vec{N}_m + \vec{N}_s + \vec{F}_{f,s} + \vec{F}_{f,m} = \vec{0}$$

$$(c) \text{Axe } X: 0 = F_{f,s} - N_m = \mu N_s - N_m \Leftrightarrow N_m = \mu N_s \quad (1)$$

$$\text{Axe } Y: 0 = F_{f,m} + N_s - mg = \mu N_m + N_s - mg \quad (2)$$

$$\text{par (1) et (2): } 0 = \mu^2 N_s + N_s - mg \Leftrightarrow 0 = N_s (\mu^2 + 1) - mg$$

$$\Rightarrow \boxed{N_s = \frac{mg}{\mu^2 + 1} \quad \text{et} \quad N_m = \left( \frac{\mu}{\mu^2 + 1} \right) mg}$$

$$(d) \vec{\tau}_{\text{tot}} = \vec{\tau}_{f,m} + \vec{\tau}_{f,s} \Rightarrow \text{Axe } Z: I\alpha = -R F_{f,m} - R F_{f,s}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2}{5} \mu R^2 \alpha = -R \frac{\mu^2}{\mu^2 + 1} \frac{mg}{\mu} - R \frac{\mu mg}{\mu^2 + 1} \Rightarrow \alpha = -\frac{5g}{2R} \left( \frac{\mu^2 + \mu}{\mu^2 + 1} \right)$$

$$(e) \omega'' = \alpha \Rightarrow t = -\frac{\omega_0}{\alpha} \Rightarrow \boxed{t = \frac{\omega_0}{\frac{5g}{2R} \left( \frac{\mu^2 + \mu}{\mu^2 + 1} \right)}}$$



Physique 1 PHYS - F104 (2015-2016)  
Examen Juin 2016  
**2eme Partie**

10 juin 2016

Nom :

Prénom :

N° carte d'étudiant :

Cote :

1. Écrivez immédiatement vos nom, prénom, numéro de carte d'étudiant.
2. Ne pas dégrafer les pages.
3. Vous pouvez consulter votre aide mémoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite).  
Celui-ci doit porter votre nom et ne peut être prêté.
4. Les calculatrices ne peuvent être prêtées.
5. Les réponses doivent être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.
6. Vous prendrez  $g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  en cas de besoin.



1. (4 Points) L'intensité lumineuse solaire reçue par la Terre est de  $1360 \text{ W/m}^2$  et la distance Terre-Soleil est de  $150 \times 10^6 \text{ km}$ .

(Indication : La relation entre intensité et puissance pour la lumière est la même que pour les ondes sonores.)

- Quelle est la puissance du soleil ?
- Sachant que la limite de sensibilité d'un oeil est de  $5,0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ , à quelle distance minimale du soleil devrait se trouver la Terre pour que nous ne percevions plus sa lumière à l'oeil nu ? Exprimez votre réponse en années-lumière. (1 année-lumière =  $9,5 \times 10^{15} \text{ m}$ )
- Même question que pour le point (b) sauf que nous considérons en plus l'effet de l'atmosphère terrestre, à savoir que 75% de l'intensité solaire est perdue à cause d'elle. Exprimez votre réponse en années-lumière. (1 année-lumière =  $9,5 \times 10^{15} \text{ m}$ )

$$(a) \quad I = \frac{P}{S} \Rightarrow P = I \cdot S = I \cdot (4\pi R_{TS}^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{P = 3,8453... \cdot 10^{26} \text{ W}}$$

$$(b) \quad S = \frac{P}{I_{\text{min}}} \Rightarrow R = \sqrt{\frac{P}{4\pi \cdot I_{\text{min}}}} \Rightarrow \boxed{R = 2,47386... \cdot 10^{14} \text{ m}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R = 260,4066... \text{ AL}}$$

$$(c) \quad = I_{\text{min, atm}} = 0,25 \cdot I_{\text{min}}$$

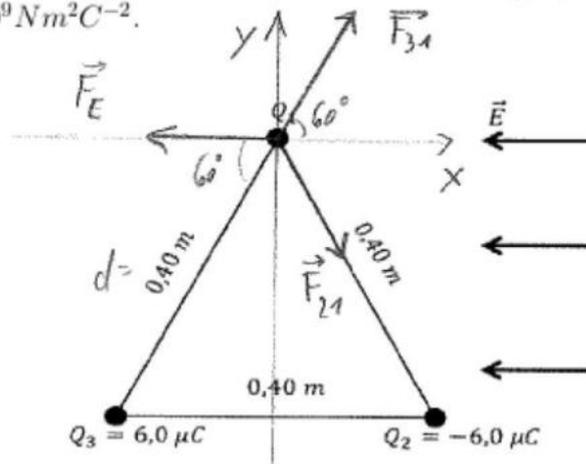
$$5 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{\frac{P}{4\pi \frac{5 \cdot 10^{-12}}{0,25}}} = 1,2368... \cdot 10^{18} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \boxed{R = 130,2033356... \text{ AL}}$$



2. (3 Points) On place trois particules de masse négligeable et de charges  $Q_1$ ,  $Q_2 = -6,0 \mu\text{C}$ ,  $Q_3 = 6,0 \mu\text{C}$  aux sommets d'un triangle équilatéral dont les côtés mesurent  $0,40 \text{ m}$ . Elles sont plongées dans un champ électrique horizontal uniforme dirigé vers la gauche dont la norme vaut  $3,375 \times 10^5 \text{ V/m}$ . Quelle est la force totale agissant sur  $Q_1$  sachant que c'est une charge positive non-nulle? Prenez  $k = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ .



$$\|\vec{F}_{31}\| = \frac{k|q_1||q_3|}{d^2}$$

$$\|\vec{F}_{21}\| = \frac{k|q_1||q_2|}{d^2}$$

Axe Y:  $F_{\text{tot},y} = F_{31,y} - F_{21,y}$

$$= F_{31} \sin(60^\circ) - F_{21} \sin(60^\circ)$$

$$= k \frac{|q_1||q_3|}{d^2} \sin(60^\circ) - k \frac{|q_1||q_2|}{d^2} \sin(60^\circ)$$

$$= \frac{k|q_1| \sin(60^\circ)}{d^2} \cdot (|q_3| - |q_2|) = 0 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{\text{tot},y} = 0 \text{ N}}$$

Axe X:  $F_{\text{tot},x} = F_{31,x} + F_{21,x} - |q_1||E|$

$$= k \frac{|q_1||q_3|}{d^2} \cos(60^\circ) + k \frac{|q_1||q_2|}{d^2} \cos(60^\circ) - |q_1||E|$$

car  $|q_2| = |q_3| = q$

$$= |q_1| \cdot \left( \frac{2kq \cos(60^\circ)}{d^2} - |E| \right)$$

$$= |q_1| \cdot \left( 3,375 \cdot 10^5 - 3,375 \cdot 10^5 \right)$$

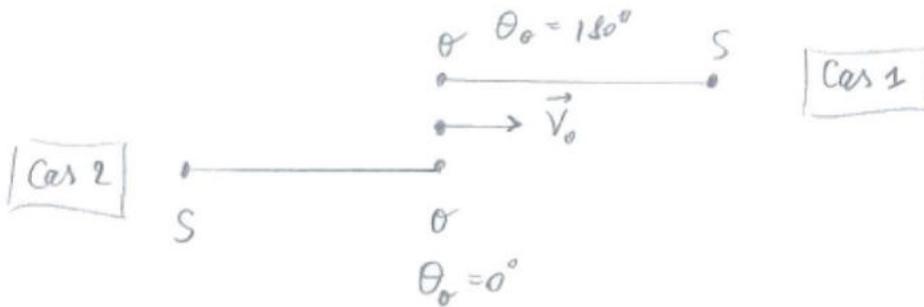
$$= 0 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{\text{tot},x} = 0 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{F}_{\text{tot}} = (0, 0) \text{ N}}$$



3. (4 Points) Deux haut-parleurs se font face aux deux bouts d'un long corridor. Les haut-parleurs sont reliés à la même source qui produit un signal sinusoïdal de 440 Hz. Une personne marche d'un haut-parleur à l'autre à la vitesse constante de 2,0 m/s. Quelle fréquence de battements la personne entend-elle si la vitesse du son dans l'air est de 340 m/s ?



$$f_o = f_{\text{source}} \left( \frac{V_{\text{son}} - V_o \cos(\theta_o)}{V_{\text{son}} - V_{\text{source}} \cos(\theta_s)} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Cas 1: } f_{o,1} &= f_{\text{source}} \cdot \left( \frac{V_{\text{son}} - V_o \cdot 1}{V_{\text{son}} - 0} \right) = f_{\text{source}} \left( \frac{V_{\text{son}} - V_o}{V_{\text{son}}} \right) \\ &= 440 \left( \frac{340 - 2}{340} \right) = 437,41176... \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cas 2: } f_{o,2} &= f_{\text{source}} \cdot \left( \frac{V_{\text{son}} - V_o (-1)}{V_{\text{son}} - 0} \right) = f_{\text{source}} \left( \frac{V_{\text{son}} + V_o}{V_{\text{son}}} \right) \\ &= 440 \cdot \left( \frac{340 + 2}{340} \right) = 442,5882... \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow f_{\text{bat.}} = |f_{o,1} - f_{o,2}| = 5,1764706 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{\text{bat.}} = 5,1764... \text{ Hz}}$$



4. (3 points) Une source de lumière monochromatique éclaire dans l'air deux fentes derrière lesquelles se trouve un écran où apparaissent des raies lumineuses. La distance entre la frange centrale et celles qui se trouvent immédiatement de part et d'autre d'elle est  $9,0 \text{ mm}$ . Quelle sera cette distance si le dispositif est plongé dans un liquide dans lequel la vitesse de la lumière est de  $1,5 \times 10^8 \text{ km/s}$ ?  
(vitesse de la lumière dans le vide ou l'air =  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

$$y = m \lambda \frac{D}{d} \text{ a est dans le cas } m = 1.$$

$$\text{On a } n_{\text{air}} = 1 \text{ et } n_{\text{liquide}} = \frac{c}{v} = \frac{3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2$$

$$n_{\text{liq}} \lambda_{\text{liq}} = n_{\text{air}} \cdot \lambda_{\text{air}} \Leftrightarrow \lambda_{\text{liq}} = \frac{\lambda_{\text{air}}}{n_{\text{liq}}} \Rightarrow \boxed{\lambda_{\text{liq}} = \frac{\lambda_{\text{air}}}{2}}$$

$$\frac{y_{\text{air}}}{y_{\text{liq}}} = \frac{\lambda_{\text{air}} \cancel{\left(\frac{D}{d}\right)}}{\lambda_{\text{liq}} \cancel{\left(\frac{D}{d}\right)}} = \frac{\lambda_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}/2} = 2$$

$$\Rightarrow y_{\text{liq}} = \frac{y_{\text{air}}}{2} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \boxed{y_{\text{liq}} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$



5. (3 Points) Vous disposez de trois lentilles. La première, recevant des rayons lumineux d'un objet situé à l'infini, forme une image à 2,5 cm du côté opposé à l'objet. Si on substitue la première lentille par la deuxième, l'image se forme 1 cm plus proche de la lentille.

- (a) Quelles sont les puissances respectives de la première et de la deuxième lentille ?  
 (b) Quelle doit être la puissance de la troisième lentille si, en l'accolant à la deuxième, l'image se forme au même endroit que pour la première lentille ?  
 (c) Quel est le type de la troisième lentille ?

(Pour information : Un oeil peut être modélisé par une lentille (cornée) et un écran (rétine) situé à 2,5 cm de cette dernière. La première lentille représente la cornée d'un oeil normal et la deuxième la cornée d'un oeil myope. La lentille à accoler modélise une lentille de contact destinée à corriger la myopie.)

$$(a) \quad P = \frac{1}{f} \quad \text{et} \quad P = \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\text{ici, } s = \infty \Rightarrow P = \frac{1}{s'}$$

$$\text{Première lentille : } P = \frac{1}{s'} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \Rightarrow \boxed{P_1 = 40 \text{ dioptries}}$$

$$\text{Deuxième lentille : } P = \frac{1}{s'} = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \Rightarrow \boxed{P_2 = 66,6... \text{ dioptries}}$$

$$(b) \quad P_{\text{tot}} = P_2 + P_3 \quad \text{et} \quad P_{\text{tot}} = P_1 \Rightarrow P_3 = P_1 - P_2$$

$$\Rightarrow P_3 = P_1 - P_2 = 40 \text{ diop.} - 66,6... \text{ diop.}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_3 = -26,66... \text{ dioptries}}$$

(c) C'est une lentille divergente car P est négatif.



6. (3 Points) Un tube de 2,5 m de long est fermé à ses deux extrémités. Une source sonore de fréquence 170 Hz est placée à une extrémité. L'autre extrémité est mobile et se rapproche de l'extrémité fixe à la vitesse constante de 0,5 m/s. Après combien de temps une onde stationnaire se formera-t-elle dans le tube pour la première fois ? (Indication : Négligez l'effet Doppler) (la vitesse du son dans l'air est de 340 m/s)



Tube fermé aux 2 extrémités

$$L = \frac{N\lambda}{2}, \text{ où } N = 1, 2, 3, \dots$$

comme  $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} = 2 \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 2 \text{ m}}$

On aura une onde stationnaire si :

$$L_1 = 1 \text{ m}$$

$$L_2 = 2 \text{ m}$$

$$L_3 = 3 \text{ m}$$

$$L_4 = 4 \text{ m}$$

⋮

mais comme on a  $L = 2,5 \text{ m}$  et la longueur diminue à la vitesse de 0,5 m/s  $\Rightarrow$

après 1 s nous rencontrerons pour la 1<sup>re</sup> fois une onde stationnaire (pour  $L = 2 \text{ m}$ )



Physique 1 PHYSF104 (2015-2016)  
Examen Aou<sup>^</sup>t 2016  
**1<sup>^</sup>ere partie**

19 aou<sup>^</sup>t 2016

Nom :

Pr<sup>^</sup>enom :

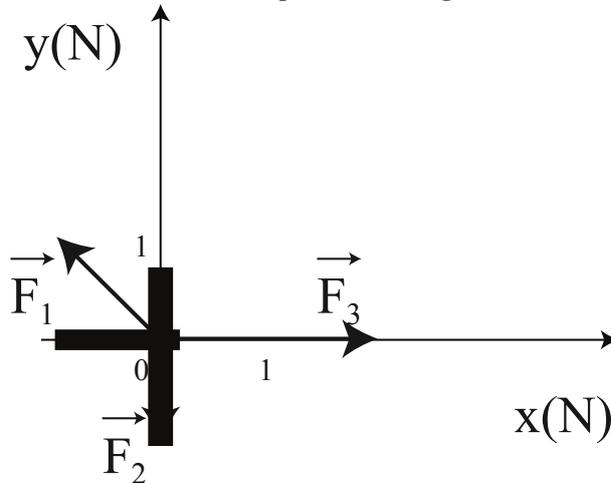
N<sup>o</sup> carte d<sup>^</sup>etudiant :

Cote :

1. Ecrivez imm<sup>^</sup>ediatement vos nom, pr<sup>^</sup>enom, num<sup>^</sup>ero de carte d<sup>^</sup>etudiant.
2. Ne pas d<sup>^</sup>egrafer les pages.
3. Vous pouvez consulter votre aide m<sup>^</sup>emoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut <sup>^</sup>etre pr<sup>^</sup>et<sup>^</sup>e.
4. Les calculatrices ne peuvent <sup>^</sup>etre pr<sup>^</sup>et<sup>^</sup>ees.
5. Les r<sup>^</sup>eponses doivent <sup>^</sup>etre clairement justifi<sup>^</sup>ees et les unit<sup>^</sup>es doivent <sup>^</sup>etre indiqu<sup>^</sup>ees pour les r<sup>^</sup>esultats num<sup>^</sup>eriques.
6. Vous prendrez  $g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  en cas de besoin.



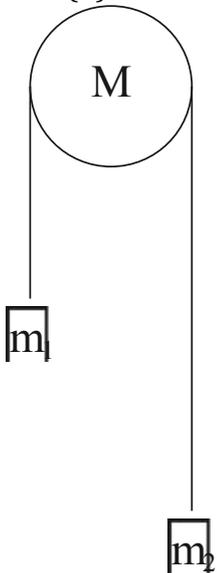
1. (3 points) Une masse ponctuelle  $m$  située à l'origine du repère ci-dessous subit l'action de trois forces, comme indiquée sur la figure.



- (a) Donner les composantes dans le repère  $Oxy$  de la somme des trois forces, et la représenter sur le schéma.
- (b) Quel angle fait la somme des forces avec l'axe  $Ox$ ?
- (c) Donner le résultat du produit  $\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2$  scalaire
- (d) Donner le module du produit  $\vec{F}_1 \times \vec{F}_2$  vectoriel. Donner la direction et le sens de ce produit vectoriel.
2. (3 points) Une poulie de masse  $M$ , de rayon  $R$  et de moment d'inertie  $I$  est libre de tourner autour de son axe de rotation. Deux masses  $m_1$  et  $m_2 = 2m_1$  y sont suspendues à l'aide d'un fil inextensible et de masse négligeable. Les frottements sont négligés.
- (a) Dans quel sens la poulie tourne-t-elle?



- (b) Indiquer toutes les forces s'appliquant aux différents éléments du système : poulie  $M$  et masses  $m_1, m_2$ .
- (c) Calculer l'accélération de la masse  $m_1$ .
- (d) Déterminer les tensions dans les différentes parties du fil  $T_1$  et  $T_2$ .



3. (4 points) Un pêcheur sur une barque (l'ensemble ayant une masse  $M$ ) attrape un saumon de masse  $m$ . La barque et le pêcheur sont alors immobiles. Insatisfait de sa prise, le pêcheur jette ce saumon dans l'eau, en direction du nord (à l'horizontale). On note la vitesse du saumon par rapport à la berge  $\vec{v}_s$ . On négligera les frottements dans les deux prochaines questions.
- (a) Déterminer la vitesse de l'ensemble pêcheur-barque par rapport à la berge juste après le lancer.
- (b) Lorsque le saumon aura parcouru une distance  $d$  à l'horizontale au cours de son vol, quelle distance aura parcourue la barque?



4. (4 points) Un enfant aspire de l'eau à l'aide d'une paille. Cette dernière est un tube de diamètre intérieur  $d = 5\text{mm}$ , et de longueur  $L = 20\text{cm}$ . La longueur de paille immergée est de  $5\text{cm}$ . L'eau est considérée comme étant un liquide incompressible. L'enfant boit  $1\text{mL}$  ( $1\text{cm}^3$ ) d'eau par seconde. On néglige la variation du niveau de l'eau dans le verre. La pression atmosphérique est de  $1,013 \cdot 10^5\text{Pa}$ .
- (a) Calculer la vitesse d'écoulement de l'eau dans la paille.
- (b) Estimer la pression au niveau de la bouche de l'enfant.



5. (3 points) Pour mesurer le volume d'un objet, on peut l'immerger dans un récipient de section  $S$  connue. Le liquide présent dans ce récipient s'élèvera alors d'une hauteur  $h$ .

(a) Donner la relation entre le volume  $V$  de l'objet et la hauteur  $h$ .

Une fois cette mesure effectuée, on peut mesurer la masse volumique de l'objet, en le plongeant dans un liquide de masse volumique connue (comme par exemple de l'eau distillée) tout en le laissant pendre à un ressort de constante de raideur  $k$ .

(b) Déterminer la masse volumique de cet objet de volume  $V$  lorsque celui-ci est accroché au ressort de raideur  $k$  (ressort subissant un allongement  $\Delta x$  à l'équilibre) et complètement immergé dans un liquide de masse volumique  $\rho_l$ .



6. (3 points) Une boule de billard A, de masse  $m$  est initialement au repos. Une boule de billard B, de même masse et lancée à une vitesse  $v_0 = 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  la percute. Après la collision, la boule B est déviée de  $60$  degrés par rapport à sa vitesse initiale. Sa vitesse est alors  $v_B = 2,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- (a) Quel angle la boule A fait-elle avec la vitesse initiale de la boule B après le choc?
- (b) Quelle est sa vitesse après le choc  $v_A$ ?
- (c) Le choc est-il élastique?

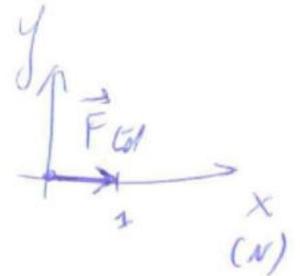


$$\textcircled{1} \quad \vec{F}_1 = -1N \vec{1}_x + 1N \vec{1}_y$$

$$\vec{F}_2 = -1N \vec{1}_y$$

$$\vec{F}_3 = 2 \vec{1}_x$$

$$(a) \quad \vec{F}_{\text{eff}} = 1N \vec{1}_x + 0 \vec{1}_y \quad \text{+ dessin}$$



$$(b) \quad \vec{O}_x \cdot \vec{F}_{\text{eff}} = \|\vec{O}_x\| \|\vec{F}_{\text{eff}}\| \cos(\theta)$$

$$\Rightarrow 1+0 = 1 \cdot 1 \cos(\theta)$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 0^\circ}$$

$$(c) \quad \vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2 = 0 + 1(-1) = \boxed{-1N^2}$$

$$(d) \quad \|\vec{F}_1 \times \vec{F}_2\| = \|\vec{F}_1\| \|\vec{F}_2\| \sin(\alpha)$$

$$= \sqrt{2} \cdot 1 \cdot \sin(\alpha)$$

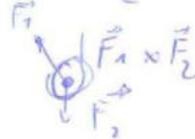
$$\text{ou} \quad \vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2 = \|\vec{F}_1\| \|\vec{F}_2\| \cos(\alpha)$$

$$-1 = \sqrt{2} \cdot 1 \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{-1}{\sqrt{2}}\right) = 135^\circ$$

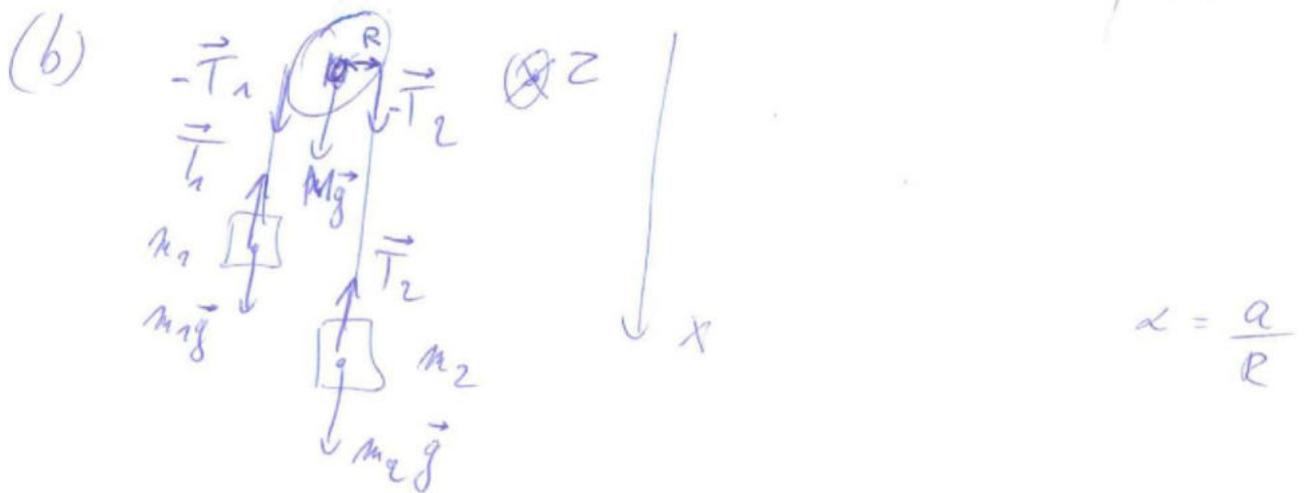
$$= \sqrt{2} \cdot \sin(135^\circ) = \boxed{1N^2}$$

$\vec{F}_1 \times \vec{F}_2$  est dirigé  $\perp$  à  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . Le vecteur sort de la feuille.



②  $M, I, m_1, m_2 = 2m_1$

(a) Dans le sens horaire (du côté de  $m_2$  car  $m_2 > m_1$ )



(c) Selon  $ox$ :  $-m_1 a = m_1 g - T_1$  (1)

$m_2 a = m_2 g - T_2$  (2)

Selon  $oz$ :  $\tau_H = -\tau_{T_1} + \tau_{T_2}$

$I\alpha = -RT_1 + RT_2$

$\frac{I}{R} a = -RT_1 + RT_2$  (3)

par (1)  $T_1 = m_1(a + g)$

(2)  $T_2 = m_2(g - a)$

(3)  $\Rightarrow a = -\frac{R^2}{I} T_1 + \frac{R^2}{I} T_2 = -\frac{R^2}{I} m_1(a + g) + \frac{R^2}{I} m_2(g - a)$

$\Rightarrow a + \frac{R^2 m_1}{I} a + \frac{R^2 m_2}{I} a = -\frac{R^2}{I} m_1 g + \frac{R^2}{I} m_2 g$

$\Rightarrow a = \left( \frac{\frac{R^2}{I} g \cdot (m_2 - m_1)}{1 + \frac{R^2}{I} (m_1 + m_2)} \right) = \left( \frac{\frac{R^2}{I} g (m_2 - m_1)}{1 + \frac{R^2}{I} 3m_1} \right) = \frac{g}{\frac{I}{R^2(m_2 - m_1)} + 3}$



$$(d) \quad T_1 = m_1 (a + g)$$

$$= m_1 \left( \frac{g}{\frac{I}{m_1 R^2} + 3} + g \right)$$

$$\Rightarrow T_1 = m_1 \cdot g \cdot \left( \frac{1}{\frac{I + 3m_1 R^2}{m_1 R^2}} + 1 \right)$$

$$T_1 = m_1 g \left( \frac{m_1 R^2}{I + 3m_1 R^2} + 1 \right)$$

$$\text{et } T_2 = m_2 (g - a)$$

$$= m_2 \left( g - \frac{g}{\frac{I}{m_1 R^2} + 3} \right)$$

$$T_2 = m_2 g \left( 1 - \frac{m_1 R^2}{I + 3m_1 R^2} \right)$$



3

(a) Conservation de la quantité de mouvement:

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f$$

Avant de jeter le saumon:  $\vec{P}_i = \vec{0}$

$$\text{Juste après: } \vec{P}_f = M \vec{V}_p + m \vec{V}_s$$

↑  
quantité de mouvement  
du pêcheur-kanque

↑  
quantité de mouvement du saumon

$$\Rightarrow M \vec{V}_p + m \vec{V}_s = \vec{0}$$

$$\Leftrightarrow M \vec{V}_p = -m \vec{V}_s$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{V}_p = -\frac{m}{M} \vec{V}_s}$$

(b) Pas de frottement  $\rightarrow$  la vitesse reste constante.

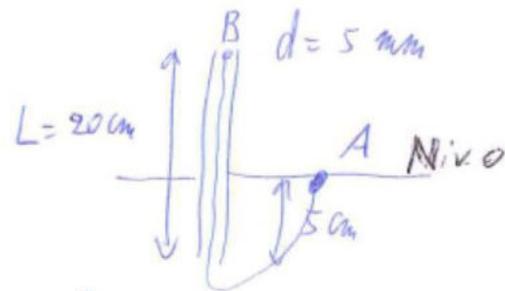
on utilise  $v = \frac{d}{t}$  et  $v_s = \frac{d_s}{t_f} = \frac{3m}{t_f} \Rightarrow \boxed{t_f = \frac{3m}{v_s}}$

$$\begin{aligned} v_p &= \frac{d_p}{t_f} \Leftrightarrow d_p = v_p \cdot t_f \\ &= \frac{m}{M} \cdot v_s \cdot \frac{3m}{v_s} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{d_p = 3m \cdot \frac{m}{M}}$$



4



$$\begin{aligned} D &= 1 \text{ mL} \\ &= 1 \text{ cm}^3/\text{s} \\ &= 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ D &= V \cdot S \end{aligned}$$

$$(a) \quad D = V \cdot S$$

$$\text{donc } S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{0,005 \text{ m}}{2}\right)^2 = 1,9635 \dots \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \left[ V = \frac{D}{S} = \frac{10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{1,9635 \dots \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = 5,0925 \dots \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \approx 0,05 \text{ m/s} \right]$$

(b) Bernoulli entre A et B (même ligne de courant).

$$\begin{aligned} P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A &= P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g z_B \\ \text{Patm} \quad v_A \approx 0 \text{ m/s} & \quad \downarrow \\ & \quad \frac{D}{S} = v \end{aligned}$$

$$(c) \quad P_{\text{atm}} + \rho g z_A = P_B + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z_B$$

$$(e) \quad P_B = P_{\text{atm}} - \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g(z_A - z_B)$$

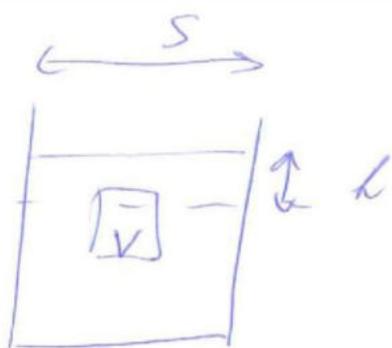
$$\Rightarrow P_B = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} - \frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot (5,0925 \cdot 10^{-2})^2 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0,15 \text{ m}$$

$$= 99\,788,70372 \dots \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_B \approx 9,9788 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$$



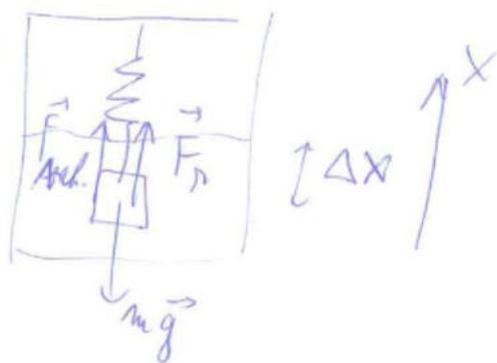
5



$$(a) V = V_{\text{suppl}} = S \cdot h$$

$$V = S \cdot h$$

(b)



Selon OX:

$$0 = F_{\text{Arch}} + F_R - mg$$

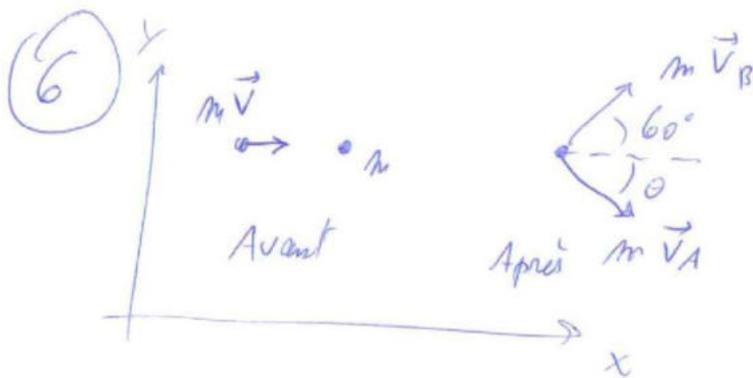
$$0 = \rho_{\text{liq}} V g + k \Delta x - mg$$

$$\Leftrightarrow mg = \rho_{\text{liq}} V g + k \Delta x$$

$$\Leftrightarrow m = \rho_{\text{liq}} V + k \Delta x / g$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \rho_{\text{liq}} + \frac{k \cdot \Delta x}{V \cdot g}$$





(a) Conservation de la quantité de mouvement suivant OX:

$$mV_0 = mV_B \cos(60^\circ) + mV_A \cos(\theta)$$

Conserv. quant. de mv<sub>t</sub> selon OY:

$$0 = mV_B \sin(60^\circ) - mV_A \sin(\theta)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_A \sin(\theta) = V_B \sin(60^\circ) \\ V_A \cos(\theta) = V_0 - V_B \cos(60^\circ) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \tan(\theta) = \frac{V_B \sin(60^\circ)}{V_0 - V_B \cos(60^\circ)}$$

$$\Rightarrow \theta = \text{Atan} \left( \frac{V_B \sin(60^\circ)}{V_0 - V_B \cos(60^\circ)} \right) = 30^\circ$$

(b)  $V_A \sin(\theta) = V_B \sin(60^\circ) = 0,5 \cdot V_A = 2,5 \text{ m/s} \cdot 0,866 \dots$

$$\Rightarrow V_A = 4,33 \dots \text{ m/s}$$

(c)  $E_{c,i} = \frac{m V_0^2}{2}$

$$E_{c,f} = \frac{m}{2} \cdot (V_A^2 + V_B^2)$$

$$\Rightarrow \frac{m V_0^2}{2} \stackrel{?}{=} \frac{m}{2} (V_A^2 + V_B^2)$$

$$\Leftrightarrow 25 \text{ m}^2/\text{s}^2 \stackrel{?}{=} 18,7485 \dots \text{ m}^2/\text{s}^2 + 6,25 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

non!  $\Rightarrow$  choc élastique.



Physique 1 PHYS - F104 (2015-2016)  
Examen Aou<sup>^</sup>t 2016  
**2eme Partie**

19 aou<sup>^</sup>t 2016

Nom :

Pr<sup>^</sup>enom :

N<sup>o</sup>carte d<sup>^</sup>etudiant :

Cote :

1. Ecrivez imm<sup>^</sup>ediatement vos nom, pr<sup>^</sup>enom, num<sup>^</sup>ero de carte d<sup>^</sup>etudiant.
2. Ne pas d<sup>^</sup>egrafer les pages.
3. Vous pouvez consulter votre aide m<sup>^</sup>emoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut <sup>^</sup>etre pr<sup>^</sup>et<sup>^</sup>e.
4. Les calculatrices ne peuvent <sup>^</sup>etre pr<sup>^</sup>et<sup>^</sup>ees.
5. Les r<sup>^</sup>eponses doivent <sup>^</sup>etre clairement justifi<sup>^</sup>ees et les unit<sup>^</sup>es doivent <sup>^</sup>etre indiqu<sup>^</sup>ees pour les r<sup>^</sup>esultats num<sup>^</sup>eriques. Les simples affirmations du type oui/non ne seront pas prises en compte.
6. Vous prendrez  $g = 10\text{m/s}^2$  en cas de besoin.



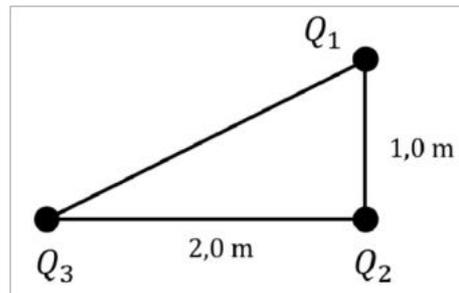
1. (4 Points) Une personne est immobile le long d'une voie de chemin de fer. Un train arrivant sur la voie actionne son sifflet et la personne perçoit une fréquence de 1000 Hz. Après que le train l'a dépassée, la fréquence perçue par la personne n'est plus que de 800 Hz. Quelle est la vitesse du train en supposant qu'elle est constante? ( $v_{son}=340$  m/s)



2. (4 Points) Un personne se trouve à côté de la ligne de départ d'une course automobile de F1 sur laquelle sont alignées trois voitures identiques. La première se trouve à 3 m de la personne, la deuxième à 5 m et la troisième à 7 m. Lors du démarrage, l'intensité sonore perçue par la personne due à la première voiture est de  $1 \text{ W/m}^2$ . (a) Quelle est la puissance sonore de son moteur?
- (b) Sachant que les trois voitures démarrent en même temps, quel est le niveau d'intensité total que percevra la personne? (pour rappel, le niveau d'intensité s'exprime en dB)



3. (3 Points) On place trois charges à chaque coin d'un triangle rectangle (voir figure ci-dessous). La charge  $Q_2$  est au sommet de l'angle droit. La distance entre  $Q_1$  et  $Q_2$  est de 1,0 m et la distance entre  $Q_3$  et  $Q_2$  est de 2,0 m. Ces charges  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  valent respectivement  $-5,0 \mu\text{C}$ ,  $-3,0 \mu\text{C}$  et  $-7,0 \mu\text{C}$ . Quelle est le module de la force totale agissant sur  $Q_1$  et l'angle qu'elle forme avec l'horizontale? Prenez  $k = 9,0 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$ .



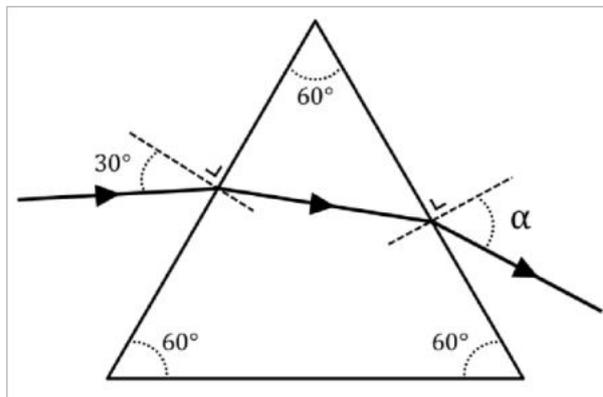
4. (3 Points) Une corde vibrant à une fréquence de 300 Hz et de 1 m de long est attachée à ses deux extrémités. Une tension initiale de 1200 N lui est appliquée et la corde est ensuite étendue jusqu'à 100 N. Sachant que la masse de cette corde est de 3 g, quelle(s) harmonique(s) va-t-on rencontrer lors de la détente?



5. (3 Points) Une diapositive se trouvant à 2,0 cm d'une lentille de distance focale 15 mm est éclairée par une lampe de forte intensité. Une image se forme sur un mur distant de 4 m de la lentille.
- (a) Prouvez que l'image qui se forme sur le mur est floue.
- (b) Quelle devrait être la distance focale de la lentille pour que l'image apparaissant sur le mur soit nette?



6. (3 Points) Un rayon de lumière monochromatique jaune de 570 nm de longueur d'onde se propageant dans le vide vient frapper une face d'un prisme équilatéral selon un angle de  $30^\circ$  (voir la figure ci-dessous). L'indice de réfraction du prisme est de 1,2.
- (a) Calculez l'angle de sortie  $\alpha$  du rayon lumineux sur la face opposée.
- (b) Quelle est la longueur d'onde du rayon lumineux dans le prisme? A quelle couleur correspond cette valeur?  
 (la gamme approximative des longueurs d'onde pour chaque couleur est : rouge de 700 à 600 nm, orange de 600 à 579 nm, jaune de 579 à 568 nm, vert de 568 à 490 nm, bleu de 490 à 466 nm, violet de 466 à 380 nm)
- (c) Existe-t-il un angle d'incidence tel que la totalité du rayon lumineux arrivant sur le prisme soit réfléchi? Justifiez votre réponse et dans l'affirmative, donnez sa valeur.



# Physique 1 PHYS - F104 (2016-2017)

## Examen de janvier 2017

Nom :

Prénom :

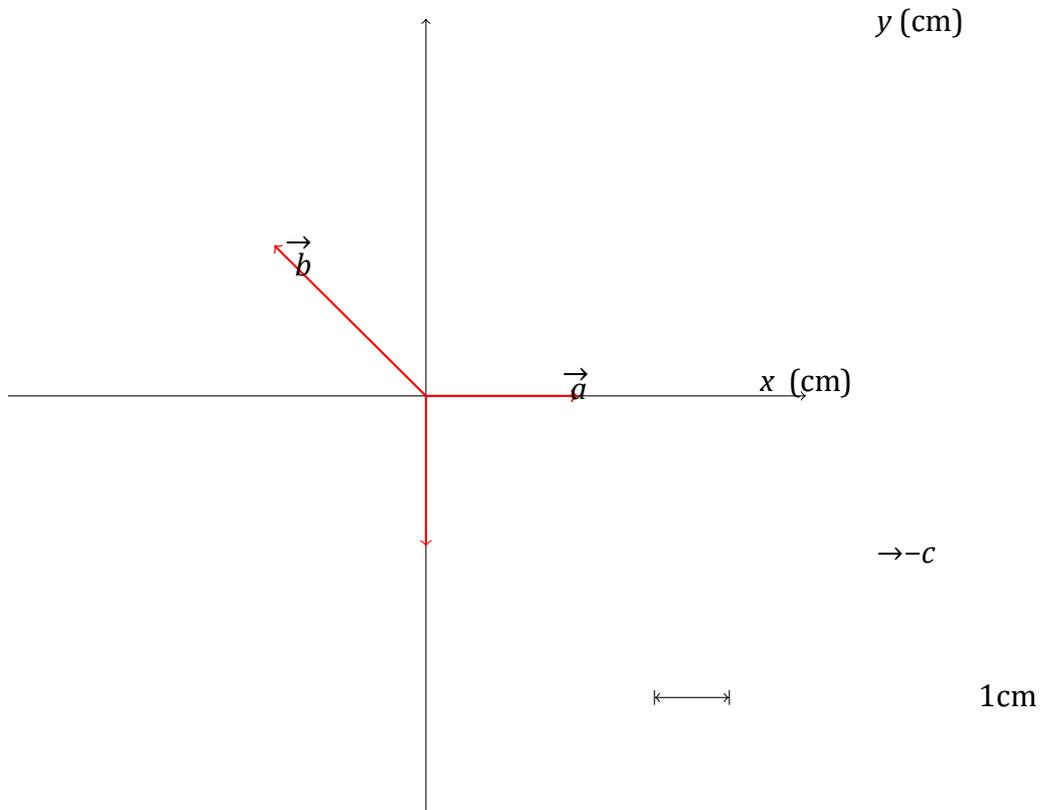
N° carte d'étudiant :

Cote :

1. Ecrivez immédiatement vos nom, prénom et numéro de carte d'étudiant.
2. Ne pas dégrafer les pages.
3. Vous pouvez consulter votre aide mémoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut être prêté.
4. Les calculatrices ne peuvent être prêtes.
5. Les réponses doivent être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.
6. Vous prendrez  $g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  pour les éventuelles applications numériques.



1. (3 points) Soient trois vecteurs  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  et  $\vec{c}$ , tels qu'ils sont écrits dans la figure ci-dessous.



Déterminez

$\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$

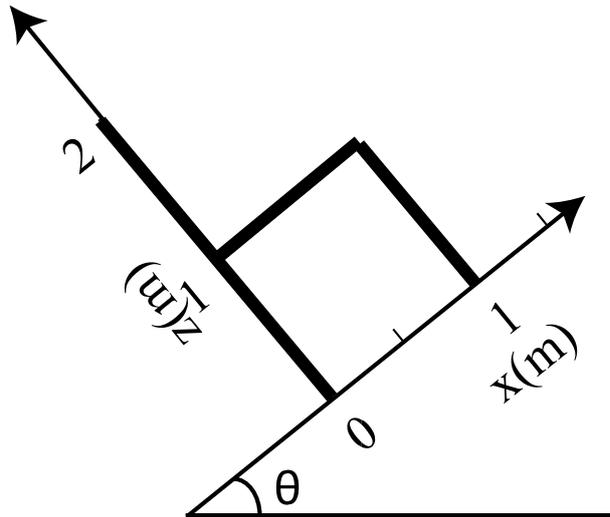
(a) le vecteur  $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ .



(b) les quantités  $\vec{-a} \cdot \vec{-b}$  et  $\vec{-a} \cdot \vec{-c}$ .

(c) le vecteur  $\vec{-a} \wedge \vec{-b}$  : module et direction.

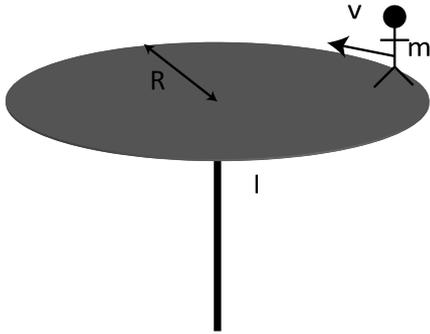
2. (3 points) Pour des raisons artistiques, une gigantesque chaise a été construite à partir de trois tiges minces et homogènes. Une vue de côté est présentée cidessous. Le sol fait un angle  $\theta$  avec l'horizontale. La chaise est fixée au plan incliné.



- (a) Calculer les coordonnées du centre de masse de cette chaise  $G_x, G_y$ . Représentez ce point sur la figure.
- (b) Si la chaise n'est pas fixée sur le plan incliné et qu'on néglige les frottements, basculera-t-elle, restera-t-elle en place, ou glissera-t-elle? Justifiez.



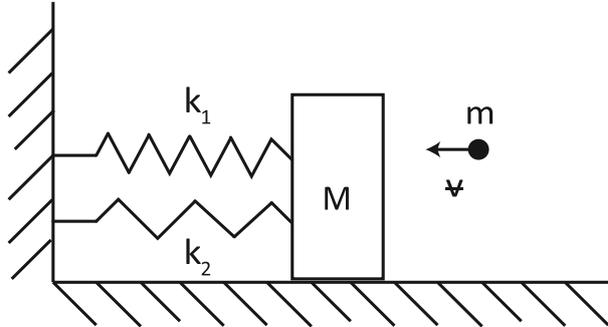
3. (4 points) Une plate-forme circulaire de 10m de diamètre, ayant un moment d'inertie par rapport à un axe passant par son centre de  $2000 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  est immobile. Cette dernière est libre de tourner sans frottements autour de son axe de rotation. Une personne de masse  $m=75 \text{ kg}$  se déplace sur le bord de cette plate-forme, à une vitesse de  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , dans une direction tangente au cercle. Dès que cette personne s'est mise en mouvement, la plate-forme se met à tourner dans le sens inverse du déplacement de la personne. On assimile dans la suite du problème la personne à un point matériel.



- (a) Pourquoi la plate-forme se met-elle en mouvement? Quelle loi physique décrit ce phénomène?
- (b) Quelle est alors la vitesse angulaire de la plate-forme?



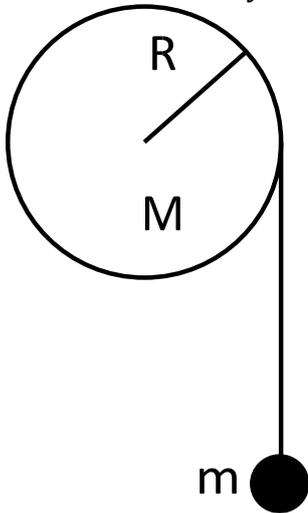
4. (4 points) Une petite bille de masse  $m=10\text{ g}$  se déplace à l'horizontale avec une vitesse  $v=250\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Elle percute alors un bloc de bois de masse  $M=5\text{ kg}$  initialement au repos, et accroché à deux ressorts en parallèle, de raideurs respectives  $k_1=100\text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  et  $k_2=200\text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , et de même longueur au repos. La bille se loge alors dans le bois et l'ensemble commence alors à osciller. On négligera les masses des ressorts, ainsi que les forces de frottement.



- (a) Quelle est la vitesse de la masse  $M$  juste après la collision?
- (b) Quel est le déplacement maximum des ressorts par rapport à leur position d'équilibre?
- (c) Calculer la période des oscillations.



5. (3 points) Un cylindre de masse  $M=250$  g et de rayon  $R=5$  cm est fixé au mur, tout en étant capable de tourner librement autour de son axe. Une masse  $m=100$  g est accrochée à l'extrémité d'un fil inextensible et de masse négligeable, enroulé autour du cylindre. Le moment d'inertie du cylindre vaut  $I = \frac{MR^2}{2}$ .

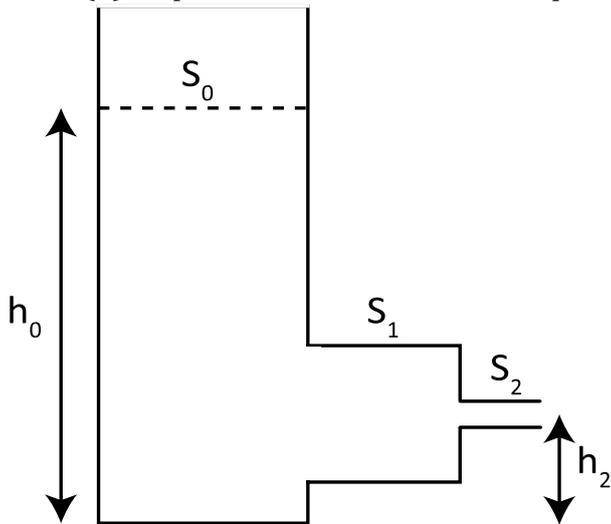


- (a) Quelle est l'accélération de la masse  $m$ ?
- (b) Que vaut la tension dans le fil?



6. (3 points) Un grand réservoir contenant un liquide incompressible et non visqueux de masse volumique  $\rho = 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  se vide. La partie gauche du réservoir, de section  $S_0$ , est beaucoup plus grande que les autres parties du réservoir. Elle est remplie jusqu'a` un niveau  $h_0 = 1 \text{ m}$ . Ensuite, l'eau s'écoule dans un réservoir interm ediate de section  $S_1=10 \text{ cm}^2$ , puis dans une dernière partie, de section  $S_2=1 \text{ cm}^2$ . Le niveau de la sortie est  $h_2=0,1 \text{ m}$ . D'eterminez (a) La vitesse de sortie du fluide.

(b) La pression dans la deuxième partie du réservoir, de section  $S_1$



8. Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.
9. Vous prendrez  $g = 10\text{m/s}^2$  en cas de besoin.
10. L'examen dure **deux heures (120 minutes)**.

Bon travail !

1. (3 points) : Soient deux vecteurs  $\vec{u} = \vec{i} + (a - 1)\vec{j}$  et  $\vec{v} = b\vec{i} + 2\vec{j}$ .
  - a) Donnez les coordonnées cartésiennes du vecteur  $\vec{u} + \vec{v}$ , sa norme et l'angle formé avec l'axe  $O\vec{i}$ , en fonction des paramètres  $a$  et  $b$ .
  - b) Déterminez  $a$  et  $b$  pour que  $\vec{u} + \vec{v} = \vec{0}$ .
  - c) Soient les vecteurs  $\vec{s} = \vec{u} + \vec{v}$  et  $\vec{w} = -\vec{u} - \vec{v}$ . Estimez  $\vec{s} \wedge \vec{w}$ .
2. (3 points) : La puissance d'une machine à laver est de  $P = 2300\text{W}$ . Il s'agit ici de la puissance maximale, déployée lors d'un cycle d'essorage à vitesse maximale (1000 tours par minute). Cette puissance est alors utilisée pour faire tourner le tambour et le linge contenu dans ce dernier, de moment d'inertie total  $I = 2\text{kgm}^2$ .
  - a) Quel est le moment cinétique du tambour chargé lors du cycle d'essorage?
  - b) Quelle est alors l'énergie cinétique de rotation du tambour chargé?
  - c) En combien de temps la machine à laver peut-elle passer de 0 à 1000 tours par minute? On négligera ici les différents frottements et imperfections du système.

/3	/3	/4	/4	/3	/3
----	----	----	----	----	----



**3. (4 points)** : Un ressort de longueur au repos  $l_0 = 1\text{m}$  est suspendu au plafond, à l'air libre. On lui accroche une boule de rayon  $r = 5\text{cm}$ , et de masse  $m = 1\text{kg}$ . Sa longueur devient  $l = 1,5\text{m}$ . a) Quelle est la constante de raideur  $k$  de ce ressort?

Cette boule est ensuite plongée dans l'eau, dont la masse volumique est  $\rho_e = 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

b) Si on détache la boule du ressort, flotte-t-elle dans l'eau? Justifiez.

*Si vous pensez qu'elle coule :*

c) Calculez la longueur du ressort lorsque la boule accrochée au ressort est plongée dans l'eau.

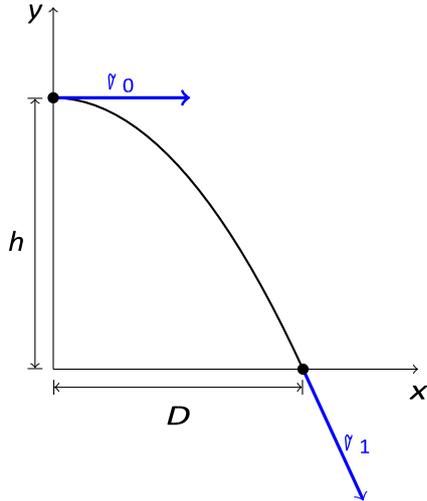
*Si vous pensez qu'elle flotte :*

c) En accrochant le ressort au fond d'un réservoir, quelle sera la longueur du ressort allongé par la boule plongée dans l'eau?



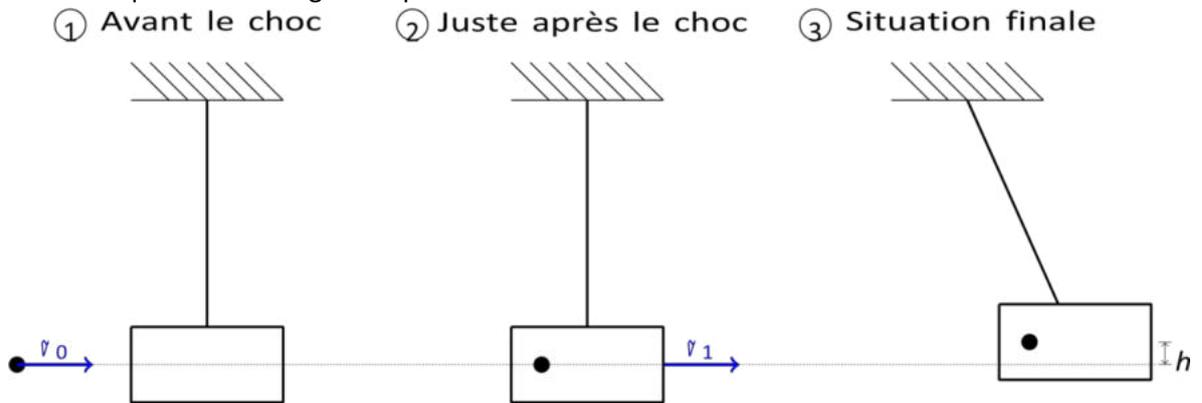
4. (4 points) : Mécontent des résultats de ses simulations numériques, un chercheur jette horizontalement par la fenêtre un ordinateur portable de masse  $m = 2\text{kg}$ , lui fournissant ainsi une énergie cinétique initiale  $E_c = 20\text{J}$ .

- Déterminez la vitesse initiale de l'ordinateur  $\vec{v}_0$ .
- Ce lancer a été effectué à une altitude  $h = 25\text{m}$ . À quelle distance de la façade  $D$  l'ordinateur s'écrasera-t-il?
- Quelles seront alors les coordonnées cartésiennes de sa vitesse  $\vec{v}_1$  ?



5. (3 points) : Un pendule consiste en un bloc de bois, de masse  $M = 2,5\text{kg}$ , suspendu à un fil de longueur  $l = 1\text{m}$ . Lorsqu'une balle de fusil, de masse  $m = 10\text{g}$ , se loge dans ce bloc, ce dernier s'élève de  $h = 10\text{cm}$ .

- a) Quelle est la vitesse  $v_1$  de l'ensemble formé par le bloc et la balle qui y est encastrée, juste après le choc?
- b) Quelle était la vitesse  $v_0$  de la balle de fusil avant qu'elle ne s'encastre dans le bloc?
- c) Estimer la quantité d'énergie dissipée lors de la collision.



6. (3 points) : Une baignoire consiste en un parallélépipède de  $50\text{cm} \times 150\text{cm} \times 35\text{cm}$ .

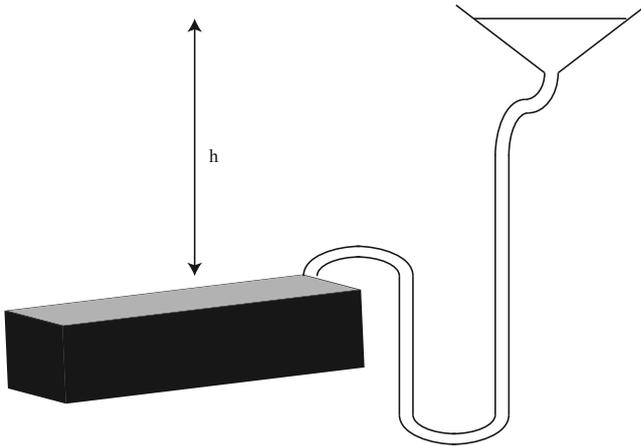
a) Quel doit être le débit volumique du robinet pour que celle-ci soit remplie en cinq minutes?

La sortie du robinet est un disque de  $2\text{cm}$  de diamètre.

b) Quelle est alors la vitesse de sortie de l'eau?

c) À quelle hauteur  $h$  doit-êtré située la surface du chateau d'eau approvisionnant cette salle de bains (voir schéma)?

**Remarque** : On définit ici le niveau du chateau d'eau à partir du niveau du robinet, et non depuis le niveau de la mer!



---

**Physique 1 — PHYS-F-104 (2016–2017)**  
**Examen de juin 2017**  
**Seconde partie**

---

Nom :

Prénom :

N° de carte d'étudiant :

Section (entourer) :    Biologie    —    Géographie    —    Géologie    —    Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de carte d'étudiant et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
5. Vous pouvez consulter votre aide mémoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut pas être prêté.
6. Les calculatrices ne peuvent pas être prêtées.
7. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
8. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
9. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :
  - Permittivité du vide :  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ A}^2\text{s}^4\text{kg}^{-1}\text{m}^{-3}$  ; —
  - Seuil d'audibilité :  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  ; — Vitesse
  - du son dans l'air :  $v_{\text{air}} = 344 \text{ m/s}$ .
10. L'examen dure **deux heures (120 minutes)**.

Bon travail!



# Correctif

/3	/3	/4	/4	/3	/3
----	----	----	----	----	----

1. (3 points) : On projette une diapositive de  $24 \times 36 \text{mm}$  sur un écran de  $1,20 \times 1,80 \text{m}$ , éloigné de  $4,5 \text{m}$  de la lentille du projecteur.

- La lentille utilisée dans le projecteur doit-elle être convergente ou divergente pour avoir une image agrandie?
- Quelle doit être l'orientation de la diapositive pour avoir une image dans le bon sens?
- Quelle devrait être la distance focale de la lentille pour que l'image remplisse tout l'écran en hauteur?
- Si cette lentille est en verre (indice de réfraction 1,50) et qu'une de ses faces est plate, quel doit être le rayon de courbure de l'autre face?

**Réponse :**

a) Comme on veut une image réelle (qui se forme de l'autre côté de la lentille), on doit prendre une lentille **convergente** (sinon, il est impossible de focaliser l'image).

b) Comme l'image est virtuelle, on a  $s > 0$  et  $s' > 0$  (image réelle). Puisque  $h_{h^0} = -\frac{s}{s^0}$ , on a que le rapport  $h_{h^0}$  doit être négatif, et donc que l'image sera renversée. Il faut donc mettre la diapositive **à l'envers**.

c) Pour déterminer la distance focale, on doit d'abord déterminer la distance à l'objet ( $s$ ). On sait que  $s^0 = 4,5 \text{m}$  (distance image, entre le projecteur et l'écran),  $|h| = 24 \text{mm}$  (taille de l'objet, ici la diapositive) et  $|h^0| = 1,2 \text{m}$  (taille de l'écran). On a donc :

$$h^0 = s^0 \Rightarrow s = \frac{h^0 \cdot |h|}{|h^0|} = 90 \text{mm}.$$

$$h = s \cdot \frac{h^0}{s^0} = h^0$$

On trouve ensuite la distance focale à l'aide de la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s^0} \Rightarrow f = \frac{s \cdot s^0}{s + s^0} = \boxed{8,8 \text{cm}}.$$

Remarque : le résultat était exactement identique si on voulait remplir tout l'écran en largeur plutôt qu'en hauteur.

$$\frac{1}{R} = (n - 1) \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow R = (n - 1) \cdot f = \boxed{4,4 \text{cm}}.$$



d) On se sert de la formule des opticiens. Un des deux rayons est infini (le rayon de courbure d'une face plate est infini) et on suppose que la lentille fonctionne dans l'air (indice de réfraction de 1). Il faut trouver le rayon de courbure de l'autre face. Cela donne :

$$f = R$$

2. (3 points) : Deux cordes de piano sont censées vibrer à 132Hz mais un accordeur entend deux battements par seconde lorsqu'on les joue ensemble. On supposera que les cordes sont de même longueur et sont construites dans le même matériau.

- a) Si l'une des cordes vibre effectivement à 132Hz, quelle(s) valeur(s) peut prendre la fréquence de l'autre?
- b) Établissez l'expression de la différence de tension entre les deux cordes, en fonction de la fréquence de chacune des cordes.
- c) De combien doit-on, en pourcentage, augmenter ou diminuer la tension de l'une des cordes pour accorder les deux cordes?

**Réponse :**

a) Il faut que la valeur absolue de la différence de fréquence soit égale à la fréquence de battements, 2Hz. Cela est possible pour deux valeurs de fréquence : 130Hz ou 134Hz.

b) On part de la relation suivante entre la vitesse de l'onde et la tension pour une corde :

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

où  $F_T$  est la force de tension et  $\mu$  est la masse linéique de la corde. On a donc :

$$F_T = v^2 \cdot \mu.$$

On sait que  $v = \lambda f$ , et que  $\lambda = \frac{L}{2}$  où  $L$  est la longueur de la corde (la longueur d'onde correspondant à la fréquence fondamentale pour une corde fixée à ses deux extrémités est de  $\frac{L}{2}$ ). On peut donc écrire :

$$F_T = 4 \mu f^2 L^2.$$

Comme la longueur et la masse linéique sont les mêmes pour les deux cordes (c'est bien le cas pour la masse linéique puisqu'elles sont construites dans le même matériau), on peut exprimer la différence de tension entre les deux cordes comme :

$$F_{T2} - F_{T1} = 4 \mu L^2 (f_2^2 - f_1^2)$$

c) Supposons que l'on change la tension de la corde qui n'est pas à 132Hz (c'est le but de l'accordage), et appelons cette corde la corde 1. Il y a deux cas possibles.

— La corde désaccordée est à 130Hz, donc trop basse. Il faut alors changer sa tension de



$$\frac{T_2}{T_1} - 1 = \frac{f_{22}^2 - f_{12}^2}{f_1^2} = 0,0310 = \boxed{+3,10\%}$$

Donc, on doit augmenter sa tension de 3,10%.

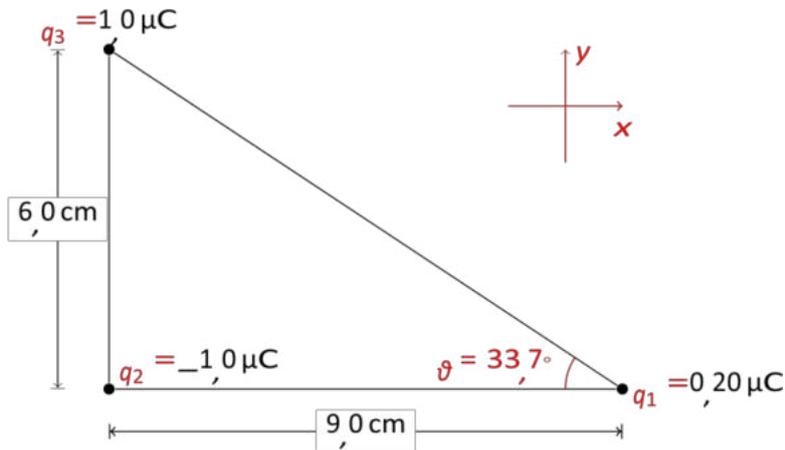
— La corde désaccordée est à 134Hz, donc trop haute. Il faut alors changer sa tension de :

$$\frac{T_2}{T_1} - 1 = \frac{f_{22}^2 - f_{12}^2}{f_1^2} = -0,0296 = \boxed{-2,96\%}$$

Donc, on doit diminuer sa tension de 2,96%.

Notez que les deux réponses ne sont pas équivalentes et doivent être calculées séparément.

3. (4 points) : Trois charges, situées dans le vide, sont disposées dans l'espace sur les trois sommets d'un triangle rectangle, comme représenté dans la figure ci-dessous. Un champ électrique externe  $\vec{E}$  est appliqué sur l'ensemble du système.



- Quelle est la force électrostatique exercée par la charge de  $-1,0\mu\text{C}$  sur la charge de  $0,20\mu\text{C}$  (norme et direction)?
- Quelle est la force électrostatique exercée par la charge de  $1,0\mu\text{C}$  sur la charge de  $0,20\mu\text{C}$  (norme et direction)?
- Que doit valoir le champ  $\vec{E}$  (norme et direction) pour que la charge de  $0,20\mu\text{C}$  reste immobile?

(On suppose que les charges de  $1,0\mu\text{C}$  et de  $-1,0\mu\text{C}$  sont fixes.)

**Réponse :** (Voir le schéma pour le choix du système d'axes.)

a) La norme de la force est :  $F_{21} = k|q_2q_1|/r_{21}^2 = \boxed{0,222\text{N}}$

Pour ce qui est de la direction, il s'agit d'une force attractive (charges de signe opposé), donc la force va de la charge  $q_1$  vers la charge  $q_2$ , c'est-à-dire vers la **gauche** ( $-i$ ).

b) La norme de la force est :

$$F \sim = k|q_3q_1|/r_{31}^2 = kq_3q_1/(q_3^2 + q_1^2) = \boxed{0,154\text{N}}$$



31 r31

On a utilisé Pythagore pour trouver la distance  $r_{13}$ . Pour ce qui est de la direction, il s'agit d'une force répulsive, qui va donc dans la direction opposée à la ligne qui rejoint  $q_1$  et  $q_3$ . Elle fait donc un angle  $-\vartheta$  (voir schéma) avec l'axe des  $x$  positifs. L'angle  $\vartheta$  se trouve par trigonométrie sur le triangle rectangle représenté :

$$\vartheta = \arctan \frac{6,0}{9,0} = 33,7^\circ.$$

Donc cette force s'exerce à un angle de  $-33,7^\circ$  rapport à l'axe  $x$ .  
Même si ce n'est pas demandé, calculons les composantes de cette force selon notre système d'axes car cela servira par la suite :

$$\vec{F}_{31} = F_{31} \cos \vartheta \vec{i} - F_{31} \sin \vartheta \vec{j} = 0,128 \text{ N } \vec{i} - 0,085 \text{ N } \vec{j}.$$

c) Il faut que la somme vectorielle des forces s'exerçant sur  $q_1$  soit nulle. Il y a trois forces qui s'exercent sur  $q_1$  : les forces  $F_{21}$  et  $F_{31}$ , calculées aux points précédents, et la force due au champ électrique :  $F_E = q_1 E$ . On a donc :

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + q_1 \vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \vec{E} = -\frac{1}{q_1} (\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}) = -\frac{1}{2 \times 10^{-6}} (-0,222 \vec{i} + 0,128 \vec{i} - 0,085 \vec{j}) \text{ N/C}.$$

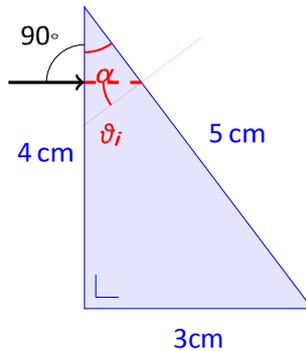
Cela donne  $\vec{E} = 4,70 \times 10^5 \text{ N/C}$ . On peut transformer ce résultat en norme et direction par la routine habituelle :

$$E = 4,70 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$\vartheta_E = \arctan \frac{E_y}{E_x} = 42,1^\circ$$

4. (4 points) : De la lumière frappe, avec une incidence normale, un prisme en verre crown ( $n = 1,56$ ) formant un triangle rectangle, comme représenté sur la figure ci-dessous.



- a) À quel angle (par rapport à la normale) le faisceau est-il réfracté juste après avoir touché le prisme?
- b) Calculez l'angle (par rapport à la normale) auquel la lumière sort de la face opposée.
- c) Quel est le pourcentage d'intensité lumineuse entrant dans le prisme, par rapport au faisceau incident?

Réponse :

a) Puisque l'incidence est normale, l'angle incident est de  $0^\circ$  (pour rappel, l'angle incident est toujours défini par rapport à la normale dans la loi de Snell-Descartes) L'angle de réfraction est donc  $0^\circ$ .



b) Il faut commencer par trouver l'angle auquel le faisceau arrive par rapport à la normale à la surface (la face de longueur 5cm.

Commençons par remarquer que l'angle entre les côtés de 4cm et de 5cm (noté  $\alpha$  sur le schéma) est de  $\arctan \frac{4}{3} = 36,9^\circ$ .

Il suffit alors de remarquer que l'angle  $\vartheta_i$  est le complémentaire du complémentaire de  $\alpha$ , autrement dit :  $\vartheta_i = \alpha = 36,9^\circ$ .

L'angle de sortie se trouve dès lors facilement avec la loi de Snell-Descartes :

$$n_{\text{verre}} \sin \vartheta_i = n_{\text{air}} \sin \vartheta_r \Rightarrow \vartheta_r = \arcsin(1,56 \cdot \sin 36,9^\circ) = 69,5^\circ$$

c) On sait que la fraction d'intensité lumineuse réfléchie (lors d'une incidence normale) vaut :  
 $I_r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} I_0$

La fraction d'intensité entrant dans le prisme est donc  $1 -$  cette quantité, c'est-à-dire :

$$1 - \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} = 1 - \frac{20,56562}{40,56562} = 95,2\%$$

5. (3 points) : Un employé travaille à son bureau situé à 5m d'une soufflerie ayant une puissance sonore de  $5 \times 10^{-5} \text{ W}$ .

- a) Quel est le niveau d'intensité (en dB) que ressent cette personne?
- b) L'équipe d'entretien commence alors à passer l'aspirateur (puissance sonore de  $4 \times 10^{-3} \text{ W}$ ) à une distance de 15m de son bureau. Quel est alors le niveau d'intensité total perçu?

**Réponse :**

\_\_\_\_\_

a) Le niveau d'intensité est donné par :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ . L'intensité lumineuse est trouvée à partir de la puissance, dans la supposition que la source émet de la même manière dans toutes les directions : on prend comme surface de même intensité une sphère de rayon égal à la distance à la source :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = 1,59 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

Cela donne donc :  $\beta = 52 \text{ dB}$ .

b) Ce sont les intensités qui s'additionnent et non les niveaux d'intensité. Un raisonnement similaire à celui du point précédent nous permet de trouver que l'intensité sonore de l'aspirateur est :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = 1,41 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

L'intensité totale vaut donc  $1,57 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ , ce qui correspond à un niveau d'intensité de



62dB

6. (3 points) : Vous savez que la sirène d'une ambulance émet un son correspondant à un *la* (440Hz). Alors que vous traversez à un passage pour piétons, vous apercevez une ambulance à une distance de 50m arrivant droit sur vous (à une vitesse constante), et vous entendez le son de la sirène comme correspondant à un *si bémol* (466Hz).
- a) Quelle est la vitesse de l'ambulance?
- b) Combien de temps avez-vous pour vous écarter?

**Réponse :**

a) Il s'agit d'une application de l'effet Doppler, dans le cas où la source et l'observateur se rapprochent. On connaît la fréquence émise  $f = 440\text{Hz}$  et la fréquence perçue  $f^0 = 466\text{Hz}$ . On connaît également la vitesse du son dans l'air ( $v = 344\text{m/s}$ ). On suppose l'observateur immobile (ou en tout cas, n'ayant pas de composante de sa vitesse parallèle à la route). On veut trouver la vitesse de la source  $v_s$ . À partir de l'effet Doppler, on trouve donc :

$$f^0 = f \cdot \frac{v}{v - v_s}$$

$$\boxed{f^0} = \frac{v}{v - v_s}$$

$$\boxed{v - v_s} = v \cdot \frac{f}{f^0}$$

$$\boxed{v_s} = v \cdot \left(1 - \frac{f}{f^0}\right)$$

$$\Rightarrow v_s = 19,2\text{m/s} = \boxed{69\text{km/h}}$$

b) Comme l'ambulance se déplace à vitesse constante, on a que  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ . On connaît la distance à parcourir  $\Delta x = 50\text{m}$ , on en déduit donc que  $\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \boxed{2,6\text{s}}$ .

v On a donc

un peu plus de 2 secondes pour s'écarter.



## Examen de novembre 2018

30 octobre 2018

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez l'accélération gravitationnelle terrestre  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
9. Cet examen dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail !

/3	/3	/3	/4	/4	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Dans un repère orthonormé  $(O,x,y)$ , soient deux vecteurs  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$  donnés par  $\vec{a} = 2\vec{1}_x + \frac{5}{2}\vec{1}_y$  et  $\vec{b} = -2\vec{1}_x + \frac{1}{2}\vec{1}_y$ .

- Déterminer les modules de  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$ .
- Donner les composantes du vecteur  $\vec{c} = 2\vec{a} + \vec{b}$ . Quel est son module?
- Déterminer l'angle entre les vecteurs  $\vec{a}$  et  $\vec{c}$ .

**Solution.**

$$\text{a) } \|\vec{a}\| = \sqrt{2^2 + \left(\frac{5}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{41}}{2} \qquad \|\vec{b}\| = \sqrt{(-2)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{17}}{2}$$

$$\text{b) } \vec{c} = 2\vec{a} + \vec{b} = (4 - 2)\vec{1}_x + \left(\frac{10}{2} + \frac{1}{2}\right)\vec{1}_y = 2\vec{1}_x + \frac{11}{2}\vec{1}_y$$

$$\|\vec{c}\| = \sqrt{2^2 + \left(\frac{11}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{137}}{2}$$

$$\text{c) } \vec{a} \cdot \vec{c} = 2 \times 2 + \frac{5}{2} \times \frac{11}{2} = \frac{71}{4}$$

$$\vec{a} \cdot \vec{c} = \|\vec{a}\| \|\vec{c}\| \cos \theta$$

$$\Leftrightarrow \cos \theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{c}}{\|\vec{a}\| \|\vec{c}\|} = \frac{71}{4 \times \frac{\sqrt{41}}{2} \times \frac{\sqrt{137}}{2}} = 0,947$$

$$\theta = \arccos(0,947) = 18,68^\circ$$

**Question 2 (3 points)**

Il est possible de déterminer les unités d'une constante physique en analysant une équation dans laquelle cette constante apparaît. Considérons trois équations célèbres.

- a) L'énergie d'un photon s'écrit

$$E = h\nu$$

où l'énergie  $E$  du photon s'exprime en joules ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ) et sa fréquence  $\nu$  s'exprime en  $\text{s}^{-1}$ . Quelles sont alors les unités de la constante de Planck  $h$  ?

- b) L'équation de Newton pour la force de gravité entre deux masses  $m_1$  et  $m_2$  séparées par une distance  $R$  s'écrit

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

où la force s'exprime en newtons (c'est-à-dire en  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ). Quelles sont les unités de la constante de Newton  $G$  ?

- c) L'équation des gaz parfaits s'écrit

$$PV = Nk_B T$$

où  $P$  est la pression du gaz en pascals ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ),  $V$  est son volume,  $N$  est une grandeur sans unités correspondant au nombre d'atomes ou de molécules dans le gaz, et  $T$  est la température du gaz en kelvins (K).  $k_B$  est la constante de Boltzmann. En quelles unités s'exprime-t-elle ?

**Solution.**

a)  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} = [h] \text{s}^{-1} \Leftrightarrow [h] = \text{kg m}^2 \text{s}^{-1} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{s} = \text{J s}$

b)  $\text{kg m s}^{-2} = [G] \text{kg}^2 \text{m}^{-2} \Leftrightarrow [G] = \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$

c)  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} \text{m}^3 = [k_B] \text{K} \Leftrightarrow [k_B] = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1} = \text{J K}^{-1}$

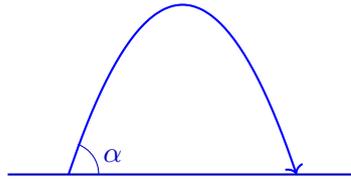
### Question 3 (3 points)

Mario souhaiterait envoyer un bouquet de fleurs à sa princesse qui se trouve au balcon d'un immeuble situé à une hauteur de 8,0 m. Pour cela, il dispose d'un canon que son frère Luigi lui a fabriqué, placé à 10 m du pied de l'immeuble, dont l'inclinaison par rapport à l'horizontale est de 60 degrés et dont il peut ajuster la vitesse d'envoi initiale  $v_0$ .

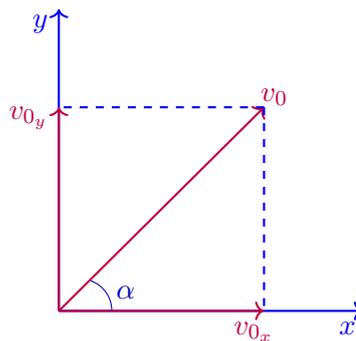
- Exprimer le temps nécessaire au bouquet pour atteindre la princesse en fonction de  $v_0$ .
- Que doit valoir  $v_0$  pour que le bouquet atteigne les mains de la princesse ?
- Le bouquet était-il alors dans la phase ascendante ou descendante de son mouvement ?

#### Solution.

- L'objet effectue un MRU à l'horizontale et un MRUA à la verticale.



Il faut commencer par projeter la vitesse initiale  $v_0$ , orientée avec un angle  $\alpha = 60^\circ$  par rapport à l'horizontale. La composante horizontale de la vitesse est donnée par  $v_{0x} = v_0 \cos(\alpha)$  et la verticale est  $v_{0y} = v_0 \sin(\alpha)$ .



Le mouvement vertical est donc décrit par  $y(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$ , et le mouvement horizontal est décrit par  $x(t) = v_{0x}t$ .

Pour atteindre sa cible, l'objet doit parcourir horizontalement une distance  $d = 10$  m. C'est ça qui va fixer la durée du parcours. Dans ce cas,  $x(t_{\text{total}}) = d = v_{0x}t_{\text{total}}$ . On peut alors isoler le temps, et  $t_{\text{total}} = \frac{d}{v_{0x}} = \frac{d}{v_0 \cos(60^\circ)} = \frac{2d}{v_0}$ .

- Il faut maintenant déterminer la vitesse initiale nécessaire pour que le bouquet atteigne la hauteur du balcon. Il faut donc regarder l'équation décrivant le mouvement vertical, et il faut qu'au moment  $t_{\text{total}}$  où l'objet a parcouru la distance  $d$  horizontalement, l'objet atteigne la hauteur du balcon  $h = y(t_{\text{total}}) = 8$  m. On a donc  $h = v_{0y}t_{\text{total}} - \frac{gt_{\text{total}}^2}{2}$ . Il reste maintenant à isoler  $v_0$ .

$$\begin{aligned} h &= v_{0y}t_{\text{total}} - \frac{gt_{\text{total}}^2}{2} \\ &= v_{0y} \frac{2d}{v_0} - \frac{g(2d)^2}{2v_0^2} \end{aligned}$$

où on a utilisé que  $t_{\text{total}} = \frac{2d}{v_0}$ .

$$\begin{aligned}h &= v_0 \sin(\alpha) \frac{2d}{v_0} - \frac{g(2d)^2}{2v_0^2} \\&= 2d \sin(\alpha) - \frac{2d^2 g}{v_0^2} \\ \Leftrightarrow \frac{2d^2 g}{v_0^2} &= 2d \sin(\alpha) - h \\ \Leftrightarrow \frac{v_0^2}{2d^2 g} &= \frac{1}{2d \sin(\alpha) - h} \\ \Leftrightarrow v_0^2 &= \frac{2d^2 g}{2d \sin(\alpha) - h} \\ \Leftrightarrow v_0 &= d \sqrt{\frac{2g}{2d \sin(\alpha) - h}} \\ &= 15 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Et on peut retourner remplacer ceci dans  $t_{\text{total}} = \frac{2d}{v_0} = 1,4 \text{ s}$ .

c) Il faut donc regarder le signe de la vitesse verticale au moment où l'objet atteint sa cible. Ceci est donné par  $v_y(t) = v_{0,y} - gt$  vu que c'est un MRUA. On calcule donc

$$v_y(t_{\text{total}}) = v_0 \sin(\alpha) - gt_{\text{total}} = -0,96 \text{ m/s}$$

La vitesse est négative, et nous avons choisi que l'axe était positif en pointant vers le haut : l'objet est donc dans sa phase descendante.

**Question 4 (4 points)** Le moteur ionique est une nouvelle façon d'accélérer des engins dans l'espace. Cette technologie est encore en cours de recherche et développement. Elle présente un gros avantage : pour une même quantité de carburant, un moteur ionique permet d'atteindre une vitesse maximale bien plus élevée qu'un moteur classique. L'inconvénient, c'est que la puissance est très faible. Supposons qu'une sonde équipée d'un moteur ionique est lancée vers l'extérieur du système solaire. La sonde a une vitesse initiale de 7 000 m/s lorsqu'elle allume son moteur ionique à proximité de la Terre. Son moteur ionique fournit une accélération constante de 0,001 m/s<sup>2</sup>. On néglige les effets de la gravité du Soleil, de la Terre et de toute autre planète. L'orbite moyenne de la Terre est d'environ 150 millions de km alors que celle de la dernière planète du système solaire, Neptune, est environ 30 fois plus grande.

- Exprimer la vitesse et la position de la sonde en fonction du temps.
- Quelle est la vitesse de la sonde après 1 jour d'accélération ?
- Combien de temps faut-il à la sonde pour parcourir la distance séparant l'orbite de la Terre de celle de Neptune ? Exprimer le résultat en secondes et en jours.
- Quelle est la vitesse de la sonde lorsqu'elle atteint l'orbite de Neptune ?

**Solution.**

- La sonde subit un MRUA. Sa vitesse est donc donnée par  $v(t) = v_0 + at$  et sa position par  $x(t) = v_0t + \frac{at^2}{2}$ , où  $v_0 = 7\,000$  m/s et  $a = 0,001$  m/s<sup>2</sup>.
- Un jour correspond à 86400 secondes (24 heures  $\times$  60 minutes  $\times$  60 secondes). On calcule alors  $v(86\,400\text{ s}) = v_0 + at = 0,001 \times 86\,400 + 7\,000 = 7\,086,4$  m/s.
- La distance à parcourir est  $d = (30 - 1) \times 150 \times 10^6$  km =  $4,35 \times 10^{12}$  m. On va donc chercher le temps  $t_{\text{Terre-Neptune}}$  qui correspond au moment où la sonde parcouru la distance entre l'orbite terrestre et l'orbite de Neptune,  $x(t_{\text{Terre-Neptune}}) = d$ .

$$d = v_0 t_{\text{Terre-Neptune}} + \frac{a}{2} t_{\text{Terre-Neptune}}^2$$

$$0 = \frac{a}{2} t_{\text{Terre-Neptune}}^2 + v_0 t_{\text{Terre-Neptune}} + d$$

C'est une équation du second degré de la forme  $0 = at^2 + bt + c$  à résoudre avec la méthode du discriminant  $\Delta = b^2 - 4ac$  :

$$\Delta = v_0^2 - 4 \frac{a}{2} d = 8,749 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$t_{\text{Terre-Neptune}} = \frac{-v_0 \pm \sqrt{\Delta}}{a} = 86,536 \times 10^6 \text{ s} = 1001,58 \text{ jours}$$

On a rejeté la solution négative (un temps négatif n'a pas de sens).

- Il faut donc déterminer la vitesse de la sonde au temps calculé au point précédent :  $v(86,536 \times 10^6 \text{ s}) = 0,001 \times 86,536 \times 10^6 + 7\,000 = 93,536 \times 10^3$  m/s.

**Question 5 (4 points)** Un parachutiste saute d'un avion à une altitude  $h_0 = 1\,000\text{ m}$  avec une vitesse initiale de descente nulle. Il est en chute libre jusqu'à une altitude  $h_1 = 875\text{ m}$ , lorsqu'il ouvre son parachute. Dès l'ouverture de son parachute, il suit un autre MRUA d'accélération  $a$  (qui sera à déterminer) jusqu'à une altitude  $h_2 = 500\text{ m}$ , où il atteint une vitesse  $v_2 = -3,00\text{ m/s}$ . Entre l'altitude  $h_2$  et le sol, la vitesse du parachutiste reste constante et égale à  $v_2$ .

- Exprimer la vitesse et la position du parachutiste, en fonction du temps, pour chacune des trois étapes de sa descente (chute libre, freinage du parachute, descente à vitesse constante). Écrire ces expressions sous forme algébrique, c'est-à-dire sans remplacer les quantités physiques par leurs valeurs numériques.
- Combien de temps faut-il au parachutiste pour atteindre l'altitude  $h_1$ ? Quelle est sa vitesse  $v_1$  en cette altitude?
- Combien de temps faut-il au parachutiste pour passer de l'altitude  $h_1$  à l'altitude  $h_2$ ? Quelle est la valeur de l'accélération  $a$  pendant la phase de freinage?
- Quelle est la durée totale de la descente du parachutiste, de  $h_0$  jusqu'au sol?

**Solution.**

- Lors de la chute libre, le parachutiste suit un MRUA de vitesse initiale nulle, de position initiale  $h_0$  et d'accélération  $-g$  :

$$x_a(t) = h_0 - \frac{gt^2}{2}, \quad v_a(t) = -gt$$

Une fois le parachute ouvert, celui-ci freine le mouvement. La personne suit un MRUA de vitesse initiale  $v_1$  (qui est la vitesse finale du mouvement en chute libre), de position initiale  $h_1$ , et d'accélération totale  $a$  :

$$x_b(t) = h_1 + v_1t + \frac{at^2}{2}, \quad v_b(t) = v_1 + at$$

L'accélération est elle orientée vers le haut (la force de freinage tire vers le haut), elle est donc positive.

Finalement, durant l'étape de descente à vitesse constante, le parachute suit un MRU de vitesse initiale  $v_2$  (qui est la vitesse finale du mouvement de freinage) et de position initiale  $h_2$  :

$$x_c(t) = h_2 + v_2t, \quad v_c(t) = v_2$$

- Il faut calculer le temps  $t$  auquel  $x_a(t) = h_1$  pour la première phase, celle de chute libre. On doit donc résoudre  $875 = 1000 - \frac{10t^2}{2}$ . En isolant le temps,  $t^2 = 25\text{ s}^2$  et donc  $t = 5\text{ s}$ . On peut ensuite déterminer la vitesse à ce moment,  $v_a(5\text{ s}) = -10 \times 5 = -50,0\text{ m/s}$ . Celle-ci correspond donc à  $v_1$ , et est négative vu que la vitesse est dirigée vers le bas.
- Comme au point précédent, nous remplaçons la position finale de ce mouvement dans l'équation pour déterminer le temps qu'il prend :

$$x_b(t) = h_2 = h_1 + v_1t + \frac{at^2}{2}$$

Pareil pour la vitesse :

$$v_b(t) = v_2 = v_1 + at$$

Nous avons ici deux inconnues (la durée  $t$  du mouvement de freinage et l'accélération  $a$ ) et deux équations (position et vitesse), ce système est résoluble. A partir de l'équation pour la vitesse, nous trouvons  $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$ , que nous remplaçons dans l'équation de la position :

$$\begin{aligned}
h_2 &= h_1 + v_1 t + \frac{(v_2 - v_1)t^2}{2t} \\
&= h_1 + v_1 t + \frac{(v_2 - v_1)t}{2} \\
&= h_1 + t \left( v_1 + \frac{(v_2 - v_1)}{2} \right) \\
&= h_1 + t \left( \frac{(v_2 + v_1)}{2} \right) \\
\Leftrightarrow t &= \frac{h_2 - h_1}{\left( \frac{(v_2 + v_1)}{2} \right)} = \frac{2(h_2 - h_1)}{v_2 + v_1} = \frac{2(500 - 875)}{-50 - 3} = 14,15 \text{ s}
\end{aligned}$$

On peut utiliser ceci pour déterminer  $a$  à partir de  $\frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{-3 - (-50)}{14,15} = 3,32 \text{ m/s}^2$ .

- d) Il reste à calculer la durée de la chute à vitesse constante jusqu'au sol, puis à l'additionner aux durées des deux phases précédentes que nous avons déjà calculé. Il faut donc déterminer le moment où le parachutiste atteint le sol,  $x_c(t) = 0 = h_2 + v_2 t$ . On isole le temps  $t$  :  $t = -\frac{h_2}{v_2} = -\frac{500}{-3} = 167 \text{ s}$ .

On additionne finalement cette durée aux précédentes, et la durée de chute totale est  $t_{\text{total}} = 166,67 + 14,15 + 5 = 186 \text{ s}$ .

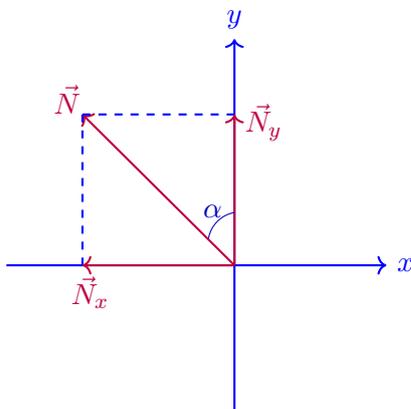
**Question 6 (3 points)** Une personne en rollerblade s'engage dans un tournant à pleine vitesse. Pendant ce mouvement, elle suit un arc de cercle de rayon 4,5 m à vitesse constante de 5,0 m/s.

- Quelle est son accélération centripète au cours de ce mouvement ? Quelle est sa direction et son sens ?
- Quel angle doit faire son corps avec la verticale de manière à épouser la courbe sans tomber ? (Indication : la réaction du sol sur le corps est dirigée selon la direction du corps)



**Solution.**

- L'accélération centripète pour un mouvement circulaire uniforme est donné par  $a_c = \frac{v^2}{R}$  où  $R$  est le rayon du cercle. Il suffit de calculer,  $a_c = \frac{5,0^2}{4,5} = 5,6 \text{ m/s}^2$ . Elle est orientée vers le centre du cercle formé par sa trajectoire.
- Il faut projeter la réaction du sol orientée sur le corps en ses composantes  $x$  et  $y$ , afin que la composante verticale se compense avec la gravité et que la composante horizontale corresponde à la force centripète qui permet d'avoir une trajectoire courbe. La seconde loi de Newton indique que  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_c$ . Les deux forces en présence sont donc la gravité et la réaction du sol,  $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{N}$ .



Projetons maintenant sur les axes  $x$  et  $y$  :

$$\text{Sur } x : N \sin(\theta) = ma_c,$$

$$\text{Sur } y : N \cos(\theta) = mg.$$

En divisant ces deux équations, on obtient  $\tan(\theta) = \frac{ma_c}{mg} = \frac{a_c}{g} = \frac{5,6}{10} = 0,56$ , et donc l'angle vaut  $\theta = \arctan(0,56) = 29^\circ$ .

---

PHYS-F104  
**Examen de janvier**  
12 janvier 2018

---

Nom :

Prénom :

N° de carte d'étudiant :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de carte d'étudiant et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
5. Vous pouvez consulter votre aide mémoire (une feuille A4 recto-verso manuscrite). Celui-ci doit porter votre nom et ne peut pas être prêté.
6. Vous pouvez utiliser une calculatrice.
7. Les calculatrices ne peuvent pas être prêtées.
8. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
9. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
10. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :
  - Accélération de la pesanteur à la surface de la Terre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ;
  - Constante de Newton :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .
11. L'examen dure **deux heures (120 minutes)**.

Bon travail !

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Une voiture d'une demi-tonne se déplaçant à une vitesse de 20 m/s entre en collision avec une camionnette à l'arrêt. Après l'accident, les épaves sont accrochées l'une à l'autre et se déplacent à une vitesse de 18 km/h.

- Quelle était la masse de la camionnette?
- Calculer l'énergie dissipée lors de la collision.

**Solution.** On utilise la conservation de la quantité de mouvement. Avant la collision, la quantité de mouvement totale vaut :

$$P = p_v + p_c = m_v v_v + m_c v_c = m_v v_v,$$

où l'indice  $v$  correspond à la voiture et l'indice  $c$  à la camionnette.

Après collision, les deux véhicules sont collés ensemble et ont donc la même vitesse  $v' = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$ . On trouve :

$$P' = (m_v + m_c)v'.$$

Par conservation de la quantité de mouvement,

$$P' = P$$

En remplaçant par les valeurs obtenues plus haut,

$$(m_v + m_c)v' = m_v v_v$$

Ce qui donne :

$$m_c v' = m_v v_v - m_v v'$$

Et enfin :

$$m_c = m_v \left( \frac{v_v}{v'} - 1 \right) = 500 \text{ kg} \left( \frac{20}{5} - 1 \right) = 1500 \text{ kg}.$$

L'énergie cinétique dissipée correspond à la différence entre l'énergie cinétique avant collision  $K$  et l'énergie cinétique après collision  $K'$ . On trouve pour ces deux quantités :

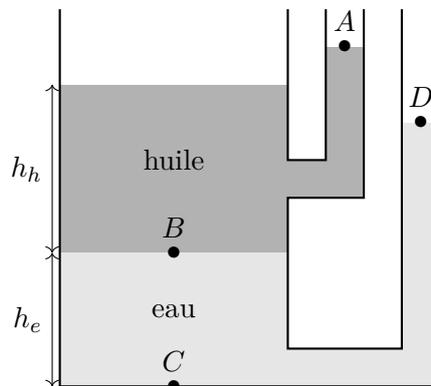
$$\begin{cases} K &= \frac{1}{2} m_v v_v^2 + \frac{1}{2} m_c v_c^2 = \frac{1}{2} m_v v_v^2 \\ K' &= \frac{1}{2} (m_v + m_c) v'^2 \end{cases}$$

L'énergie dissipée vaut donc :

$$\begin{aligned} \Delta K = K - K' &= \frac{1}{2} m_v v_v^2 - \frac{1}{2} (m_v + m_c) v'^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 500 \text{ kg} \times (20 \text{ m/s})^2 - \frac{1}{2} \times 2000 \text{ kg} \times (5 \text{ m/s})^2 \\ &= 75 \text{ kJ}. \end{aligned}$$

**Question 2 (3 points)** Soit un réservoir ouvert et rempli par deux liquides :

- De l'eau de masse volumique  $\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ , sur une hauteur  $h_e = 4 \text{ m}$  ;
- De l'huile de masse volumique  $\rho_h = 850 \text{ kg/m}^3$ , sur une hauteur  $h_h = 5 \text{ m}$ .



- a) Calculer la hauteur du point  $A$  par rapport au bas du récipient, et corriger l'erreur sur le schéma ;
- b) Si la pression atmosphérique est de  $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ hPa}$ , calculer la pression en les points  $B$  et  $C$  ;
- c) Calculer la hauteur du point  $D$  par rapport au bas du réservoir.

**Solution.** Sur le schéma, le niveau de l'huile devrait être le même dans le réservoir principal et dans le tuyau. Le point  $A$  est alors situé à une hauteur  $h_h + h_e = 9 \text{ m}$  au-dessus du fond.

La pression en  $B$  est égale à la pression atmosphérique plus la pression de la couche d'huile :

$$\begin{aligned} P_B &= P_{\text{atm}} + P_h = P_{\text{atm}} + \rho_h g h_h \\ &= 10^5 \text{ Pa} + 850 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= 143 \times 10^3 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

Un raisonnement similaire conduit à la pression en  $C$  :

$$\begin{aligned} P_C &= P_B + P_e = P_B + \rho_e g h_e \\ &= 143 \times 10^3 \text{ Pa} + 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m} \\ &= 183 \times 10^3 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

Pour trouver la hauteur du point  $D$ , on cherche la hauteur de la colonne d'eau nécessaire pour créer la pression qu'on a trouvée en  $C$  – sans oublier la pression atmosphérique :

$$P_C = P_{\text{atm}} + \rho_e g h.$$

La seule inconnue présente dans cette équation étant  $h$ , on peut l'isoler :

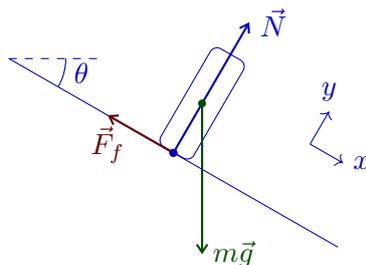
$$\begin{aligned} h &= \frac{P_C - P_{\text{atm}}}{\rho_e g h} = \frac{\rho_h g h_h + \rho_e g h_e}{\rho_e g h} = \frac{\rho_h}{\rho_e} h_h + h_e \\ &= \frac{850}{1000} \times 5 \text{ m} + 4 \text{ m} = 8,25 \text{ m}. \end{aligned}$$

**Question 3 (4 points)** Deux skieurs de masses  $m_1 = 50 \text{ kg}$  et  $m_2 = 100 \text{ kg}$  s'élancent, sans vitesses initiales, du haut d'une piste inclinée à  $30^\circ$  par rapport à l'horizontale. On considère les frottements sur la neige, dont le coefficient est  $\mu_d = 0,1$ .

Calculer :

- Les forces de frottement que les deux skieurs subissent ;
- Les accélérations des deux skieurs ;
- Leurs vitesses après 5 s. Qui arrivera le premier en bas de la pente ?

**Solution.** On tient le raisonnement pour un skieur de masse  $m$ , qu'on remplacera ensuite par  $m_1$  et  $m_2$ . La situation peut être représentée ainsi :



Si on projette les forces sur les axes  $x$  et  $y$  représentés sur le dessin, on obtient :

$$\begin{cases} \text{Selon } x : & mg \sin \theta - F_f = ma_x, \\ \text{Selon } y : & mg \cos \theta - N = ma_y. \end{cases}$$

Comme le skieur ne peut pas rentrer dans le sol ni s'envoler, il ne peut pas y avoir d'accélération selon  $y$  :  $a_y = 0$ . On trouve donc  $N = mg \cos \theta$ .

La force de frottement dynamique  $F_f$  est donnée par la relation :

$$F_f = \mu_d N = \mu_d mg \cos \theta.$$

En remplaçant  $m$  par  $m_1$  et  $m_2$ , on trouve  $F_{f1} = 43 \text{ N}$  et  $F_{f2} = 87 \text{ N}$ .

Une fois qu'on a trouvé l'intensité de la force de frottement, on utilise l'équation selon  $x$  pour trouver l'accélération :

$$\begin{aligned} mg \sin \theta - F_f &= ma_x \\ \Rightarrow a_x &= g(\sin \theta - \mu_d \cos \theta) = 4,1 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Notons que l'accélération ne dépend pas de la masse, et que les deux skieurs auront donc toujours la même vitesse.

Les accélérations étant constantes (elles ne dépendent pas du temps) et identiques, nous sommes en présence d'un seul MRUA. La vitesse après un temps  $t$  est donc donnée par :

$$v(t) = v_0 + at.$$

Ici, la vitesse initiale est nulle et l'accélération est  $a_x$ . En  $t = 5 \text{ s}$ , on trouve donc :

$$v = 21 \text{ m/s}.$$

Comme les deux skieurs ont la même accélération, ils arriveront en même temps en bas de la pente.

**Question 4 (4 points)** Un objet de masse  $m = 0,5 \text{ kg}$  est attaché à un ressort de raideur  $k = 20 \text{ N/m}$  et de masse négligeable dont une des extrémités est fixée à un support. On allonge le ressort et on lâche la masse sans vitesse initiale. La masse  $m$  glisse sans frottement sur le plan horizontal. L'énergie totale de cette oscillation harmonique simple est  $E_{\text{tot}} = 0,1 \text{ J}$ .

- Déterminer l'amplitude maximale  $A$  des oscillations ;
- Déterminer la vitesse à la position d'équilibre  $x = 0$  ;
- Trouver une expression reliant la vitesse de l'objet et sa position ;
- (Bonus) Représenter celle-ci sur un graphique de  $v$  en fonction de  $x$ .

On rappelle que l'équation suivante correspond à une ellipse dans le plan  $(x, y)$ , centrée en  $(0, 0)$  et de demi-axes  $a$  et  $b$  :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

**Solution.** L'énergie du système est donnée par :

$$E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2. \quad (1)$$

L'amplitude du mouvement correspond à la position  $x$  en laquelle la vitesse est nulle. Si on met  $v = 0$  dans l'équation ci-dessus, on trouve :

$$E = \frac{1}{2}kA^2,$$

ce qui donne le résultat suivant :

$$A = \sqrt{\frac{2E}{k}} = 10 \text{ cm}.$$

En mettant  $x = 0$  dans l'équation de l'énergie, on trouve :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 0,63 \text{ m/s}.$$

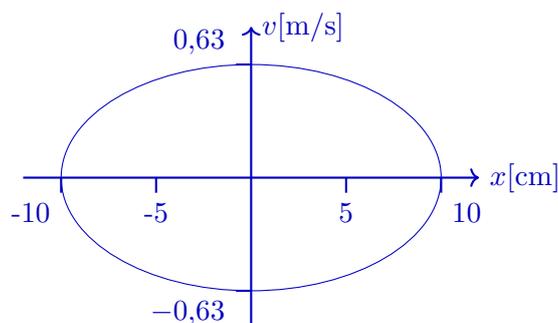
L'équation (1) répond déjà à la question. On peut la résoudre pour trouver :

$$v = \pm \sqrt{\frac{2E}{m} - \frac{kx^2}{m}}.$$

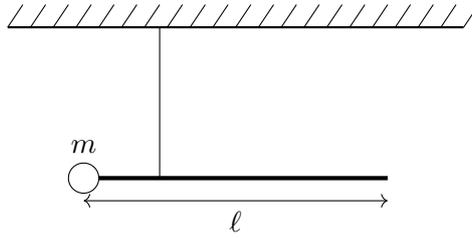
En divisant les deux membres de l'équation (1) par  $E$ , on obtient :

$$\frac{k}{2E}x^2 + \frac{m}{2E}v^2 = 1,$$

ce qui correspond à une ellipse dans le plan  $(x, v)$ . On peut utiliser les résultats des questions a) et b) pour trouver les échelles des axes. Le graphique ressemble à :



**Question 5 (3 points)** Une barre homogène de longueur  $\ell$  et de masse  $M = 5 \text{ kg}$  est attachée au plafond par un fil d'acier fixé au quart de sa longueur. Une sphère de bois de masse  $m$  est attachée à son extrémité la plus proche du fil.



- Pour quelle valeur de  $m$  la barre reste-t-elle horizontale ?
- Donner dans ce cas la position du centre de masse du système.

La masse  $m$  est en réalité de  $1 \text{ kg}$ , et la barre ne reste donc pas horizontale. On décide d'utiliser un grand ballon rempli d'hélium ( $\rho_{\text{He}} = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ) et de volume  $V = \frac{4}{3} \text{ m}^3$  pour maintenir la barre. On laisse la sphère de bois en place.

Si la masse volumique de l'air ambiant est  $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ,

- Où faut-il attacher le ballon sur la barre pour la maintenir horizontale ?

**Solution.** La barre reste horizontale si la somme des moments est égale à  $\vec{0}$ . Calculons celle-ci par rapport au point d'attache du fil :

$$\sum \vec{\mathcal{M}} = \vec{\mathcal{M}}_m + \vec{\mathcal{M}}_T + \vec{\mathcal{M}}_M,$$

où  $\vec{\mathcal{M}}_m$  est le moment du poids de la sphère,  $\vec{\mathcal{M}}_T$  le moment de la tension dans le fil et  $\vec{\mathcal{M}}_M$  le moment du poids de la barre.

On calcule les moments en utilisant la définition  $\vec{\mathcal{M}} = \vec{x}_F \times \vec{F}$ . On trouve :

- Le moment de  $\vec{T}$  est nul,  $\vec{\mathcal{M}}_T = \vec{0}$ , parce que  $\vec{x}_T = \vec{0}$ ;
- $\vec{\mathcal{M}}_m$  sort de la feuille et a pour module :

$$|\vec{\mathcal{M}}_m| = |\vec{x}_m| |m\vec{g}| \sin 90^\circ = \frac{\ell}{4} gm ;$$

- $\vec{\mathcal{M}}_M$  rentre dans la feuille et a pour module :

$$|\vec{\mathcal{M}}_M| = |\vec{x}_M| |M\vec{g}| \sin 90^\circ = \frac{\ell}{4} gM.$$

Pour que la somme des moments soit nulle, le moment rentrant doit exactement compenser le moment sortant, ce qui est le cas seulement si  $m = M$ . On trouve donc  $m = 5 \text{ kg}$ .

\* \* \*

*Méthode 1.* Pour que le système soit en équilibre, son centre de masse doit être situé exactement sous son point d'attache, ce qui donne sa position dans le plan horizontal. Il reste à déterminer sa hauteur, qu'on trouve être celle du centre de la barre par symétrie. Le CM est donc situé au centre de la barre, à hauteur du point de fixation du fil.

*Méthode 2.* Le système étant composé de deux objets, on peut trouver la position du centre de masse par calcul direct :

$$\vec{x}_{\text{CM}} = \frac{m\vec{x}_m + M\vec{x}_M}{m + M}.$$

Si on prend un axe  $x$  horizontal dont l'origine est au point d'attache de la corde, on trouve :

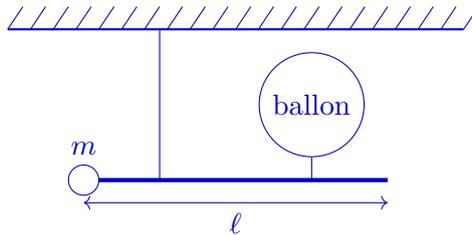
$$\vec{x}_m = -\frac{\ell}{4}\vec{i} \quad \text{et} \quad \vec{x}_M = \frac{\ell}{4}\vec{i}.$$

Comme, dans le cas qui nous occupe,  $m = M$ , on obtient  $\vec{x}_{\text{CM}} = \vec{0}$ , soit le même résultat que précédemment.

\* \* \*

Quand la masse  $m$  est de 1 kg, elle ne peut plus retenir la barre (on a montré qu'il faudrait pour ça une masse de 5 kg). Le système se met donc naturellement à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre.

Le ballon est rempli d'hélium, un gaz plus léger que l'air (ce qu'on voit en comparant les masses volumiques). Un tel ballon a tendance à s'envoler, porté par la force d'Archimède. Il va donc tirer la barre vers le haut, et il faudra l'attacher à droite du point de suspension :



Si le ballon tire la barre vers le haut avec une force  $\vec{F}_{\text{ballon}/\text{barre}}$ , la barre tire le ballon vers le bas avec une force  $\vec{F}_{\text{barre}/\text{ballon}} = -\vec{F}_{\text{ballon}/\text{barre}}$ . On peut la calculer en faisant le bilan des forces sur le ballon à l'équilibre :

$$\sum \vec{F} = m_{\text{ballon}}\vec{g} + \vec{F}_a + \vec{F}_{\text{barre}/\text{ballon}} = \vec{0},$$

où  $\vec{F}_a$  est la poussée d'Archimède.

En projetant cette équation sur un axe vertical, on trouve :

$$-m_{\text{ballon}}g + F_a + F_{\text{barre}/\text{ballon}} = 0,$$

ou encore, en écrivant  $m_{\text{ballon}} = \rho_{\text{He}}V$  :

$$F_{\text{barre}/\text{ballon}} = \rho_{\text{air}}gV - m_{\text{ballon}}g = \rho_{\text{air}}gV - \rho_{\text{He}}Vg = (\rho_{\text{air}} - \rho_{\text{He}})gV.$$

On peut maintenant imposer que la somme des moments soit nulle, ce qui correspond à l'équilibre :

$$\sum \vec{\mathcal{M}} = \vec{\mathcal{M}}_m + \vec{\mathcal{M}}_T + \vec{\mathcal{M}}_M + \vec{\mathcal{M}}_F = \vec{0}.$$

Comme précédemment,  $\vec{\mathcal{M}}_m$  est sortant avec  $|\vec{\mathcal{M}}_m| = \frac{\ell}{4}mg$ ,  $\vec{\mathcal{M}}_T = \vec{0}$  et  $\vec{\mathcal{M}}_M$  est rentrant avec  $|\vec{\mathcal{M}}_M| = \frac{\ell}{4}Mg$ . Il reste à calculer  $\vec{\mathcal{M}}_F = \vec{x}_F \times \vec{F}$ , qui est sortant si le ballon est attaché à droite du fil. On trouve :

$$|\vec{\mathcal{M}}_F| = x_F F = x_F(\rho_{\text{air}} - \rho_{\text{He}})gV.$$

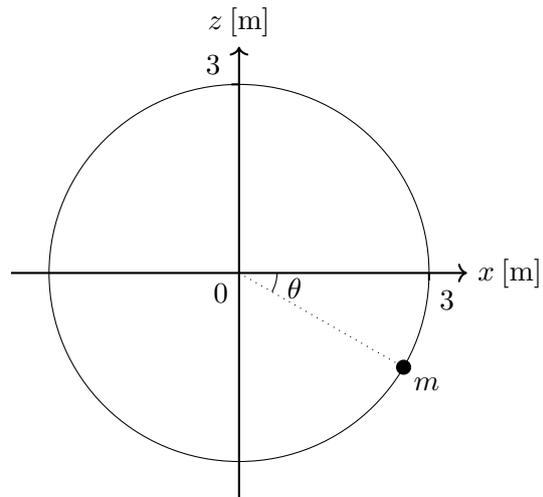
Pour que les moments sortants compensent les moments rentrants, il faut que :

$$\begin{aligned} \frac{\ell}{4}mg + x_F(\rho_{\text{air}} - \rho_{\text{He}})gV &= \frac{\ell}{4}Mg \\ \Leftrightarrow x_F(\rho_{\text{air}} - \rho_{\text{He}})V &= \frac{\ell}{4}(M - m) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Leftrightarrow x_F &= \frac{\ell}{4} \frac{M - m}{(\rho_{\text{air}} - \rho_{\text{He}})V} \\ &= \frac{\ell}{4} \times \frac{5 \text{ kg} - 1 \text{ kg}}{(1,2 \text{ kg/m}^3 - 0,2 \text{ kg/m}^3) \times \frac{4}{3} \text{m}^3} \\ &= \frac{3}{4} \ell.\end{aligned}$$

Il faut donc attacher le ballon à l'extrémité de la barre opposée à la sphère de bois.

**Question 6 (3 points)** Un skater de masse  $m = 50 \text{ kg}$  entame un « looping », suivant une trajectoire circulaire de rayon  $R = 3 \text{ m}$  dans le plan vertical.



Afin de simplifier le problème, on considère le skateur comme un point matériel situé sur le bord du cercle (voir schéma ci-dessus), et on néglige les frottements.

- a) Au moment où le skateur passe par la position faisant un angle de  $\theta = 30^\circ$  sous l'horizontale, sa vitesse est de  $11 \text{ m/s}$ . Déterminer en ce point :
- L'accélération tangentielle  $a_\tau$  ;
  - L'accélération normale  $a_n$  ;
  - La réaction du support (ou force normale) ;
- b) Que vaut la vitesse au point le plus bas, sachant qu'elle vaut  $6 \text{ m/s}$  au sommet de la trajectoire ?

**Solution.** La première partie se résout en écrivant  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  ; on trouve :

$$a_\tau = \pm g \cos \theta = \pm 8,7 \text{ m/s}^2,$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = 40 \text{ m/s}^2,$$

$$N = ma_n + mg \sin \theta = 2,3 \text{ kN}.$$

Le  $\pm$  qui apparaît dans l'accélération tangentielle traduit le fait que l'énoncé ne précise pas le sens de parcours du skateur.

La seconde partie se résout en utilisant la conservation de l'énergie ; on trouve :

$$v = \sqrt{4gR + v_{\text{sommet}}^2} = 12 \text{ m/s}.$$

# Examen de juin 2018

## Première partie

14 juin 2018

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
densité de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$   
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ , soient deux vecteurs  $\vec{u}(1, s, 0)$  et  $\vec{v}(\sqrt{2}, -1, 0)$  ainsi qu'un point  $A(0, -1, 2)$ .

- Calculez  $s$  tel que  $\vec{u} \perp \vec{v}$ .
- Avec cette valeur de  $s$ , calculez le module de  $\vec{u} \wedge \vec{v}$ , et indiquez sa direction et son sens.
- Déterminer les composantes du vecteur  $\vec{x}$  tel que  $\vec{u} + \vec{x} = \vec{v}$ .
- Trouvez les coordonnées du point  $M$  tel que  $\overrightarrow{AM} = \vec{x} + \vec{u} + \vec{v}$

**Solution.**

- Pour avoir  $\vec{u} \perp \vec{v}$ , il faut que le produit scalaire entre les deux vecteurs soit nul,  $\vec{u} \cdot \vec{v} = 0$ . Le produit scalaire est donné par

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = 1 \times \sqrt{2} + s \times -1 + 0 \times 0 = 0.$$

L'équation à une inconnue obtenue est alors  $\sqrt{2} - s = 0$ . Il reste à isoler  $s$ , ce qui donne  $s = \sqrt{2}$ .

- Vu que les deux vecteurs sont perpendiculaires, l'angle  $\theta$  entre les deux vecteurs vaut  $90^\circ$  et la norme du produit vectoriel vaut  $|\vec{u} \wedge \vec{v}| = |\vec{u}||\vec{v}| \sin(\theta) = |\vec{u}||\vec{v}|$ . Il reste à calculer les normes des deux vecteurs,

$$\begin{aligned} |\vec{u}| &= \sqrt{1^2 + \sqrt{2}^2 + 0^2} = \sqrt{3}, \\ |\vec{v}| &= \sqrt{\sqrt{2}^2 + (-1)^2 + 0^2} = \sqrt{3}, \\ |\vec{u} \wedge \vec{v}| &= \sqrt{3}\sqrt{3} = 3. \end{aligned}$$

La direction de ce produit vectoriel est

- Il faut résoudre une équation vectorielle. Si les composantes de  $\vec{x}$  sont  $(x_a, x_b, x_c)$ , l'équation est

$$(1 + x_a, \sqrt{2} + x_b, 0 + x_c) = (\sqrt{2}, -1, 0)$$

ce qui fait trois équations à une inconnue à résoudre. On obtient alors  $x_a = \sqrt{2} - 1, x_b = -1 - \sqrt{2}, x_c = 0$ .

- Si les composantes du point  $M$  sont  $(M_x, M_y, M_z)$ , l'équation vectorielle à résoudre ici est

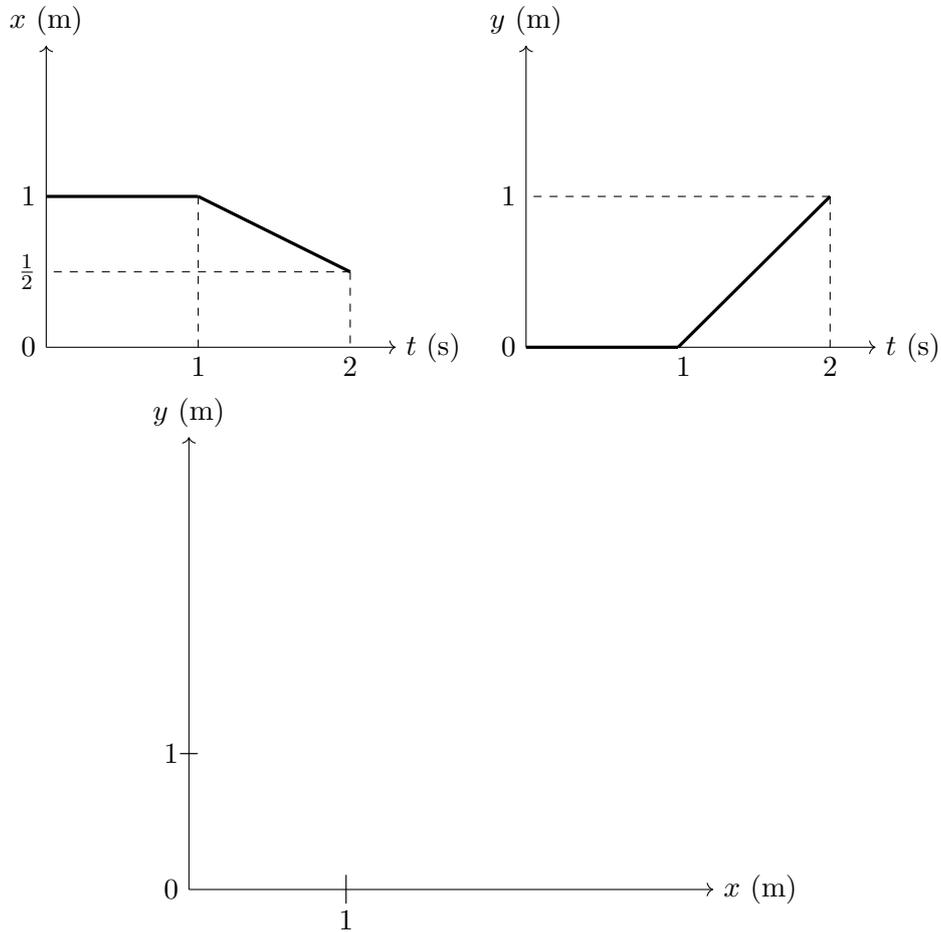
$$(M_x - 0, M_y + 1, M_z - 2) = (2\sqrt{2}, -2, 0)$$

ce qui donne de nouveau trois équations à une inconnue à résoudre. On obtient  $M_x = 2\sqrt{2}, M_y = -3, M_z = 2$ .

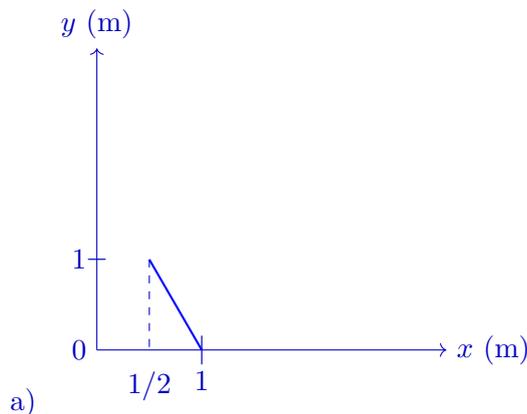
**Question 2 (3 points)**

Soit le mouvement d'un mobile dans un plan  $(O,x,y)$  durant deux secondes. Les positions  $x(t)$  et  $y(t)$  sont représentées sur les graphes ci-dessous.

- a) Dessinez la trajectoire sur le graphe de  $y$  en fonction de  $x$  durant les 2 secondes.
- b) Quelle est le vecteur position à  $t = 2\text{s}$ ? Quelle est la distance parcourue par le mobile entre  $t = 0\text{s}$  et  $t = 2\text{s}$ ?



**Solution.**



- b) Le vecteur position est  $\vec{x} = (\frac{1}{2}, 1)$ . La distance parcourue est  $\Delta x = |\vec{x} - \vec{x}_0|$  où  $\vec{x}_0$  est le vecteur décrivant la position initiale,  $(1, 0)$ . Ceci donne

$$\Delta x = \sqrt{\left(\frac{1}{2} - 1\right)^2 + (1 - 0)^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}.$$

**Question 3 (4 points)** Une bombe immobile explose en deux fragments dans un plan horizontal. Le fragment A est deux fois plus lourd que le fragment B,  $m_A = 2m_B$ .

- Si le fragment A parcourt 2 m, quelle est la distance parcourue par le fragment B ?
- Cette explosion conserve-t-elle l'énergie mécanique ? (Justifiez en une phrase).

Imaginons maintenant que la bombe explose en trois fragments.

- Exprimez la loi de la conservation de la quantité de mouvement dans ce système.
- Supposons  $m_A = m_B = m_C$ ,  $\vec{v}_A = (v_x, 1)\text{m/s}$ ,  $\vec{v}_B = (1, v_y)\text{m/s}$  et  $\vec{v}_C = (0, -1)\text{m/s}$ . Déterminez  $v_x$  et  $v_y$ .

**Solution.**

- Comme la quantité de mouvement doit être conservée et qu'elle est initialement nulle, la quantité de mouvement des deux fragments de la bombe doivent suivre

$$\begin{aligned}m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B &= 0, \\ \vec{v}_B &= -\frac{m_A}{m_B} \vec{v}_A \\ &= -2\vec{v}_A.\end{aligned}$$

Le fragment A va donc deux fois plus vite que le fragment B. Le signe  $-$  indique que les deux fragments vont dans des sens opposés. Si le fragment A parcourt 2 m, le fragment B parcourra 4 m.

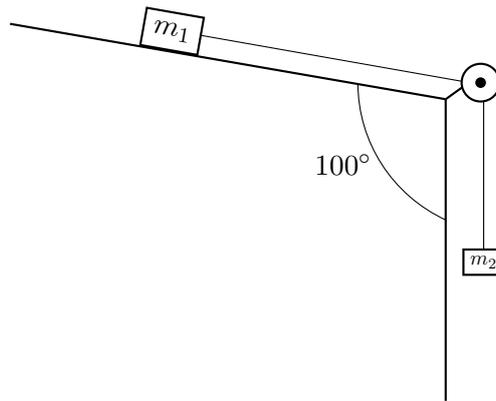
- Non, puisque l'énergie mécanique initiale est nulle, alors qu'elle est non-nulle après. L'énergie cinétique des fragments de la bombe provient de l'énergie potentielle chimique de la bombe.
- $\vec{P}_{final} = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B + m_C \vec{v}_C = \vec{P}_{initial} = \vec{0}$
- Les masses se simplifient toutes, et il reste

$$(v_x + 1 + 0, 1 + v_y - 1) = (0, 0).$$

Il faut donc résoudre deux équations à une inconnue, qui nous donnent  $v_x = -1$  et  $v_y = 0$ .

**Question 4 (4 points)** Soit une poulie de masse négligeable. La masse  $m_1$  est deux fois plus grande que  $m_2$ ,  $m_1 = 2m_2 = 1 \text{ kg}$ . Elles sont reliées par un fil inextensible et de masse négligeable comme indiqué sur le schéma, et on néglige les frottements entre le fil et la poulie. La masse  $m_2$  pend au bout du fil, alors que  $m_1$  est posée sur un plan incliné.  $\mu_s$  est le coefficient de frottement statique entre le plan incliné et la masse  $m_1$ .

- Représenter toutes les forces qui agissent sur les masses  $m_1$  et  $m_2$  sur le schéma et écrire les équations vectorielles décrivant l'équilibre statique du système.
- Que vaut le coefficient de frottement statique  $\mu_s$  tel que les masses  $m_1$  et  $m_2$  restent en équilibre statique ?
- Supposons que le système se mette en mouvement, avec la masse  $m_2$  se déplaçant vers le bas. Sachant que le coefficient de frottement cinétique est  $\mu_d = 0.2$ , calculez l'accélération du système ainsi que la tension dans le fil.



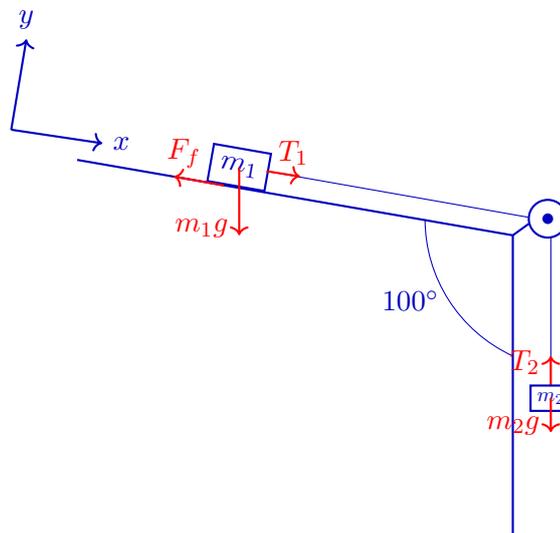
**Solution.**

- Le bilan de force est donné pour la masse  $m_1$  par

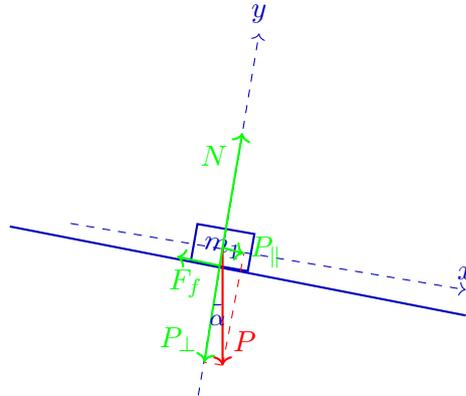
$$\vec{P}_1 + \vec{F}_f + \vec{T}_1 = \vec{0},$$

et pour la masse  $m_2$  par

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = \vec{0}.$$



- b) L'équilibre statique est donné pour la masse  $m_1$  en considérant le bilan de forces usuel d'un plan incliné. L'angle entre le plan incliné et l'horizontal est  $\alpha = 10^\circ$ . Si on pose son système d'axe comme dans le schéma, on peut projeter les différentes forces dessus.



$$\begin{aligned} P_{\parallel} + T - F_f &= 0, \\ -P_{\perp} + N &= 0, \end{aligned}$$

les forces de frottement sont donnés par  $F_f = \mu_s N = \mu_s P_{\perp}$  et vu que le fil est inextensible et de masse négligeable,  $T = m_2 g$ . On peut donc isoler  $\mu_s$  dans cette équation,

$$\begin{aligned} m_1 g \sin(10) + T - \mu_s m_1 g \cos(10) &= 0, \\ \mu_s &= \frac{m_1 g \sin(10) + m_2 g}{m_1 g \cos(10)}. \end{aligned}$$

On peut remplacer par les valeurs numériques, ce qui donne  $\mu_s = 0.68$ .

- c) Dans ce cas, le bilan de forces précédent devient

$$m_1 g \sin(10) + m_2 g - \mu_d m_1 g \cos(10) = M a.$$

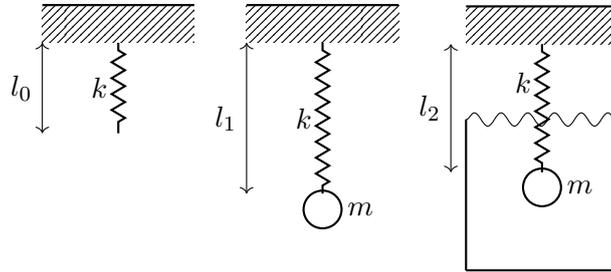
où  $M = m_1 + m_2$ . Cette fois, on isole l'accélération

$$a = \frac{m_1 g \sin(10) + m_2 g - \mu_d m_1 g \cos(10)}{M}.$$

En remplaçant par les valeurs numériques, on obtient  $a = 3,18 \text{ m/s}^2$ .

**Question 5 (3 points)**

Soit une masse sphérique de rayon  $r = 5$  cm et de masse  $m = 1$  kg accrochée à un ressort de constante de rappel  $k = 20$  N/m. Au repos, le ressort a une longueur  $l_0$ . Avec la masse accrochée à l'air libre, cette longueur devient  $l_1$ . Lorsque la masse accrochée est plongée dans de l'eau, la longueur devient  $l_2$ . Déterminez  $(l_2 - l_1)$ .



**Solution.** L'équilibre statique pour la masse pendante à l'air libre est  $mg = k(l_1 - l_0)$ . L'équilibre statique pour la masse plongée dans l'eau est  $mg = k(l_2 - l_0) + \rho_{eau}gV$  avec cette fois-ci la contribution de la force d'Archimède. La masse est une sphère, donc  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ . Si on fait la différence entre les deux équations, on obtient

$$0 = k(l_2 - l_0) - k(l_1 - l_0) + \rho_{eau}gV.$$

Si on effectue,

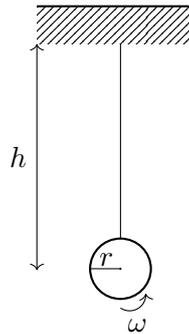
$$0 = k(l_2 - l_1) + \rho_{eau}gV,$$
$$(l_2 - l_1) = -\frac{\rho_{eau}gV}{k}.$$

Il ne reste plus qu'à remplacer par les valeurs numériques, ce qui fournit  $(l_2 - l_1) = -0,26$  m.

**Question 6 (3 points)** Soit un yo-yo, qui est un cylindre de masse  $m = 50\text{ g}$  et de rayon  $r = 2\text{ cm}$ . Il est initialement lâché avec une vitesse initiale nulle.

- Une fois le fil entièrement déroulé, le yo-yo est au plus bas de sa trajectoire, à une hauteur  $h = 1\text{ m}$  (voir schéma). Il y reste indéfiniment à tourner sur lui-même sans monter ni descendre, tant que l'on ne fait pas de mouvement de poignet pour le faire remonter. Déterminez la vitesse angulaire  $\omega$  du yo-yo pendant ce temps où le yo-yo tourne sur lui-même, à cette hauteur  $h$ .
- Calculez la tension dans le fil ainsi que l'accélération tangentielle du yo-yo durant ce même moment.

**Remarque :** Le moment d'inertie d'un cylindre est  $I = \frac{1}{2}mr^2$ .



**Solution.**

- La vitesse angulaire est donnée par la conservation de l'énergie mécanique. L'énergie initiale qu'avait le yo-yo lorsqu'on l'a lancé tout en haut était uniquement potentielle,  $mgh$  (lâché avec une vitesse initiale nulle). Une fois arrivé en bas, et alors qu'il tourne sans mouvement de montée ou de descente, le yo-yo a uniquement une énergie cinétique de rotation  $\frac{1}{2}I\omega^2$  qui détermine la vitesse angulaire constante à laquelle il va tourner. Il ne reste qu'à égaliser ces deux énergies et à isoler  $\omega$ ,

$$mgh = I\omega^2,$$

$$\omega = \sqrt{\frac{mgh}{I}}.$$

On peut alors remplacer par les valeurs numériques, et on obtient  $\omega = 223,6\text{ rad/s}$

- Vu qu'il n'y a aucun mouvement de montée ou de descente, il n'y a aucune accélération. Autrement dit, le centre de masse de l'objet est immobile, le yo-yo est donc en fait en équilibre statique. Le bilan de force donne alors que la tension est simplement  $T = mg$ . L'accélération tangentielle est donnée par  $a_t = r\alpha$ , où  $\alpha$  est l'accélération angulaire. Le yo-yo tourne à vitesse angulaire constante, il n'y a aucune accélération tangentielle,  $\alpha = 0$  et donc  $a_t = 0$ . Une autre manière de le voir est que  $I\alpha$  est égal au bilan des moments de force présents dans le système. Tous les moments de forces ici valent zéro (si on prend le centre du yo-yo comme point de référence, le vecteur position du point d'application et la force elle-même sont parallèles pour les deux forces présentes dans le système, la tension et le poids).

## Examen de juin 2018 Seconde partie

14 juin 2018

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :

constante de Coulomb :	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	=	$9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$
seuil d'audibilité de l'oreille humaine :	$I_0$	=	$1,00 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$
vitesse de la lumière :	$c$	=	$3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$
vitesse du son dans l'air :	$v_{\text{air}}$	=	$340 \text{ m/s}$
indice de réfraction de l'air :	$n_{\text{air}}$	=	$1,00$
densité de l'air :	$\rho_{\text{air}}$	=	$1,3 \text{ kg/m}^3$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

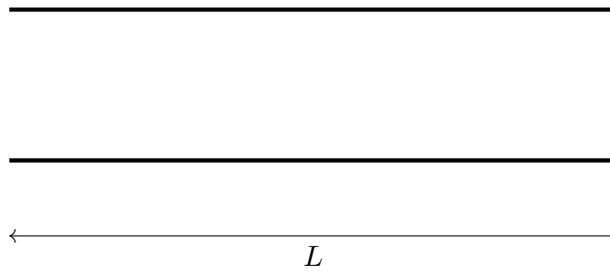


Schéma 1

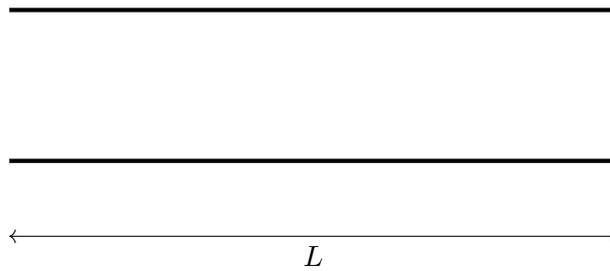


Schéma 2

**Question 1 (3 points)** On souffle dans un instrument à vent qui peut être modélisé comme un simple tube dont les deux extrémités sont ouvertes (schéma 1). Il produit un son qui correspond à la note  $la_3$ , c'est-à-dire à une fréquence de 440 Hz. L'instrument a une longueur  $L = 1,55$  m. On considère qu'en soufflant dans l'instrument, on excite la quatrième harmonique.

- Dessinez la quatrième harmonique sur le schéma 1 et déterminez sa longueur d'onde.
- Retrouvez la vitesse du son dans l'air à partir des informations de l'énoncé et de la première question.
- Si on ferme l'une des extrémités du tube (voir schéma 2) tout en continuant à exciter la quatrième harmonique en soufflant, que devient la fréquence jouée par l'instrument ? Tracez la quatrième harmonique sur le schéma 2 pour vous aider.

**Solution.**

- La formule liant la longueur d'onde et la longueur du tube pour les ondes stationnaires dans un tuyau ouvert-ouvert est

$$L = \frac{n\lambda}{2}.$$

Ici,  $n = 4$  car on considère la quatrième harmonique. Dans ce cas,

$$\lambda = L/2 = 1,55/2 = 77,5 \text{ cm}.$$



- La vitesse du son est donnée par

$$v = \lambda f = 0,775 \times 440 \approx 340 \text{ m/s}.$$

c) Le tube est maintenant ouvert/fermé. La relation devient

$$L = \frac{(2n - 1)\lambda}{4}$$

et donc

$$\lambda = 4L/7 = 4 \times 1,55/7 = 44,29 \text{ cm,}$$

$$f = v/\lambda = 340/0,8857 = 383,88 \text{ Hz.}$$

On obtient un son plus grave, correspondant à peu près au  $sol_3$ .



## Question 2 (3 points)

- a) La sonnerie de l'École Européenne utilise un haut-parleur qui émet une puissance sonore de 0,5 W.
- 1) Si cette école se trouve à 200 m des Forums où se passe l'examen, quel est le niveau sonore en dB que nous percevons lorsque la sonnerie retentit ?
  - 2) Quelle est l'amplitude de pression qui est exercée sur notre tympan ?
- b) Après les examens, un étudiant va se relaxer à l'après-midi gazon qui est organisée sur la pelouse du bâtiment NO. Cet étudiant se trouve à 50 m de la sono. Le seuil de douleur de l'oreille humaine est de  $\beta_1 = 120$  dB alors qu'un niveau d'intensité  $\beta_2 = 160$  dB détruit le tympan. Quelle puissance ne doit pas atteindre la sono de l'après-midi gazon pour que l'étudiant :
- 1) commence à avoir mal aux oreilles ?
  - 2) devienne sourd ?

### Solution.

- a) 1) Le niveau sonore est défini comme

$$\beta = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right).$$

L'intensité  $I$  est donnée par

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

où  $P$  est la puissance de la source sonore et  $r$  la distance entre la source et l'observateur. En combinant les deux formules, on obtient

$$\beta = 10 \log \left( \frac{P}{I_0 4\pi r^2} \right) = 10 \log \left( \frac{0.5}{10^{-12} 4\pi (200)^2} \right) \approx 60 \text{ dB.}$$

- 2) L'amplitude de pression  $\Delta p$  se retrouve dans la définition de l'intensité

$$I = \frac{\Delta p^2}{2\rho v}$$

où  $\rho$  est la masse volumique de l'air et  $v$  la vitesse du son dans l'air. On peut alors isoler

$$\Delta p = \sqrt{2I\rho v} = \sqrt{2\rho v \frac{P}{4\pi r^2}} = 0,03 \text{ Pa.}$$

- b) On isole l'intensité dans la définition du niveau sonore

$$I = I_0 10^{\beta/10}$$

- 1)

$$I_{\text{douleur}} = I_0 10^{120/10} = 1 \text{ W/m}^2$$

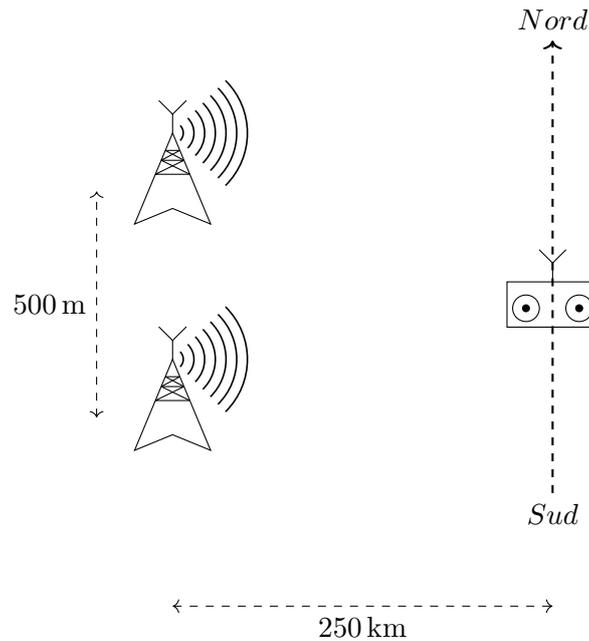
On trouve alors la puissance du haut parleur

$$P = I_{\text{douleur}} S = 1 \times 4\pi (50)^2 = 3 \times 10^4 \text{ W}$$

- 2)

$$I_{\text{sourd}} = I_0 10^{160/10} = 10^4 \text{ W/m}^2,$$

$$P = I_{\text{sourd}} S = 10^4 \times 4\pi (50)^2 = 3 \times 10^8 \text{ W}$$



**Question 3 (4 points)** Deux antennes émettent des ondes radio identiques de 1,0 MHz en phase. Elles sont distantes de 500 m le long de l'axe nord-sud. Un poste radio, situé 250 km à l'est, est à égale distance des deux antennes de sorte à recevoir un signal d'intensité maximale.

On rappelle que les ondes radios, tout comme les ondes lumineuses, sont des ondes électromagnétiques.

- Calculer la longueur d'onde des ondes radio émises par les antennes.
- Lorsqu'on déplace le poste radio le long d'un axe nord-sud, l'intensité du signal reçu varie. Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- De combien doit-on déplacer le poste radio vers le nord (à partir de sa position initiale) pour qu'il reçoive de nouveau un signal aussi fort ?

**Solution.**

a)

$$\lambda = v/f = 300 \text{ m.}$$

b) Il s'agit du phénomène d'interférences.

c) Nous pouvons appliquer la formule des fentes de Young,

$$y = m\lambda \frac{D}{d}.$$

Nous cherchons la frange numéro 1,

$$y = \lambda \frac{D}{d} = 150 \text{ km.}$$

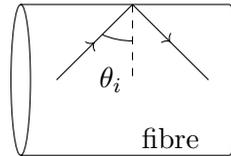


Schéma 1

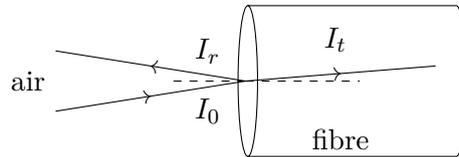


Schéma 2

**Question 4 (4 points)** Une fibre optique est faite d'un verre d'indice de réfraction  $n = 1,46$ .

- Les rayons lumineux doivent se réfléchir intégralement dans la fibre pour éviter les pertes. Un rayon lumineux frappe l'interface fibre/air sous une incidence  $\theta_i$  comme montré sur le schéma 1. Quel est l'angle d'incidence minimal  $\theta_i^{\text{lim}}$  des rayons pour ne pas avoir de rayons réfractés dans l'air ?
- Lorsqu'on injecte un faisceau lumineux d'intensité  $I_0$  à l'entrée de la fibre, une fraction de l'intensité initiale est transmise ( $I_t$ ) et une fraction est réfléchi ( $I_r$ ) comme illustré sur le schéma 2. Faites une hypothèse sur l'angle d'incidence du faisceau qui vous permet de déterminer, en pourcentage, les pertes dues à la réflexion.
- Qu'arrive-t-il à un faisceau de lumière se propageant dans la fibre optique (schéma 1) lorsque cette dernière est plongée dans de l'huile d'olive, d'indice de réfraction identique à celui de la fibre  $n_{\text{huile}} = n$  ?

**Solution.**

- On trouve l'angle limite de réflexion totale à partir du moment où l'angle de réfraction est égal à  $90^\circ$ . Donc

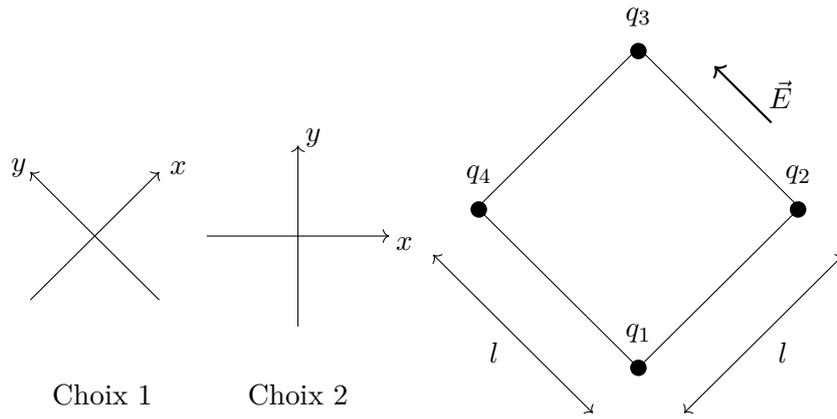
$$n_{\text{fibre}} \sin \theta_i^{\text{lim}} = n_{\text{air}},$$

$$\theta_i^{\text{lim}} = \arcsin \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{fibre}}} = 43,23^\circ.$$

- Si on suppose que l'angle d'incidence est assez proche de zéro, donc que le rayon arrive quasiment perpendiculairement à la surface, on peut utiliser la formule suivante pour le pourcentage d'intensité lumineuse réfléchi

$$\frac{I_r}{I_0} = \left( \frac{n_{\text{fibre}} - n_{\text{air}}}{n_{\text{fibre}} + n_{\text{air}}} \right)^2 = 0,035 = 3,5\%.$$

- La fibre optique et le milieu extérieur ont alors le même indice de réfraction : il ne se passe plus rien à leur interface. Pour la lumière, les deux sont le même milieu. La lumière continue à se propager sans subir ni réfraction, ni réflexion, et sort donc de la fibre optique.



**Question 5 (3 points)** Quatre charges électriques de masse négligeable sont fixées aux sommets d'un carré de côté  $l = 0,1 \text{ m}$  (voir figure). Ces charges sont de  $q_1 = -1 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -1/2 \mu\text{C}$ ,  $q_3 = \sqrt{2} \mu\text{C}$  et  $q_4 = 1/2 \mu\text{C}$ .

- a) Calculez la force électrostatique résultante exercée par les charges  $q_2$ ,  $q_3$  et  $q_4$  sur la charge  $q_1$  (norme et direction).
- b) Ce dispositif est maintenant plongé dans un champ électrique extérieur et uniforme de norme  $\|\vec{E}\| = E = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$  et dirigé dans le même sens que l'axe rejoignant les charges  $q_1$  à  $q_4$  ainsi que  $q_2$  à  $q_3$ , comme représenté sur la figure. Calculer la force exercée par le champ  $\vec{E}$  sur la charge  $q_1$  (norme et direction).
- c) Déduire la force totale qui s'applique sur la charge  $q_1$  (norme et direction).

**Remarque :** Deux systèmes de coordonnées vous sont proposés à gauche de l'image. Choisissez-en un pour résoudre l'exercice (ce choix n'impacte pas la note).

**Solution.**

- a) Par le principe de superposition linéaire, la force résultante qui s'exerce sur la charge 1 est donnée par la somme vectorielle des forces qu'exercent chacune des charges 2, 3 et 4 sur la charge 1.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{2 \rightarrow 1} + \vec{F}_{3 \rightarrow 1} + \vec{F}_{4 \rightarrow 1}$$

La loi de Coulomb nous donne l'expression pour chacune de ces forces :

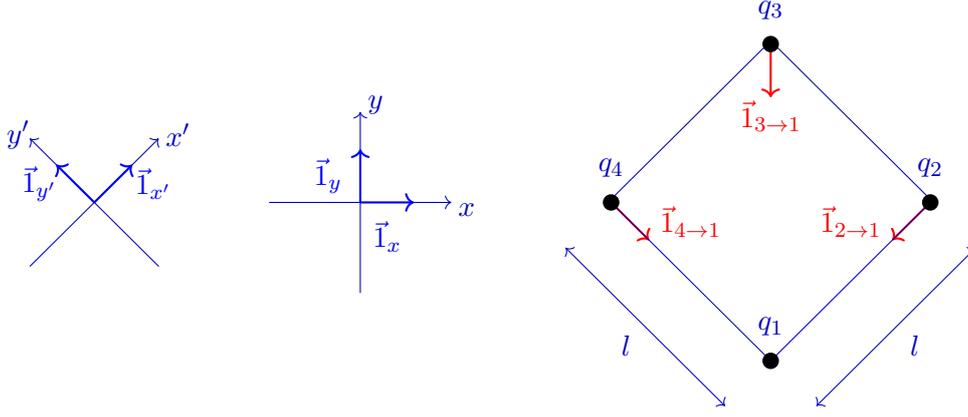
$$\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{1,2}^2} \vec{1}_{2 \rightarrow 1} \quad ; \quad \vec{F}_{3 \rightarrow 1} = \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{1,3}^2} \vec{1}_{3 \rightarrow 1} \quad ; \quad \vec{F}_{4 \rightarrow 1} = \frac{q_1 q_4}{4\pi\epsilon_0 r_{1,4}^2} \vec{1}_{4 \rightarrow 1}.$$

La géométrie de la disposition des charges présentée ci-dessus nous donne les distances séparant les charges :

$$r_{1,2} = r_{1,4} = l \quad \text{et} \quad r_{1,3} = \sqrt{2}l.$$

Nous proposons deux choix de système de coordonnées,  $(x, y)$  et  $(x', y')$ , pour la résolution de cet exercice.

- 1) Dans le système de coordonnées  $(x, y)$ , nous projetons les vecteurs de norme unité sur les différents axes du référentiel. L'angle considéré est l'angle qu'a le vecteur par rapport à



l'axe  $x$ .

$$\begin{aligned}\vec{i}_{2 \rightarrow 1} &= \cos(-135^\circ)\vec{i}_x + \sin(-135^\circ)\vec{i}_y = \frac{-\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}}, \\ \vec{i}_{3 \rightarrow 1} &= \cos(-90^\circ)\vec{i}_x + \sin(-90^\circ)\vec{i}_y = -\vec{i}_y, \\ \vec{i}_{4 \rightarrow 1} &= \cos(-45^\circ)\vec{i}_x + \sin(-45^\circ)\vec{i}_y = \frac{\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}}.\end{aligned}$$

Nous trouvons donc

$$\begin{aligned}\vec{F}_{2 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l^2} \left( \frac{-\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}} \right) \\ &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C})(-1/2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(10^{-1} \text{ m})^2} \left( \frac{-\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}} \right) \\ &= -\left( \frac{9}{2\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) (\vec{i}_x + \vec{i}_y), \\ \vec{F}_{3 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 2l^2} (-\vec{i}_y) \\ &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C})(\sqrt{2} \times 10^{-6} \text{ C})}{2 \times (10^{-1} \text{ m})^2} (-\vec{i}_y) \\ &= \left( \frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) \vec{i}_y, \\ \vec{F}_{4 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_4}{4\pi\epsilon_0 l^2} \left( \frac{\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}} \right) \\ &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C})(1/2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(10^{-1} \text{ m})^2} \left( \frac{\vec{i}_x - \vec{i}_y}{\sqrt{2}} \right) \\ &= -\left( \frac{9}{2\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) (\vec{i}_x - \vec{i}_y).\end{aligned}$$

Soit la somme vectorielle,

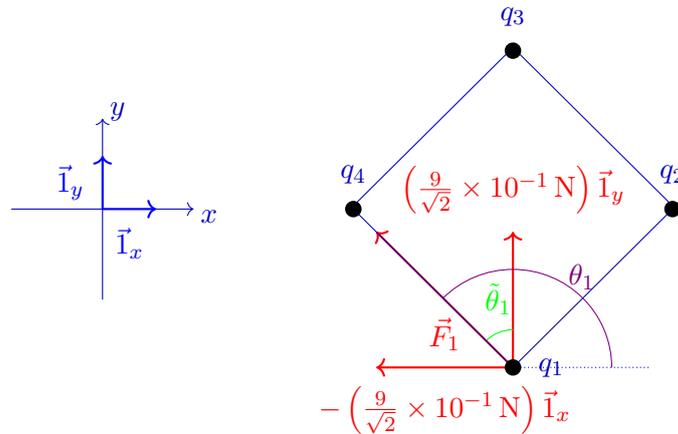
$$\begin{aligned}\vec{F}_1 &= -\left( \frac{9}{2\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) (\vec{i}_x + \vec{i}_y) + \left( \frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) \vec{i}_y - \left( \frac{9}{2\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) (\vec{i}_x - \vec{i}_y) \\ &= -\left( \frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) \vec{i}_x + \left( \frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N} \right) \vec{i}_y.\end{aligned}$$

La norme de la résultante des trois forces appliquées à la charge 1 est

$$\begin{aligned}\|\vec{F}_1\| &= \sqrt{\left(-\frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N}\right)^2 + \left(\frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N}\right)^2} \\ &= 9 \times 10^{-1} \text{ N} = 0,9 \text{ N}.\end{aligned}$$

Avec les relations trigonométriques reliant les longueurs des côtés d'un triangle rectangle et ses angles intérieurs, nous trouvons

$$\tilde{\theta}_1 = \arctan\left(\frac{\left|-\frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N}\right|}{\left|\frac{9}{\sqrt{2}} \times 10^{-1} \text{ N}\right|}\right) = \arctan(1) = 45^\circ.$$



L'angle que fait cette force avec l'axe  $x$  est donc donné par

$$\theta_1 = 90^\circ + \tilde{\theta}_1 = 135^\circ.$$

- 2) Dans le système de coordonnées  $(x', y')$ , nous projetons les vecteurs de norme unité sur les différents axes du référentiel. L'angle considéré est l'angle qu'a le vecteur par rapport à l'axe  $x'$ .

$$\begin{aligned}\vec{I}_{2 \rightarrow 1} &= \cos(180^\circ)\vec{I}_{x'} + \sin(180^\circ)\vec{I}_{y'} = -\vec{I}_{x'}, \\ \vec{I}_{3 \rightarrow 1} &= \cos(-135^\circ)\vec{I}_{x'} + \sin(-135^\circ)\vec{I}_{y'} = \frac{-\vec{I}_{x'} - \vec{I}_{y'}}{\sqrt{2}}, \\ \vec{I}_{4 \rightarrow 1} &= \cos(-90^\circ)\vec{I}_{x'} + \sin(-90^\circ)\vec{I}_{y'} = -\vec{I}_{y'}.\end{aligned}$$

Nous trouvons donc

$$\begin{aligned}
 \vec{F}_{2 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l^2} (-\vec{1}_{x'}) \\
 &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C}) (-1/2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(10^{-1} \text{ m})^2} (-\vec{1}_{x'}) \\
 &= -\left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) \vec{1}_{x'}, \\
 \vec{F}_{3 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 2l^2} \left(\frac{-\vec{1}_{x'} - \vec{1}_{y'}}{\sqrt{2}}\right) \\
 &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C}) (\sqrt{2} \times 10^{-6} \text{ C})}{2 \times (10^{-1} \text{ m})^2} \left(\frac{-\vec{1}_{x'} - \vec{1}_{y'}}{\sqrt{2}}\right) \\
 &= \left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) (\vec{1}_{x'} + \vec{1}_{y'}), \\
 \vec{F}_{4 \rightarrow 1} &= \frac{q_1 q_4}{4\pi\epsilon_0 l^2} (-\vec{1}_{y'}) \\
 &= (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}) \frac{(-10^{-6} \text{ C}) (1/2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(10^{-1} \text{ m})^2} (-\vec{1}_{y'}) \\
 &= \left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) \vec{1}_{y'}.
 \end{aligned}$$

Soit la somme vectorielle,

$$\begin{aligned}
 \vec{F}_1 &= -\left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) \vec{1}_{x'} + \left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) (\vec{1}_{x'} + \vec{1}_{y'}) + \left(\frac{9}{2} \times 10^{-1} \text{ N}\right) \vec{1}_{y'} \\
 &= (9 \times 10^{-1} \text{ N}) \vec{1}_{y'}.
 \end{aligned}$$

La norme de la résultante des trois forces appliquées à la charge 1 est

$$\begin{aligned}
 \|\vec{F}_1\| &= \sqrt{(9 \times 10^{-1} \text{ N})^2} \\
 &= 9 \times 10^{-1} \text{ N} = 0,9 \text{ N}.
 \end{aligned}$$

Cette force est dirigée suivant l'axe  $y'$  et pointe dans le même sens que celui-ci.

b) La force qu'exerce ce champ électrique sur la charge 1 est donnée par

$$\vec{F}_E = q_1 \vec{E}.$$

La norme de cette force est donc donnée par

$$\|\vec{F}_E\| = |q_1|E = (10^{-6} \text{ C})(4 \times 10^5 \text{ N/C}) = 4 \times 10^{-1} \text{ N} = 0,4 \text{ N}$$

et celle-ci est orienté dans la même direction que le champ électrique  $\vec{E}$  mais pointe dans le sens opposé car la charge  $q_1$  est négative.

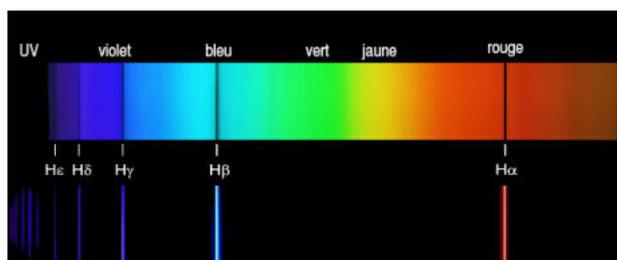
c) La force totale exercée sur  $q_1$  est la somme vectorielle de la force résultante qu'exercent ensemble les différentes charges  $q_2$ ,  $q_3$  et  $q_4$  et de la force qu'exerce le champ électrique  $\vec{E}$  :

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_1 + \vec{F}_E.$$

Ces deux forces sont alignées sur le même axe mais pointent dans des sens opposés. La norme de  $\vec{F}_{tot}$  est donc donnée par la valeur absolue de la différence des  $\|\vec{F}_1\|$  et  $\|\vec{F}_E\|$ .

$$\|\vec{F}_{tot}\| = \|\vec{F}_1\| - \|\vec{F}_E\| = 0,9 \text{ N} - 0,4 \text{ N} = 0,5 \text{ N}$$

Puisque  $\|\vec{F}_1\| > \|\vec{F}_E\|$ ,  $\vec{F}_{tot}$  pointe dans le même sens que  $\vec{F}_1$ .



Photographie du spectre de l'hydrogène placé sous une image de l'entiereté du spectre visible

**Question 6 (3 points)** Une étoile est une source de lumière dont on peut enregistrer le spectre grâce à un spectrographe. Un spectre d'étoile présente des raies lumineuses à des longueurs d'onde spécifiques, c'est-à-dire qu'il exprime de quelles couleurs est composée la lumière de l'étoile. Une astronome s'intéresse à la raie de l'hydrogène  $H\alpha$  dont la longueur d'onde, pour un échantillon d'hydrogène mesuré dans l'observatoire, est  $\lambda_0$  (de façon équivalente, sa fréquence sera notée  $f_0$ ). L'étoile A a une vitesse radiale  $v_A$  (la vitesse radiale est la vitesse de l'étoile sur la ligne fictive reliant l'observatoire à l'étoile. On considère l'observatoire au repos). L'étoile est composée d'hydrogène, et lorsque l'astronome enregistre son spectre, elle constate que la raie  $H\alpha$  a une longueur d'onde  $\lambda_A = 656,1 \text{ nm}$  (on notera sa fréquence  $f_A$ ).

- Nommez le phénomène physique qui explique pourquoi la longueur d'onde observée de l'étoile en mouvement  $\lambda_A$  est différente de la longueur d'onde mesurée pour l'échantillon présent dans l'observatoire. Exprimez  $\lambda_A$  en fonction de  $\lambda_0$  pour les deux cas possibles. Pour vous aider, faites un schéma de la situation et exprimez dans un premier temps  $f_A$  en fonction de  $f_0$ .
- L'appareil permettant de déterminer  $\lambda_0$  est cassé mais l'astronome décide d'utiliser une autre étoile dont elle connaît la vitesse radiale pour redéterminer  $\lambda_0$ . L'étoile B s'éloigne de l'astronome avec une vitesse radiale  $v_B = 127 \text{ km/s}$ . L'astronome constate que pour cette étoile, la raie  $H\alpha$  a une longueur d'onde  $\lambda_B = 656,6 \text{ nm}$  (on notera sa fréquence  $f_B$ ). En déduire la valeur de  $\lambda_0$ .
- Comparez  $\lambda_0$  et  $\lambda_A$  et choisissez l'une des expressions obtenues en a) afin de déterminer la vitesse radiale de l'étoile A  $v_A$ .

### Solution.

- Il s'agit de l'effet Doppler. Selon la formule vue au cours,

$$f_A = f_0 \frac{c}{c \pm v_{\text{étoile}}},$$

où le signe  $\pm$  est déterminé par si l'étoile s'approche ou s'éloigne. En terme de longueur d'onde, cette formule devient

$$\lambda_A = \lambda_0 \frac{c \pm v_{\text{étoile}}}{c}.$$

- On isole ici  $\lambda_0$  et pour une étoile qui s'éloigne on choisit le signe positif,

$$\lambda_0 = \lambda_B \frac{c}{c + v_{\text{étoile}}} = 656,3 \text{ nm}.$$

- La longueur d'onde observée est plus basse que la longueur d'onde normale : l'étoile s'approche de nous. On choisit alors le signe négatif dans la formule. Il faut ensuite isoler la vitesse :

$$\lambda_0 = \lambda_A \frac{c}{c - v_{\text{étoile}}}$$

$$v_{\text{étoile}} = c \left( \frac{\lambda_A}{1 - \lambda_0} \right) = 91,4 \text{ km/s}.$$

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2018-2019)  
**Examen de janvier 2019**  
11 janvier 2019

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez l'**accélération gravitationnelle terrestre**  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .
9. Cet examen dure **2 heures (120 minutes)**.

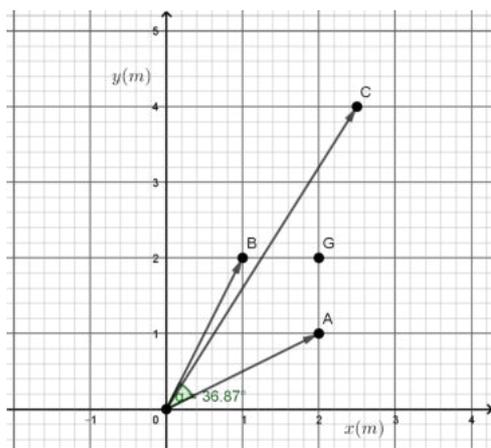
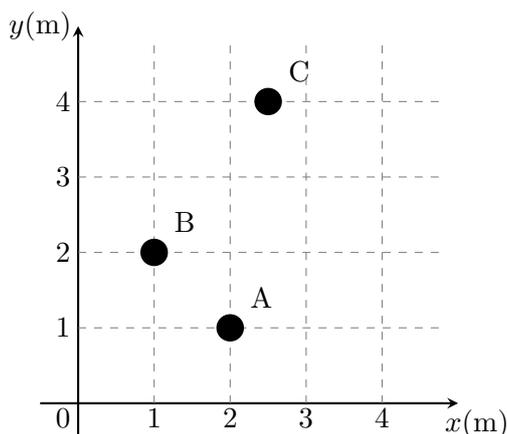
Bon travail !

/3	/4	/3	/3	/4	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Trois billes massives sont placées sur une table. Leurs positions sont identifiées à l'aide d'un repère orthonormé  $(Oxy)$ . Les axes sont gradués en mètres.

- Donnez les vecteurs positions pour ces trois objets individuellement.
- Calculez l'angle entre les vecteurs positions des billes A et B.
- Les masses des billes sont respectivement données par  $m_A = 4$  kg,  $m_B = 1$  kg et  $m_C = 2$  kg. Trouvez la position du centre de masse pour l'ensemble des 3 billes.

Note : les vecteurs peuvent être présentés au choix sous forme de coordonnées ou construits sur base des vecteurs de norme unité  $\vec{I}_x$  et  $\vec{I}_y$ .



**Solution.**

- a) Le vecteur position est le vecteur entre l'origine et le point considéré.

$$\vec{OA} = ((2 - 0)\vec{I}_x + (1 - 0)\vec{I}_y) \text{ m} = (2 \vec{I}_x + 1 \vec{I}_y) \text{ m} \text{ ou encore } \vec{OA} = (2; 1) \text{ m}$$

$$\vec{OB} = ((1 - 0)\vec{I}_x + (2 - 0)\vec{I}_y) \text{ m} = (1 \vec{I}_x + 2 \vec{I}_y) \text{ m} \text{ ou encore } \vec{OB} = (1; 2) \text{ m}$$

$$\vec{OC} = ((2,5 - 0)\vec{I}_x + (4 - 0)\vec{I}_y) \text{ m} = (2,5 \vec{I}_x + 4 \vec{I}_y) \text{ m} \text{ ou encore } \vec{OC} = (2,5; 4) \text{ m}$$

- b) On trouve l'angle grâce aux deux formules du produit scalaire.

$$\vec{OA} \cdot \vec{OB} = |\vec{OA}| |\vec{OB}| \cos \alpha, \text{ mais on a aussi que } \vec{OA} \cdot \vec{OB} = OA_x OB_x + OA_y OB_y.$$

$$\text{On a donc que } \cos \alpha = \frac{OA_x OB_x + OA_y OB_y}{|\vec{OA}| |\vec{OB}|} = \frac{2 \times 1 + 1 \times 2}{\sqrt{2^2 + 1^2} \sqrt{1^2 + 2^2}} = \frac{4}{5}.$$

$$\text{L'angle est finalement donné par } \alpha = \arccos\left(\frac{4}{5}\right) = 36,87^\circ = 0,64 \text{ rad}$$

c) Le centre de masse  $G$  est donné par la formule

$$\begin{aligned}\vec{OG} &= \frac{m_A \vec{OA} + m_B \vec{OB} + m_C \vec{OC}}{m_A + m_B + m_C} = \frac{4 \text{ kg} (2 \vec{I}_x + 1 \vec{I}_y) \text{ m} + 1 \text{ kg} (1 \vec{I}_x + 2 \vec{I}_y) \text{ m} + 2 \text{ kg} (2,5 \vec{I}_x + 4 \vec{I}_y) \text{ m}}{(4 + 1 + 2) \text{ kg}} \\ &= (2 \vec{I}_x + 2 \vec{I}_y) \text{ m}\end{aligned}$$

**Question 2 (4 points)** Par une journée de grand vent, un gratte-ciel de 400 m de hauteur oscille de manière appréciable. Un accéléromètre placé en haut de la tour indique que le module de l'accélération causée par l'oscillation atteint une valeur maximale de  $0,34 \text{ m/s}^2$  à intervalles réguliers. La période de l'oscillation est de 12 s. Pour ce type de mouvement, vous pouvez supposer que la position horizontale de l'accéléromètre s'écrit comme  $x(t) = A \cos(\omega t)$  où  $A$  est l'amplitude du mouvement et  $\omega$  la vitesse angulaire.

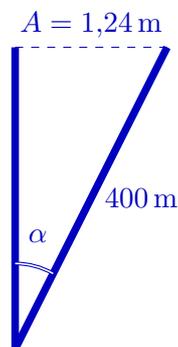
Déterminez :

- L'amplitude de l'oscillation au sommet de la tour.
- La vitesse maximale que peut atteindre le sommet de la tour au cours de l'oscillation.
- La vitesse minimale (en valeur absolue) que peut atteindre le sommet de la tour au cours de l'oscillation.
- L'angle d'inclinaison maximal de la tour par rapport à la normale au sol en supposant que la tour oscille sans plier (elle demeure rectiligne de la base au sommet).

**Solution.**

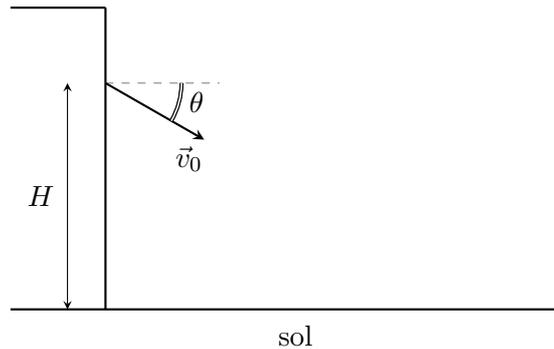
- L'accélération maximale de l'oscillation est donnée par  $a_{\max} = A\omega^2$  où  $A$  est l'amplitude.  $\omega$  est la vitesse angulaire, donnée par  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . On peut donc isoler l'amplitude et la trouver :  

$$A = \frac{a_{\max}}{\omega^2} = \frac{a_{\max}T^2}{(2\pi)^2} = 1,24 \text{ m}$$
- La vitesse maximale de l'oscillation est donnée par  $v_{\max} = A\omega = 0,65 \text{ m/s}$ .
- Lors de l'oscillation, le bâtiment doit faire demi-tour aux extrémités. A ces moments là, la vitesse est forcément nulle (elle passe de positive à négative, ou l'inverse). La vitesse minimale en valeur absolue que le sommet de la tour atteint est zéro,  $v_{\min} = 0$ .
- Le bâtiment forme avec la verticale un triangle rectangle. On trouve  $\alpha_{\max} = \arcsin\left(\frac{1,24}{400}\right) = 0,18^\circ = 0,003 \text{ rad}$ .



**Question 3 (3 points)** Aya Nakamura rentre tard de soirée et se rend compte qu'elle a oublié ses clés. Niska, qui est resté à la maison, n'a aucune envie de descendre lui ouvrir. Il lui lance les clés par la fenêtre avec une vitesse initiale  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ , un angle  $\theta = 30^\circ$  avec l'horizontale vers le bas et depuis une hauteur  $H = 6,0 \text{ m}$  vis-à-vis du sol. Les frottements de l'air sont négligeables.

- Donnez les équations qui vous permettent de décrire la trajectoire des clés pour ce type de mouvement. Entourez-y les paramètres connus et donnez leur valeur.
- Combien de temps mettent les clés pour atteindre le sol ?
- À quelle distance de l'immeuble Aya doit-elle se tenir si elle veut pouvoir les attraper ? Supposez qu'elle met ses mains à une hauteur proche du sol.



**Solution.**

- Sur l'axe  $x$ , aucune force (donc accélération) ne s'exerce. Les clés iront en MRU, et auront une vitesse initiale donnée par la composante  $x$  de la vitesse  $\vec{v}_0$  :

$$x(t) = x_0 + v_x t = (v_0 \cos \theta) t = (10 \text{ m/s} \cos(30^\circ)) t = 5\sqrt{3} \text{ m/s} t \text{ où } t \text{ est exprimé en secondes.}$$

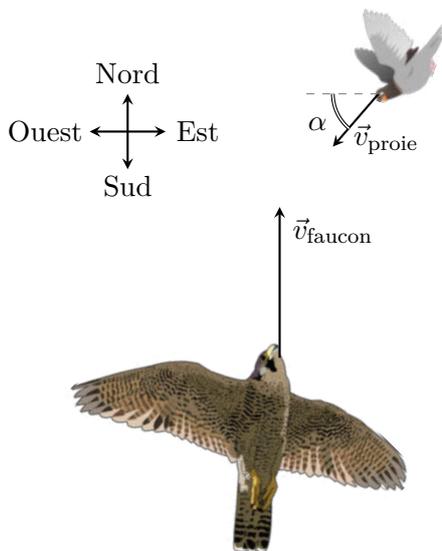
Sur l'axe  $y$ , l'accélération de la gravité est présente. Les clés iront en MRUA, et auront une vitesse initiale donnée par la composante  $y$  de la vitesse  $\vec{v}_0$  :

$$y(t) = y_0 - v_y t - \frac{1}{2} g t^2 = y_0 - (v_0 \sin \theta) t - \frac{1}{2} g t^2 = 6,0 \text{ m} - (10 \text{ m/s} \sin(30^\circ)) t - \frac{1}{2} 9,81 \text{ m/s}^2 t^2 = -4,9 \text{ m/s}^2 t^2 - 5 \text{ m/s} t + 6 \text{ m} \text{ où } t \text{ est exprimé en secondes.}$$

- Il faut regarder quand  $y(t) = 0$ .  
 $0 = -4,91t^2 - 5t + 6$  donne via la méthode du discriminant deux solutions :  $t = 0,71 \text{ s}$  et  $t = -1,7 \text{ s}$ . La seconde est à écarter, vu qu'elle est négative.
- Regardons à quelle distance horizontale se trouvent les clés lorsqu'elles touchent le sol :  
 $x(0,71 \text{ s}) = 5\sqrt{3} \text{ m/s} \times 0,71 \text{ s} = 6,1 \text{ m}$ .

**Question 4 (3 points)** Un faucon pèlerin de 1 000 g se dirige à une vitesse constante de 160 km/h, orientée vers le nord en direction d'une proie de 700 g. Il attrape alors cette proie qui se promenait dans les airs à une vitesse constante de 20 km/h, orientée vers le sud-ouest avec un angle  $\alpha$  de  $40^\circ$  par rapport à l'axe ouest-est. Cet évènement peut s'apparenter à une collision. Vous pouvez supposer que l'effet de forces extérieures (pesanteur, frottements de l'air, portance des ailes, etc.) est négligeable le temps de la collision.

- S'agit-il d'une collision élastique ou inélastique ? Justifiez en une phrase.
- Déterminez la vitesse (norme et direction en précisant l'angle avec l'axe ouest-est) du faucon portant la proie juste après la collision.
- Calculez la différence d'énergie cinétique entre les instants juste avant et juste après la collision.



### Solution.

- C'est une collision inélastique vu que les corps impliqués dans la collision restent liés après le choc.
- On va utiliser la conservation de la quantité de mouvement. Dans cet exercice, les unités peuvent rester en gramme et en kilomètre/heure sans poser de problème car elles finissent par se simplifier et aucune constante ne nécessite spécifiquement les unités du SI. En cas de doute de votre part, préférez toujours convertir en kilogramme et en mètre/seconde.

$$m_{\text{faucon}} \vec{v}_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}} \vec{v}_{\text{proie}} = (m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}}) \vec{v}_{\text{faucon+proie}}.$$

D'après la situation, on a que

$$\vec{v}_{\text{faucon}} = (0; 160) \text{ km/h} \text{ et } \vec{v}_{\text{proie}} = (-20 \cos(40^\circ); -20 \sin(40^\circ)) \text{ km/h}.$$

L'équation de conservation de la quantité de mouvement donne alors

$$\begin{aligned} m_{\text{faucon}} (0; 160) + m_{\text{proie}} (-20 \cos(40^\circ); -20 \sin(40^\circ)) \\ = (m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}}) (v_{x,\text{faucon+proie}}; v_{y,\text{faucon+proie}}). \end{aligned}$$

Regardons chacune des composantes séparément, ce qui nous fournit deux équations :

$$\begin{aligned} m_{\text{faucon}} 0 + m_{\text{proie}} (-20 \cos(40^\circ)) &= (m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}}) v_{x,\text{faucon+proie}} \\ m_{\text{faucon}} 160 \text{ km/h} + m_{\text{proie}} (-20 \sin(40^\circ)) &= (m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}}) v_{y,\text{faucon+proie}} \end{aligned}$$

Il reste donc à isoler les composantes  $v_{x,\text{faucon+proie}}$  et  $v_{y,\text{faucon+proie}}$ .

$$v_{x,\text{faucon+proie}} = \frac{m_{\text{proie}}(-20 \text{ km/h} \cos(40^\circ))}{(m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}})} = -6,31 \text{ km/h} = -1,75 \text{ m/s}$$

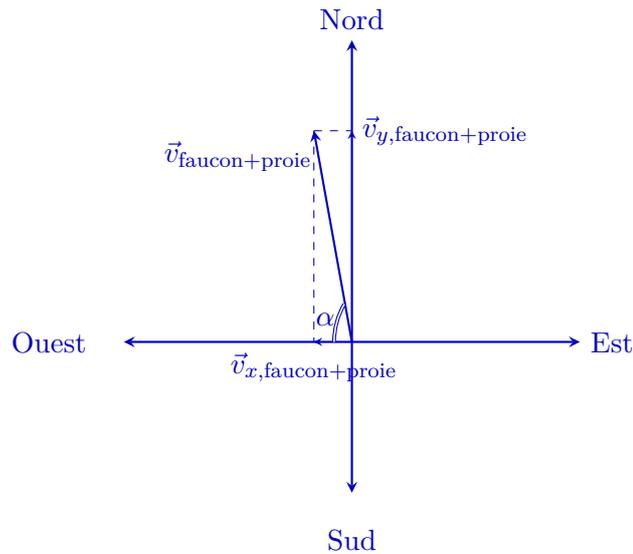
$$v_{y,\text{faucon+proie}} = \frac{m_{\text{faucon}}160 \text{ km/h} + m_{\text{proie}}(-20 \text{ km/h} \sin(40^\circ))}{(m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}})} = 88,82 \text{ km/h} = 24,67 \text{ m/s}$$

On finit avec  $\vec{v}_{\text{faucon+proie}} = (-1,75; 24,67) \text{ m/s}$ , qu'on peut également écrire  $\vec{v}_{\text{faucon+proie}} = (-1,75 \vec{I}_x + 24,67 \vec{I}_y) \text{ m/s}$ .

La norme de ce vecteur vitesse est  $|\vec{v}_{\text{faucon+proie}}| = \sqrt{(-1,75)^2 + (24,67)^2} = 24,73 \text{ m/s}$ .

Pour trouver l'angle  $\alpha$  que fait le vecteur avec l'horizontale, on peut utiliser ses composantes :

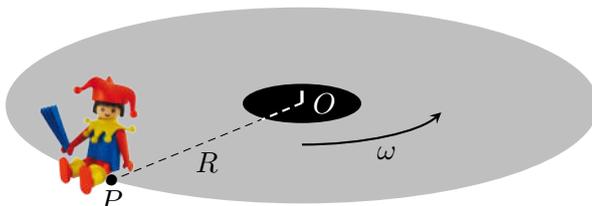
$$\alpha = \arctan\left(\frac{v_{y,\text{faucon+proie}}}{v_{x,\text{faucon+proie}}}\right) = 85,94^\circ$$



$$\begin{aligned} \text{c) } \Delta E_c &= E_{c,\text{après}} - E_{c,\text{avant}} = \frac{1}{2} (m_{\text{faucon}} + m_{\text{proie}}) |\vec{v}_{\text{faucon+proie}}|^2 - \frac{1}{2} (m_{\text{faucon}} |\vec{v}_{\text{faucon}}|^2 + m_{\text{proie}} |\vec{v}_{\text{proie}}|^2) \\ &= 478,62 \text{ J} \end{aligned}$$

**Question 5 (4 points)** Un Playmobil est confortablement installé sur le bord d'un disque placé sur un tourne-disque dont la vitesse de rotation est ajustable. Le rayon du disque et la masse du Playmobil sont donnés par  $R = 20 \text{ cm}$  et  $m = 20 \text{ g}$ . On se place dans le référentiel du laboratoire, au repos par rapport au disque qui tourne.

- a) On actionne le tourne-disque pour que le disque tourne à une vitesse angulaire modérée :  $1/4$  de tour par seconde.
- 1) Quelle est la vitesse angulaire exprimée en rad/s ?
  - 2) Que vaut l'intensité de l'accélération centripète du Playmobil ?
  - 3) Donnez l'expression de la deuxième loi de Newton pour cette situation, décomposée selon deux axes. Considérez un axe horizontal qui joint les points  $O$  et  $P$  et un axe vertical.
- b) On augmente progressivement la vitesse angulaire. À partir d'une certaine valeur limite, que nous nommons  $\omega^*$ , la friction ne suffit plus pour maintenir le Playmobil en place, il est expulsé.
- 1) Si  $\omega^* = 2,24 \text{ rad/s}$ , que vaut le coefficient de frottement statique  $\mu_s$  ?
  - 2) **Bonus (+1 point)** : Considérez cette fois-ci les valeurs accompagnées d'une incertitude dues aux instruments de mesure à disposition :  $R = (20 \pm 1) \text{ cm}$ ,  $m = (20 \pm 1) \text{ g}$  et  $\omega^* = (2,24 \pm 0,01) \text{ rad/s}$ . Quelles sont à présent les valeurs possibles pour  $\mu_s$  ?



**Solution.**

- a) 1) Si le disque fait un quart de tour par seconde, il met quatre secondes pour faire un tour. Sa période est donc de quatre secondes.  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s}$
- 2)  $a_c = R\omega^2 = 0,2 \times \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 = 0,49 \text{ m/s}^2$
- 3) On va avoir trois forces dans ce système : le poids du Playmobil, la réaction du disque dessus et la force de frottement. Comme cet objet est en MCU, il faut qu'au final, la résultante des forces qui s'applique sur lui joue le rôle d'une force centripète.  
 $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{frottements}} = ma_c$ . Décomposons maintenant  
 Sur l'axe  $x$  :  
 $F_{\text{frottements}} = ma_c$ .
- Sur l'axe  $y$  :  
 $N - mg = 0$ .
- b) 1)  $F_{\text{frottements}} = \mu_s N = \mu_s mg$  où on a utilisé la deuxième loi de Newton décomposée sur l'axe  $y$ . On sait également par la deuxième loi de Newton décomposée sur l'axe  $x$  que cette force de frottement joue le rôle de la force centripète,  $F_{\text{frottements}} = ma_c = mR\omega^{*2}$ .  
 On peut égaliser les deux formules différentes :  $\mu_s mg = mR\omega^{*2}$ . On isole le coefficient  $\mu_s$   
 et  $\mu_s = \frac{R\omega^{*2}}{g} = 0,102$ .

- 2) **Bonus (+1 point)** : On va calculer la borne inférieure et la borne supérieure sur les valeurs possibles de  $\mu_s$  en réutilisant ce que l'on a trouvé au point précédent et en remplaçant les données par les valeurs maximales ou minimales.

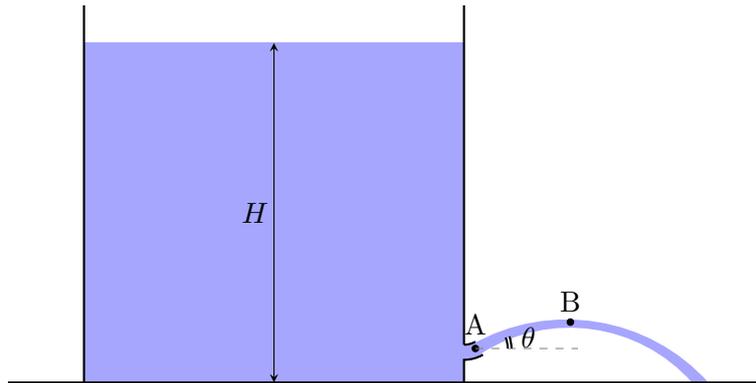
$$\mu_{s,\min} = \frac{(0,2 - 0,01)(2,24 - 0,01)^2}{9,81} = 0,096$$

$$\mu_{s,\max} = \frac{(0,2 + 0,01)(2,24 + 0,01)^2}{9,81} = 0,11$$

En tenant compte des incertitudes expérimentales,  $0,096 \leq \mu_s \leq 0,11$ .

**Question 6 (3 points)** Vous disposez d'une grande bassine d'eau remplie jusqu'à  $H = 110$  cm de haut. À une hauteur de 10 cm au-dessus du sol, un court tuyau permet à l'eau de s'échapper, au point A sur le schéma. Il est courbé vers le haut de sorte à ce que l'eau le quitte avec un angle  $\theta$  non nul par rapport à l'horizontale. Le jet d'eau visible en sortie atteint une hauteur maximale de 15 cm au-dessus du sol, au point B. Pour résoudre cet exercice, vous pouvez supposer que l'écoulement est laminaire, incompressible et non visqueux. Vous supposerez également que la vitesse de l'eau à la surface de la bassine est négligeable et que l'eau au voisinage du point A est en contact avec l'air.

- Trouvez la norme de la vitesse de sortie de l'eau au point A.
- Trouvez la norme de la vitesse de l'eau au point B.
- Trouvez l'angle de sortie  $\theta$ .



**Solution.**

- On utilise Bernoulli entre un point O au sommet de la bassine et un point situé au point A.
 
$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g h_A + P_A = \frac{1}{2}\rho v_O^2 + \rho g h_O + P_O.$$
 La vitesse de l'eau au point O est nulle. Sa hauteur correspond à la hauteur  $H$  de la bassine. La pression y vaut la pression atmosphérique, vu que c'est en contact avec l'air. Au point A, on sait que la hauteur vaut 10 cm et que la pression y vaut également la pression atmosphérique, vu que c'est aussi en contact avec l'air. Dans ce cas,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g h_A + P_{atm} &= \frac{1}{2}\rho 0^2 + \rho g H + P_{atm}, \\ \frac{1}{2}\rho v_A^2 &= \rho g (H - h_A), \\ v_A^2 &= 2g(H - h_A), \\ v_A &= \sqrt{2g(H - h_A)} = 4,4 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

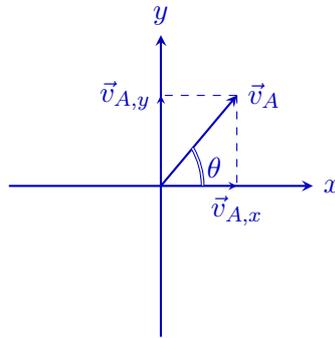
- On va utiliser la conservation de l'énergie mécanique. On connaît la vitesse (donc l'énergie cinétique) et la hauteur (donc l'énergie potentielle) au point A, et on connaît la hauteur (donc l'énergie potentielle) au point B. On va pouvoir en tirer l'énergie cinétique au point B, dont on tire la norme de la vitesse.

$$\begin{aligned} E_{cin,A} + E_{pot,A} &= E_{cin,B} + E_{pot,B}, \\ \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A &= \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B, \\ v_B &= \sqrt{v_A^2 + 2g(h_A - h_B)} = 4,3 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

- Après avoir été éjectée par le point A, l'eau ne subit aucune accélération sur l'axe  $x$ . La composante  $x$  de la vitesse est ainsi constante (l'eau subit un MRU sur l'axe  $x$ ). De plus, comme le point B est le sommet de la trajectoire, on y a que la composante  $y$  est nulle (c'est le moment où la composante  $y$  passe de positive, donc vers le haut, à négative, donc vers le bas). La norme de la vitesse que nous avons trouvé en b) pour le point B correspond en fait à

la composante  $x$  de la vitesse, qui est toujours la même et qui a du coup cette même valeur au point A. En résumé,

$v_B = v_{A,x} = v_A \cos(\theta)$ . On isole l'angle,  $\theta = \arccos\left(\frac{v_B}{v_A}\right) = 13,37^\circ = 0,23 \text{ rad}$ .



**Examen de juin 2019**  
**Première partie**

13 juin 2019

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

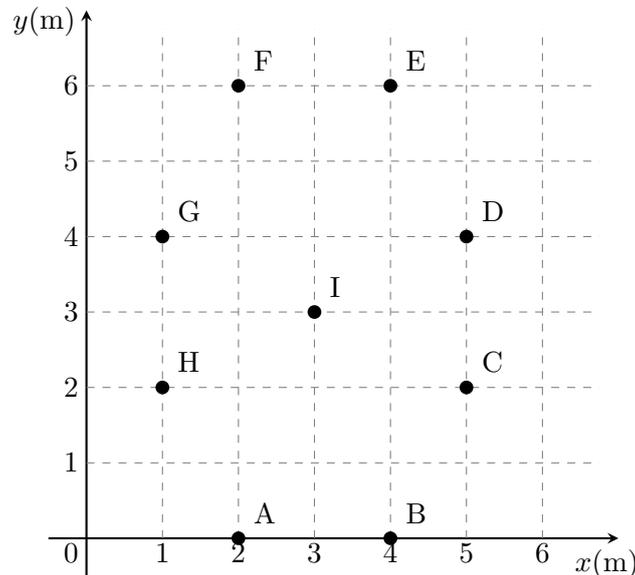
1. Écrivez immédiatement vos nom, prénom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
constante gravitationnelle universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Trois masses sont placées sur trois des sommets d'un octogone. Deux masses  $m_1 = 92$  kg sont placées sur les points A et E tandis qu'une masse  $m_2 = 85$  kg est placée en D.

- Déterminez le vecteur position de chacune des trois masses.
- Déterminez le vecteur position du centre de masse du système.
- Quelle masse faut-il rajouter en H pour que le centre de masse se retrouve pile au point I, au centre de l'octogone ? Justifiez.



**Solution.**

a)  $\vec{A} = (2; 0)$  m,  $\vec{E} = (4; 6)$  m,  $\vec{D} = (5; 4)$  m.

b)  $x_{\text{cm}} = \frac{m_1\vec{A} + m_1\vec{E} + m_2\vec{D}}{m_1 + m_1 + m_2} = \frac{(184; 0) + (368; 552) + (425; 340)}{92 + 92 + 85} = \left(\frac{977}{269}, \frac{892}{269}\right)$  m

- c) On voit qu'il doit s'agir d'une masse  $m_2$  par symétrie. En effet, les masses  $m_1$  en A et E sont sur des sommets opposés et de même valeur, le centre de masse pour A et E se trouve pile entre ces deux points, en I. Il doit en être de même pour les masses en D et H : il faut mettre une masse  $m_2$  au point H.

L'argument de symétrie suffisait, mais si on veut le montrer par calcul :

$$\begin{aligned} \frac{m_1\vec{A} + m_1\vec{E} + m_2\vec{D} + x\vec{H}}{m_1 + m_1 + m_2 + x} &= \vec{I} \\ m_1\vec{A} + m_1\vec{E} + m_2\vec{D} + x\vec{H} &= \vec{I}(m_1 + m_1 + m_2 + x) \\ x(\vec{H} - \vec{I}) &= \vec{I}(m_1 + m_1 + m_2) - m_1\vec{A} - m_1\vec{E} - m_2\vec{D} \end{aligned}$$

On développe alors les vecteurs positions en terme de leurs composantes :

$$\begin{aligned} x(1 - 3; 2 - 3) &= (3; 3)(92 + 92 + 85) - 92(2, 0) - 92(4; 6) - 85(5; 4) \\ x(-2; -1) &= (-170; -85) \\ x(2; 1) &= (170; 85) \\ (2x; x) &= (170; 85) \end{aligned}$$

Ceci donne donc deux équations, une pour chaque composante

$$2x = 170$$

$$x = 85$$

$$x = 85 \text{ kg}$$

$$x = 85 \text{ kg}$$

**Question 2 (3 points)** Une masse de 5,5 kg reposant sur un sol sans frottement est attachée à l'extrémité d'un ressort de constante d'élasticité  $k = 50 \text{ N/m}$  mis à l'horizontale. Cette masse est déplacée de 10 cm en comprimant le ressort, puis lâchée sans vitesse initiale. Le mouvement s'effectue dans le plan horizontal.

- Quelle est sa vitesse maximale ?
- À quelle position du ressort l'accélération de la masse est nulle ?
- Quelle est l'énergie mécanique du système ?

**Solution.**

a)  $v_{\max} = A\omega = 0,1 \times \sqrt{\frac{50}{5,5}} = 0,30 \text{ m/s}$

b) À la position d'équilibre, celle où se trouvait la masse avant qu'on la comprime.

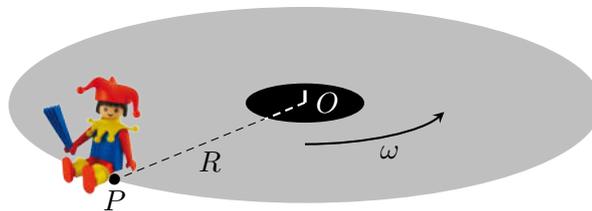
c) L'énergie mécanique correspond à l'énergie totale (cinétique + potentielle) du système. Une manière facile de la déterminer est de regarder un moment où toute l'énergie du système est cinétique (lorsque la masse passe par la position d'équilibre), ou bien un moment où toute l'énergie est potentielle (lorsque la masse est à l'allongement maximal).

Vu qu'on a déjà déterminé la vitesse maximale, utilisons le premier cas :  $E_{\text{mec}} = E_{\text{cin, max}} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = 0,25 \text{ J}$

**Question 3 (4 points)** Daddy K est un célèbre DJ belge actif depuis la fin des années 80, lorsqu'il faisait partie du groupe Benny B. Un de ses hits était intitulé "Do you speak Martien?". Daddy K se rend donc sur Mars muni de sa platine tourne-disque, d'un disque de Boney M., et d'un Playmobil. Le rayon du disque est de  $R = 20 \text{ cm}$  et la masse du Playmobil est de  $m = 20 \text{ g}$ .

Daddy K place le disque sur la platine, dépose le Playmobil au bord du disque et actionne le tourne-disque. On se place dans le référentiel de Daddy K, au repos par rapport au disque qui tourne.

- Donnez l'expression de l'intensité de l'accélération centripète du Playmobil en fonction de la vitesse angulaire  $\omega$ .
- Donnez l'expression de la 2e loi de Newton pour cette situation, décomposée selon deux axes. Considérez un axe horizontal qui joint les points O et P, ainsi qu'un axe vertical.
- Daddy K augmente progressivement la vitesse angulaire. A la valeur  $\omega = \omega^* = 1,375 \text{ rad/s}$ , le Playmobil est expulsé. En connaissant le coefficient de frottement statique  $\mu_s = 0,102$  entre le Playmobil et le disque, déduisez-en l'accélération de la pesanteur  $g$  sur Mars.
- Sachant que la masse de la Terre vaut  $M_T = 6,10 \times 10^{24} \text{ kg}$ , que le rayon de la Terre vaut  $R_T = 6371 \text{ km}$  et que le rayon de Mars vaut  $R_M = 3390 \text{ km}$ , que vaut la masse de Mars?



**Solution.**

- $a_c = R\omega^2$
- On va avoir trois forces dans ce système : le poids du Playmobil, la réaction du disque dessus et la force de frottement. Comme cet objet est en MCU, la résultante des forces n'est pas nulle. Il faut qu'au final, la résultante des forces qui s'applique sur lui joue le rôle d'une force centripète.  $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{frottements}} = \vec{F}_{\text{centripète}} = m\vec{a}_c$ . Décomposons maintenant.

Sur l'axe  $x$  (l'axe horizontal qui joint les points O et P) :

$$F_{\text{frottements}} = ma_c.$$

Sur l'axe  $y$  (l'axe vertical, perpendiculaire au disque) :

$$N - mg = 0. \text{ Ici, } g \text{ est celui de Mars, vu qu'on se trouve sur cette planète.}$$

- $F_{\text{frottements}} = \mu_s N = \mu_s mg$  où on a utilisé la deuxième loi de Newton décomposée sur l'axe  $y$ . On sait également par la deuxième loi de Newton décomposée sur l'axe  $x$  que cette force de frottement joue le rôle de la force centripète,  $F_{\text{frottements}} = ma_c = mR\omega^{*2}$ . On a utilisé  $\omega^*$  dans l'accélération centripète vu que c'est à cette valeur là uniquement que la force de frottement statique atteint sa valeur maximale, et que la formule  $F_{\text{frottements}} = \mu_s N$  est valable.

On peut égaliser les deux formules différentes :  $\mu_s mg = mR\omega^{*2}$ . Ici, on connaît  $\mu_s, m, R$  et  $\omega^*$ . Il reste donc à isoler  $g$ , qui est l'accélération de la pesanteur martienne.

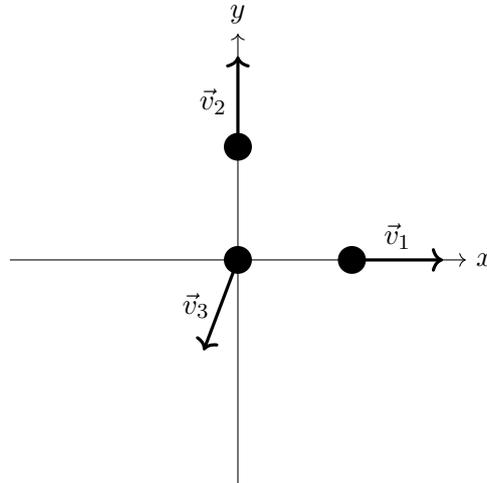
$$g = \frac{R\omega^{*2}}{\mu_s} =$$

- Dans la formule complète pour déterminer la force gravitationnelle subie par un objet sur la surface d'une planète, la masse de cette dernière ainsi que son rayon apparaissent :  $F_g =$

$G \frac{m_{\text{objet}} M_{\text{planète}}}{R_{\text{planète}}^2}$ . On résume souvent cette formule en  $F_g = m_{\text{objet}} g$ . Ceci signifie que l'accélération de la pesanteur  $g$  correspond à  $\frac{GM_{\text{planète}}}{R_{\text{planète}}^2}$ . Vu qu'on connaît  $g$  sur Mars ainsi que le rayon de Mars  $R_M$ , on peut trouver  $M_M$  la masse de Mars :  $M_M = \frac{g R_M^2}{G} = 5,08 \times 10^{23} \text{ kg}$ .

**Question 4 (4 points)** Un pétard posé sur le sol explose en trois fragments. Le premier, de masse égale à 1,5 grammes, part horizontalement à une vitesse de norme  $|\vec{v}_1| = 12 \text{ m/s}$ . Le deuxième fragment a une masse de 4,0 grammes et part horizontalement, perpendiculairement au premier. Le troisième fragment a une masse de 3,0 grammes et part avec une vitesse de norme  $|\vec{v}_3| = 7,2 \text{ m/s}$ .

- Quelle quantité est conservée lors de cette explosion ?
- Écrivez l'expression mathématique de cette loi de conservation pour ce système.
- Avec quel angle par rapport à l'axe  $x$  part le troisième fragment ?
- À quelle vitesse part le deuxième fragment ?



**Solution.**

- La quantité de mouvement
- Initialement, l'objet est au repos :  $\vec{0} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3$ .
- Projetons la conservation de la quantité de mouvement sur l'axe  $x$ . Le vecteur  $\vec{v}_3$  est dirigé vers la gauche : il prend donc un - devant lors de la projection. Pour alléger la notation, les normes, comme par exemple  $|\vec{v}_1|$ , seront simplement notées sans flèches, donc  $v_1$ .

$$\begin{aligned} m_1v_{1,x} + m_2v_{2,x} - m_3v_{3,x} &= 0 \\ m_1v_1 \cos(0^\circ) + m_2v_2 \cos(180^\circ) - m_3v_3 \cos \theta &= 0 \\ m_1v_1 - m_3v_3 \cos \theta &= 0 \end{aligned}$$

On peut isoler l'angle  $\theta$  dans cette expression, vu que tout le reste est connu,  $v_2$  ayant disparu.

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{m_1v_1}{m_3v_3} \\ \theta &= \arccos\left(\frac{m_1v_1}{m_3v_3}\right) \\ &= 33^\circ \end{aligned}$$

- Projetons cette fois sur  $y$ ,

$$\begin{aligned} m_1v_1 \sin(0^\circ) + m_2v_2 \sin(180^\circ) - m_3v_3 \sin \theta &= 0 \\ m_2v_2 - m_3v_3 \sin \theta &= 0 \end{aligned}$$

On peut isoler  $v_2$  vu qu'on connaît maintenant  $\theta$  :

$$v_2 = \frac{m_3v_3 \sin \theta}{m_2} = 2,9 \text{ m/s}$$

**Question 5 (3 points)** On donne les trois constantes physiques fondamentales suivantes : la vitesse de la lumière  $c = 300\,000\text{ km/s}$ , la constante gravitationnelle  $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-2}$  et la constante de Planck réduite  $\hbar = 1 \times 10^{-34}\text{ J s}$ . On rappelle que le joule (J) est l'unité de l'énergie.

- Quelles sont les unités de ces constantes dans le système MKS (mètre, kilogramme, seconde) ?
- En combinant (multiplication, division, exponentiation, racine n-ième) les unités de ces trois constantes fondamentales, on peut construire une grandeur ayant les dimensions d'une longueur (en mètres). Cette longueur s'appelle la longueur de Planck, et représente l'échelle à partir de laquelle les effets de la gravitation quantique pourraient être ressentis. Déterminez l'expression de cette longueur en combinant les trois constantes fondamentales.
- À partir des valeurs numériques des constantes fondamentales, donnez un ordre de grandeur pour la longueur de Planck.

**Solution.**

- $G$  est déjà en unités MKS :  $[G] = \text{m}^3\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-2}$  Pour  $c$ , il suffit de convertir les kilomètres en mètres :  $[c] = \text{m/s}$ .

Pour  $\hbar$ , il faut se rappeler de la définition des joules. Si on ne s'en rappelle pas, on peut la retrouver à partir de n'importe quelle formule qui fait intervenir l'énergie. Par exemple, l'énergie cinétique :  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ . L'énergie, en joules, sera donc exprimée en  $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ . Ou encore, l'énergie potentielle :  $E_p = mgh$ . Vu que  $g$  est une accélération, ses unités sont des  $\text{m/s}^2$ . Ceci fournit de nouveau que l'énergie, en joules, est équivalente à des  $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ . Du coup,  $[\hbar] = \text{J s} = \text{kg m}^2/\text{s}$  est déjà en MKS.

- Pour déterminer la relation qui donne des unités en mètres, et ce en utilisant les trois constantes fournies, il faut se fixer un premier objectif puis procéder par étapes.

Concrètement, ici, commençons par faire disparaître les kilogrammes en combinant les deux constantes qui en ont ( $G$  et  $\hbar$ ), vu qu'à la fin nous ne sommes plus censés en avoir. On pourra ensuite ajouter  $c$  sans problème vu que celui-ci ne contient pas de kilogrammes. Pour faire disparaître les kilogrammes, il suffit de multiplier  $G$  (qui est en  $\text{kg}^{-1}$ ) et  $\hbar$  (qui est en  $\text{kg}$ ).

$$[G\hbar] = \text{m}^3\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-2} \times \text{kg m}^2/\text{s} = \text{m}^5/\text{s}^3$$

On rajoute maintenant  $c$  afin de faire disparaître les secondes : il va falloir diviser par  $c^3$ .

$$\left[\frac{G\hbar}{c^3}\right] = \text{m}^5/\text{s}^3 \times \text{s}^3/\text{m}^3 = \text{m}^2. \text{ Il ne reste donc qu'à mettre une racine carrée pour obtenir des}$$

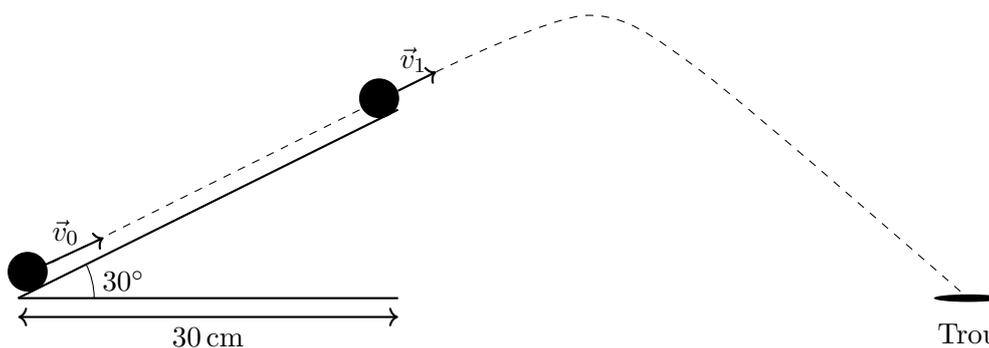
$$\text{mètres : } \left[\sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}}\right] = \text{m}.$$

- Ici, il ne faut pas oublier de convertir les unités des constantes pour avoir les bonnes unités.  $G$  et  $\hbar$  étaient en fait déjà en MKS après avoir développé les joules, donc les valeurs sont déjà les bonnes.

Il a par contre fallu convertir des kilomètres en mètres pour  $c$ . On a donc que  $c = 300\,000\text{ km/s} = 3 \times 10^8\text{ m/s}$ . On calcule maintenant  $\sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 1 \times 10^{-34}}{(3 \times 10^8)^3}} = 1,57 \times 10^{-35}\text{ m}$ .

**Question 6 (3 points)** Vous jouez au Skee-Ball, un jeu qui consiste à lancer une balle vers un plan incliné, afin que celle-ci fasse ensuite un tir parabolique pour atterrir dans un trou. Vous lancez la balle avec une vitesse  $|\vec{v}_0|$  vers le plan incliné, parfaitement lisse et sans frottements, posé sur le sol, long de 30 cm et qui fait un angle de  $30^\circ$  avec l'horizontale. Arrivé au haut du plan incliné, la balle a une vitesse de norme  $|\vec{v}_1|$ . Elle décrit alors une trajectoire parabolique et tombe dans le trou (qu'on suppose au niveau du sol) après 0,9 s.

- Quelle quantité est conservée lors de la montée de la balle sur le plan incliné ?
- Quelle est la norme de la vitesse  $|\vec{v}_1|$  de la balle en haut du plan incliné, en fonction de  $|\vec{v}_0|$  ?
- Donnez les équations qui décrivent la position sur l'axe vertical et sur l'axe horizontal lors du mouvement parabolique.
- Déterminez  $|\vec{v}_1|$  grâce à la trajectoire parabolique et déduisez-en  $|\vec{v}_0|$ .



**Solution.**

- L'énergie mécanique
- Pour alléger la notation, les normes, comme par exemple  $|\vec{v}_0|$ , seront simplement notées sans flèches, donc  $v_0$ . Utilisons du coup la conservation de l'énergie mécanique :

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh$$

On peut déterminer la hauteur par trigonométrie :  $\tan 30 = \frac{h}{0,3}$ . Il reste à isoler  $v_1$ .

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_1^2 &= \frac{1}{2}mv_0^2 - mgh \\ v_1^2 &= v_0^2 - 2gh \\ v_1 &= \sqrt{v_0^2 - 2gh} \\ v_1 &= \sqrt{v_0^2 - 2g0,3 \tan 30} \end{aligned}$$

- Il s'agit d'un tir parabolique : le mouvement sur l'axe horizontal  $x$  est un MRU (il n'y a aucune accélération sur l'axe  $x$ ), tandis que celui sur l'axe vertical  $y$  est un MRUA (à cause de la gravité terrestre).

La position sur l'axe  $x$  est donc donnée par

$$x(t) = x_0 + v_x t = v_x t = v_1 \cos(30)t$$

et sur l'axe  $y$  :

$$y(t) = y_0 + v_y t + \frac{1}{2}at^2 = h + v_1 \sin(30)t - \frac{1}{2}gt^2$$

d) On ne connaît pas la position en  $x$  de la balle lorsqu'elle atteint le trou  $x(0,9)$ , mais on sait que sa hauteur est nulle,  $y(0,9) = 0$ . On va donc utiliser l'équation sur l'axe  $y$  pour résoudre le problème. On y connaît en effet tout, sauf  $v_1$ .

$$y(0,9) = 0 = h + v_1 \sin(30)0,9 - \frac{1}{2}g0,9^2$$
$$v_1 = \frac{-h + \frac{1}{2}g0,9^2}{\sin(30)0,9} = 8,6 \text{ m/s}$$

**Examen de juin 2019**  
**Deuxième partie**

13 juin 2019

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
constante de Coulomb :  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$   
indice de réfraction de l'air :  $n_{\text{air}} = 1,00$   
seuil d'audibilité de l'oreille humaine :  $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$   
vitesse du son dans l'air :  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m/s}$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail !

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** L'objectif d'un appareil photo est représenté par une lentille convergente de focale  $f = 5,0$  cm. Le capteur photo est l'écran sur lequel sera projetée l'image réelle créée par la lentille, et il se trouve à une distance variable  $d$  de la lentille. Faire varier cette distance  $d$  correspond à faire la mise au point de la photo, afin que l'image devienne nette.

- On désire photographier des objets qui se trouvent à une distance de la lentille variant entre  $x$  et  $\infty$  (très loin de l'appareil photo). Quelle plage de valeurs  $[d_{\min}, d_{\max}]$  doit pouvoir prendre  $d$  pour rendre ceci possible ? Exprimez  $d_{\min}$  et  $d_{\max}$  en termes de  $f$  et  $x$ .
- On se propose de photographier une tour de hauteur  $h = 50$  m et située à une distance  $x = 2$  km. Quelle doit être la distance  $d$  dans ce cas-ci ? Exprimez la hauteur  $h'$  de l'image de la tour projetée sur le capteur photo.
- Si on souhaite maintenant photographier un objet situé à 1,0 m, est-ce que la distance  $d$  doit augmenter ou diminuer par rapport au point précédent ? Expliquez à partir de la formule sans calculer.

**Solution.**

- Ici,  $s$ , la distance entre la lentille et l'objet est  $x$ .  $s'$ , la distance entre la lentille et l'écran est  $d$ . Pour photographier nettement un objet se situant à  $x$ , il faut que la lentille se trouve à la distance  $d$  de l'écran donnée par  $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{d}$ . On isole, et on obtient  $d = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{x}\right)^{-1} = \left(\frac{x-f}{xf}\right)^{-1} = \frac{xf}{x-f}$ .

Pour photographier nettement un objet se situant très loin, à  $\infty$ , il faut que la lentille se trouve à la distance  $d$  donnée par  $\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{d}$ . On isole, et on obtient  $d = \left(\frac{1}{f} - 0\right)^{-1} = f$ .

Le premier  $d$  est une quantité forcément plus grande que l'autre : le dénominateur est plus petit vu qu'on a en plus la soustraction de  $\frac{1}{x}$ , et au final la fraction est donc plus grande. Il correspond donc à  $d_{\max}$ . L'autre est alors  $d_{\min}$ . La plage de valeur est donc  $\left[f; \frac{xf}{x-f}\right]$

- On commence par réutiliser  $d = \frac{xf}{x-f} = \frac{2000 \times 0,05}{2000 - 0,05} = 0,05$  m.

Ensuite, on utilise la définition de l'agrandissement  $-\frac{d}{x} = m = \frac{h'}{h}$  pour isoler  $h' = -\frac{dh}{x} = -0,001$  m.

- Reprenons  $d = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{x}\right)^{-1}$ . Dans cette expression,  $f$  est constante. Dans ce cas, si  $x$  diminue (on passe de 2 km à 1,0 m), alors le  $\frac{1}{x}$  augmente. Si ce terme augmente, la parenthèse  $\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{x}\right)$  diminue. Vu que cette parenthèse est au dénominateur, l'expression globale augmente, et  $d$  augmente donc. C'est bien ce qu'on constate en photographie, où les objectifs macro, qui permettent de photographier des objets d'extrêmement près, ont une longueur plus élevée que les objectifs normaux.

### Question 2 (3 points)

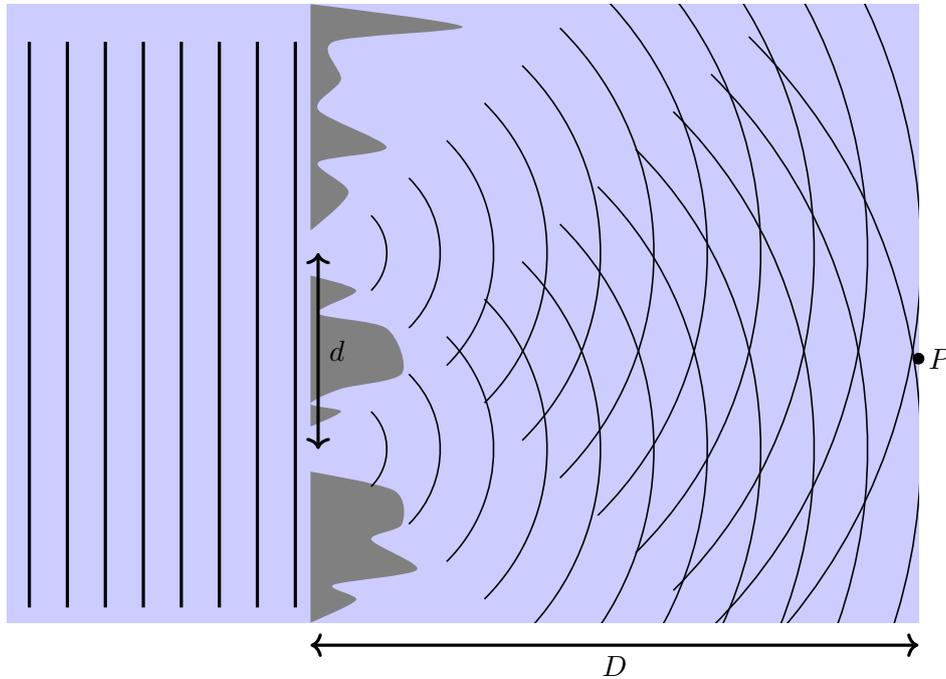
L'oreille humaine peut distinguer des différences de niveau d'intensité de l'ordre de 0,6 dB.

- À quel rapport d'intensité sonore correspond cette différence ?
- À quel rapport d'amplitude de pression correspond cette différence ?
- Est-ce que ces rapports sont les mêmes si on se plonge dans un autre milieu, comme l'eau ? Justifier par rapport aux formules.

### Solution.

- On connaît la différence de niveau d'intensité  $\beta_2 - \beta_1 = \Delta\beta = 0,6$  dB. On connaît la formule qui lie le niveau d'intensité à l'intensité sonore :  $\beta = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$ . Développons-la donc dans la différence :  $\Delta\beta = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right) - 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right)$ . Comme vu au cours et en séance,  $\log(a) - \log(b) = \log \left( \frac{a}{b} \right)$ . Du coup,  $\Delta\beta = 10 \log \left( \frac{I_2 I_0}{I_0 I_1} \right) = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$ . Il reste maintenant à isoler le rapport d'intensité sonore :  $\frac{I_2}{I_1} = 10^{\Delta\beta/10} = 1,15$ .
- On utilise cette fois la formule qui lie l'intensité sonore avec l'amplitude de pression :  $I = \frac{\Delta P^2}{2\rho v}$ . Du coup,  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{\Delta P_2^2}{\Delta P_1^2}$ . On a ici simplifié  $\rho$  et  $v$  puisque ce sont les mêmes. Les deux sons dont on compare l'intensité sont émis dans le même milieu (il n'y a pas de raison de supposer le contraire si on ne le précise pas). Il reste à isoler le rapport d'amplitude de pression :  $\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = 1,07$ .
- Oui, vu que tout ce qui dépend du milieu ( $\rho$  et  $v$ ) disparaît dans les rapports. Ceux-ci ne dépendent donc plus du milieu. Si les deux sons dont on comparait les intensités étaient émis dans des milieux différents, ça ne serait plus le cas, mais ici, on compare deux sons émis dans le même milieu. Dans cette situation, le milieu n'a pas d'influence sur les rapports calculés.

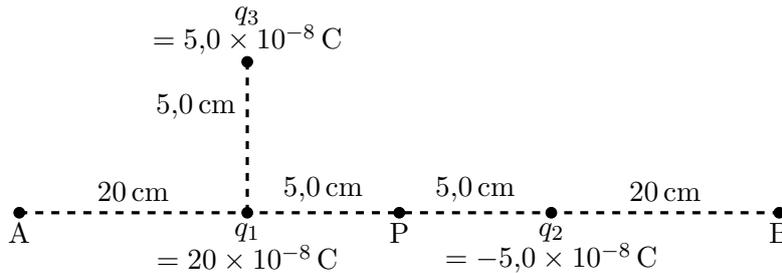
**Question 3 (4 points)** Le vent soufflant vers l'est crée des vagues sur la mer qui vont frapper une côte rocheuse. La distance entre deux vagues correspond à  $\lambda = 2,0$  m. Ces rochers bloquent les vagues, sauf en deux endroits distants de  $d = 5,0$  m où leur hauteur est assez basse pour que l'eau passe. On suppose que ces deux ouvertures sont assez étroites pour devenir des sources ponctuelles de vagues. L'eau forme ensuite un bassin où se trouve un port à une distance  $D = 50$  m des rochers. A quelles distances au nord ou au sud du point  $P$  sur le port devez-vous éviter de mettre votre bateau parce qu'il y serait trop balancé par les vagues ?



**Solution.** La situation est parfaitement analogue aux fentes de Young, utilisons donc cette formule :  $m\lambda = \frac{dy}{D}$  où  $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ . On isole  $y$  et  $y = \frac{m\lambda D}{d} = 0, 20, 40, 60, \dots$  m pour les différentes valeurs possibles de  $m$ . Il faut donc éviter de placer son bateau à ces distances du point  $P$ , au nord ou au sud.

**Question 4 (4 points)** Deux charges  $q_1$  et  $q_2$  sont séparées de 10 cm comme dessiné ci-dessous. Déterminez :

- Le champ électrique  $\vec{E}$  au point  $P$  créé par les charges  $q_1$  et  $q_2$
- La force subie par une charge de  $-4,0 \times 10^{-8}$  C placée en  $P$  à cause des charges  $q_1$  et  $q_2$
- Quels sont les potentiels aux points  $A$  et  $B$  créés par les charges  $q_1$  et  $q_2$  ?
- Quel est le travail nécessaire pour déplacer une charge de  $500 \mu\text{C}$  de  $A$  à  $B$  ?
- Que devient le champ électrique  $\vec{E}$  au point  $P$  si on rajoute, en plus des charges  $q_1$  et  $q_2$ , une charge  $q_3$  à un point situé 5,0 cm au dessus de la charge  $q_1$  ?



**Solution.**

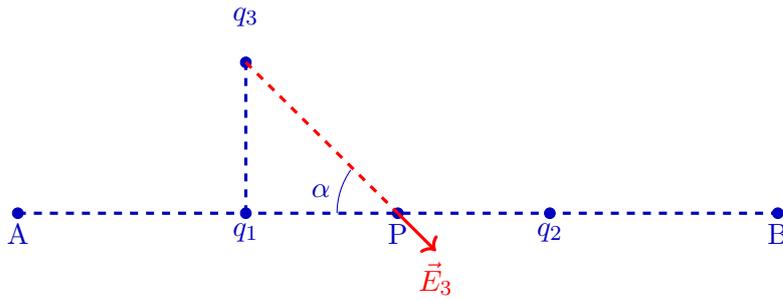
- a) On va sommer les champs électriques fournis par les deux charges  $q_1$  et  $q_2$  :

$$\begin{aligned} \vec{E}(P) &= \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 d_{1P}^2} \vec{1}_x + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 d_{2P}^2} (-\vec{1}_x) \\ &= \frac{20 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 (0,05)^2} \vec{1}_x + \frac{-5 \times 10^{-8}}{4\pi\epsilon_0 (0,05)^2} (-\vec{1}_x) \\ &= (720\,000 \vec{1}_x + 180\,000 \vec{1}_x) = 900\,000 \vec{1}_x \text{ N/C} \end{aligned}$$

- b) On la détermine à partir du champ électrique au point  $P$  :  $\vec{F} = q\vec{E}$  où  $q$  est la charge placée au point  $P$  qui va subir la force. En remplaçant par ce qu'on a déterminé au point précédent,  $\vec{F} = -4 \times 10^{-8} \times 900\,000 \vec{1}_x = -0,36 \vec{1}_x \text{ N}$
- c) De nouveau, on va sommer le potentiel créé au point  $A$  par les charges  $q_1$  et  $q_2$ , puis pareil au point  $B$ .

$$\begin{aligned} V(A) &= \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 d_{1A}} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 d_{2A}} = 9000 - 1500 = 7500 \text{ V} \\ V(B) &= \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 d_{1B}} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 d_{2B}} = 6000 - 2250 = 3750 \text{ V} \end{aligned}$$

- d) Le travail nécessaire pour déplacer une charge d'un potentiel à un autre est donné par  $\Delta U = q\Delta V = qV(B) - V(A)$  où  $q$  est la charge déplacée de  $500 \mu\text{C}$ . On calcule,  $\Delta U = 500 \times 10^{-6} (3750 - 7500) = -1,875 \text{ J}$ .
- e) Cette fois tout n'est pas aligné sur l'axe  $x$ . Il va donc falloir décomposer le champ électrique créé par  $q_3$ ,  $\vec{E}_3$ , sur l'axe  $x$  et l'axe  $y$ .



Par trigonométrie,  $\tan \alpha = \frac{d_{13}}{d_{1P}}$ , donc  $\alpha = \arctan \frac{d_{13}}{d_{1P}} = 45^\circ$ . On va maintenant utiliser cet angle pour projeter, vu qu'il s'agit également de l'angle entre  $\vec{E}_3$  et l'axe horizontal  $x$  par angle opposé.

$$\begin{aligned}\vec{E}_{3,x} &= E_3 \cos \alpha \vec{I}_x \\ \vec{E}_{3,y} &= E_3 \sin \alpha (-\vec{I}_y)\end{aligned}$$

Il faut donc déterminer la norme de  $\vec{E}_3$ , notée  $E_3$ . Pour ça, il nous faut la distance entre  $q_3$  et  $P$  par Pythagore :  $d_{3P} = \sqrt{0,05^2 \times 2} = 0,07 \text{ cm}$

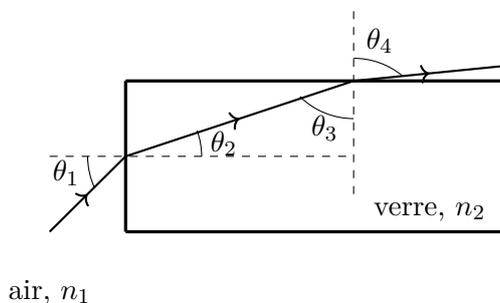
$$E_3 = \frac{q_3}{4\pi\epsilon_0 d_{3P}^2} = 90\,027 \text{ N/C}$$

Et finalement, avec  $\vec{E}$  le champ électrique calculé au point a), qui comptabilise les contributions de  $q_1$  et  $q_2$ ,

$$\begin{aligned}\vec{E}_{\text{tot}} &= \vec{E} + \vec{E}_3 = 900\,000 \vec{I}_x + 90\,027 \cos(45) \vec{I}_x + 90\,027 \sin(45) \vec{I}_y \\ &= 96\,3659 \vec{I}_x \text{ N/C} + 90\,027 \sin(45) \vec{I}_y \text{ N/C}\end{aligned}$$

**Question 5 (3 points)** Comme montré sur la figure ci-dessous, un rayon lumineux entre avec un angle de  $\theta_1 = 45^\circ$  sur le côté d'un long rectangle de verre ayant un indice de réfraction  $n_2$  inconnu. Montrez que ces rayons entrants peuvent être totalement réfléchis à l'intérieur du verre si son indice de réfraction atteint la valeur  $n_2 = 1,225$ .

Rappel :  $\sin(90 - \alpha) = \cos(\alpha)$



**Solution.** On commence par appliquer la loi de Snell au rayon entrant depuis l'air dans le verre :

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ n_1 \sin(45) &= n_2 \sin \theta_2 \\ n_2 \sin \theta_2 &= \frac{\sqrt{2}}{2} \end{aligned}$$

car on sait que  $n_1 = 1$  vu qu'il s'agit de l'air. On applique ensuite la loi de Snell au rayon sortant du verre vers l'air :

$$n_2 \sin \theta_3 = n_1 \sin \theta_4$$

Pour déterminer quand le rayon sortant est toujours intégralement réfléchi, on cherche l'angle limite de réflexion totale : on pose que l'angle  $\theta_4 = 90^\circ$

$$\begin{aligned} n_2 \sin \theta_3 &= n_1 \sin(90) \\ n_2 \sin \theta_3 &= n_1 \end{aligned}$$

La somme des angles du triangle indiqué et formé par l'horizontale, la verticale et le rayon lumineux doit faire  $180^\circ$ . Du coup,  $\theta_3 + \theta_2 + 90^\circ = 180^\circ$ , et l'angle  $\theta_3$  correspond à

$$\theta_3 = 90^\circ - \theta_2$$

On remplace ceci dans la loi de Snell pour le rayon sortant, et on utilise le rappel donné dans l'énoncé

$$n_2 \cos \theta_2 = n_1$$

Si on divise par cette expression l'équation qu'on avait obtenu grâce à la loi de Snell pour le rayon entrant, l'indice de réfraction inconnu disparaît, et il ne reste que l'angle à isoler :

$$\frac{n_2 \sin \theta_2}{n_2 \cos \theta_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$
$$\tan \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$
$$\theta_2 = 35,26^\circ$$

Puis on peut retourner isoler  $n_2$  dans une des expressions précédentes :

$$n_2 \cos \theta_2 = n_1$$
$$n_2 = \frac{n_1}{\cos \theta_2}$$
$$= 1,225$$

**Question 6 (3 points)** Vous vous trouvez sur le bord de la route, et deux ambulances se rapprochent de vous à vitesse constante (l'une de la gauche, l'autre de la droite). L'ambulance à gauche roule à une vitesse de 100 km/h. Vous entendez l'ambulance de droite comme étant un demi-ton plus haut (fréquence  $\sqrt[3]{2} \simeq 1,06$  fois plus élevé) que l'autre. Au repos, la loi fixe la fréquence d'une sirène d'ambulance à 495 Hz. Quelle est la vitesse de la deuxième ambulance ?

**Solution.** La fréquence change ici à cause de l'effet Doppler. Écrivons son expression pour les deux ambulances, celle de gauche qui aura une fréquence perçue  $f_g$  et celle de droite qui aura une fréquence perçue  $f_d$  :

$$f_g = f_0 \frac{v}{v - v_g}$$

$$f_d = f_0 \frac{v}{v - v_d}$$

$f_0$  correspond à la fréquence au repos, donc à 495 Hz.  $v$  correspond à la vitesse du son dans l'air.  $v_g$  et  $v_d$  sont respectivement la vitesse de l'ambulance de gauche et celle de l'ambulance de droite. Vu que les deux ambulances sont des sources qui s'approchent du récepteur, la formule de l'effet Doppler aura la même forme pour les deux.

On sait également que  $f_d = 1,06f_g$ , donc :

$$f_d = 1,06f_g = 1,06f_0 \frac{v}{v - v_g} = f_0 \frac{v}{v - v_d}$$

Cette dernière égalité va nous permettre d'isoler  $v_d$  qui est inconnue, vu que tout le reste y est connu, avec  $v_g = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$

$$1,06f_0 \frac{v}{v - v_g} = f_0 \frac{v}{v - v_d}$$

$$1,06 \frac{1}{v - v_g} = \frac{1}{v - v_d}$$

$$\frac{v - v_g}{1,06} = v - v_d$$

$$v_d = v - \frac{v - v_g}{1,06} = 45,5 \text{ m/s}$$

# Examen d'août 2019

## Seconde partie

23 août 2019

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :

constante de Coulomb :	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	=	$9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$
vitesse de la lumière :	$c$	=	$3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$
vitesse du son dans l'air :	$v_{\text{air}}$	=	$340 \text{ m/s}$
indice de réfraction de l'air :	$n_{\text{air}}$	=	$1,00$
accélération de la pesanteur à la surface de la Terre :	$g$	=	$9,81 \text{ m/s}^2$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** L'intensité lumineuse solaire reçue par la Terre est de  $1,4 \times 10^3 \text{ W/m}^2$  et la distance Terre-Soleil est de  $15 \times 10^7 \text{ km}$ .

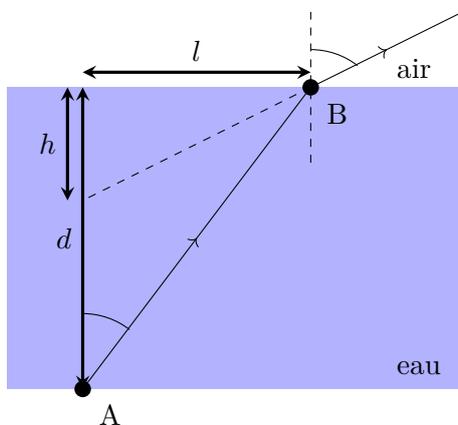
(Indication : la relation entre puissance et intensité est la même pour la lumière et les ondes sonores)

- a) Quelle est la puissance du Soleil ?
- b) Sachant que la limite de sensibilité d'un oeil humain est de  $5,0 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2$ , à quelle distance le Soleil devrait se trouver de la Terre pour que notre oeil ne puisse plus percevoir sa lumière ?
- c) Même question, sauf que nous considérons maintenant l'influence de l'atmosphère. Supposons que celle-ci absorbe 75% de l'intensité solaire reçue.

**Question 2 (3 points)** Vous disposez de trois lentilles. La première, recevant des rayons lumineux d'un objet situé à l'infini, forme une image à 2,0 cm du côté opposé à l'objet. Si on substitue la première lentille par la deuxième, l'image se forme 0,30 cm plus proche de la lentille.

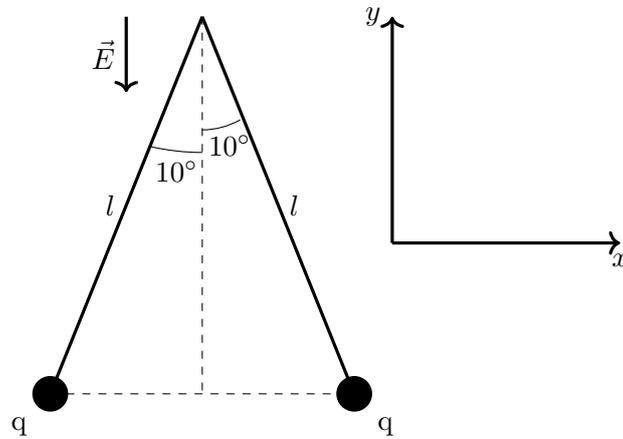
- a) Quelles sont les puissances respectives de la première et de la deuxième lentille ?
- b) Quelle doit être la puissance de la troisième lentille si, en l'accolant à la deuxième, l'image se forme au même endroit que pour la première lentille ?
- c) De quel type est la troisième lentille ? Justifiez.

**Question 3 (4 points)** Un objet se trouve à une profondeur  $d = 2$  m au point A sous l'eau, dont l'indice de réfraction est  $n_{\text{eau}} = 1,3$ . A quelle profondeur  $h$  semble se trouver l'objet si on le regarde depuis le point B qui se trouve tout juste hors de l'eau, à une distance  $l = 1$  m de la verticale passant par l'objet ?



**Question 4 (4 points)** Lors d'un concert, une flute et une guitare doivent jouer la même note. La flute peut être considérée comme un tube fermé-ouvert de longueur 80 cm. La corde de la guitare sur laquelle on joue, en acier de masse linéique  $\mu = 10^{-3}$  kg/m, est fixée aux deux extrémités et est tendue avec une force de 60 N. Les deux instruments jouent leur note fondamentale. Quelle doit être la longueur de la corde de la guitare ?

**Question 5 (3 points)** Deux sphères de 2,0 g sont chargées avec la même charge positive  $q$  et suspendues dans l'air, chacune à l'extrémité d'un fil de longueur  $l = 50$  cm. Les deux sphères s'éloignent pour former un angle de  $10^\circ$  avec la verticale. Le tout est plongé dans un champ électrique  $\vec{E}$  de norme  $5,0 \times 10^5$  N/C opposé à l'axe  $y$ . Déterminez une valeur pour la charge  $q$ .



**Question 6 (3 points)** Un radar de contrôle routier est un instrument servant à mesurer la vitesse des véhicules circulant sur la voie publique à l'aide de l'effet Doppler subi par les ondes radar. Le radar émet une onde qui est réfléchiée par toute cible se trouvant dans la direction pointée (comme une voiture). Un capteur mesure alors la différence entre la fréquence émise initialement et celle renvoyée par la cible.

Il y a normalement un angle entre une voiture sur la route et le radar, mais nous supposons ici cet angle nul.

Indication : les ondes radio sont des ondes électromagnétiques, au même titre que la lumière.

- a) Schématiser le principe du radar à effet Doppler en faisant figurer les fronts de l'onde émise et ceux de l'onde réfléchiée par un véhicule se rapprochant du radar.
- b) Déterminez la vitesse d'une voiture qui se rapproche du radar si la différence entre la fréquence renvoyée par la voiture et la fréquence émise initialement est de  $f_r - f_e = 8,0 \text{ kHz}$ , pour une fréquence émise initialement de  $f_e = 24 \text{ GHz}$ .

Si la limite de vitesse est fixée à 120 km/h, est-ce que le chauffeur recevra une amende ?

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2019-2020)  
**Examen de novembre 2019**

31 octobre 2019

---

Correctif

**Question 1 (3 points)** Lorsque l'on étend un ressort pendu verticalement au bout duquel est attachée une masse  $M$ , il s'exerce sur celle-ci une force qui a tendance à la ramener vers la position au repos et à la faire osciller autour de celle-ci. Cette force est donnée par  $F = kx$ , où  $k$  est la constante de rappel du ressort, et  $x$  son élongation.

- Donnez les dimensions (MLT - Masse, Longueur, Temps). Si vous préférez, vous pouvez plutôt donner les unités dans le système MKS (mètre-kilogramme-seconde) de  $F$ ,  $x$  et  $k$ .
- En utilisant l'analyse dimensionnelle, déterminez la dépendance de la période  $t$  des oscillations en les grandeurs  $k$ ,  $m$  et  $g$  (l'accélération de la pesanteur).

a)  $[F] = MLT^{-2} \quad (kg.m.s^{-2})$   
 $[x] = L \quad (m)$

$$[k] = \frac{[F]}{[x]} = \frac{MLT^{-2}}{L} = MT^{-2} \quad (kg.s^{-2})$$

b)  $t = k^a m^b g^c \quad [t] = (MT^{-2})^a M^b L^c T^{-2c} = M^{a+b} T^{-2a-2c} L^c$   
 $a = -\frac{1}{2}, \quad b = \frac{1}{2} \text{ et } c = 0$

$$[t] = (MT^{-2})^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} \Rightarrow t = \alpha \sqrt{\frac{m}{k}}$$

La période est proportionnelle à la racine carrée du rapport de la masse attachée au ressort et de la constante de rappel de ce dernier. La constante  $\alpha$  représente une constante sans dimension qui pourrait être présente et que l'analyse dimensionnelle ne permet pas d'obtenir.

**Question 2 (3 points)**

Un athlète court le 100 m. Son accélération est constante durant les 25 premiers mètres, après quoi il garde une vitesse constante de 11 m/s.

- Donnez les équations pour la position et la vitesse en fonction du temps durant les 25 premiers mètres.
- Utilisez ces deux équations pour déduire le temps nécessaire pour parcourir les 25 premiers mètres et l'accélération correspondante.
- Combien de temps lui faut-il pour parcourir les 100 m ?



- Durant les 25 premiers mètres, l'athlète, initialement au repos, court avec une accélération constante :

L'équation horaire de la position :

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 = \frac{1}{2}at^2$$

L'équation horaire de la vitesse :

$$v(t) = v_0 + at = at$$

$$b) \begin{cases} \frac{1}{2}at^2 = 25 \\ at = 11 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} at^2 = 50 & (1) \\ at = 11 & (2) \end{cases} \frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{50}{11} \approx 4,54 \text{ (s)} \\ a = \frac{121}{50} = 2,42 \text{ (m/s}^2\text{)} \end{cases}$$

- Les 75 derniers mètres, l'athlète continue sa course à vitesse constante.

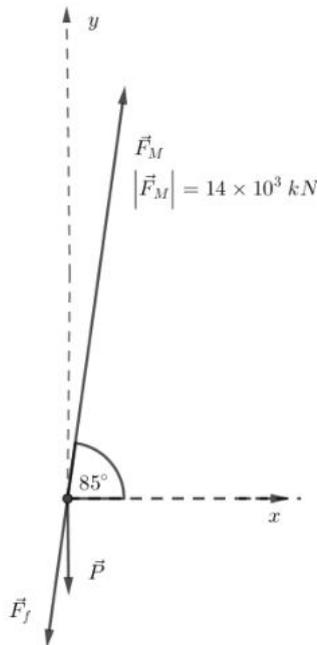
$$100 = x_1 + v_1t = 25 + 11t \Leftrightarrow t = \frac{100 - 25}{11} = \frac{75}{11} \approx 6,82 \text{ s}$$

L'athlète met alors  $t = \frac{50}{11} + \frac{75}{11} = \frac{125}{11} \approx 11,36 \text{ s}$  pour parcourir les 100 m.

**Question 3 (4 points)**

Une fusée d'une masse de 750 tonnes quitte la terre avec un angle  $\alpha = 85^\circ$  donné par rapport à l'horizontale et une vitesse de  $v = 250 \text{ m/s}$ . La poussée exercée par les moteurs est d'une intensité de  $14 \times 10^3 \text{ kN}$ , dirigée selon l'axe de la fusée. Elle subit le frottement de l'air. Que vaut alors son accélération (en composantes et en norme)? On donne  $C_2 = 0,85 \text{ kg/m}^3$  et  $R = 5 \text{ m}$ .

Deux simplifications sont à considérer : on néglige, dans cette situation, le terme en  $C_1$  dans la force de frottement de l'air et on suppose que l'accélération de la pesanteur est la même qu'à la surface de la Terre,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



2<sup>ème</sup> loi de Newton :

$$\vec{F}_M + \vec{P} + \vec{F}_f = m\vec{a}$$

Projection sur  $Ox$ :  $F_M \cos 85^\circ - F_f \cos 85^\circ = ma_x$

$$a_x = \frac{F_M \cos 85^\circ - F_f \cos 85^\circ}{m} = \frac{(F_M - C_2 R^2 v^2) \cos 85^\circ}{m} = 1,47 \text{ m/s}^2$$

Projection sur  $Oy$ :  $F_M \sin 85^\circ - mg - F_f \sin 85^\circ = ma_y$

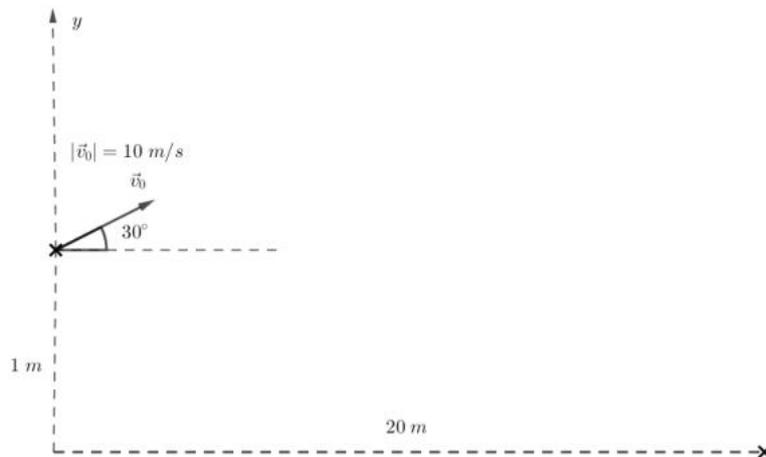
$$a_y = \frac{(F_M - C_2 R^2 v^2) \sin 85^\circ - mg}{m} = 6,83 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{a} = 1,47 \times \vec{i}_x + 6,83 \times \vec{i}_y \quad (\text{m/s}^2)$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{1,47^2 + 6,83^2} = 6,98 \quad (\text{m/s}^2)$$

**Question 4 (4 points)** Sur une planète bien loin de la Terre, Yoda lance d'une hauteur de 1 m un sabre laser au jeune Luke, avec une vitesse initiale de 10 m/s et un angle de  $30^\circ$  vers le haut par rapport à l'horizontale. Le sabre laser retombe aux pieds de Luke, 20 m plus loin.

- Donnez les équations régissant ce type de mouvement.
- Déterminez le temps de voyage du sabre.
- Déduisez-en l'accélération de la pesanteur sur cette planète.



- a) Equations du mouvement :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 5\sqrt{3}t$$

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \alpha \cdot t + 1 = -\frac{1}{2}gt^2 + 5t + 1$$

- b) Temps de voyage du sabre :

$$t = \frac{20}{10 \cdot \cos 30^\circ} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \approx 2,31s$$

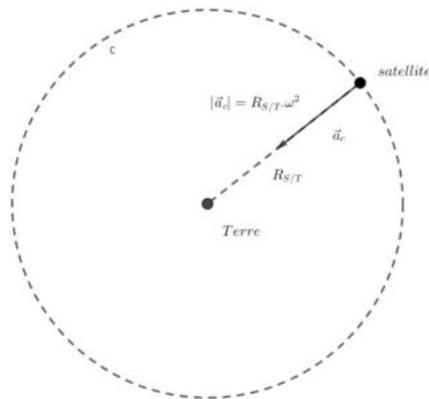
- c) Accélération de pesanteur de la planète :

$$-\frac{1}{2}g\left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^2 + 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right) + 1 = 0 \quad -\frac{8}{3}g + \frac{20}{\sqrt{3}} + 1 = 0 \quad g = \frac{3}{8} \times \left(\frac{20}{\sqrt{3}} + 1\right) \approx 4,7m/s^2$$

**Question 5 (3 points)** Soit un objet en orbite autour de la Terre, orbite de rayon  $R$  et de période  $T$ .

- a) A partir de la loi de la gravitation universelle, de la deuxième loi de Newton, et de la formule pour l'accélération centripète, en déduire la troisième loi de Kepler :  $\frac{R^3}{T^2} = \text{constante}$ .
- b) Un satellite géostationnaire est immobile par rapport à la surface de la Terre : il complète une et une seule orbite par jour. Le rayon de son orbite est  $42,2 \times 10^3$  km. Sachant que la période de rotation de la Lune autour de la Terre est de 27 jours, en déduire la distance Terre-Lune.

a)



Loi de gravitation universelle : 
$$|\vec{F}_{T/S}| = |\vec{F}_{S/T}| = \frac{Gm_T m_S}{R_{S/T}^2}$$

2<sup>ème</sup> loi de Newton : 
$$|\vec{F}_{T/S}| = m_S R_{S/T} \omega^2$$

Le rôle de force centripète est ici jouée par la gravité :

$$\frac{Gm_S m_T}{R_{S/T}^2} = m_S R_{S/T} \omega^2 = m_S R_{S/T} \left( \frac{2\pi}{T_{S/T}} \right)^2 = \frac{4\pi^2 m_S R_{S/T}}{T_{S/T}^2}$$

$$\frac{Gm_S m_T}{R_{S/T}^2} = \frac{4\pi^2 m_S R_{S/T}}{T_{S/T}^2} \Rightarrow \frac{R_{S/T}^3}{T_{S/T}^2} = \frac{Gm_T}{4\pi^2} = \text{Cte}$$

b)  $T_{S/T} = 1$  jour.  $R_{S/T} = 42,2 \times 10^3$  km.  $T_{L/T} = 27$  jours.

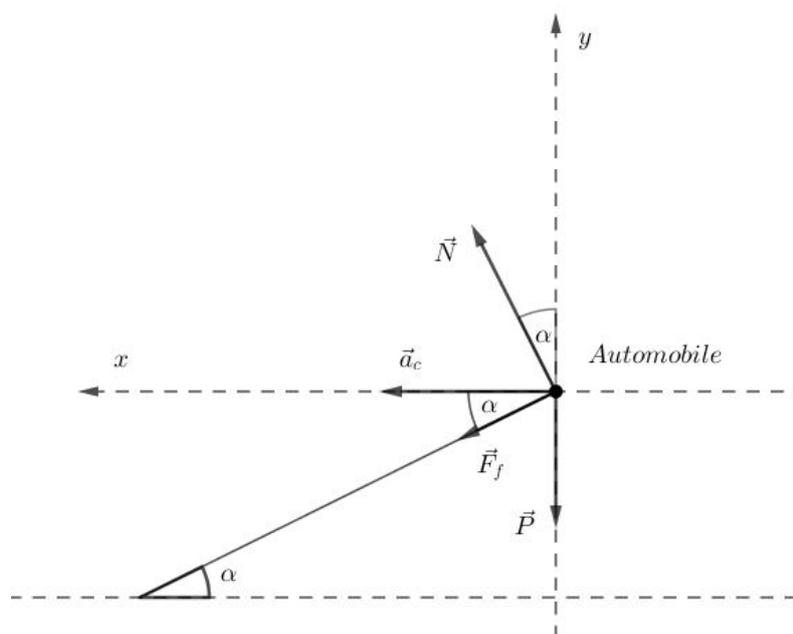
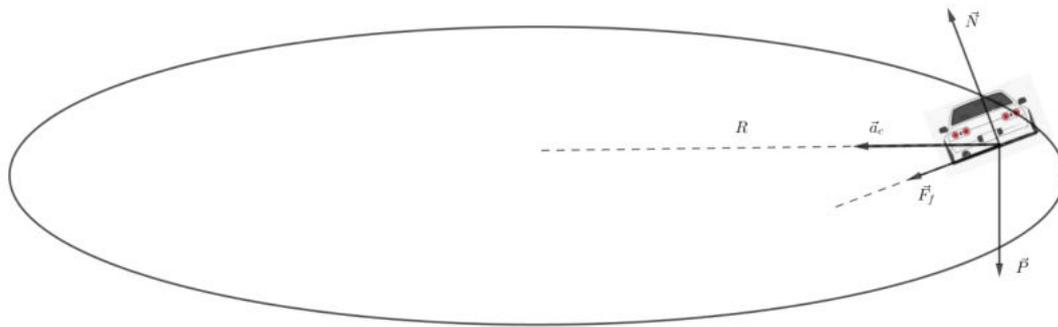
$$\frac{R_{S/T}^3}{T_{S/T}^2} = \frac{R_{L/T}^3}{T_{L/T}^2} \quad R_{L/T} = R_{S/T} \times \sqrt[3]{\frac{T_{L/T}^2}{T_{S/T}^2}} = 42,2 \times 10^3 \times \sqrt[3]{(3^2)^3} = 9 \times 42,2 \times 10^3 = 379\,800 \text{ km.}$$

**Question 6 (3 points)** Sur les pistes automobiles, le bord extérieur des virages est surélevé. Ce relèvement empêche le véhicule de déraper au cas où la force de frottement, qui joue le rôle de force centripète, serait insuffisante. Une automobile de masse  $m = 1\,000\text{ kg}$  entre dans un virage circulaire de rayon  $R = 10\text{ m}$  et surélevé avec un angle de  $\alpha = 37^\circ$  par rapport à l'horizontale. La route est glissante et le coefficient de frottement statique n'est donc que de  $\mu_s = 0,1$ .

- Déterminez pour quelle vitesse maximale l'automobile peut rouler sans risque de déraper.
- Si les frottements disparaissent ( $\mu_s = \mu_c = 0$ ), déterminez la relation entre la vitesse maximale permise et l'angle d'inclinaison  $\alpha$ .

a)

Schéma :



Les forces de frottement sont orientées vers le bas de la piste puisqu'un dérapage entrainerait un mouvement vers l'extérieur du cercle (imaginez la même situation sur une piste à plat).

Bilan de forces :

$\vec{F}_f$  : Force de frottement

$\vec{P}$  : Poids de l'automobile

$\vec{N}$  : Réaction de l'automobile sur l'automobile.

2<sup>ème</sup> principe de Newton :

$$\vec{F}_f + \vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}_c$$

Projection sur  $Ox$ :  $F_f \cos \alpha + N \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}$        $N(\mu_s \cos \alpha + \sin \alpha) = m \frac{v_{Max}^2}{R}$       (1)

Projection sur  $Oy$ :  $N \cos \alpha = F_f \sin \alpha + mg$        $N(\cos \alpha - \mu_s \sin \alpha) = mg$       (2)

On a utilisé dans les deux projections  $F_f = \mu_s N$ .

$$\frac{(1)}{(2)} : \quad \frac{v_{Max}^2}{Rg} = \frac{\mu_s \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - \mu_s \sin \alpha} \quad v_{Max} = \sqrt{R.g \cdot \left( \frac{\mu_s \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - \mu_s \sin \alpha} \right)} \approx 9,6 m/s$$

b) Si  $\mu_s = \mu_c = 0$        $v_{Max} = \sqrt{R.g \cdot \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)} = \sqrt{R.g \cdot \tan \alpha}$

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2019-2020)  
**Examen de janvier 2020**

10 janvier 2020

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Le nombre de Bagnold (Ba) est un nombre **sans dimension** utilisé pour caractériser l'écoulement de grains de sable. Il permet notamment de déterminer à partir de quelles conditions l'écoulement passe d'un fluide à celui d'un fluide granulaire où l'énergie est dissipée par choc entre les grains et non plus par frottement. Il est fonction des quantités suivantes :

- $m$  - Masse d'un grain
- $\gamma$  - Gradient de vitesse en fonction de la distance (vitesse par unité de longueur)
- $L_c$  - Longueur caractéristique
- $\mu$  - Viscosité du fluide contenant les grains

La viscosité est en général exprimée en Pascal  $\times$  seconde, où le Pascal est une unité de pression (= force par unité de surface).

- a) Donnez les dimensions de la pression en masse, longueur, temps (M, L, T)
- b) Donnez les dimensions de la viscosité en masse, longueur, temps (M, L, T)
- c) Sachant que le nombre de Bagnold, Ba, est proportionnel (linéaire) à la masse d'un grain  $m$ , déterminez par analyse dimensionnelle la dépendance de Ba en les quantités ( $m, \gamma, L_c, \mu$ ).

**Solution.**

a)  $[P] = \left[ \frac{F}{S} \right] = \left[ \frac{ma}{S} \right] = MLT^{-2}L^{-2} = ML^{-1}T^{-2}$

b)  $[\mu] = [P \times s] = ML^{-1}T^{-2} \times T = ML^{-1}T^{-1}$

- c) On commence par indiquer toutes les quantités dont doit dépendre le nombre de Bagnold, avec des exposants inconnus

$$\text{Ba} = m^\alpha \gamma^\beta L_c^\delta \mu^\epsilon$$

Comme on dit que Ba est proportionnel (linéaire) à la masse,  $\alpha = 1$ . On sait que Ba est sans dimension, donc sa dimension est égale à 1 :

$$\begin{aligned} [\text{Ba}] &= [m]^\alpha [\gamma]^\beta [L_c]^\delta [\mu]^\epsilon = 1 \\ &= M^\alpha (T^{-1})^\beta L^\delta (ML^{-1}T^{-1})^\epsilon \\ &= M^\alpha T^{-\beta} L^\delta M^\epsilon L^{-\epsilon} T^{-\epsilon} \\ &= M^{\alpha+\epsilon} T^{-\beta-\epsilon} L^{\delta-\epsilon} = 1 \end{aligned}$$

Comme la dimension totale doit être 1, l'exposant de chaque dimension séparément doit être zéro :

$$\begin{cases} \alpha + \epsilon = 0 \\ -\beta - \epsilon = 0 \\ \delta - \epsilon = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 1 + \epsilon = 0 \\ \beta = -\epsilon \\ \delta = \epsilon \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \epsilon = -1 \\ \beta = 1 \\ \delta = -1 \end{cases}$$

Au final,  $\text{Ba} \propto m\gamma L_c^{-1} \mu^{-1} = \frac{m\gamma}{L_c\mu}$ .

**Question 2 (3 points)**

Un bateau sur un lac subit un choc avec un rocher immergé, qui fait un trou de  $40 \text{ cm}^2$  dans sa coque à  $1 \text{ m}$  en-dessous de la surface de l'eau. Le bateau peut recevoir  $10 \text{ m}^3$  d'eau avant d'avoir sa cargaison trempée.

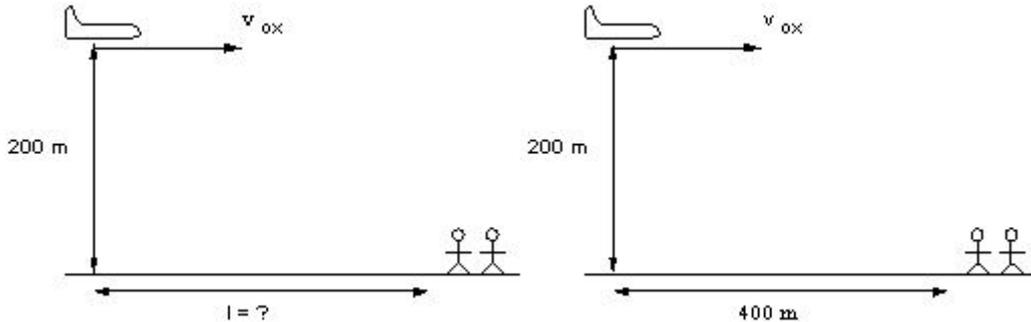
- Quelle est la vitesse du jet d'eau entrant dans le bateau ?
- A quel débit volumique l'eau entre-t-elle dans la coque du navire ?
- Estimez le temps qu'il reste à l'équipage avant que la cargaison soit ruinée par l'eau.

**Solution.**

- C'est exactement la même situation que celle du calcul de la formule de Torricelli vue au cours : un grand bassin d'eau qui s'écoule dans un petit trou. On peut donc directement utiliser celle-ci,  $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 1} = \sqrt{20} \text{ m/s}$ .
- En n'oubliant pas de convertir la surface du trou en  $\text{m}^2$ ,  $D_v = vS = \sqrt{20} \times 40 \times 10^{-4} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$
- $D_v = \frac{V}{t} \leftrightarrow t = \frac{V}{D_v} = \frac{10}{0,018} = 555,56 \text{ s}$ , donc 9,26 minutes.

**Question 3 (4 points)** Des secouristes veulent larguer des provisions à des alpinistes isolés sur la crête d'une montagne, 200 m plus bas. Normalement ce serait un largage parachuté afin que les provisions arrivent au sol en douceur, mais imaginons que ce soit un largage en chute libre. L'avion se déplace horizontalement à une vitesse de 250 km/h.

- A quelle distance horizontale  $l$  avant les alpinistes doivent-ils lancer les provisions ?
- Si l'avion larguait les provisions à une distance horizontale de  $l = 400$  m avant le point visé, quelle vitesse initiale verticale supplémentaire devrait-on leur rajouter (vers le haut ou vers le bas ?) pour qu'elles tombent précisément à l'endroit souhaité ?
- Dans la situation décrite au point précédent, à quelle vitesse (en norme) vont-elles toucher le sol ?



**Solution.**

- Les deux équations décrivant le mouvement des provisions sont celles d'un MRU de vitesse initiale  $v_{0x} = 250 \text{ km/h} = 69,44 \text{ m/s}$  sur l'axe horizontal, et un MRUA sans vitesse initiale de hauteur initiale  $y_0 = 200 \text{ m}$ .

$$x(t) = v_{0x}t$$

$$y(t) = y_0 - \frac{gt^2}{2}$$

Le temps de chute est trouvé en cherchant le temps  $t_{\text{chute}}$  où les provisions atteignent le sol  $y(t_{\text{chute}}) = 0$ ,

$$y(t_{\text{chute}}) = 0 = y_0 - \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2}$$

$$t_{\text{chute}}^2 = \frac{2y_0}{g}$$

$$t_{\text{chute}} = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 6,32 \text{ s}$$

On peut trouver à partir de cette durée de chute la distance horizontale parcourue par le colis avant d'atteindre le sol  $x(t_{\text{chute}}) = l$

$$x(t_{\text{chute}}) = l = v_{0x}t_{\text{chute}} = v_{0x}\sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 439,21 \text{ m}$$

- On imagine maintenant que les provisions sont lancées avec une vitesse initiale verticale  $v_{0y}$  inconnue additionnelle. Les équations décrivant leur mouvement deviennent

$$x(t) = v_{0x}t$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

On sait que  $x(t_{\text{chute}}) = l = 400 \text{ m}$ . On peut trouver le temps de chute à partir de ça :

$$x(t_{\text{chute}}) = l = 400 = v_{0x}t_{\text{chute}}$$
$$t_{\text{chute}} = \frac{l}{v_{0x}} = 5,76 \text{ s}$$

On utilise le temps de chute pour trouver quelle vitesse initiale verticale permet d'obtenir un tel mouvement :

$$y(t_{\text{chute}}) = 0 = y_0 + v_{0y}t_{\text{chute}} - \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2}$$
$$v_{0y}t_{\text{chute}} = -y_0 + \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2}$$
$$v_{0y} = \frac{-y_0}{t_{\text{chute}}} + \frac{gt_{\text{chute}}}{2} = \frac{-y_0v_{0x}}{l} + \frac{gl}{2v_{0x}} = -5,92 \text{ m/s}$$

Ce qui signifie qu'il faut une vitesse initiale verticale de 5,92 m/s vers le bas.

- c) La vitesse horizontale ne change pas, vu qu'il s'agit d'un MRU :  $v_x(t_{\text{chute}}) = v_{0x}$ . La vitesse verticale suit l'équation d'un MRUA

$$v_y(t) = v_{0y} - gt$$

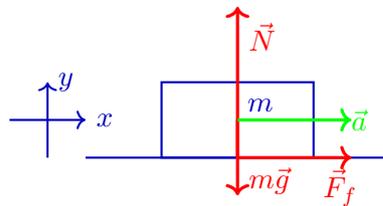
Dans ce cas,  $v_y(t_{\text{chute}}) = v_{0y} - gt_{\text{chute}} = -63,52 \text{ m/s}$ . La norme de la vitesse au moment de la chute est finalement  $v = \sqrt{v_x(t_{\text{chute}})^2 + v_y(t_{\text{chute}})^2} = 94,11 \text{ m/s}$

**Question 4 (4 points)** Un camion ( $M = 4750 \text{ kg}$ ) transporte une caisse ( $m = 700 \text{ kg}$ ) simplement déposée sur sa plate-forme, sans aucune fixation, seul le frottement peut la garder en place (donc force de frottement dans la direction de l'accélération du camion). Les coefficients de frottement statique et cinétique entre la plate-forme et la caisse sont respectivement de 0,75 et 0,50.

- Si le camion accélère à  $1,50 \text{ m/s}^2$ , quel est le module de la force de frottement statique empêchant la caisse de glisser ?
- Quel sera le module de l'accélération maximale que peut subir le camion sans que la caisse ne glisse ?
- Quel est le module de l'accélération maximale que peut subir le camion sans que la caisse ne glisse s'il monte une pente inclinée de  $10^\circ$  ?

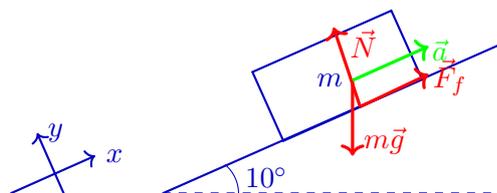
**Solution.**

- Sans aucun frottement et vu l'absence de fixation, si le camion accélérât, la boîte resterait au même endroit tandis que le camion avancerait. La force de frottement empêche le mouvement relatif de la caisse par rapport à camion. Comme cette force s'oppose au mouvement de la boîte par rapport au camion, elle accélère la boîte dans le même sens que le camion.



Autrement dit, la deuxième loi de Newton  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  donne, une fois projetée sur l'axe vertical  $y$  :  $N - mg = 0$  puisque la caisse n'est pas accélérée verticalement et sur l'axe horizontal  $x$  :  $F_f = ma$  où  $m$  est la masse de la caisse et  $a$  est l'accélération que doit subir la boîte pour rester solidaire du camion, donc  $1,50 \text{ m/s}^2$ . Dans ce cas,  $F_f = 1050 \text{ N}$ .

- La force de frottement maximale qu'il peut y avoir est  $F_{f,max} = \mu_s N$ . La normale  $N$  est directement égale au poids  $mg$  comme vu au point précédent. Cette force de frottement maximale limite l'accélération maximale que le camion pourra avoir puisque si cette accélération est dépassée par le camion, la force de frottement ne sera pas assez élevée pour donner la même accélération à la caisse, et la caisse n'arrivera pas à suivre le mouvement. Comme vu au cours,  $F_{f,max} = \mu_s N = ma_{max}$ . Il reste à isoler  $a_{max} = \frac{\mu_s N}{m} = \frac{\mu_s mg}{m} = \mu_s g = 7,5 \text{ m/s}^2$ .
- L'accélération suit maintenant un plan incliné et n'est plus horizontale. Le schéma suivant représente la boîte déposée sur la surface du camion, faisant un angle de  $10^\circ$  avec l'horizontale.



On applique la deuxième loi de Newton,  $\sum \vec{F} = \vec{N} + \vec{F}_f + m\vec{g} = m\vec{a}$ . Sur l'axe  $x$ , on obtient  $F_f - mg \sin(10^\circ) = ma$ , et sur l'axe  $y$ , on a  $N - mg \cos(10^\circ) = 0$ .

Du coup,  $N = mg \cos(10^\circ)$ , et de nouveau, comme on cherche l'accélération maximale,  $F_{f,max} - mg \sin(10^\circ) = ma_{max}$  où  $F_{f,max} = \mu_s N$ . Il ne reste qu'à isoler :

$$\begin{aligned} a_{max} &= \frac{F_{f,max}}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \frac{\mu_s N}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \frac{\mu_s mg \cos(10^\circ)}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \mu_s g \cos(10^\circ) - g \sin(10^\circ) \\ &= g (\mu_s \cos(10^\circ) - \sin(10^\circ)) = 5,65 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**Question 5 (3 points)** Certains satellites utilisent des roues de réaction afin d'ajuster leur orientation dans l'espace, par exemple pour pointer leur caméra dans la direction d'une planète. Une roue de réaction est un disque tournant à grande vitesse sur lui-même, un moteur électrique permet de changer sa vitesse de rotation.

Considérons une roue de réaction ayant un moment d'inertie  $I_r = 10 \text{ kg m}^2$ . Elle est installée sur un satellite dont la superstructure a un moment d'inertie  $I_s = 700 \text{ kg m}^2$ . (Par superstructure on veut dire TOUT le satellite SAUF la roue de réaction.) La roue de réaction tourne sur elle-même à une vitesse angulaire de 5 tours par seconde dans le sens des aiguilles d'une montre (sens horlogique). La superstructure tourne sur elle-même selon le même axe de rotation mais dans le sens opposé (sens anti-horlogique), à une vitesse angulaire de  $0,07 \text{ rad/s}$ . Vous pouvez considérer que le satellite n'est soumis à aucune force extérieure.

- Quel est le moment angulaire de la roue de réaction ? Le moment angulaire de la superstructure ? Le moment angulaire total ?
- On souhaite changer la vitesse de rotation de la superstructure pour qu'elle soit de  $0,11 \text{ rad/s}$  dans le sens horlogique. Quelle doit être la nouvelle vitesse angulaire de la roue de réaction pour que cela soit possible ?

**Solution.**

- Comme la roue de réaction tourne à la vitesse de 5 tours/s, et qu'un tour est égal à  $2\pi$  radians, sa vitesse angulaire est de  $\omega_r = 5 \times 2\pi = 10\pi \text{ rad/s}$ .

$$L_{\text{roue}} = I_r \omega_r = 10 \times 10\pi = 314,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

$$L_{\text{superstruct}} = I_s \omega_s = 700 \times 0,07 = 49 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

Pour calculer le moment angulaire total, on soustrait celui de la superstructure à celui de la roue (on choisit le sens horlogique comme étant positif, mais l'inverse peut se faire) car ils tournent avec des sens opposés :  $L_{\text{tot}} = L_{\text{roue}} - L_{\text{superstruct}} = 314,16 - 49 = 265,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$

- Par conservation du moment angulaire, le nouveau moment angulaire  $L'_{\text{tot}}$  doit être égal au moment angulaire total initial  $L_{\text{tot}}$ . Comme on ne connaît pas encore le sens de rotation de la roue, on met un + devant son moment angulaire et le signe de sa vitesse angulaire déterminée à la fin indiquera si elle tourne dans le sens horlogique comme la superstructure, ou dans le sens opposé.

$$L'_{\text{tot}} = I_r \omega'_r + I_s \omega'_s = L_{\text{tot}} = 265,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

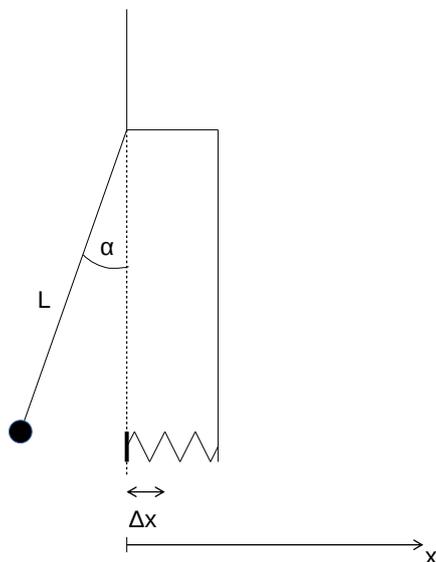
On peut isoler l'inconnue,  $\omega'_r$  :

$$\omega'_r = \frac{1}{I_r} (L_{\text{tot}} - I_s \omega'_s) = 18,82 \text{ rad/s}$$

et la roue tourne dans le sens horlogique vu que cette valeur est positive.

**Question 6 (3 points)** On considère un pendule de masse  $m$  inconnue, suspendu au coin d'un mur. Le pendule est lâché sans vitesse initiale avec un angle  $\alpha = 10^\circ$ . Lorsqu'il atteint la verticale, il rencontre avec une vitesse de 0,5 m/s un ressort de constante de rigidité  $k$  inconnue qui s'enfonce de 2 cm. Dans cette partie du mouvement, on suppose que le déplacement est uniquement horizontal.

- Calculez le rapport  $\frac{m}{k}$
- Calculez la longueur  $L$  du pendule
- En déduire la période totale de la masse dans ce système pendule-ressort.



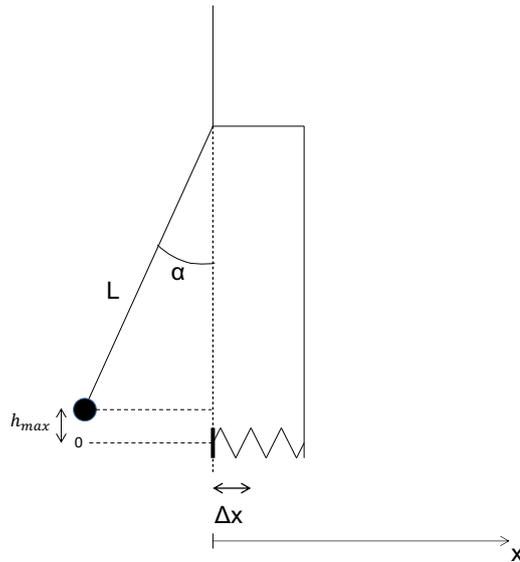
**Solution.**

- Lorsque le pendule est vertical, toute l'énergie de la masse est cinétique, il n'a plus d'énergie potentielle. Il convertit ensuite cette énergie cinétique en énergie potentielle élastique en comprimant le ressort. Lorsque le ressort est complètement comprimé, toute l'énergie de la masse est potentielle élastique puisqu'elle n'a plus de vitesse et pas de hauteur. Donc, par la conservation de l'énergie,

$$\begin{aligned}
 E_{cin,max} &= E_{élast,max} \\
 \frac{1}{2}mv_{max}^2 &= \frac{1}{2}k\Delta x_{max}^2 \\
 mv_{max}^2 &= k\Delta x_{max}^2 \\
 \frac{m}{k} &= \frac{\Delta x_{max}^2}{v_{max}^2} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ s}^2
 \end{aligned}$$

- On va trouver la longueur du pendule à partir de la hauteur de la masse à la position initiale (cf schéma ci-dessous) :

$$\begin{aligned}
 \cos \alpha &= \frac{L - h_{max}}{L} \\
 h_{max} &= L(1 - \cos \theta)
 \end{aligned}$$



Au départ, lorsqu'il est lâché avec l'angle  $\alpha$ , la masse n'a pas d'énergie cinétique (on le lâche sans vitesse initiale). Toute son énergie est potentielle :  $E_{pot,max} = mgh_{max}$ . Par conservation de l'énergie,

$$\begin{aligned}
 E_{pot,max} &= E_{cin,max} \\
 mgh_{max} &= \frac{1}{2}mv_{max}^2 \\
 gL(1 - \cos \alpha) &= \frac{1}{2}v_{max}^2 \\
 L &= \frac{v_{max}^2}{2g(1 - \cos \alpha)} = 0,82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- c) Ce système est un pendule simple la moitié du trajet, puis un ressort pendant l'autre moitié du trajet. Du coup, la période est moitié celle du pendule, moitié celle du ressort :  $T_{tot} = \frac{1}{2}T_{pendule} + \frac{1}{2}T_{ressort} = \frac{1}{2}2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} + \frac{1}{2}2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \pi\sqrt{\frac{m}{k}} + \pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1,03 \text{ s}$

## Examen Physique Q2 juin 2020

Note: Cette année à cause des examens en ligne, il y avait une question de moins que d'habitude.

### Question 1

En 1845, le pionnier de la météorologie Buys Ballot demanda à des musiciens dans un train en mouvement de jouer certaines notes afin de démontrer l'effet Doppler. La fréquence perçue par un observateur immobile est  $f_A$  lorsque le train s'approche et  $f_E$  lorsqu'il s'éloigne. La vitesse du son est prise égale à 340 m/s.

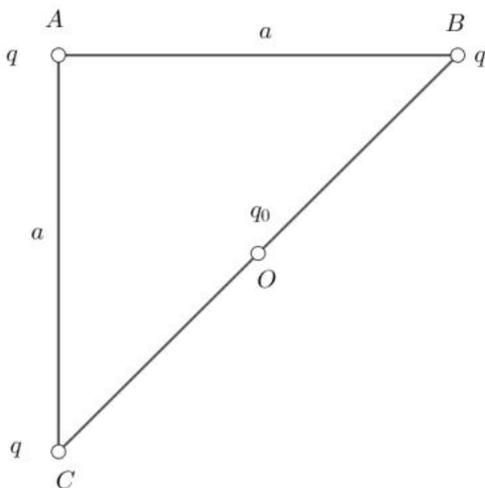
1. Que vaut le rapport  $f_A/f_E$  si la vitesse du train est égale, dans les deux cas, à 32 km/h ?
2. Si la somme des fréquences  $f_E + f_A = 820$  Hz, que vaut la fréquence de la note émise dans le train ?

### Question 2

Trois charges ponctuelles identiques  $q$  ( $q > 0$ ) sont fixées aux sommets A, B et C d'un triangle isocèle rectangle en A.

Les côtés AB et AC du triangle ont une même longueur  $|AB| = |AC| = a$ .

Une quatrième charge  $q_0 > 0$  est maintenue fixe au milieu O du segment BC, comme le montre la figure ci-dessous :



1. Calculer la valeur de  $q_0$  (en fonction de  $q$ ) pour que la force électrostatique totale qui s'exerce **sur la charge fixée au sommet A** soit nulle. Montrer que cette dernière ne dépend pas de  $a$ .

- Évaluer la valeur de  $q_0$  si  $q = 1 \mu\text{C}$ .

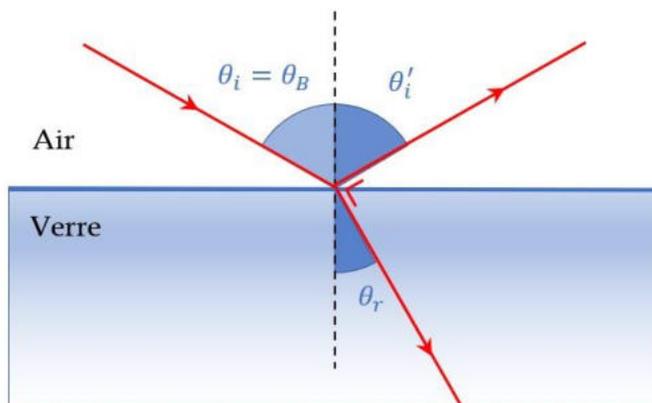
### Question 3

Une lentille convergente est utilisée comme une loupe par un plongeur et a un facteur de grossissement de 2,5 dans l'eau ( $n_{\text{eau}} = 1,33$ ).

- Quelle est sa distance focale dans l'eau ?
- Quelle est son rayon de courbure si les deux côtés de la loupe sont identiquement courbés et que le matériel qui compose la lentille est le verre ( $n_{\text{verre}} = 1,5$ ) ?
- Quelle serait sa distance focale dans l'air ?
- Quel serait son grossissement si elle était utilisée dans l'air ?

### Question 4

Un faisceau de lumière tombe selon un angle d'incidence égal à l'angle de polarisation (angle de Brewster) sur une plaque de verre flint ( $n=1,6$ ).



- Dans de telles conditions, quel angle se trouve entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi ? Tirez-en une relation entre l'angle de réfraction  $\theta_r$ , et l'angle de réflexion  $\theta'_i$ .
- Donnez l'expression de l'angle de Brewster  $\theta_B$  et calculez sa valeur.
- En déduire l'angle de réfraction  $\theta_r$ .

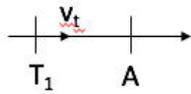
### Question 5

Certains jeux d'orgue, appelés jeux ondulants, sont composés – pour chaque note – de deux tuyaux (ouverts aux deux extrémités) de longueurs légèrement différentes. Lorsque l'on joue une note, du son est émis par les deux tuyaux correspondants, et la différence de longueur entre les tuyaux induit un phénomène de battement produisant un son très agréable à l'oreille. Dans cet exercice, on considérera que seuls les modes fondamentaux sont présents.

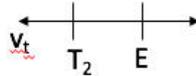
1. Quelle est la longueur d'un tuyau, ouvert aux deux extrémités, produisant un son correspondant au sol 4 (784 Hz) ?
2. Ce même tuyau est associé à un second tuyau légèrement plus court pour former un jeu ondulant, comme expliqué ci-dessus. Sachant que la fréquence des battements produits est de 3 Hz, quelle est la fréquence de la note émise par le second tuyau ?
3. Quelle est la longueur du second tuyau ?

## Examen physique Q2 juin 2020 correction

### Question 1



$$\frac{f_A}{f_T} = \frac{v - v_A}{v - v_T}$$



$$\frac{f_E}{f_T} = \frac{v - v_E}{v + v_T}$$

$$\rightarrow f_A = f_T \left( \frac{v}{v - v_T} \right)$$

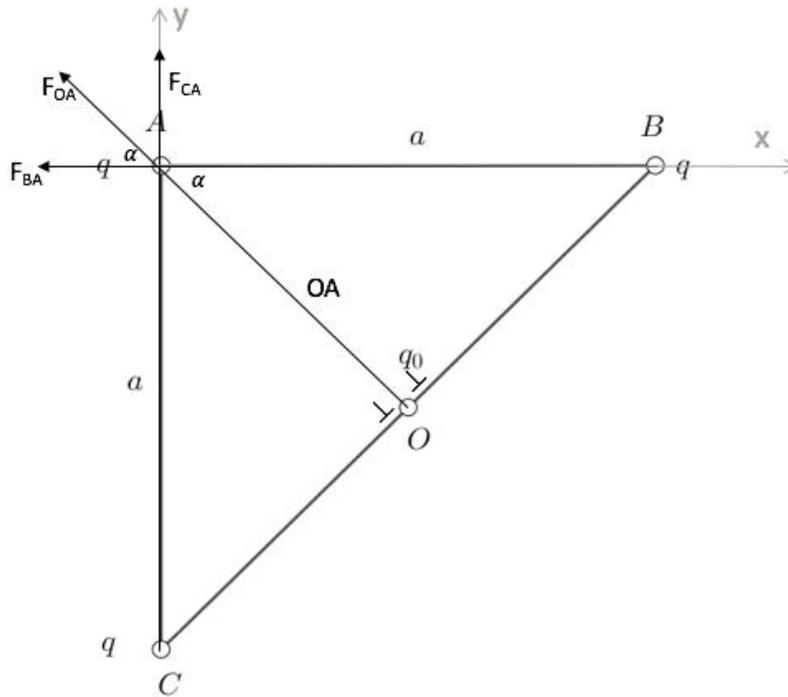
$$\rightarrow f_E = f_T \left( \frac{v}{v + v_T} \right)$$

$$1. \frac{f_A}{f_E} = \frac{f_T \left( \frac{v}{v - v_T} \right)}{f_T \left( \frac{v}{v + v_T} \right)} = \frac{v}{v - v_T} \cdot \frac{v + v_T}{v} = \frac{v + v_T}{v - v_T} \rightarrow \frac{f_A}{f_E} = 1,05$$

$$2. \begin{cases} f_E + f_A = 820 \text{ Hz} \rightarrow f_E + 1,05 \cdot f_E = 820 \text{ Hz} \rightarrow f_E = \frac{820}{2,05} = 400 \text{ Hz} \\ \frac{f_A}{f_E} = 1,05 \rightarrow f_A = 1,05 \cdot f_E \rightarrow f_A = 420 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$f_T = f_E \cdot \frac{v + v_T}{v} = 400 \cdot \frac{340 + 9}{340} = 410 \text{ Hz}$$

## Question 2



$$\alpha = 45^\circ \text{ (géométrie)}$$

$$OA = B = \cos \alpha \cdot a$$

$$1. F_{\text{tot}, O, A} = F_{BA, e} + F_{CA, e} + F_{OA, e}$$

$$\text{En } x: F_{e, A, x} = -F_{BA} - \sin \alpha \cdot F_{OA}$$

$$= -k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2} - \cos \alpha \cdot k \cdot \frac{q_0 \cdot q}{\cos^2 \alpha \cdot a^2} \quad (1)$$

$$\text{En } y: F_{e, A, y} = F_{CA} + \sin \alpha \cdot F_{OA}$$

$$= -k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2} + \sin \alpha \cdot k \cdot \frac{q_0 \cdot q}{\cos^2 \alpha \cdot a^2} \quad (2)$$

$$(1) F_{e, A, x} = -\frac{k \cdot q}{a^2} \left( q - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} \right) = 0 \text{ car } F_{\text{tot}} = 0$$

$$(2) \frac{k \cdot q}{a^2} \left( q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 \right) = 0$$

$$\rightarrow -\frac{k \cdot q}{a^2} \left( q - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{k \cdot q}{a^2} \left( q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 \right)$$

$$\rightarrow -q + \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} = q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0$$

$$\rightarrow -q - q = \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha}$$

$$\rightarrow -2q = \left( \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) q_0$$

$$\rightarrow q_0 = -\frac{2q}{\frac{\sin \alpha - 1}{\cos^2 \alpha}} \text{ où } \alpha = 45^\circ \text{ et ne dépend pas de } a$$

$$2. q_0 = \frac{-2 \cdot 1 \mu C}{\frac{\sin 45^\circ - 1}{\cos^2 45^\circ}} = \frac{-2 \mu C}{-0,58} = 3,41 \mu C$$

### Question 3

$$1. m = \frac{0,25}{f} \Leftrightarrow f = \frac{0,25}{m} = 0,1 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$2. R_1 = R_2 = R \text{ lentille symétrique}$$

$$n_v = 1,5$$

formule des opticiens :

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{f \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right)} = \frac{2}{R} \Leftrightarrow f \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right) 2 = R \Leftrightarrow$$

$$R = 0,1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1,5}{1,33} - 1 \right) \Leftrightarrow R = 2,5 \text{ cm}$$

$$3. \frac{1}{f} = \left( \frac{n_v}{n_{air(=1)}} - 1 \right) \left( \frac{2}{R} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{f} = (1,5 - 1) \left( \frac{2}{0,025} \right) = 39,12 \Leftrightarrow f = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

$$4. m_{air} = \frac{0,25}{f} = 10$$

### Question 4

1. L'angle entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi est indiqué sur la figure et comporte  $90^\circ$ .

Comme nous le savons selon les propriétés d'une onde de lumière réfléchie,  $\theta_B = \theta_i'$  (2) et selon la loi de Snell :  $n_{air} \cdot \sin \theta_B = n_v \cdot \sin \theta_i$  (1)

(1) et (2)  $\rightarrow \sin \theta_i' = n_v \cdot \sin \theta_r$  qui peut être écrit comme :  $\theta_i' = \arcsin(1,6 \cdot \sin \theta_r)$

$$2. \tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \arctan(1,6) = 58^\circ$$

3. Selon (1)  $\rightarrow \theta_r = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_i}{n_v}\right) = 32^\circ$

### Question 5

1.  $f = 784 \text{ Hz}$

$n = 1$  mode fondamental

$$L = \frac{n\lambda}{2} \text{ et } v = \lambda f \rightarrow L_1 = \frac{n\lambda}{2f} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 784} = 0,22 \text{ m}$$

2.  $L_2 < L_1 \rightarrow$  fréquence plus haute pour  $L_2$

$$f_{\text{battements}} = |f_2 - f_1| = 3 \text{ Hz}$$

$$f_2 = f_1 + 3 \text{ Hz} = 787 \text{ Hz}$$

3.  $L_2 = \frac{nv}{2f} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 787} = 0,21 \text{ m}$

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2019-2020)  
**Examen de janvier 2020**

10 janvier 2020

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (6 questions).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
9. Cette partie dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/3	/3	/4	/4	/3	/3	/20
----	----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (3 points)** Le nombre de Bagnold (Ba) est un nombre **sans dimension** utilisé pour caractériser l'écoulement de grains de sable. Il permet notamment de déterminer à partir de quelles conditions l'écoulement passe d'un fluide à celui d'un fluide granulaire où l'énergie est dissipée par choc entre les grains et non plus par frottement. Il est fonction des quantités suivantes :

- $m$  - Masse d'un grain
- $\gamma$  - Gradient de vitesse en fonction de la distance (vitesse par unité de longueur)
- $L_c$  - Longueur caractéristique
- $\mu$  - Viscosité du fluide contenant les grains

La viscosité est en général exprimée en Pascal  $\times$  seconde, où le Pascal est une unité de pression (= force par unité de surface).

- a) Donnez les dimensions de la pression en masse, longueur, temps (M, L, T)
- b) Donnez les dimensions de la viscosité en masse, longueur, temps (M, L, T)
- c) Sachant que le nombre de Bagnold, Ba, est proportionnel (linéaire) à la masse d'un grain  $m$ , déterminez par analyse dimensionnelle la dépendance de Ba en les quantités ( $m, \gamma, L_c, \mu$ ).

**Solution.**

a)  $[P] = \left[ \frac{F}{S} \right] = \left[ \frac{ma}{S} \right] = MLT^{-2}L^{-2} = ML^{-1}T^{-2}$

b)  $[\mu] = [P \times s] = ML^{-1}T^{-2} \times T = ML^{-1}T^{-1}$

- c) On commence par indiquer toutes les quantités dont doit dépendre le nombre de Bagnold, avec des exposants inconnus

$$Ba = m^\alpha \gamma^\beta L_c^\delta \mu^\epsilon$$

Comme on dit que Ba est proportionnel (linéaire) à la masse,  $\alpha = 1$ . On sait que Ba est sans dimension, donc sa dimension est égale à 1 :

$$\begin{aligned} [Ba] &= [m]^\alpha [\gamma]^\beta [L_c]^\delta [\mu]^\epsilon = 1 \\ &= M^\alpha (T^{-1})^\beta L^\delta (ML^{-1}T^{-1})^\epsilon \\ &= M^\alpha T^{-\beta} L^\delta M^\epsilon L^{-\epsilon} T^{-\epsilon} \\ &= M^{\alpha+\epsilon} T^{-\beta-\epsilon} L^{\delta-\epsilon} = 1 \end{aligned}$$

Comme la dimension totale doit être 1, l'exposant de chaque dimension séparément doit être zéro :

$$\begin{cases} \alpha + \epsilon = 0 \\ -\beta - \epsilon = 0 \\ \delta - \epsilon = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 1 + \epsilon = 0 \\ \beta = -\epsilon \\ \delta = \epsilon \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \epsilon = -1 \\ \beta = 1 \\ \delta = -1 \end{cases}$$

Au final,  $Ba \propto m\gamma L_c^{-1} \mu^{-1} = \frac{m\gamma}{L_c\mu}$ .

**Question 2 (3 points)**

Un bateau sur un lac subit un choc avec un rocher immergé, qui fait un trou de  $40 \text{ cm}^2$  dans sa coque à  $1 \text{ m}$  en-dessous de la surface de l'eau. Le bateau peut recevoir  $10 \text{ m}^3$  d'eau avant d'avoir sa cargaison trempée.

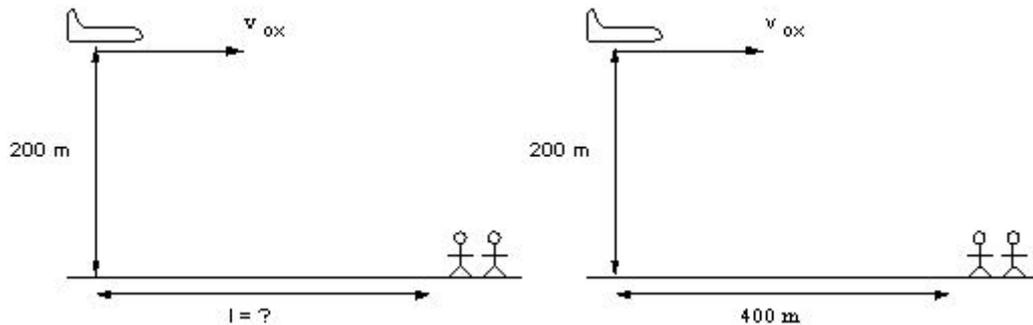
- Quelle est la vitesse du jet d'eau entrant dans le bateau ?
- A quel débit volumique l'eau entre-t-elle dans la coque du navire ?
- Estimez le temps qu'il reste à l'équipage avant que la cargaison soit ruinée par l'eau.

**Solution.**

- C'est exactement la même situation que celle du calcul de la formule de Torricelli vue au cours : un grand bassin d'eau qui s'écoule dans un petit trou. On peut donc directement utiliser celle-ci,  $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 1} = \sqrt{20} \text{ m/s}$ .
- En n'oubliant pas de convertir la surface du trou en  $\text{m}^2$ ,  $D_v = vS = \sqrt{20} \times 40 \times 10^{-4} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$
- $D_v = \frac{V}{t} \leftrightarrow t = \frac{V}{D_v} = \frac{10}{0,018} = 555,56 \text{ s}$ , donc 9,26 minutes.

**Question 3 (4 points)** Des secouristes veulent larguer des provisions à des alpinistes isolés sur la crête d'une montagne, 200 m plus bas. Normalement ce serait un largage parachuté afin que les provisions arrivent au sol en douceur, mais imaginons que ce soit un largage en chute libre. L'avion se déplace horizontalement à une vitesse de 250 km/h.

- A quelle distance horizontale  $l$  avant les alpinistes doivent-ils lancer les provisions ?
- Si l'avion larguait les provisions à une distance horizontale de  $l = 400$  m avant le point visé, quelle vitesse initiale verticale supplémentaire devrait-on leur rajouter (vers le haut ou vers le bas ?) pour qu'elles tombent précisément à l'endroit souhaité ?
- Dans la situation décrite au point précédent, à quelle vitesse (en norme) vont-elles toucher le sol ?



**Solution.**

- Les deux équations décrivant le mouvement des provisions sont celles d'un MRU de vitesse initiale  $v_{0x} = 250 \text{ km/h} = 69,44 \text{ m/s}$  sur l'axe horizontal, et un MRUA sans vitesse initiale de hauteur initiale  $y_0 = 200 \text{ m}$ .

$$x(t) = v_{0x}t$$

$$y(t) = y_0 - \frac{gt^2}{2}$$

Le temps de chute est trouvé en cherchant le temps  $t_{\text{chute}}$  où les provisions atteignent le sol  $y(t_{\text{chute}}) = 0$ ,

$$y(t_{\text{chute}}) = 0 = y_0 - \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2}$$

$$t_{\text{chute}}^2 = \frac{2y_0}{g}$$

$$t_{\text{chute}} = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 6,32 \text{ s}$$

On peut trouver à partir de cette durée de chute la distance horizontale parcourue par le colis avant d'atteindre le sol  $x(t_{\text{chute}}) = l$

$$x(t_{\text{chute}}) = l = v_{0x}t_{\text{chute}} = v_{0x}\sqrt{\frac{2y_0}{g}} = 439,21 \text{ m}$$

- On imagine maintenant que les provisions sont lancées avec une vitesse initiale verticale  $v_{0y}$  inconnue additionnelle. Les équations décrivant leur mouvement deviennent

$$x(t) = v_{0x}t$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

On sait que  $x(t_{\text{chute}}) = l = 400 \text{ m}$ . On peut trouver le temps de chute à partir de ça :

$$\begin{aligned}x(t_{\text{chute}}) &= l = 400 = v_{0x}t_{\text{chute}} \\t_{\text{chute}} &= \frac{l}{v_{0x}} = 5,76 \text{ s}\end{aligned}$$

On utilise le temps de chute pour trouver quelle vitesse initiale verticale permet d'obtenir un tel mouvement :

$$\begin{aligned}y(t_{\text{chute}}) &= 0 = y_0 + v_{0y}t_{\text{chute}} - \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2} \\v_{0y}t_{\text{chute}} &= -y_0 + \frac{gt_{\text{chute}}^2}{2} \\v_{0y} &= \frac{-y_0}{t_{\text{chute}}} + \frac{gt_{\text{chute}}}{2} = \frac{-y_0v_{0x}}{l} + \frac{gl}{2v_{0x}} = -5,92 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Ce qui signifie qu'il faut une vitesse initiale verticale de 5,92 m/s vers le bas.

- c) La vitesse horizontale ne change pas, vu qu'il s'agit d'un MRU :  $v_x(t_{\text{chute}}) = v_{0x}$ . La vitesse verticale suit l'équation d'un MRUA

$$v_y(t) = v_{0y} - gt$$

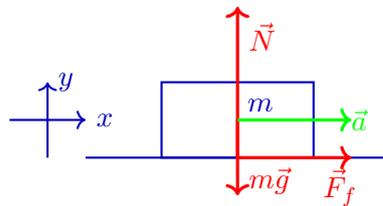
Dans ce cas,  $v_y(t_{\text{chute}}) = v_{0y} - gt_{\text{chute}} = -63,52 \text{ m/s}$ . La norme de la vitesse au moment de la chute est finalement  $v = \sqrt{v_x(t_{\text{chute}})^2 + v_y(t_{\text{chute}})^2} = 94,11 \text{ m/s}$

**Question 4 (4 points)** Un camion ( $M = 4750 \text{ kg}$ ) transporte une caisse ( $m = 700 \text{ kg}$ ) simplement déposée sur sa plate-forme, sans aucune fixation, seul le frottement peut la garder en place (donc force de frottement dans la direction de l'accélération du camion). Les coefficients de frottement statique et cinétique entre la plate-forme et la caisse sont respectivement de 0,75 et 0,50.

- Si le camion accélère à  $1,50 \text{ m/s}^2$ , quel est le module de la force de frottement statique empêchant la caisse de glisser ?
- Quel sera le module de l'accélération maximale que peut subir le camion sans que la caisse ne glisse ?
- Quel est le module de l'accélération maximale que peut subir le camion sans que la caisse ne glisse s'il monte une pente inclinée de  $10^\circ$  ?

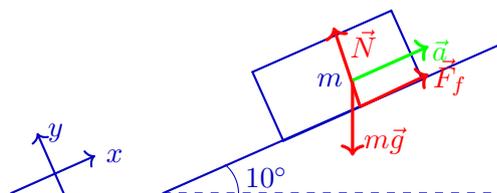
**Solution.**

- Sans aucun frottement et vu l'absence de fixation, si le camion accélérât, la boîte resterait au même endroit tandis que le camion avancerait. La force de frottement empêche le mouvement relatif de la caisse par rapport à camion. Comme cette force s'oppose au mouvement de la boîte par rapport au camion, elle accélère la boîte dans le même sens que le camion.



Autrement dit, la deuxième loi de Newton  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  donne, une fois projetée sur l'axe vertical  $y$  :  $N - mg = 0$  puisque la caisse n'est pas accélérée verticalement et sur l'axe horizontal  $x$  :  $F_f = ma$  où  $m$  est la masse de la caisse et  $a$  est l'accélération que doit subir la boîte pour rester solidaire du camion, donc  $1,50 \text{ m/s}^2$ . Dans ce cas,  $F_f = 1050 \text{ N}$ .

- La force de frottement maximale qu'il peut y avoir est  $F_{f,max} = \mu_s N$ . La normale  $N$  est directement égale au poids  $mg$  comme vu au point précédent. Cette force de frottement maximale limite l'accélération maximale que le camion pourra avoir puisque si cette accélération est dépassée par le camion, la force de frottement ne sera pas assez élevée pour donner la même accélération à la caisse, et la caisse n'arrivera pas à suivre le mouvement. Comme vu au cours,  $F_{f,max} = \mu_s N = ma_{max}$ . Il reste à isoler  $a_{max} = \frac{\mu_s N}{m} = \frac{\mu_s mg}{m} = \mu_s g = 7,5 \text{ m/s}^2$ .
- L'accélération suit maintenant un plan incliné et n'est plus horizontale. Le schéma suivant représente la boîte déposée sur la surface du camion, faisant un angle de  $10^\circ$  avec l'horizontale.



On applique la deuxième loi de Newton,  $\sum \vec{F} = \vec{N} + \vec{F}_f + m\vec{g} = m\vec{a}$ . Sur l'axe  $x$ , on obtient  $F_f - mg \sin(10^\circ) = ma$ , et sur l'axe  $y$ , on a  $N - mg \cos(10^\circ) = 0$ .

Du coup,  $N = mg \cos(10^\circ)$ , et de nouveau, comme on cherche l'accélération maximale,  $F_{f,max} - mg \sin(10^\circ) = ma_{max}$  où  $F_{f,max} = \mu_s N$ . Il ne reste qu'à isoler :

$$\begin{aligned} a_{max} &= \frac{F_{f,max}}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \frac{\mu_s N}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \frac{\mu_s mg \cos(10^\circ)}{m} - g \sin(10^\circ) \\ &= \mu_s g \cos(10^\circ) - g \sin(10^\circ) \\ &= g (\mu_s \cos(10^\circ) - \sin(10^\circ)) = 5,65 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**Question 5 (3 points)** Certains satellites utilisent des roues de réaction afin d'ajuster leur orientation dans l'espace, par exemple pour pointer leur caméra dans la direction d'une planète. Une roue de réaction est un disque tournant à grande vitesse sur lui-même, un moteur électrique permet de changer sa vitesse de rotation.

Considérons une roue de réaction ayant un moment d'inertie  $I_r = 10 \text{ kg m}^2$ . Elle est installée sur un satellite dont la superstructure a un moment d'inertie  $I_s = 700 \text{ kg m}^2$ . (Par superstructure on veut dire TOUT le satellite SAUF la roue de réaction.) La roue de réaction tourne sur elle-même à une vitesse angulaire de 5 tours par seconde dans le sens des aiguilles d'une montre (sens horlogique). La superstructure tourne sur elle-même selon le même axe de rotation mais dans le sens opposé (sens anti-horlogique), à une vitesse angulaire de  $0,07 \text{ rad/s}$ . Vous pouvez considérer que le satellite n'est soumis à aucune force extérieure.

- Quel est le moment angulaire de la roue de réaction ? Le moment angulaire de la superstructure ? Le moment angulaire total ?
- On souhaite changer la vitesse de rotation de la superstructure pour qu'elle soit de  $0,11 \text{ rad/s}$  dans le sens horlogique. Quelle doit être la nouvelle vitesse angulaire de la roue de réaction pour que cela soit possible ?

**Solution.**

- Comme la roue de réaction tourne à la vitesse de 5 tours/s, et qu'un tour est égal à  $2\pi$  radians, sa vitesse angulaire est de  $\omega_r = 5 \times 2\pi = 10\pi \text{ rad/s}$ .

$$L_{\text{roue}} = I_r \omega_r = 10 \times 10\pi = 314,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

$$L_{\text{superstruct}} = I_s \omega_s = 700 \times 0,07 = 49 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

Pour calculer le moment angulaire total, on soustrait celui de la superstructure à celui de la roue (on choisit le sens horlogique comme étant positif, mais l'inverse peut se faire) car ils tournent avec des sens opposés :  $L_{\text{tot}} = L_{\text{roue}} - L_{\text{superstruct}} = 314,16 - 49 = 265,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$

- Par conservation du moment angulaire, le nouveau moment angulaire  $L'_{\text{tot}}$  doit être égal au moment angulaire total initial  $L_{\text{tot}}$ . Comme on ne connaît pas encore le sens de rotation de la roue, on met un + devant son moment angulaire et le signe de sa vitesse angulaire déterminée à la fin indiquera si elle tourne dans le sens horlogique comme la superstructure, ou dans le sens opposé.

$$L'_{\text{tot}} = I_r \omega'_r + I_s \omega'_s = L_{\text{tot}} = 265,16 \text{ kg m}^2/\text{s}$$

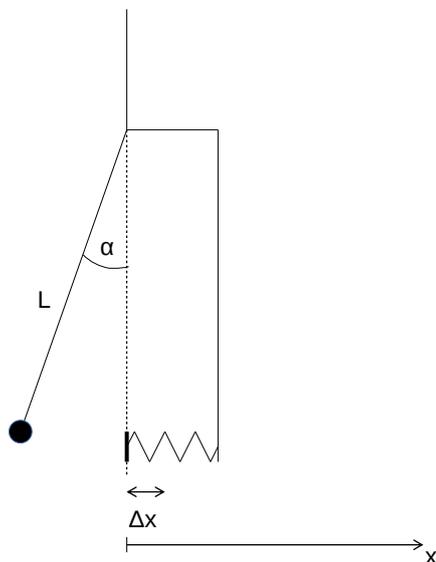
On peut isoler l'inconnue,  $\omega'_r$  :

$$\omega'_r = \frac{1}{I_r} (L_{\text{tot}} - I_s \omega'_s) = 18,82 \text{ rad/s}$$

et la roue tourne dans le sens horlogique vu que cette valeur est positive.

**Question 6 (3 points)** On considère un pendule de masse  $m$  inconnue, suspendu au coin d'un mur. Le pendule est lâché sans vitesse initiale avec un angle  $\alpha = 10^\circ$ . Lorsqu'il atteint la verticale, il rencontre avec une vitesse de 0,5 m/s un ressort de constante de rigidité  $k$  inconnue qui s'enfonce de 2 cm. Dans cette partie du mouvement, on suppose que le déplacement est uniquement horizontal.

- Calculez le rapport  $\frac{m}{k}$
- Calculez la longueur  $L$  du pendule
- En déduire la période totale de la masse dans ce système pendule-ressort.



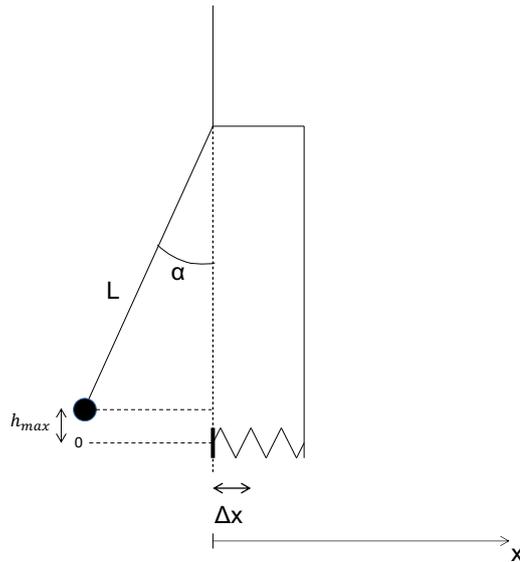
**Solution.**

- Lorsque le pendule est vertical, toute l'énergie de la masse est cinétique, il n'a plus d'énergie potentielle. Il convertit ensuite cette énergie cinétique en énergie potentielle élastique en comprimant le ressort. Lorsque le ressort est complètement comprimé, toute l'énergie de la masse est potentielle élastique puisqu'elle n'a plus de vitesse et pas de hauteur. Donc, par la conservation de l'énergie,

$$\begin{aligned}
 E_{cin,max} &= E_{élast,max} \\
 \frac{1}{2}mv_{max}^2 &= \frac{1}{2}k\Delta x_{max}^2 \\
 mv_{max}^2 &= k\Delta x_{max}^2 \\
 \frac{m}{k} &= \frac{\Delta x_{max}^2}{v_{max}^2} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ s}^2
 \end{aligned}$$

- On va trouver la longueur du pendule à partir de la hauteur de la masse à la position initiale (cf schéma ci-dessous) :

$$\begin{aligned}
 \cos \alpha &= \frac{L - h_{max}}{L} \\
 h_{max} &= L(1 - \cos \theta)
 \end{aligned}$$



Au départ, lorsqu'il est lâché avec l'angle  $\alpha$ , la masse n'a pas d'énergie cinétique (on le lâche sans vitesse initiale). Toute son énergie est potentielle :  $E_{pot,max} = mgh_{max}$ . Par conservation de l'énergie,

$$\begin{aligned}
 E_{pot,max} &= E_{cin,max} \\
 mgh_{max} &= \frac{1}{2}mv_{max}^2 \\
 gL(1 - \cos \alpha) &= \frac{1}{2}v_{max}^2 \\
 L &= \frac{v_{max}^2}{2g(1 - \cos \alpha)} = 0,82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- c) Ce système est un pendule simple la moitié du trajet, puis un ressort pendant l'autre moitié du trajet. Du coup, la période est moitié celle du pendule, moitié celle du ressort :  $T_{tot} = \frac{1}{2}T_{pendule} + \frac{1}{2}T_{ressort} = \frac{1}{2}2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} + \frac{1}{2}2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \pi\sqrt{\frac{m}{k}} + \pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1,03 \text{ s}$

## Examen Physique Q2 juin 2020

Note: Cette année à cause des examens en ligne, il y avait une question de moins que d'habitude.

### Question 1

En 1845, le pionnier de la météorologie Buys Ballot demanda à des musiciens dans un train en mouvement de jouer certaines notes afin de démontrer l'effet Doppler. La fréquence perçue par un observateur immobile est  $f_A$  lorsque le train s'approche et  $f_E$  lorsqu'il s'éloigne. La vitesse du son est prise égale à 340 m/s.

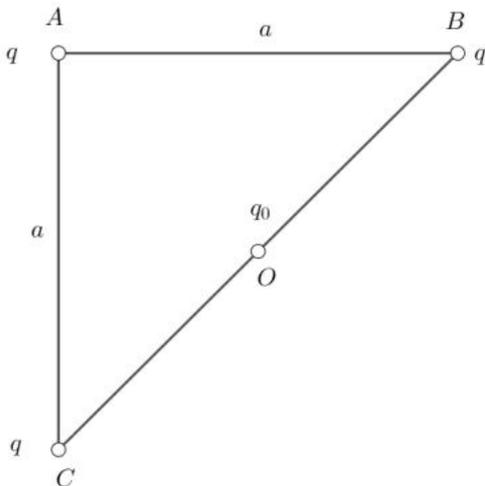
1. Que vaut le rapport  $f_A/f_E$  si la vitesse du train est égale, dans les deux cas, à 32 km/h ?
2. Si la somme des fréquences  $f_E + f_A = 820$  Hz, que vaut la fréquence de la note émise dans le train ?

### Question 2

Trois charges ponctuelles identiques  $q$  ( $q > 0$ ) sont fixées aux sommets A, B et C d'un triangle isocèle rectangle en A.

Les côtés AB et AC du triangle ont une même longueur  $|AB| = |AC| = a$ .

Une quatrième charge  $q_0 > 0$  est maintenue fixe au milieu O du segment BC, comme le montre la figure ci-dessous :



1. Calculer la valeur de  $q_0$  (en fonction de  $q$ ) pour que la force électrostatique totale qui s'exerce **sur la charge fixée au sommet A** soit nulle. Montrer que cette dernière ne dépend pas de  $a$ .

- Évaluer la valeur de  $q_0$  si  $q = 1 \mu\text{C}$ .

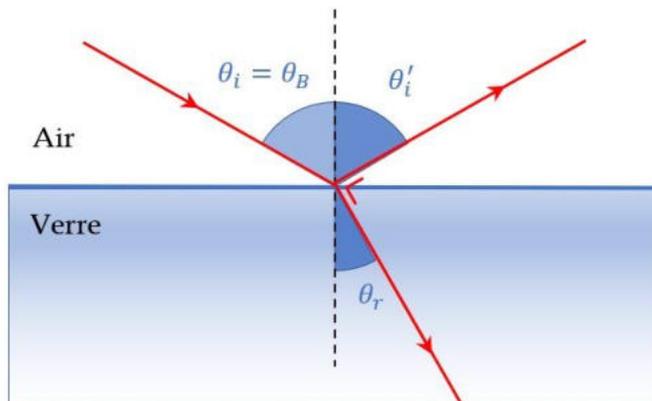
### Question 3

Une lentille convergente est utilisée comme une loupe par un plongeur et a un facteur de grossissement de 2,5 dans l'eau ( $n_{\text{eau}} = 1,33$ ).

- Quelle est sa distance focale dans l'eau ?
- Quelle est son rayon de courbure si les deux côtés de la loupe sont identiquement courbés et que le matériel qui compose la lentille est le verre ( $n_{\text{verre}} = 1,5$ ) ?
- Quelle serait sa distance focale dans l'air ?
- Quel serait son grossissement si elle était utilisée dans l'air ?

### Question 4

Un faisceau de lumière tombe selon un angle d'incidence égal à l'angle de polarisation (angle de Brewster) sur une plaque de verre flint ( $n=1,6$ ).



- Dans de telles conditions, quel angle se trouve entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi ? Tirez-en une relation entre l'angle de réfraction  $\theta_r$ , et l'angle de réflexion  $\theta'_i$ .
- Donnez l'expression de l'angle de Brewster  $\theta_B$  et calculez sa valeur.
- En déduire l'angle de réfraction  $\theta_r$ .

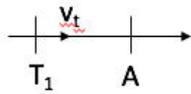
### Question 5

Certains jeux d'orgue, appelés jeux ondulants, sont composés – pour chaque note – de deux tuyaux (ouverts aux deux extrémités) de longueurs légèrement différentes. Lorsque l'on joue une note, du son est émis par les deux tuyaux correspondants, et la différence de longueur entre les tuyaux induit un phénomène de battement produisant un son très agréable à l'oreille. Dans cet exercice, on considérera que seuls les modes fondamentaux sont présents.

1. Quelle est la longueur d'un tuyau, ouvert aux deux extrémités, produisant un son correspondant au sol 4 (784 Hz) ?
2. Ce même tuyau est associé à un second tuyau légèrement plus court pour former un jeu ondulant, comme expliqué ci-dessus. Sachant que la fréquence des battements produits est de 3 Hz, quelle est la fréquence de la note émise par le second tuyau ?
3. Quelle est la longueur du second tuyau ?

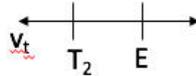
## Examen physique Q2 juin 2020 correction

### Question 1



$$\frac{f_A}{f_T} = \frac{v - v_A}{v - v_T}$$

$$\rightarrow f_A = f_T \left( \frac{v}{v - v_T} \right)$$



$$\frac{f_E}{f_T} = \frac{v - v_E}{v + v_T}$$

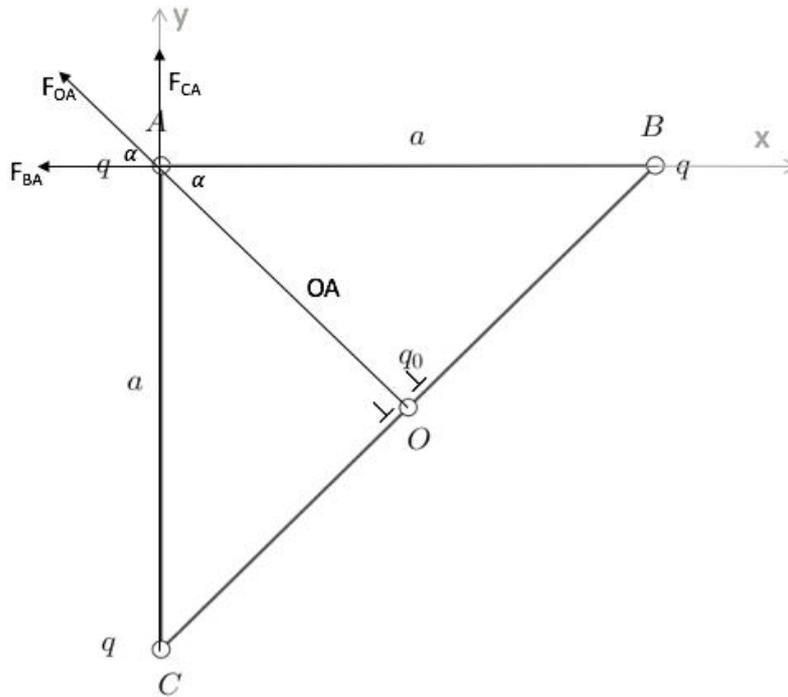
$$\rightarrow f_E = f_T \left( \frac{v}{v + v_T} \right)$$

$$1. \frac{f_A}{f_E} = \frac{f_T \left( \frac{v}{v - v_T} \right)}{f_T \left( \frac{v}{v + v_T} \right)} = \frac{v}{v - v_T} \cdot \frac{v + v_T}{v} = \frac{v + v_T}{v - v_T} \rightarrow \frac{f_A}{f_E} = 1,05$$

$$2. \begin{cases} f_E + f_A = 820 \text{ Hz} \rightarrow f_E + 1,05 \cdot f_E = 820 \text{ Hz} \rightarrow f_E = \frac{820}{2,05} = 400 \text{ Hz} \\ \frac{f_A}{f_E} = 1,05 \rightarrow f_A = 1,05 \cdot f_E \rightarrow f_A = 420 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$f_T = f_E \cdot \frac{v + v_T}{v} = 400 \cdot \frac{340 + 9}{340} = 410 \text{ Hz}$$

## Question 2



$$\alpha = 45^\circ \text{ (géométrie)}$$

$$OA = B = \cos \alpha \cdot a$$

$$1. F_{\text{tot},O,A} = F_{BA,e} + F_{CA,e} + F_{OA,e}$$

$$\text{En } x: F_{e,A,x} = -F_{BA} - \sin \alpha \cdot F_{OA}$$

$$= -k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2} - \cos \alpha \cdot k \cdot \frac{q_0 \cdot q}{\cos^2 \alpha \cdot a^2} \quad (1)$$

$$\text{En } y: F_{e,A,y} = F_{CA} + \sin \alpha \cdot F_{OA}$$

$$= -k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2} + \sin \alpha \cdot k \cdot \frac{q_0 \cdot q}{\cos^2 \alpha \cdot a^2} \quad (2)$$

$$(1) F_{e,A,x} = -\frac{k \cdot q}{a^2} \left( q - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} \right) = 0 \text{ car } F_{\text{tot}} = 0$$

$$(2) \frac{k \cdot q}{a^2} \left( q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 \right) = 0$$

$$\rightarrow -\frac{k \cdot q}{a^2} \left( q - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{k \cdot q}{a^2} \left( q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 \right)$$

$$\rightarrow -q + \frac{q_0}{\cos^2 \alpha} = q + \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0$$

$$\rightarrow -q - q = \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} q_0 - \frac{q_0}{\cos^2 \alpha}$$

$$\rightarrow -2q = \left( \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) q_0$$

$$\rightarrow q_0 = -\frac{2q}{\frac{\sin \alpha - 1}{\cos^2 \alpha}} \text{ où } \alpha = 45^\circ \text{ et ne dépend pas de } a$$

$$2. q_0 = \frac{-2 \cdot 1 \mu C}{\frac{\sin 45^\circ - 1}{\cos^2 45^\circ}} = \frac{-2 \mu C}{-0,58} = 3,41 \mu C$$

### Question 3

$$1. m = \frac{0,25}{f} \Leftrightarrow f = \frac{0,25}{m} = 0,1 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$2. R_1 = R_2 = R \text{ lentille symétrique}$$

$$n_v = 1,5$$

formule des opticiens :

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{f \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right)} = \frac{2}{R} \Leftrightarrow f \left( \frac{n_v}{n_{eau}} - 1 \right) 2 = R \Leftrightarrow$$

$$R = 0,1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1,5}{1,33} - 1 \right) \Leftrightarrow R = 2,5 \text{ cm}$$

$$3. \frac{1}{f} = \left( \frac{n_v}{n_{air(=1)}} - 1 \right) \left( \frac{2}{R} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{f} = (1,5 - 1) \left( \frac{2}{0,025} \right) = 39,12 \Leftrightarrow f = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

$$4. m_{air} = \frac{0,25}{f} = 10$$

### Question 4

1. L'angle entre le rayon réfracté et le rayon réfléchi est indiqué sur la figure et comporte  $90^\circ$ .

Comme nous le savons selon les propriétés d'une onde de lumière réfléchie,  $\theta_B = \theta_i'$  (2) et selon la loi de Snell :  $n_{air} \cdot \sin \theta_B = n_v \cdot \sin \theta_i$  (1)

(1) et (2)  $\rightarrow \sin \theta_i' = n_v \cdot \sin \theta_r$  qui peut être écrit comme :  $\theta_i' = \arcsin(1,6 \cdot \sin \theta_r)$

$$2. \tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \arctan(1,6) = 58^\circ$$

3. Selon (1)  $\rightarrow \theta_r = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_i}{n_v}\right) = 32^\circ$

### Question 5

1.  $f = 784 \text{ Hz}$

$n = 1$  mode fondamental

$$L = \frac{n\lambda}{2} \text{ et } v = \lambda f \rightarrow L_1 = \frac{n\lambda}{2f} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 784} = 0,22 \text{ m}$$

2.  $L_2 < L_1 \rightarrow$  fréquence plus haute pour  $L_2$

$$f_{\text{battements}} = |f_2 - f_1| = 3 \text{ Hz}$$

$$f_2 = f_1 + 3 \text{ Hz} = 787 \text{ Hz}$$

3.  $L_2 = \frac{nv}{2f} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 787} = 0,21 \text{ m}$

## Examen physique août 2020 Q2

### Question 1

Deux tuyaux d'orgue, le premier ouvert aux deux extrémités et le second ouvert à l'une de ses extrémités et fermé à l'autre émettent du son simultanément. Dans cet exercice, on considèrera que seuls les modes fondamentaux sont présents.

1. Quelle est la longueur du tuyau à l'extrémité fermée, produisant un son correspondant au sol<sub>2</sub>, d'une longueur d'onde de  $\lambda = 175\text{cm}$  ?
2. Le tuyau ouvert est plus long que le tuyau à l'extrémité fermée. Lorsque les deux tuyaux émettent simultanément une note, un battement d'une fréquence de 4 Hz est créé. Déterminez la fréquence du mode fondamental émis par le tuyau ouvert.
3. Déterminez la longueur d'onde du mode fondamental émis par le tuyau ouvert.
4. Quelle est la longueur du tuyau ouvert ?

### Question 2

On place un dispositif de fentes de Young à savoir deux fentes minces dans un matériau opaque séparées par une distance  $d = 0,1\text{ mm}$ . Les fentes sont éclairées par une lumière blanche d'un côté et projettent des franges d'interférence sur un mur situé à une distance  $D = 2\text{m}$  des fentes. Une interférence constructive située en face des deux fentes et de couleur blanche est utilisée comme point de référence pour les mesures ultérieures.

1. Si le rapport des longueurs d'ondes  $\lambda_{\text{violet}}/\lambda_{\text{rouge}} = 2/3$ , quel sera le rapport entre les distances de la première frange rouge et de la première frange mauve par rapport au point de références :  $\lambda_{\text{violet}}/\lambda_{\text{rouge}}$  ? Justifiez.
2. Sachant que la première frange de couleur violette apparaît à une distance  $y = 12,6\text{ mm}$  du point de référence, quel est la longueur d'onde de la lumière de cette couleur ?
3. Si l'on place le dispositif dans l'eau, comment est affecté le rapport  $\lambda_{\text{violet}}/\lambda_{\text{rouge}}$  ? Justifiez (de longs calculs ne sont pas nécessaires).
4. Sachant que l'indice de réfraction de l'eau est de  $n_e = 1.33 = 4/3$  quelle sera la distance entre la première frange violette et le point de référence ?

### Question 3

1. Une lentille taillée dans du verre d'indice de réfraction 1,5 a une distance focale 5 fois plus élevée dans un liquide que dans l'air. Que vaut l'indice de réfraction du liquide ?
2. On dispose de trois lentilles. La première, recevant des rayons lumineux d'un objet situé à l'infini, forme une image à 1,5 cm du même côté que l'objet. Si on substitue la première lentille par la deuxième, l'image se forme 1 cm plus loin de la lentille.
  - a) Quelles sont les puissances respectives de la première et de la deuxième lentille ?

- b) Quelle doit être la puissance de la troisième lentille si, en l'accolant à la deuxième, l'image se forme au même endroit que pour la première lentille ?

#### Question 4

Un alpiniste chute depuis le sommet d'une falaise en poussant un cri d'une fréquence égale à 370 Hz. Lorsqu'il s'écrase au bas de la falaise, la fréquence du cri perçue par ses compagnons restés immobiles au sommet n'est plus que de 312 Hz.

1. Quelle est la vitesse de chute de l'alpiniste lorsqu'il heurte le sol ?
2. En supposant qu'il n'ait rencontré aucun obstacle durant sa chute, déterminez la hauteur de la falaise. Négligez les frottements dus à l'air.

## Interrogation de novembre

30 octobre 2020

---

### Consignes générales :

1. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
2. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle :  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
constante gravitationnelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
3. Cette interrogation dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/4	/4	/4	/4	/4	/20
----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (4 points)** Une moto roule à une vitesse constante de 90 km/h quand elle dépasse une voiture de police à l'arrêt. Au moment du dépassement la voiture de police démarre pour la rattraper, avec une accélération variant avec le temps qui est donnée par l'équation  $a(t) = j_0 t$ , où  $j_0$  représente le taux de variation de l'accélération, qu'on appelle l'"à-coup" ou le "jerk" et a une dimension de  $\text{m/s}^3$ . Dans ce cas, l'équation du mouvement de la voiture de police est donnée par :

$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a_0}{2} t^2 + \frac{j_0}{6} t^3$  avec  $x_0$ ,  $v_0$ , et  $a_0$  définis de la même façon que dans la formule du MRUA.

- Calculer l'instant où la voiture de police rattrape le motard si la voiture de police a un à-coup de  $6 \text{ m/s}^3$ .
- Quelle est la distance parcourue par la voiture de police ?

**Solution.** Vitesse de la moto, en  $[\text{m/s}]$  :  $v_m = \frac{90000}{3600} = 25[\text{m/s}]$

Position de la moto en fonction du temps :

$$x_m(t) = x_0 + v_m t = 25t$$

Position de la voiture de police en fonction du temps :

$$x_v(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a_0 t^2}{2} + \frac{j_0 t^3}{6}$$

avec  $x_0 = 0$  (position initiale),  $v_0 = 0$  (vitesse initiale) et  $a_0 = 0$  (accélération initiale nulle). Ils se croisent quand  $x_m(t) = x_v(t)$ , c'est à dire :

$$25t = \frac{j_0 t^3}{6}$$

Avec  $j_0 = 6$ . On peut en déduire l'instant où la voiture rejoint la moto :

$$25 = t^2 \longrightarrow t = 5\text{s}$$

Finalement, on obtient la position (de la moto, pour plus de facilité) en  $t = 5\text{s}$  :

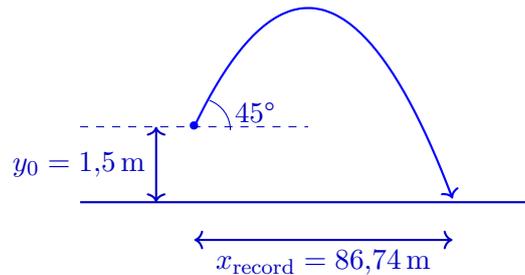
$$x = 25t = 125\text{m}$$

La voiture de police rejoint la moto 125 mètres plus loin.

**Question 2 (4 points)** Le record du monde du lancer du marteau se situe à 86,74 m.

- a) Quel doit être la vitesse minimale du lancer afin d'espérer battre ce record lors des prochains Jeux Olympiques au Japon? On supposera que la personne lance le marteau à partir d'une hauteur de 1m50 au dessus du sol et que l'angle du lancer est de  $45^\circ$  par rapport à l'horizontale. On négligera aussi les frottements dus à l'air.
- b) Pour atteindre cette vitesse de lancer de marteau, l'athlète tourne sur lui-même. Combien de tours par seconde fait-il au moment du lancer en supposant que le bras de l'athlète et la corde du marteau font ensemble 1,2 m de long?

**Solution.**



1. On écrit l'équation de la position selon  $x$  (direction horizontale, MRU) et  $y$  (direction verticale, MRUA), appliquée au moment où le marteau touche le sol :

$$86,74 = v_0 \cos(45^\circ)t$$

$$0 = 1.5 + v_0 \sin(45^\circ)t - 10 \frac{t^2}{2}$$

De la première équation, on en déduit l'instant où le marteau retombe, en fonction de  $v_0$  :

$$t = \frac{86,74}{v_0 \cos(45^\circ)}$$

que l'on peut insérer dans la deuxième équation pour trouver  $v_0$  :

$$0 = 1.5 + \frac{v_0 86,74 \sin(45^\circ)}{v_0 \cos(45^\circ)} - \frac{10 \times 86,74^2}{2v_0^2 \cos^2(45^\circ)}$$

$$\frac{73800}{v_0^2} = 88.24$$

$$v_0 = 28,9[\text{m/s}]$$

La vitesse initiale du marteau est de 28,9 m/s.

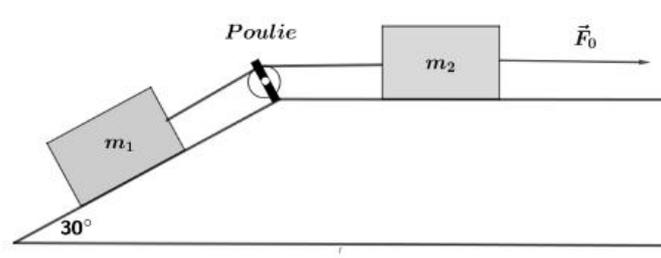
2. La vitesse angulaire du marteau au moment du lancer est donnée par la relation  $v_0 = \omega R$  où  $R = 1,2$  m. Donc

$$\omega = \frac{28,9}{1,2} = 24.1 [\text{radian/s}]$$

Exprimée en tours par seconde, on obtient

$$\omega = 24.1 / (2\pi) = 3,8[\text{tours/seconde}]$$

**Question 3 (4 points)** On considère deux blocs de masses  $m_1 = 3 \text{ kg}$  et  $m_2 = 5 \text{ kg}$  glissant vers la droite avec une accélération  $a$ , respectivement sur un plan incliné et un plan horizontal. Les blocs sont reliés entre eux par une corde tendue, de masse négligeable et parallèle aux plans grâce à une poulie, comme le montre la figure suivante :



Le coefficient de frottement cinétique entre les blocs et les plans est  $\mu_c = 0,25$ .

- Ecrivez la 2ème loi de Newton projetée sur des axes cartésiens de votre choix pour chacun des blocs 1 et 2.
- Quelle intensité de force horizontale  $F_0$  faut-il exercer pour que les blocs se déplacent vers la droite avec une accélération  $a = 2 \text{ m/s}^2$  ?

**Solution.**

Par simplicité, choisissons pour le Bloc 1 un repère incliné avec la direction  $x$  selon la direction du plan incliné, et pour le Bloc 2 un repère habituel avec  $x$  horizontal et  $y$  vertical.

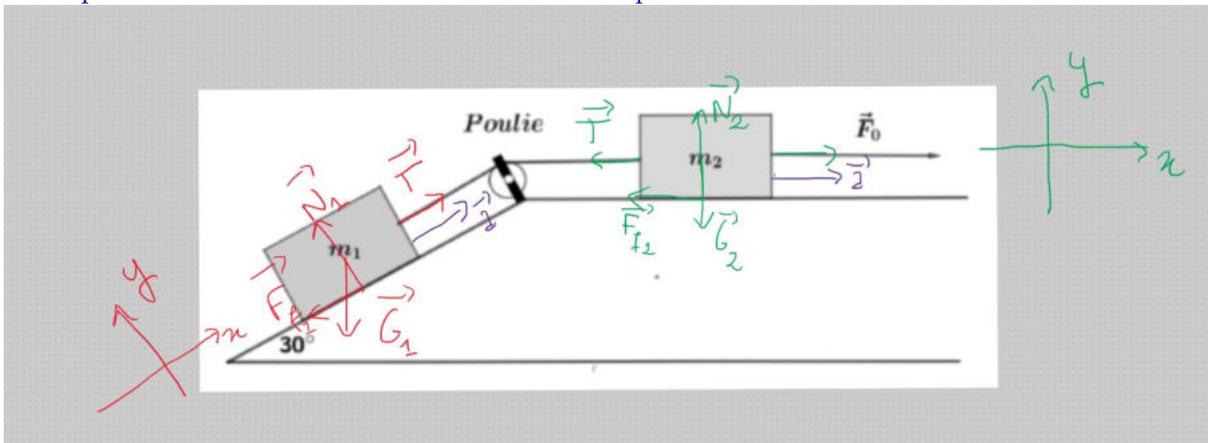
Les forces agissant sur le Bloc 1 sont :

- La force de poids  $\vec{G}_1$ , vers le bas.
- La force de frottement  $\vec{F}_{f1}$ , dans le sens des  $x$  négatifs car l'ensemble se déplace vers la droite.
- La tension  $\vec{T}$  de la corde, dans le sens des  $x$  positifs
- La force normale,  $\vec{N}_1$  dans le sens des  $y$  positifs.

Les forces agissant sur le Bloc 2 sont :

- La force de poids  $\vec{G}_2$ , vers le bas.
- La force de frottement  $\vec{F}_{f2}$ , dans le sens des  $x$  négatifs car l'ensemble se déplace vers la droite.
- La tension  $\vec{T}$  de la corde, dans le sens des  $x$  négatifs.
- La force normale,  $\vec{N}_2$  dans le sens des  $y$  positifs (vers le haut).
- La force de traction  $\vec{F}_0$ , dans le sens des  $x$  positifs.

Les repères choisis et les différentes forces sont représentées sur le schéma suivant :



a) Les bilans des forces (2ème loi de Newton,  $\Sigma_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ ) pour chaque bloc donnent :

Pour le Bloc1 :

$$\text{Selon x : } T - \mu_c N_1 - m_1 g \cos(60^\circ) = m_1 a$$

$$\text{Selon y : } -m_1 g \sin(60^\circ) + N_1 = 0$$

Pour le Bloc 2 :

$$\text{Selon x : } -T - \mu_c N_2 + F_0 = m_2 a$$

$$\text{Selon y : } -m_2 g + N_2 = 0$$

b) L'accélération est de  $2 \text{ m/s}^2$  et  $\mu_c = 0.4$ . On doit en déduire  $F_0$ , qui ne se trouve que dans la troisième équation ce-dessus. On peut l'isoler :

$$F_0 = m_2 a + T + \mu_c N_2$$

Les inconnues sont  $T$  et  $N_2$ . On trouve  $N_2$  grâce à la quatrième équation :

$$N_2 = m_2 g = 5 \times 10 = 50 \text{ Newton}$$

Et on trouve  $T$  à partir des équations du Bloc 1. On commence par l'isoler à partir de la 1ère équation :

$$T = \mu_c N_1 + m_1 g \cos(60^\circ) + m_1 a$$

Tout est connu, sauf  $N_1$  qui s'obtient à partir de la seconde équation :

$$N_1 = m_1 g \sin(60^\circ) = 3 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 26 \text{ Newton}$$

Donc :

$$T = 0.25 \times 26 + 3 \times 10 \times \frac{1}{2} + 3 \times 2 = 27.5 \text{ Newton}$$

Il ne reste qu'à trouver  $F_0$  :

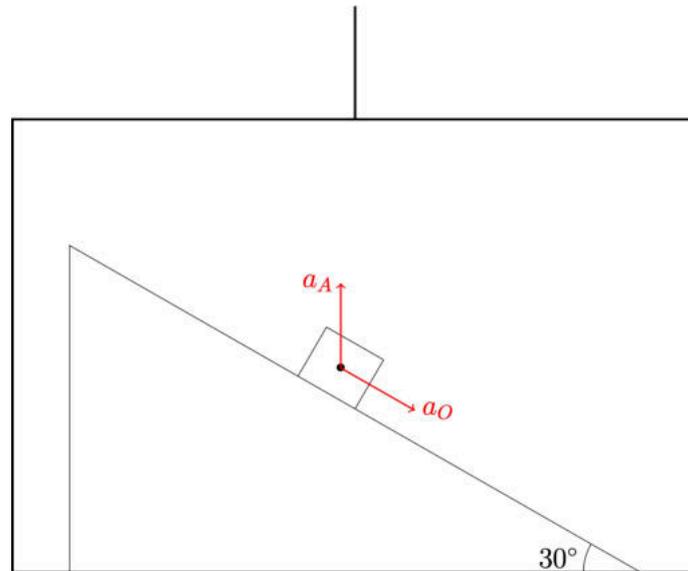
$$F_0 = 5 \times 2 + 31.4 + 0.25 \times 50 = 50 \text{ Newton}$$

La force de traction est donc de 61.4 Newton.

**Question 4 (4 points)** A l'intérieur d'un ascenseur, une masse  $m$  glisse sans frottement le long d'un plan incliné formant un angle de  $30^\circ$  avec le plancher. Quelle est son accélération  $a_O$  par rapport au plan si l'ascenseur :

- a) accélère vers le haut à  $0,5g$ ?
- b) accélère vers le bas à  $0,5g$ ?
- c) tombe en chute libre?
- d) monte à une vitesse constante?

Pour vous aider, voici un schéma de la situation 1, avec  $a_A$  l'accélération de l'ascenseur et  $a_O$  l'accélération de l'objet par rapport au plan incliné.



**Solution.** Choisissons un repère incliné par rapport à l'horizontale, avec l'axe  $x$  dans la direction du plan incliné. On peut résoudre l'exercice de plusieurs manières.

Soit on se place du point de vue de quelqu'un dans l'ascenseur, et on se souvient que le poids perçu dans l'ascenseur dépend de l'accélération de celui-ci :

$$F_p = m(g + a_A)$$

où  $a_A$  est l'accélération de l'ascenseur en choisissant les  $x$  positifs vers le haut. On peut ensuite écrire le bilan des forces pour chaque cas :

1. selon  $x$  :  $m(g + a_A) \cos(90^\circ - 30^\circ) = ma_O$

selon  $y$  :  $-m(g + a_A) \cos(30^\circ) + N = 0$

On déduit l'accélération de la première équation :

$$m(g + 0,5g) \cos(60^\circ) = ma_O$$

$$a_O = 1,5 \times 10 \times \frac{1}{2} = 7,5 \text{m/s}^2$$

2. On a maintenant

$$m(g - 0,5g) \cos(60^\circ) = ma_O$$

$$a_O = 0,5 \times 10 \times \frac{1}{2} = 2,5 \text{m/s}^2$$

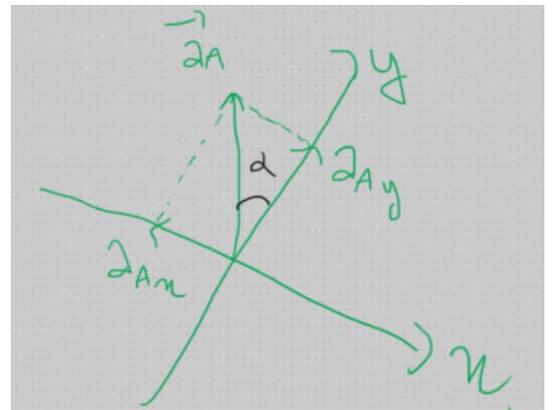
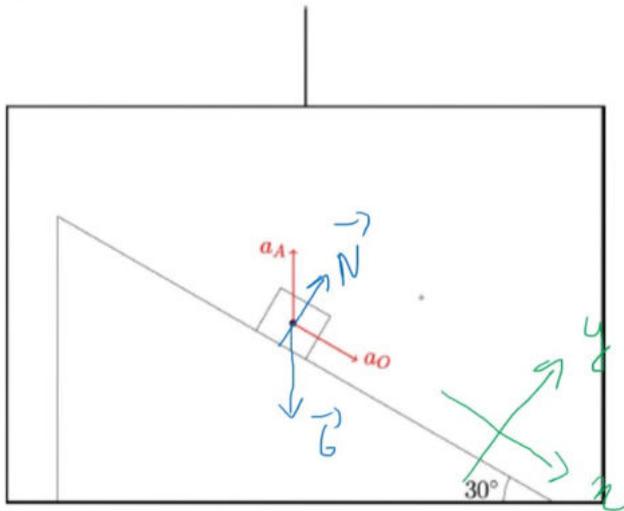
3. En chute libre, l'objet tombe avec la même accélération que le plan incliné et le poids apparent  $F_p = 0$ . Il n'y a pas d'accélération selon  $x$  et  $a_O = 0$ .

4. Si l'ascenseur monte a vitesse constante, le poids apparent est le poids réel, et donc on a :

$$mg \cos(60^\circ) = ma_O$$

$$a_O = 10 \times \frac{1}{2} = 5 \text{m/s}^2$$

Une autre manière de résoudre l'exercice est de se placer du point de vue extérieur à l'ascenseur. Dans ce cas, l'accélération totale a une composante verticale ainsi que le long du plan incliné. On écrit le bilan des forces :



selon x :  $mg \cos(60^\circ) = m(a_O - a_A \cos(60^\circ))$

selon y :  $-mg \cos(30^\circ) + N = ma_A \cos(30^\circ)$

qui est le même système d'équations que pour la première méthode. Les résultats s'obtiennent donc ensuite de la même manière.

**Question 5 (4 points)** Depuis 2007, le télescope Belge TRAPPIST est utilisé pour détecter des exoplanètes, c'est à dire des planètes en orbite autour d'autres étoiles que le Soleil. Depuis 2015, TRAPPIST a notamment contribué à la détection de sept planètes potentiellement semblables à la Terre autour d'une étoile de masse  $1,6 \times 10^{29}$  kg, appelée TRAPPIST-1. Les observations ont permis d'en déterminer la période de rotation. On supposera leur orbite circulaire. (Rappel  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}\text{s}^{-2}$  )

- Une de ces planètes, Trappist-f, a une période de rotation de 9,2 jours. Déterminez à quelle distance, en unité astronomique (UA = 150 millions de kilomètres), cette planète orbite autour de son étoile.
- La masse de cette planète est estimée à 1,04 masse terrestre (une masse terrestre =  $6 \times 10^{24}$  kg) et la méthode de détection par occultation de l'étoile permet également de déterminer la taille de cette planète, dont le rayon est estimé à 1,45 rayon terrestre (rayon terrestre = 6400 km). Estimez l'accélération de la pesanteur que ressentent des habitants éventuels de cette planète.

**Solution.**

1. On utilise la loi de Newton appliquée à la force de gravitation universelle, induisant une accélération centripète  $a_c = \omega^2 r$ .

$$\frac{GM_* m_p}{r^2} = m_p \omega^2 r$$

où  $r$  est le rayon de l'orbite,  $M_*$  la masse de l'étoile et  $m_p$  la masse de la planète. La vitesse angulaire  $\omega$  est donnée par

$$\omega = \frac{2\pi}{9.2 \times 3600 \times 24} = 7.9 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

On déduit de la première équation que

$$r^3 = \frac{GM_*}{\omega^2} = 1.7 \times 10^{29}$$

et on obtient que  $r = 5.55 \times 10^9 \text{ m} = 0.037 \text{ UA}$  en unité astronomique (UA).

2. On a pour une masse  $m$  quelconque :

$$\frac{Gm_p m}{R_p^2} = ma$$

et on en déduit l'accélération de pesanteur  $a$  sur la planète :

$$a = \frac{Gm_p}{R_p^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.04 \times 6 \times 10^{24}}{(1.45 \times 6400 \times 10^3)^2} = 4,8 \text{ m/s}^2$$

L'accélération de pesanteur sur Trappist-1f est donc de  $4,8 \text{ m/s}^2$ , soit à peu près la moitié de celle de la Terre.

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2020-2021)  
**Examen de janvier 2021**  
08 janvier 2021

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **9 feuilles** (1 page de garde, 5 questions et 3 brouillons).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans vos vestes.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
9. Cet examen dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/4	/4	/4	/4	/4	/20
----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (4 points)** Un groupe de coureurs se prépare pour une course à pied sur un parcours rectiligne de 10 km. Pour caractériser leur déplacement, les coureurs utilisent souvent, non pas leur vitesse moyenne (par exemple en km/h), mais leur « allure moyenne ». L'allure moyenne est le plus souvent exprimée en minutes par km (min/km) : il s'agit du nombre de minutes nécessaires pour parcourir 1 km.

- a) Quelles sont les dimensions (Masse M, Longueur L, Temps T) de l'allure ?
- b) Sophie parcourt la distance à une allure moyenne de 3'45"/km (3 minutes et 45 secondes par km).
  - 1) Quelle est sa vitesse moyenne ?
  - 2) En combien de temps (en minutes et secondes) Sophie parcourt-elle les 10 km ?
- c) Gaétan et Sébastien s'élancent en même temps de la ligne de départ à des allures de 4'15"/km (correspondant à une vitesse de 14,12 km/h) et 4'05"/km (vitesse de 14,69 km/h) respectivement.
  - 1) Combien de mètres d'avance Sébastien a-t-il sur Gaétan quand Sébastien a parcouru 5km ?
  - 2) A ce moment de la course (Sébastien a parcouru 5km), quelle doit être l'accélération de Gaétan pour qu'il rattrape Sébastien exactement sur la ligne d'arrivée des 10km (Sébastien conservant une vitesse constante) ?
  - 3) Quelle sera la vitesse de Gaétan au moment de franchir la ligne d'arrivée ?

**Solution.**

a)  $[\text{allure}] = \left[ \frac{1}{v} \right] = TL^{-1}$

- b) 1) Pour avoir une vitesse en mètre/seconde, convertissons l'allure en seconde/mètre :

$$3'45''/\text{km} = (3 \times 60 + 45) \text{ s/km} = \frac{(3 \times 60 + 45)}{1000} \text{ s/m} = 0,225 \text{ s/m}$$

$$v_S = \frac{1}{0,225} = 4,44 \text{ m/s}$$

- 2) L'allure correspond au temps qu'il faut pour parcourir un km : il suffit donc de la multiplier par 10.

$$t = (3 \times 60 + 45) \times 10 = 2\,250 \text{ s} = 37'30''$$

- c) 1) On cherche d'abord à quel temps Sébastien atteint les 5 km, puis on détermine quelle distance a parcouru Gaétan en ce temps là, avant de faire la différence pour déterminer quelle avance a Sébastien :

$$v_S = \frac{14,69}{3,6} \text{ m/s} = 4,08 \text{ m/s}$$

$$v_G = \frac{14,12}{3,6} \text{ m/s} = 3,9 \text{ m/s}$$

$$\Delta x_S = v_S \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta x_S}{v_S} = \frac{5000}{4,08} = 1\,225,5 \text{ s}$$

$$\Delta x_G = v_G \Delta t = 3,9 \times 1\,225,5 = 4\,779,4 \text{ m} = 4,8 \text{ km}$$

$$\Delta x_S - \Delta x_G = 220,6 \text{ m}$$

- 2) On écrit les équations du mouvement de Sébastien et Gaétan en prenant comme point de départ le moment où Gaétan se met à accélérer :

$$x_G(t) = x_{0G} + v_{0G}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$x_S(t) = x_{0S} + v_S t$$

$$x_{0G} = 4\,779,4 \text{ m} ; x_{0S} = 5\,000 \text{ m} ; v_{0G} = 3,9 \text{ m/s}$$

On sait que au même temps  $t_f$ , les deux arrivent à la marque des 10 km :  $x_G(t_f) = x_S(t_f) = 10\,000 \text{ m}$ .

$$x_S(t_f) = 10000 = x_{0S} + v_S t_f$$

$$t_f = \frac{10000 - x_{0S}}{v_S} = 1\,225,5 \text{ s}$$

On retombe bien sur le même temps qu'au c) 1), vu qu'il restait de nouveau 5 km à partir de Sébastien à la même vitesse constante. On cherche maintenant l'accélération de Gaétan :

$$x_G(t_f) = 10000 = x_{0G} + v_{0G}t_f + \frac{1}{2}at_f^2$$

$$\frac{1}{2}at_f^2 = x_G(t_f) - x_{0G} - v_{0G}t_f$$

$$a = \frac{2}{t_f^2} (x_G(t_f) - x_{0G} - v_{0G}t_f)$$

$$= 6 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

- 3)

$$v_G(t) = v_{0G} + at$$

Au moment de franchir la ligne d'arrivée,

$$v_G(t_f) = v_{0G} + at_f = 4,6 \text{ m/s}$$

**Question 2 (4 points)** Lors de la compétition de plongeon aux jeux olympiques, les athlètes doivent sauter d'un plongeur placé à une hauteur de 10 m au dessus du bassin.

- Sachant qu'au moment de l'impulsion, le plongeur d'une masse de 70 kg s'élance avec une vitesse verticale de 4 m/s afin d'avoir plus de temps pour effectuer des figures acrobatiques, quelle sera sa vitesse (en km/h) lorsqu'il pénétrera dans l'eau en supposant les frottements dus à l'air négligeables ?
- Juste après son entrée dans l'eau, sa vitesse a été diminuée de 75 %. Quelle quantité d'énergie cinétique a été dissipée sous forme de vagues ?

**Solution.**

- On utilise la conservation de l'énergie mécanique, entre le moment initial où le plongeur s'élance, et le moment final où le plongeur est sur le point de pénétrer dans l'eau.

$$E_{\text{méca, initiale}} = E_{\text{méca, finale}}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{méca, initiale}} &= E_{\text{cin, initiale}} + E_{\text{pot, initiale}} \\ &= \frac{1}{2}mv_{\text{initiale}}^2 + mgh_{\text{initiale}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{méca, finale}} &= E_{\text{cin, finale}} + E_{\text{pot, finale}} \\ &= \frac{1}{2}mv_{\text{finale}}^2 + mgh_{\text{finale}} \end{aligned}$$

$v_{\text{initiale}} = 4 \text{ m/s}$ ,  $h_{\text{initiale}} = 10 \text{ m}$ ,  $h_{\text{finale}} = 0 \text{ m}$ . On peut isoler  $v_{\text{finale}}$ .

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_{\text{initiale}}^2 + mgh_{\text{initiale}} &= \frac{1}{2}mv_{\text{finale}}^2 \\ v_{\text{finale}}^2 &= v_{\text{initiale}}^2 + 2gh_{\text{initiale}} \\ v_{\text{finale}} &= \sqrt{v_{\text{initiale}}^2 + 2gh_{\text{initiale}}} = 14,7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

En km/h, on obtient  $v_{\text{finale}} = 14,7 \times 3,6 = 52,92 \text{ km/h}$ .

- La vitesse diminue de 75%, le plongeur perd donc 75% de sa vitesse finale :  $v'_{\text{finale}} = v_{\text{finale}} - 75\%v_{\text{finale}} = 25\%v_{\text{finale}}$ . La différence d'énergie cinétique (donc la quantité d'énergie dissipée) est

$$\Delta E_{\text{cin}} = \frac{1}{2}mv_{\text{finale}}'^2 - \frac{1}{2}mv_{\text{finale}}^2 = -7091 \text{ J}$$

Le signe - indique que le plongeur a bien perdu de l'énergie cinétique.

**Question 3 (4 points)** Lors de l'immersion d'un sous-marin de volume  $V = 5000 \text{ m}^3$ , des ballasts (gros réservoirs) s'ouvrent et se remplissent d'eau, de sorte que le poids du sous-marin devient plus important que la poussée d'Archimède. Ainsi, lors de la descente, la masse du sous-marin est de 5300 tonnes. La masse volumique de l'eau de mer est de  $\rho_{\text{mer}} = 1025 \text{ kg/m}^3$ . D'autre part, le sous-marin possède un moteur qui active une hélice orientable qui lui confère une poussée *horizontale* de  $5 \times 10^6 \text{ N}$ . Pour simplifier, nous commencerons par négliger l'effet du frottement de l'eau.

- Écrire le bilan des forces lorsque le sous-marin effectue la descente. Que vaut la composante verticale, horizontale et le module de son accélération ?
- Combien de temps faut-il au sous-marin pour atteindre la profondeur de 50 mètres ? Quelle distance horizontale a-t-il alors parcourue ? Quelle est la puissance moyenne délivrée par les moteurs du sous-marin ?
- En réalité, l'eau exerce une résistance au mouvement, appelée *force de frottement fluide* qui s'oppose au déplacement. Si elle s'exprime comme  $F = C\rho_{\text{mer}}v^2$  où  $v$  est la vitesse de l'objet par rapport au fluide, et  $C$  est un coefficient qui dépend des propriétés géométriques de l'objet immergé. Quelles sont les unités de  $C$  ? Si  $C = 30$  (dans les unités trouvées), quelle est la valeur maximale de la vitesse du sous-marin lorsqu'il se déplace horizontalement ?

**Solution.**

- Sur l'axe  $x$ , seule la force de poussée horizontale du moteur  $F_p$  agit. Sur l'axe  $y$ , on a le poids du sous-marin ainsi que la poussée d'Archimède.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{sur } x : F_p = ma_x$$

$$a_x = \frac{F_p}{m} = \frac{5 \times 10^6}{5300000} = 0,94 \text{ m/s}^2$$

$$\text{sur } y : F_A - G = ma_y$$

$$a_y = \frac{F_A - G}{m} = \frac{\rho_{\text{mer}}gV - mg}{m} = -0,33 \text{ m/s}^2$$

- On peut trouver le temps nécessaire pour atteindre cette profondeur en utilisant le fait que ce sous-marin se déplace en MRUA :

$$\Delta y = \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2\Delta y}{a_y}} = \sqrt{\frac{-100}{-0,33}} = 17,4 \text{ s}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}a_x\Delta t^2 = 142,3 \text{ m}$$

$$W = F_p \Delta x = 7,1 \times 10^8 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = 4,1 \times 10^7 \text{ W}$$

c)

$$\begin{aligned}[F] &= N = kg \frac{m}{s^2} \\ [C \rho_{\text{mer}} v^2] &= [C] [\rho_{\text{mer}}] [v^2] = [C] \frac{kg}{m^3} \frac{m^2}{s^2} \\ F &= C \rho_{\text{mer}} v^2\end{aligned}$$

donc

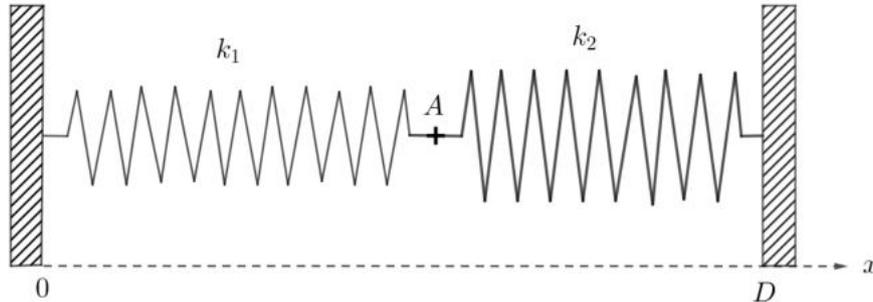
$$\begin{aligned}kg \frac{m}{s^2} &= [C] \frac{kg}{m^3} \frac{m^2}{s^2} \\ [C] &= m^2\end{aligned}$$

Ensuite, la vitesse maximale que le sous-marin peut atteindre est la vitesse qui donne une force de frottement fluide égale à la force de poussée du moteur :

$$\begin{aligned}C \rho_{\text{mer}} v_{\text{max}}^2 &= 5 \times 10^6 \\ v_{\text{max}} &= \sqrt{\frac{5 \times 10^6}{C \rho_{\text{mer}}}} = 12,75 \text{ m/s}\end{aligned}$$

**Question 4 (4 points)** Deux ressorts de masses négligeables, de longueurs au repos  $l_1$  et  $l_2$  et de constantes de raideur  $k_1$  et  $k_2$  sont accrochés bout à bout et tendus horizontalement entre deux supports verticaux fixes distants de  $D > l_1 + l_2$ .  $A$  est le point d'attache commun des deux ressorts. Le dispositif est à l'équilibre, immobile.

- Exprimer les allongements respectifs  $x_1$  et  $x_2$  des deux ressorts en fonction des paramètres du problème  $D$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $l_1$  et  $l_2$
- Exprimer la résultante  $\vec{F}_A$  qui agit sur le point  $A$  lorsqu'on écarte celui-ci d'une distance  $x$  vers la droite de sa position d'équilibre précédente en fonction de  $k_1$ ,  $k_2$  et de  $x$ .
- On accroche maintenant une masse  $m_A$  au point  $A$ . Cette masse peut glisser sans frottement sur le sol. Quelle est la période d'oscillation de cette masse en fonction de  $m_A$ ,  $k_1$  et  $k_2$  si on la lâche écartée de sa position d'équilibre ?



**Solution.**

- Comme ce dispositif est à l'équilibre, immobile, les forces de rappel des ressorts  $k_1$  et  $k_2$  doivent parfaitement se compenser au point  $A$ . On sait également que toute la largeur du système est  $D$ .

$$-k_1 x_1 = -k_2 x_2$$

$$l_1 + x_1 + l_2 + x_2 = D$$

On va essayer de se débarrasser de  $x_1$  dans la première équation pour ne garder qu'une seule inconnue.

$$x_1 = D - l_1 - l_2 - x_2$$

$$-k_1(D - l_1 - l_2 - x_2) = -k_2 x_2$$

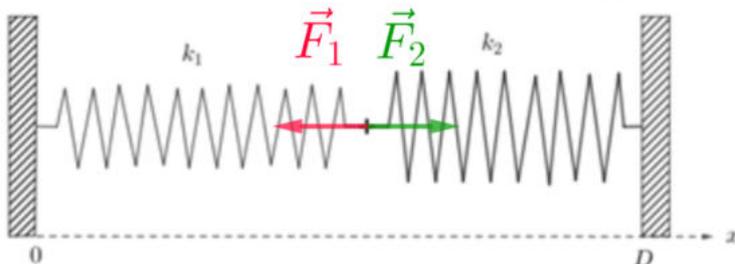
$$-x_2(k_1 + k_2) = -k_1(D - l_1 - l_2)$$

$$x_2 = \frac{k_1(D - l_1 - l_2)}{k_1 + k_2}$$

Et finalement,  $x_1$  devient

$$x_1 = D - l_1 - l_2 - \frac{k_1(D - l_1 - l_2)}{k_1 + k_2} = \frac{k_2(D - l_1 - l_2)}{k_1 + k_2}$$

- La résultante  $\vec{F}_A$  est la somme des forces de rappel appliquées par les deux ressorts :



$$\begin{aligned}\vec{F}_A &= [-k_1(x_1 + x) + k_2(x_2 - x)] \vec{1}_x \\ &= [-(k_1 + k_2)x - k_1x_1 + k_2x_2] \vec{1}_x\end{aligned}$$

On sait par a) que  $-k_1x_1 + k_2x_2 = 0$ , donc

$$\vec{F}_A = -(k_1 + k_2)x \vec{1}_x$$

- c) On remarque dans l'expression de la résultante  $\vec{F}_A$  que ce système est donc équivalent à un unique ressort de constante de rappel  $k_1 + k_2$ . Dans ce cas, la période d'oscillation est  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$ .

**Question 5 (4 points)** Le Faucon 2000 est un vaisseau spatial d'une masse  $m_F = 50$  tonnes. Afin de fuir ses poursuivants, il pénètre dans un champ d'astéroïdes à une vitesse  $\vec{v}_F = (0 \vec{1}_x + 20 \vec{1}_y)$  km/s. Il entre en collision avec un petit astéroïde de masse inconnue  $m_A$  dont la vitesse est  $\vec{v}_A = (-25 \vec{1}_x - 6,7 \vec{1}_y)$  km/s et dont la trajectoire forme un angle  $\theta$  avec l'axe y. Heureusement la collision n'est pas fatale : l'astéroïde s'est encastré dans le hangar de stockage du vaisseau.

Le Faucon 2000 poursuit sa route, mais la norme de sa vitesse a baissé de 5 % et sa trajectoire a dévié d'un angle  $\alpha = 3^\circ$ . L'angle de déviation  $\alpha$  est l'angle entre les trajectoires initiale et finale du vaisseau. Pour cet exercice, on ne considère que 2 dimensions : x et y.

a) Considérez les 3 quantités suivantes

- Quantité de mouvement
- Énergie cinétique
- Énergie totale

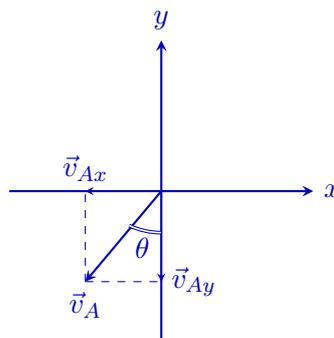
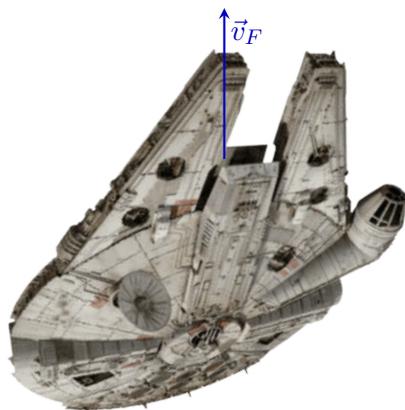
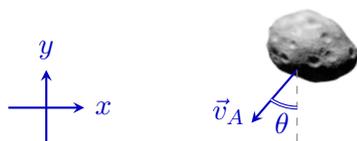
Dire pour chacune d'elle si celle-ci est conservée ou non dans le problème et justifier pourquoi en une phrase.

b) Représenter la situation initiale sur un schéma avec les axes x et y, les vecteurs vitesses  $\vec{v}_F$  et  $\vec{v}_A$ , ainsi que l'angle  $\theta$ . Calculer l'angle  $\theta$  entre l'axe y et la trajectoire de l'astéroïde.

c) Représenter la situation finale sur un schéma avec les axes x et y, le vecteur vitesse final  $\vec{v}_{FA}$  ainsi que l'angle  $\alpha$ . Calculer la composante x de la vitesse finale  $v_{FAx}$  ainsi que la masse de l'astéroïde  $m_A$ .

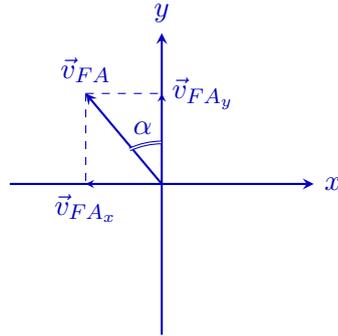
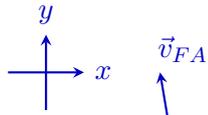
### Solution.

- a) — La quantité de mouvement est conservée dans ce problème car aucune force extérieure n'agit.  
 — L'énergie cinétique n'est pas conservée dans ce problème car il s'agit d'une collision inélastique (il y a déformation, les deux objets s'encastrant).  
 — L'énergie totale est conservée dans ce problème (système isolé) car l'énergie cinétique s'est transformée en d'autres formes d'énergie (chaleur, déformation,...). Il n'y a pas de création ou de destruction d'énergie.



b)

$$\tan \theta = \frac{v_{Ax}}{v_{Ay}} \text{ donc } \theta = \arctan \left( \frac{v_{Ax}}{v_{Ay}} \right) = \arctan \left( \frac{-25}{-6,7} \right) = 75^\circ$$



c)

Comme la norme de sa vitesse a baissé de 5%,  $|\vec{v}_{FA}| = 95\% |\vec{v}_F| = 19 \text{ m/s}$ . Par projection,  $v_{FAx} = |\vec{v}_{FA}| \sin(3^\circ) = 0,99 \text{ m/s}$ . Ensuite, on peut déterminer la masse de l'astéroïde à partir de la conservation de la quantité de mouvement :

$$\vec{P}_{\text{initial}} = m_F \vec{v}_F + m_A \vec{v}_A$$

$$\vec{P}_{\text{final}} = (m_F + m_A) \vec{v}_{FA}$$

$$\vec{P}_{\text{initial}} = \vec{P}_{\text{final}}$$

$$(0; m_F v_{F_x}) + (-m_A v_{A_x}; -m_A v_{A_y}) = -(m_F + m_A) v_{FA_x}; -(m_F + m_A) v_{FA_y}$$

On regarde la composante  $x$  :

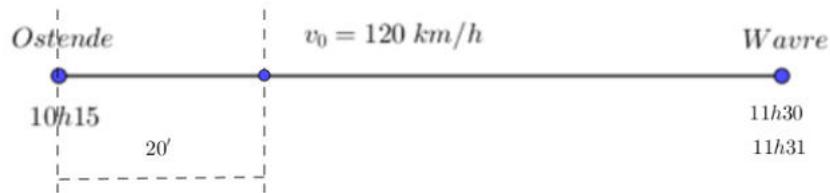
$$0 - m_A v_{A_x} = -(m_F + m_A) v_{FA_x}$$

$$-m_A v_{A_x} + m_A v_{FA_x} = -m_F v_{FA_x}$$

$$m_A = -\frac{m_F v_{FA_x}}{(v_{FA_x} - v_{A_x})} = 2061,6 \text{ kg}$$

**Question 1 (4 points)** Il est 10h15. Maurice, qui habite Ostende, souhaite se rendre à Wavre en empruntant l'autoroute. La vitesse de la voiture reste constante pendant tout le trajet. Au moment où il entre l'adresse de destination dans son GPS, celui-ci indique une heure d'arrivée de 11h30.

- a) Le GPS supposant que le véhicule circule à la vitesse maximale autorisée, soit  $v_0 = 120$  km/h, à quelle distance  $D$  se trouve la destination de Maurice ?
- b) Après 20 minutes de trajet, le GPS indique désormais une heure d'arrivée de 11h31. A quelle vitesse  $v$  roule en fait Maurice (en km/h) ?  
Attention : le GPS suppose **toujours**, dans son calcul, que la vitesse du véhicule est de 120 km/h.



- a) Comme la vitesse est constante, nous avons affaire à un MRU. Ainsi, la distance parcourue est égale à :

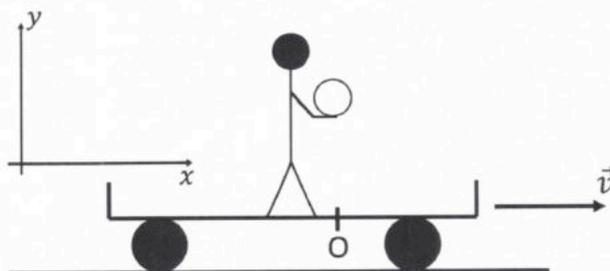
$$D = v_0 \Delta t = 120 \times (11,5 - 10,25) \text{ km} = 150 \text{ km} . \quad 2\text{pt}$$

- b) Comme le GPS indique maintenant une heure d'arrivée plus tardive que celle initiale, cela implique que Maurice roule en réalité plus lentement que 120 km/h. Cependant, la distance totale à parcourir est elle toujours identique. Ainsi, le GPS calcule le parcours de la manière suivante : pendant 20 min (égale à 0,33 h) Maurice à rouler à la vitesse  $v$  que l'on cherche et pendant le temps restant (de 10h35 à 11h31) à 120km/h, la vitesse  $v_0$ .

$$D = v \times \frac{1}{3} + v_0 (11h31 - 10h35) \quad (\text{km}) \quad v = 3 \times \left[ D - v_0 \times \left( 11 + \frac{31}{60} - 10 - \frac{35}{60} \right) \right] = 114 \text{ km/h}$$

2pt

**Question 2 (4 points)** Justine se trouve sur un chariot qui peut se déplacer de droite à gauche le long d'un rail (voir figure ci-dessous). Elle a en mains un ballon de foot de masse  $m = 430$  grammes et de rayon  $R = 10$  cm. Elle va réaliser plusieurs expériences en lançant le ballon parfaitement verticalement, dans diverses situations. La masse du chariot est de 200 kg et Justine pèse 60 kg.



- Le chariot est au repos et on néglige la force de résistance de l'air. Justine lance la balle verticalement, et celle-ci atteint une hauteur de 30 cm au-dessus de sa main.
  - Après combien de temps la balle retombe-t-elle dans ses mains ?
  - Quelle était la vitesse de la balle,  $v_{0y}$ , au moment où elle s'échappe de ses mains ?
- Le chariot se déplace à présent à une vitesse constante  $v = 2,5$  m/s. On néglige le frottement de l'air et le frottement du chariot sur les rails. Justine répète la même expérience, en lançant la balle exactement de la même manière qu'au point a).
  - A quelle distance de Justine (du point O) la balle retombera-t-elle à la hauteur de ses mains ?
  - De combien aura avancé le chariot lorsque la balle revient à la hauteur des mains de Justine ?
- Mêmes données qu'au point précédent. Cette fois, on prend en compte la résistance de l'air, mais uniquement dans la direction horizontale. On néglige la résistance de l'air dans la direction verticale, ainsi que les forces de friction entre le chariot et le rail. On supposera, pour simplifier, que la force de résistance de l'air agissant horizontalement est constante tout au long du mouvement, et donnée par  $F_r = C_2 R^2 v^2$ , avec  $C_2 = 0,85$  kg/m<sup>3</sup>, R est le rayon de la balle et v correspond à la vitesse horizontale de la balle au moment où elle est lâchée.  
A quelle distance de Justine (du point O) la balle retombera-t-elle à la hauteur de ses mains ?

Répartition des points :

a) 1) 1 point

a) 2) 1 point

b) 1) 1 point

b) 2) 1 point

c) Bonus 1 point

a) 1) et 2) MRUA selon y.

$$\begin{cases} y(t) = y_0 + v_{0y} t - \frac{g t^2}{2} \\ v(t) = v_{0y} - g t \end{cases}$$

Soit  $t_1$  le moment où elle atteint le moment le plus haut (0,3 m)

$$\text{on a } \begin{cases} 0,3 = 0 + v_{0y} t_1 - 10 \frac{t_1^2}{2} \\ 0 = v_{0y} - 10 t_1 \end{cases} \Rightarrow v_{0y} = 10 t_1 \quad \text{⊗}$$

↳ vitesse nulle.

$$\Rightarrow 0,3 = 10 t_1^2 - 10 \frac{t_1^2}{2} = 5 t_1^2 \Rightarrow t_1^2 = 0,06$$

La balle met le même temps pour redescendre  $\Rightarrow t_1 = 0,245 \text{ s}$ .

$\Rightarrow t_2$ , le moment où la balle retombe dans les mains, est

$$t_2 = 2 \cdot t_1 = \underline{\underline{0,49 \text{ s}}}$$

On peut s'en convaincre grâce aux équations:

$$y(t_2) = 0 = 0 + v_{0y} t_2 - 10 \frac{t_2^2}{2}$$



$$\text{⊗} \Rightarrow v_{0y} = 10 t_1 = \boxed{2,45 \text{ m/s}}$$

vitesse initiale: réponse au point 2

$$\Rightarrow 0 = 2,45 t_2 - 5 t_2^2$$

$$5 t_2 = 2,45$$

$$t_2 = \frac{2,45}{5} = \underline{\underline{0,49 \text{ s}}}$$

⚠ l'énoncé pouvait laisser penser que l'on demande le temps entre le haut de la trajectoire et le moment où la balle retombe dans les mains de Justine, c'est à dire  $\frac{t_2}{2} = 0,245 \text{ s}$ . Nous avons également accepté cette réponse.

b) ① A quelle distance de Justine la balle retombe-t-elle? ②

→ comme Justine, le chariot et la balle vont à la même vitesse constante selon  $x$  (pas de force de frottement, ni de friction de l'air), la balle retombe dans les mains de Justine (distance = 0 m).

② équations selon  $x$  pour le chariot:

$$x(t) = 0 + v_{0x} t_2$$

$$= 2,5 \cdot 0,49 \approx \underline{1,25 \text{ m}}$$

la distance parcourue par le chariot est de 1,25 m.

⚠ nous avons accordé le point au b)2) dans le cas d'un raisonnement correct mais avec une valeur de  $t_2$  obtenue précédemment erronée.

⚠ donnée correspond à la distance par rapport au point 0 au temps initial, c'est à dire 1,25 m, avec justification que Justine et le chariot se déplacent ensemble au b)1) si la réponse

c) Bilan des forces selon  $x$ :

$$-F_n = m_{\text{balle}} a_{\text{balle } x} \quad (\text{si } \vec{v} \text{ dans le sens } x \text{ positif})$$

$$-0,85 \cdot (0,10)^2 \cdot (2,5)^2 = 0,430 \cdot a_{\text{balle } x}$$

$$-0,053 = 0,430 a_{\text{balle } x}$$

→ l'accélération de la balle selon  $x$  est de  $a_{\text{balle } x} = \frac{-0,053}{0,430}$

$$\Rightarrow \text{NRUA selon } x. \quad x_{\text{b}}(t_2) = 0 + 2,5 \cdot t_2 - \frac{0,123 \cdot t_2^2}{2} = -0,015$$

$$\text{pour le chariot: } x_{\text{ch}}(t_2) = 2,5 t_2$$

⇒ écart entre les deux:  $\Delta x = -\frac{0,123 t_2^2}{2} = \underline{-0,015 \text{ m}}$   
la balle retombe 0,015 m en arrière du point 0 (Justine)

**Question 3 (4 points)** L'astronaute Thomas Pesquet se trouve en apesanteur dans l'espace. Sa masse, incluant sa combinaison, est de 100 kg.

1,5 a) Initialement au repos, il décide de lancer deux objets afin de se propulser. Le premier a une masse  $m_1 = 10$  kg et part avec une vitesse de  $\vec{v}_1 = (0; -50)$  m/s, et le second d'une de masse  $m_2 = 30$  kg part avec une vitesse  $\vec{v}_2 = (-20; -20)$  m/s. Quelles sont les composantes de la vitesse  $\vec{v}_a$  acquise par l'astronaute?

12,5 b) Une fois cette vitesse  $\vec{v}_a$  acquise, l'astronaute se heurte à un obstacle de masse inconnue et initialement au repos et il est projeté vers la gauche à une vitesse  $\vec{v}'_a = (v'_a; 0)$  où  $v'_a$  est négatif. L'obstacle est quant à lui mis en mouvement vers en haut à droite, avec une vitesse  $\vec{v}'_o = (v'_{ox}, v'_{oy})$  dont la composante x vaut +0,218 m/s. L'astronaute est alors rattrapé par un filet élastique qu'on modélise comme un simple ressort de constante de rigidité  $k = 800$  N/m. Ce ressort s'allonge à son maximum de 1 m. Que vaut la masse de l'obstacle?

(a) Pas de forces appliquées sur le système (astronaute + 2 masses)  
 $\Rightarrow$  quantité de mouvement totale du système est conservée.

Avant le lancer:  $\vec{p}_a = \vec{p}_1 = \vec{p}_2 = \vec{0}$  (repos)  $\Rightarrow \sum_i \vec{p}_i = \vec{0}$  (\*)

Après:  $\vec{p}_a = m_a \vec{v}_a$ ,  $\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_1$ ,  $\vec{p}_2 = m_2 \vec{v}_2$

Donc:  $m_a \vec{v}_a + m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = \vec{0}$  (par \*)

En composantes: 
$$\begin{cases} 0_x & \left\{ \begin{array}{l} m_a v_{ax} + m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = 0 \\ 0_y & \left\{ \begin{array}{l} m_a v_{ay} + m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = 0 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{ax} = \frac{-1}{m_a} (m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}) \\ v_{ay} = \frac{-1}{m_a} (m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{ax} = \frac{-1}{100} (10 \cdot 0 + 30(-20)) = 6 \frac{m}{s} \\ v_{ay} = \frac{-1}{100} (10(-50) + 30(-20)) = 11 \frac{m}{s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \vec{v}_a = (6; 11) \frac{m}{s}$$

(b) De nouveau, pas de force appliquée sur le système

(astronaute + étai)  $\Rightarrow \sum \vec{p}_i = \vec{c}^{ste}$  (conservation quantité de mouvement)

Avant la collision:  $\vec{p}_a = m_a \vec{v}_a$ ;  $\vec{v}_a = (6; 11) \frac{m}{s}$   
 $\vec{p}_0 = \vec{0}$  (repos)

Après:  $\vec{p}_a' = m_a \vec{v}_a'$ ;  $\vec{v}_a' = (v_{ax}'; 0)$  avec  $v_{ax}' < 0$  (\*)

$\vec{p}_0 = m_0 \vec{v}_0$ ;  $\vec{v}_0 = (v_{0x}; v_{0y})$  avec  $v_{0x} = 0,218 \frac{m}{s}$

Donc:  $m_a \vec{v}_a = m_a \vec{v}_a' + m_0 \vec{v}_0$

Composantes  $\Rightarrow$  
$$\begin{cases} 0x & m_a v_{ax} = m_a v_{ax}' + m_0 v_{0x} \Rightarrow m_0 = \frac{m_a v_{ax} - m_a v_{ax}'}{v_{0x}} \\ 0y & m_a v_{ay} = m_a v_{ay}' + m_0 v_{0y} \end{cases}$$

inconnue  $\leftarrow$

$\hookrightarrow$  Pas nécessaire pour trouver  $m_0$

On doit trouver  $v_{ax}' = v_a'$ . Pour cela on regarde le système astronaute + filet = ressort avec  $k = 800 \frac{N}{m}$  et masse = 100 kg.

Pas de force appliquée  $\Rightarrow$  conservation de l'énergie mécanique

Au moment où l'astronaute touche le filet, le ressort est à élévation nulle ( $\Delta x = 0$ ).  $\Rightarrow E_0 = K_0 + U_0 = \frac{m_a v_a'^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{m_a (v_a'^2 + 0)}{2} + \frac{k (0)^2}{2}$

$= \frac{m_a (v_a')^2}{2}$

Quand le ressort arrête l'astronaute:  $\Delta x = 1\text{m}$ ;  $(\vec{v}_a')^2 = 0$

$$\Rightarrow E_1 = K_1 + U_1 = \frac{m_a \cdot 0}{2} + \frac{k \cdot (1)^2}{2} = \frac{k}{2}$$

Par conservation de l'énergie mécanique  $E_0 = E_1$

$$\Rightarrow \frac{m_a (\vec{v}_a')^2}{2} = \frac{k}{2} \Rightarrow |\vec{v}_a'| = \sqrt{\frac{k}{m_a}} = \sqrt{\frac{800}{100}} = 2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Maintenant qu'on a  $|\vec{v}_a'| = 2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$  on sait que  $v_{ax}' = -2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$  pour (\*) et (+).

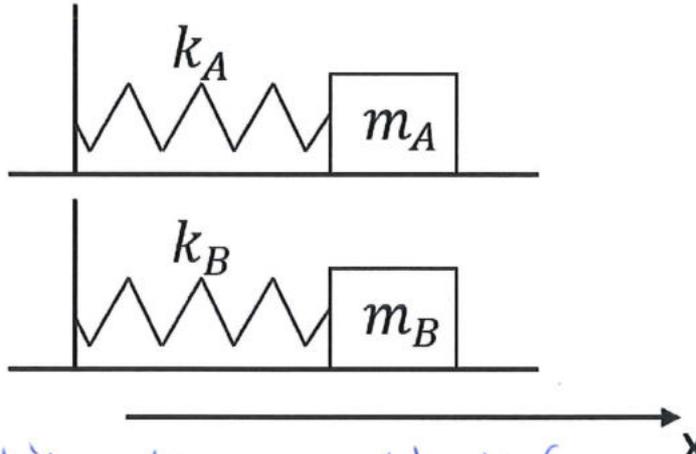
Ceci veut dire que:

$$M_0 = \frac{m_a v_{ax} - m_a v_{ax}'}{v_{0x}} = \frac{100 \cdot 6 - 100(-2\sqrt{2})}{0,228} = \frac{100(6 + 2\sqrt{2})}{0,228} = 4050 \text{ kg.}$$

$$M_0 = 4050 \text{ kg}$$

**Question 4 (4 points)** Soit deux systèmes masse-ressort A et B. Ils sont mis en mouvement simultanément avec des amplitudes identiques. Dans le système B, la constante de rappel est 3 fois plus grande que celle du système A, et la période d'oscillation observée vaut  $\frac{2}{3}$  de la période du système A.

- a) Quel est le rapport des masses  $m_A/m_B$  ?  
 b) Quel est le rapport des vitesses des deux masses ( $v_A/v_B$ ) lors de leurs passages à leurs positions centrales respectives ?



Soit deux systèmes (une masse et un ressort) séparés: A et B  
 $k$  = constante de rappel       $T$  = période

Données:  $k_B = 3 k_A$   
 $T_B = \frac{2}{3} T_A$

points:

a) Pour un ressort:  $T = \frac{2\pi}{\omega}$      $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$      $\rightarrow T^2 = (2\pi)^2 \frac{m}{k}$   
 $\rightarrow m = k \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$

$\left. \begin{array}{l} \text{- pour le système A: } m_A = k_A \left(\frac{T_A}{2\pi}\right)^2 \\ \text{- pour le système B: } m_B = k_B \left(\frac{T_B}{2\pi}\right)^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{k_A}{k_B} = \frac{T_A^2}{T_B^2} \frac{(2\pi)^2}{(2\pi)^2}$

2

$\rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{k_A}{(3k_A)} \frac{(T_A)^2}{\left(\frac{2}{3} T_A\right)^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4/9} \frac{T_A^2}{T_A^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{9}{4} = \frac{3}{4}$   
 $\rightarrow \boxed{\frac{m_A}{m_B} = \frac{3}{4}}$

b) Position centrale  $\rightarrow$  correspond à la vitesse maximale  $v_{\max} = \text{Amplitude} \cdot \omega$

$\left. \begin{array}{l} \text{- pour le système A: } v_A = \text{Ampl. A} \cdot \omega_A \\ \text{- pour le système B: } v_B = \text{Ampl. B} \cdot \omega_B \end{array} \right\}$

2

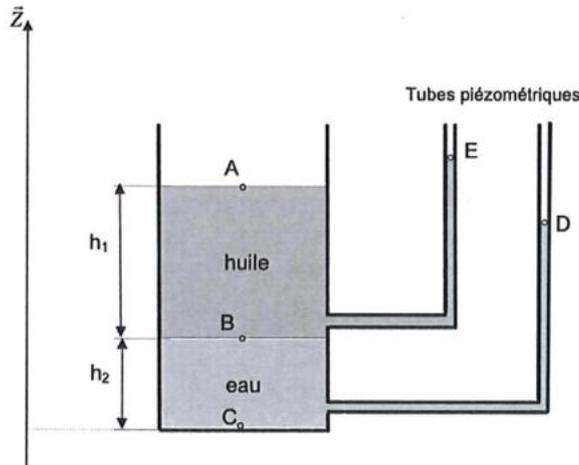
$\rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{\text{Ampl. A}}{\text{Ampl. B}} \cdot \frac{\omega_A}{\omega_B} = \sqrt{\frac{k_A}{m_A}} \cdot \sqrt{\frac{m_B}{k_B}} = \sqrt{\frac{k_A}{(3k_A)} \cdot \frac{m_B}{m_A}}$   
 $= \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3}} = \sqrt{\frac{4}{9}} = \frac{2}{3}$   
 $\rightarrow \boxed{\frac{v_A}{v_B} = \frac{2}{3}}$

**Question 5 (4 points)** La figure ci-dessous représente un réservoir ouvert, équipé de deux tubes et rempli avec deux liquides non miscibles :

- de l'huile de masse volumique  $\rho_1 = 850 \text{ kg/m}^3$  sur une hauteur  $h_1 = 6 \text{ m}$ ,
- de l'eau de masse volumique  $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$  sur une hauteur  $h_2 = 5 \text{ m}$ .

On désigne par A un point de la surface libre de l'huile, B un point sur l'interface entre les deux liquides, C un point appartenant au fond du réservoir, D et E des points représentant les niveaux dans les tubes (attention : leur hauteur n'est pas correctement représentée sur le schéma) et  $(0, Z)$  est un axe vertical tel que  $Z_C = 0 \text{ m}$ .

La pression atmosphérique vaut  $P_{\text{atm}} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ .



Déterminez

- la pression  $P_B$  au point B,
- le niveau de l'huile  $Z_E$  dans le tube,
- la pression  $P_C$  au point C,
- le niveau de l'eau  $Z_D$  dans le tube.

- Problème d'hydrostatique

- Formule de la  $P_{\text{hydrost}}$  :

$$P_{\text{hydrost}} = \rho_{\text{liquide}} \cdot g \cdot \Delta h_{\text{liquide}}$$

points :

1/1 a)  $P_B$  : considérer les fluides au dessus du point B :

$$P_B = P_{\text{atm}} + \rho_{\text{huile}} \cdot g \cdot \Delta h_{\text{huile}} = P_{\text{atm}} + 850 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \text{ m}$$

$$= 10^5 \text{ Pa} + 51000 \text{ Pa} = 151000 \text{ Pa} \quad \rightarrow \quad \boxed{P_B = 1,51 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

1/1 b)  $Z_E = Z_A$  : même hauteur car même fluide.

$$P_A = P_E = P_{\text{atm}}$$

$$\rightarrow P_B = P_{\text{atm}} + \rho_h \cdot g \cdot \Delta h_h = P_{\text{atm}} + \rho_h \cdot g \cdot (Z_E - Z_B) \quad \rightarrow \quad \boxed{Z_E = 11 \text{ m}}$$

$$\rightarrow Z_E = h_1 + h_2 = 6 + 5 \text{ m}$$

1/1 c)  $P_C = P_B + \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot \Delta h_{\text{eau}} = 1,51 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m}$

$$= 2,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \rightarrow \quad \boxed{P_C = 2,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

1/1 d)  $P_C = P_{\text{atm}} + \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot (Z_D - 0)$

$$\rightarrow Z_D = \frac{P_C - P_{\text{atm}}}{\rho_{\text{eau}} \cdot g} = 6 \frac{(2,01 - 1) \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 10,1 \text{ m}$$

$$\rightarrow \quad \boxed{Z_D = 10,1 \text{ m}}$$

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2020-2021)

## Examen de juin 2021

### Deuxième partie

10 juin 2021

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

#### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement en **lettres CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (4 questions + 2 brouillons).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Les réponses à chaque question doivent être placées sur les faces recto/verso de l'énoncé, n'écrivez pas de réponse sur les brouillons. Les feuilles de brouillon ne seront pas corrigées.
5. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
6. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
7. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
8. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
9. Cette partie dure 2 heures (120 minutes).

Bon travail !

/5	/5	/5	/5
----	----	----	----

/20
-----

**Question 1 (5 points)** Considérez une corde de longueur  $L = 2,00$  m fixée aux deux extrémités. Si la tension de la corde est de 300 N et la fréquence fondamentale de 15 Hz, calculez

a) la masse linéique de la corde,

b) la fréquence et longueur d'onde de la cinquième harmonique,

c) la longueur d'onde du son produit par la corde quand elle vibre à la fréquence fondamentale ( $v_{\text{son}}=344$  m/s).

a) (2,5)

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad f_1^2 = \frac{1}{4L^2} \frac{F}{\mu} \quad \mu = \frac{F}{4L^2 f_1^2} = \frac{300}{4 \times 4 \times (15)^2} = 0,083 \text{ kg/m}$$

b) (1,5)

$$f_5 = 5 \times f_1 = 5 \times 15 = 75 \text{ Hz}$$

$$\lambda_5 = \frac{2 \times L}{5} = \frac{2 \times 2}{5} = 0,8 \text{ m}$$

c) (1)

$$\lambda_1 = \frac{v_{\text{son}}}{f_1} = \frac{344}{15} = 22,9 \text{ m}$$

### Question 2 (5 points)

a) Un objet de hauteur  $h=1,4$  cm est placé à 5 cm à gauche d'une lentille convergente d'une distance focale de  $f = 12$  cm (voir figure ; F et F' représentent les points focaux, l'objet est représenté par la flèche sur le schéma).

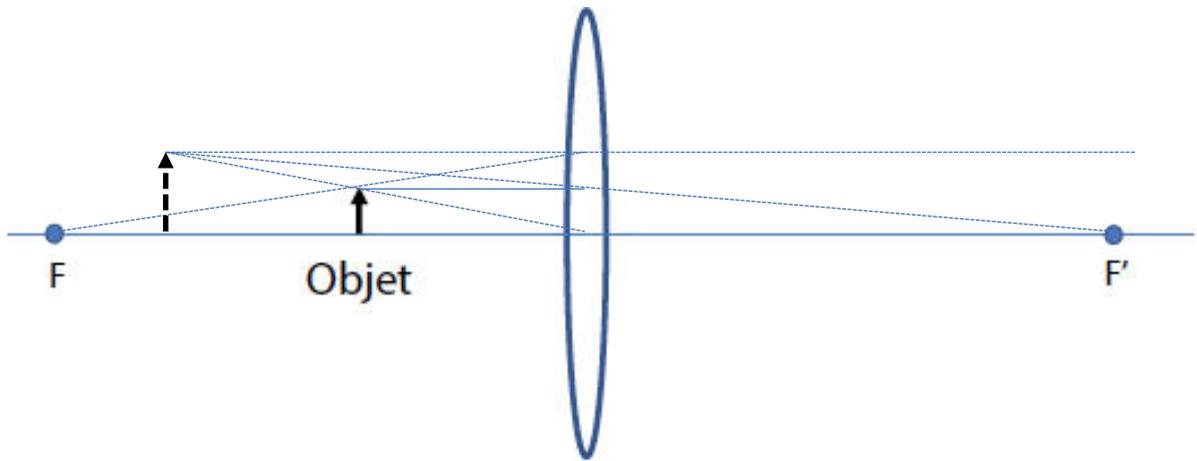
1) Déterminez graphiquement l'image produite par la lentille.

2) Calculez la distance entre l'image et la lentille.

3) Déterminez la hauteur de l'image.

b) Si vous submergez la lentille dans l'eau, trouvez sa distance focale (prendre comme indices de réfraction de l'eau  $n_{\text{eau}} = 1,33$  et de la lentille  $n_{\text{verre}} = 1,54$ ).

1) (1)



2) (1)

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{12} \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{12} - \frac{1}{5} = -0,116 \text{ 1/cm} \quad s' = -8,57 \text{ cm}$$

3) (1,5)

$$h' = mh \quad m = -\frac{s'}{s} = -\frac{-8,57}{5} = +1,7 \quad h' = 1,7 \times 1,4 = 2,4 \text{ cm}$$

b) (1,5)

$$\text{air} \quad \frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{eau} \quad \frac{1}{f'} = (n' - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad n' = \frac{1,54}{1,33}$$

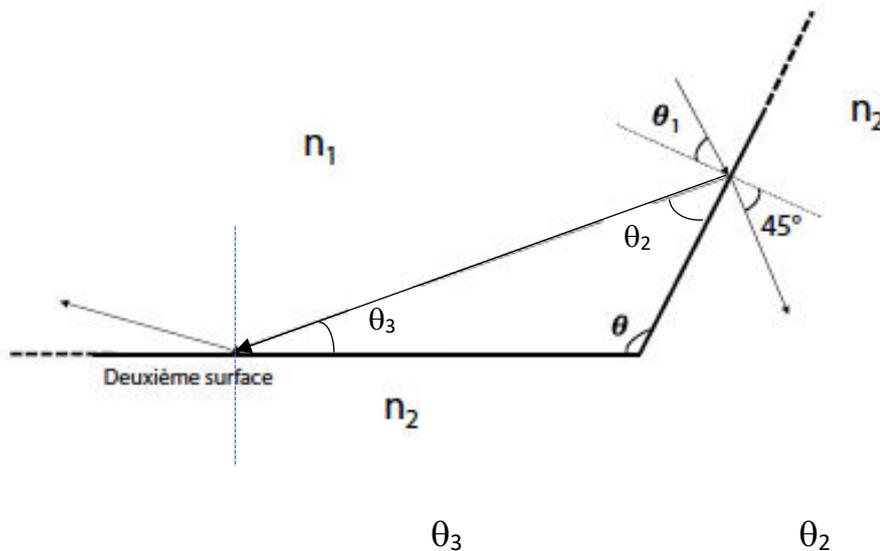
$$\frac{f'}{f} = \frac{n - 1}{n' - 1} \quad f' = f \frac{n - 1}{n' - 1} = 12 \frac{1,54 - 1}{\frac{1,54}{1,33} - 1} = 41,04 \text{ cm}$$

**Question 3 (5 points)** Un rayon, provenant d'un milieu avec un indice de réfraction  $n_1=1,5$ , tombe sur un matériau d'indice de réfraction  $n_2 = 1,33$  avec un angle  $\theta_1$  tel que l'angle réfracté est de  $45^\circ$  (voir la figure ; tous les rayons sont dans le même plan).

a) Déterminez l'angle d'incidence  $\theta_1$ .

b) Considérez le rayon réfléchi. Déterminez l'angle  $\theta$  (voir la figure) pour lequel ce rayon réfléchi va subir le phénomène de réflexion interne totale (angle critique) lorsqu'il rencontre la deuxième surface.

c) Si on change l'indice de réfraction  $n_1 = 1$ , un angle critique est-il possible ? Si oui, lequel ? Si non, pourquoi ?



a)(1,5)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad 1,5 \sin \theta_1 = 1,33 \sin 45^\circ \quad \theta_1 = 38,8^\circ$$

b)(2,5)

$$1,5 \sin \theta_c = 1,33 \sin 90^\circ \quad \sin \theta_c = \frac{1,33}{1,5} \sin 90^\circ \quad \theta_c = 62,4^\circ$$

$$\theta_2 = 90^\circ - 38,8^\circ = 51,2^\circ$$

$$\theta_3 = 90^\circ - 62,4^\circ = 27,6^\circ$$

$$\theta = 180^\circ - 27,6^\circ - 51,2^\circ = 101,2^\circ$$

c) (1)

Non  $\rightarrow \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$  mais  $n_2 > n_1 \rightarrow \sin \theta_c > 1$  pas possible

**Question 4 (5 points)** Considérez deux fentes illuminées par une source lumineuse de longueur d'onde  $\lambda = 500 \text{ nm}$ . La distance entre les fentes et l'écran est de 3 m.

a) Déterminez la position  $y$  sur l'écran de la frange brillante d'ordre  $m = 3$  (par rapport au maximum de l'intensité de la frange brillante  $m = 0$ ) si la distance séparant les deux fentes est de 1 mm.

b) Si la distance entre les franges brillantes de cinquième ordre et de sixième ordre est de  $1,6 \times 10^{-3} \text{ m}$ , déterminez la distance entre les deux fentes.

c) Déterminez la position  $y$  sur l'écran de l'interférence destructive correspondant à  $m = 2$  (prendre la distance séparant les deux fentes égale à 1 mm).

a)(1)

$$d \frac{y}{D} = m\lambda \quad y = m \frac{\lambda D}{d} = 3 \frac{5 \times 10^{-7} \times 3}{1 \times 10^{-3}} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

b)(3)

$$y_5 = 5 \frac{\lambda D}{d} \quad y_6 = 6 \frac{\lambda D}{d} \quad \rightarrow \Delta y = \frac{\lambda D}{d} \quad \rightarrow d = \frac{\lambda D}{\Delta y} = \frac{5 \times 10^{-7} \times 3}{1,6 \times 10^{-3}} =$$
$$= 9,3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

c)(1)

$$d \frac{y}{D} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad \rightarrow d \frac{y}{D} = \left(2 + \frac{1}{2}\right) \lambda = \frac{5}{2} \lambda$$

$$y = \frac{D}{d} \frac{5}{2} \lambda = \frac{3}{1 \times 10^{-3}} \frac{5}{2} 5 \times 10^{-7} = 3,75 \times 10^{-3} \text{ m}$$

## Interro de novembre 2021

05 novembre 2021

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (1 page de garde, 5 questions et 1 brouillon).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
5. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans vos vestes.
6. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
7. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
8. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
9. Cet interro dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/4	/4	/4	/4	/4	/20
----	----	----	----	----	-----

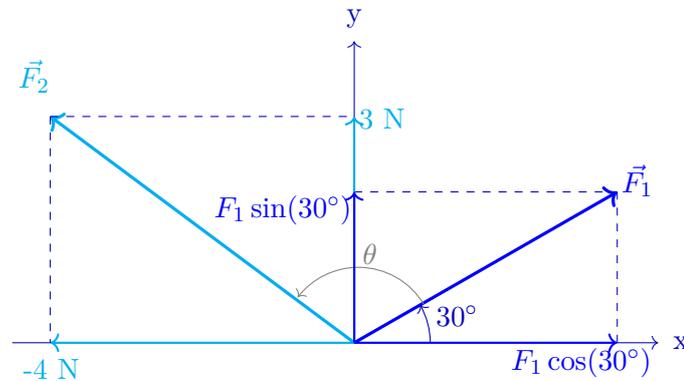
**Question 1 (4 points)** La force  $\vec{F}_1$  d'intensité 4 N fait un angle de  $30^\circ$  avec l'axe horizontal (axe x) et est orientée vers les x et y positifs. La force  $\vec{F}_2$  s'écrit  $\vec{F}_2 = (-4 \vec{1}_x + 3 \vec{1}_y)$  N.

- Exprimez 4 N dans le système d'unité MKS.
- Quelles sont les composantes de  $\vec{F}_1$  selon l'axe x et l'axe y.
- Que vaut le module de  $\vec{F}_2$  ?
- Que vaut l'angle entre  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ?

**Solution.**

- On utilise la loi de Newton :  $F = ma$  où  $F$  est une force exprimée en N,  $m$  est une masse exprimée en kg et  $a$  est une accélération exprimée en  $m/s^2$ . Cela permet de déduire que 4 N équivaut à  $4 \text{ kg m/s}^2$  dans le système d'unité MKS.
- Puisque  $\vec{F}_1$  fait un angle de  $30^\circ$  avec l'horizontale vers les x et y positifs, on peut calculer les composantes de  $\vec{F}_1$  via une projection sur les axes x et y :

$$\vec{F}_1 = 4 \text{ N} \cos(30^\circ) \vec{1}_x + 4 \text{ N} \sin(30^\circ) \vec{1}_y = 2\sqrt{3} \text{ N} \vec{1}_x + 2 \text{ N} \vec{1}_y \quad (1)$$



- Le module (ou norme) de  $\vec{F}_2$  est la longueur du vecteur. En utilisant la relation de Pythagore dans le système d'axe x-y, on peut donc écrire que :

$$|\vec{F}_2| = \sqrt{(-4)^2 + 3^2} \text{ N} = \sqrt{25} \text{ N} = 5 \text{ N}$$

- L'angle  $\theta$  entre les deux vecteurs est donné par la relation suivante :

$$\cos(\theta) = \frac{\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2}{|\vec{F}_1| |\vec{F}_2|} \quad (2)$$

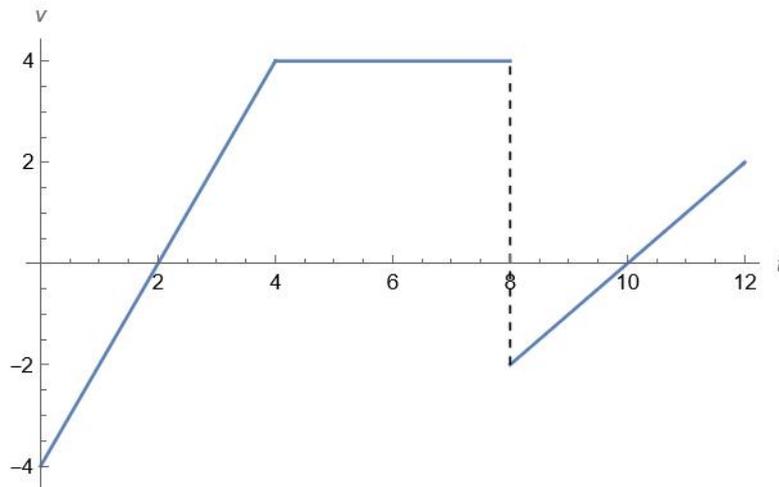
où  $|\vec{F}_1| = 4 \text{ N}$  et  $|\vec{F}_2| = 5 \text{ N}$ . Il reste donc déterminer le produit scalaire  $\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2$ , qui se calcule comme suit :

$$\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2 = 2\sqrt{3} \cdot (-4) + 2 \cdot 3 = -8\sqrt{3} + 6 \quad (3)$$

En isolant  $\theta$  dans l'équation 2, on obtient :

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2}{|\vec{F}_1| |\vec{F}_2|} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{-8\sqrt{3} + 6}{20} \right) \approx 113,1^\circ \quad (4)$$

**Question 2 (4 points)** La vitesse d'un mobile est décrite par le graphique suivant.



En supposant que notre mobile démarre à l'origine,

- Quelle est sa position après 4 s ?
- Quelle est son accélération en  $t = 3$  s et  $t = 9$  s ?
- Quelle est la distance totale parcourue par notre mobile après 12 s ?

**Solution.**

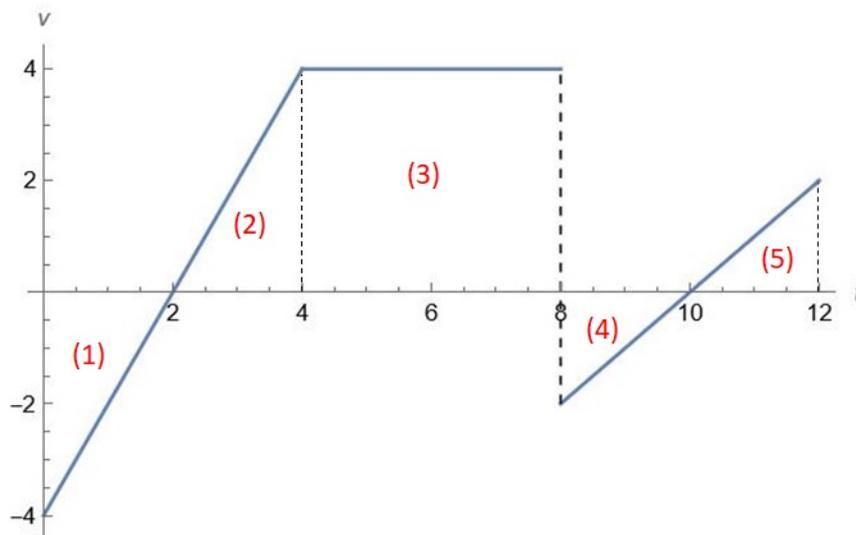


FIG. 1

- Pour cette première question, il y a plusieurs manière de raisonner. La façon la plus rapide est de se rappeler que la position du mobile s'obtient par intégration de la vitesse, c'est-à-dire via l'aire sous la courbe. Après  $t = 4$  s, les aires qui nous intéressent sont les (1) et (2) sur la figure 1. Comme elles sont d'aires égales mais qu'il y en a une négative, la (1), et une positive, la (2), la somme des deux s'annulent et notre mobile se retrouve à sa position initiale  $x_0 = 0$  m. Sinon, nous pouvons trouver l'équation de la vitesse entre  $t = 0$  s et  $t = 4$  s,  $v(t) = 2t - 4$ , intégrer cette dernière,  $x(t) = t^2 - 4t + 0$ , car  $x_0 = 0$  m, et regarder sa position après 4 s,  $x(t = 4 \text{ s}) = 4^2 - 4 \times 4 = 0$  m.

b) Pour ce deuxième point, l'accélération correspond à la pente de notre graphique aux temps  $t = 3$  s et  $t = 9$  s. Entre  $t = 0$  s et  $t = 4$  s, la pente est constante et est égale à 2, donc en particulier,  $a(t = 3 \text{ s}) = 2 \text{ m/s}^2$ .

Et en  $t = 9$  s, nous procédons de la même manière. La pente est constante entre  $t = 8$  s et  $t = 12$  s et est égale à 1. Donc  $a(t = 9 \text{ s}) = 1 \text{ m/s}^2$ .

c) Enfin, pour ce dernier point, nous devons calculer la distance totale parcourue. Attention cela est différent de la position finale ! Quand vous faites l'aller-retour Bruxelles-Liège, votre position finale est celle d'origine donc si votre origine est sur votre lieu de départ,  $x_f = 0$  m, par contre la distance totale parcourue est non nulle.

Donc ici, nous pouvons à nouveau calculer l'aire sous la courbe mais chaque partie aura un signe positif (donc différent du point a où l'on s'intéressait à la position). Ainsi, les aires (1) et (2) sont égales, tous comme les aires (4) et (5). Donc

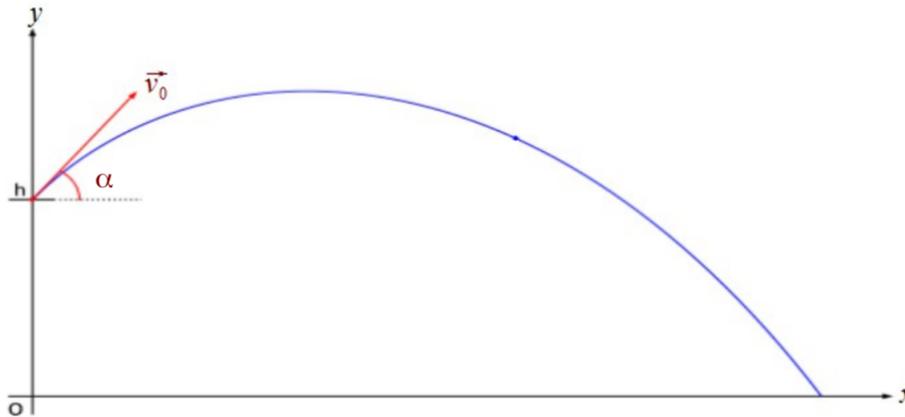
$$d_{\text{tot}} = 2 \times \frac{2 \times 4}{2} + 4 \times 4 + 2 \times \frac{2 \times 1}{2} = 28 \text{ m.}$$

**Question 3 (4 points)** François cherche à savoir la hauteur du pont suspendu sur lequel il se trouve. Isabelle lui suggère de laisser tomber une roche au bas du pont, elle chronométrera alors le temps que prendra la roche à tomber dans la rivière sous le pont et pourra ainsi déterminer la hauteur du pont. François qui n'a pas bien compris les consignes d'Isabelle lance la roche vers le haut, avec un angle de  $20^\circ$  par rapport à l'horizontale. Isabelle chronomètre quand même le temps que prend la roche à monter et à retomber dans la rivière.

- Sachant que la roche est restée dans les airs durant 6 s et que la vitesse initiale du lancer était de 3 m/s, à quelle hauteur est située le pont ?
- Considérons qu'un oiseau parte du pont de manière horizontale et avec une vitesse constante, en même temps que François lance la roche. Quelle est la vitesse que l'oiseau doit avoir pour rencontrer la roche ?
- A quelle distance du pont l'oiseau rencontre la roche dans ce cas ?

**Solution.**

- Pour commencer, dessinons le schéma avec la trajectoire, le vecteur vitesse et l'angle par rapport à l'horizontale,  $\alpha = 20^\circ$ , avec comme origine du repère le point O au sol (surface de la rivière).



Appliquons maintenant les équations d'un MRUA à deux dimensions selon y, entre le moment du lancement et le moment où la roche tombe dans la rivière :

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \tag{5}$$

Ici, on a  $y(t = 6\text{ s}) = 0\text{ m}$  (hauteur final au sol),  $y_0 = h$  (où  $h$  est la hauteur du pont),  $t = 6\text{ s}$  (durée du trajet de la pierre entre  $y_0 = h$  et  $y = 0$ ) et  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

On trouve donc la hauteur du pont :

$$h = \frac{1}{2}gt^2 - v_0 \sin(\alpha) t = \frac{1}{2} \times 10 \times 6^2 - 3 \times \sin(20^\circ) \times 6 = 173,8\text{ m}$$

- Pour étudier une possible rencontre, écrivons les équations du mouvement pour les deux mobiles selon x :

- Pour l'oiseau, c'est un MRU :  $x_{\text{ois}} = v_{\text{ois}}t$
- Pour la roche aussi mais avec angle de lancement  $\alpha$  :  $x_{\text{roche}} = v_0 \cos \alpha t$

Au moment de la rencontre :  $x_{\text{ois}} = x_{\text{roche}}$  et  $t_{\text{ois}} = t_{\text{roche}} = t_{\text{renc}}$ .

On trouve donc la vitesse de l'oiseau :  $v_{\text{ois}}t_{\text{renc}} = v_0 \cos \alpha t_{\text{renc}}$

$$\rightarrow v_{\text{ois}} = v_0 \cos \alpha = 3 \times \cos(20^\circ) = 2.82\text{ m/s}$$

c) La première étape est de calculer le temps de rencontre : le temps que la roche prend pour monter et re-descendre jusqu'à la position du pont. On applique pour cela l'équation avec  $y(t_{\text{renc}}) = h$  et  $y_0 = h$ . Donc on obtient :  $h = h + v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow \frac{1}{2}gt^2 - v_0 \sin \alpha t = 0$

On trouve donc deux solutions :

1) La pierre est à une hauteur  $h$  au moment initial ( $t=0$ )

2) La pierre retourne à une hauteur  $h$  au moment de la rencontre :  $t_{\text{renc}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ .

L'application numérique donne comme résultat :  $t_{\text{renc}} = \frac{2 \times \sin(20^\circ) \times 3}{10} = 0,21$  s. Avec ce  $t_{\text{renc}}$ , on peut finalement calculer la distance avec les équations selon  $x$  en b) :

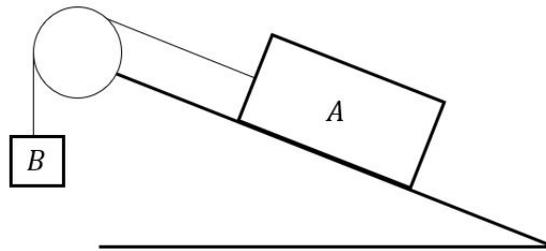
$$x_{\text{renc}} = x_{\text{ois}}(t_{\text{renc}}) = v_{\text{ois}} t_{\text{renc}} = 2,82 \times 0,21 = 0,59 \text{ m.}$$

**Question 4 (4 points)** Un bloc en bois de masse  $m_A = 100$  kg se trouve sur une pente avec un angle  $\alpha = 30^\circ$  et est accroché à une caisse en fer de masse  $m_B = 250$  kg par un système de poulie avec un câble non-extensible et de masse négligeable. Le système est dessiné sur la figure ci-dessous. Grâce à la force de frottement statique entre le bloc et la pente le tout se trouve en équilibre statique.

- a) Calculez le module de la force de frottement entre le bloc et la pente, et dessinez le vecteur de force sur l'image ci-dessous.

À un certain moment le câble dans le système de la poulie se casse et le bloc se met à glisser sur la pente avec une accélération constante de  $2 \text{ m/s}^2$ .

- b) Calculez le coefficient de frottement dynamique entre le bloc et la pente et calculez le module de la force de frottement.



**Solution.**

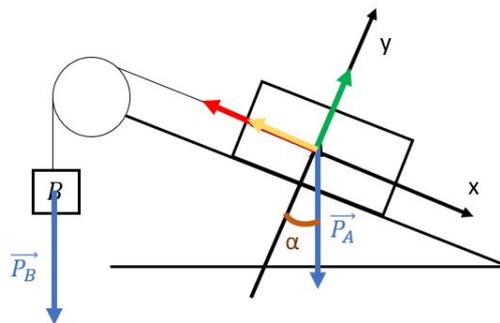


FIG. 2 – Schéma du système avant que le câble se casse.

- a) On choisit le repère des axes comme indiqué sur la figure 2. Nous avons que la force de gravité agissant sur les masses  $A$  et  $B$  est respectivement donné par :  $\vec{P}_A$  et  $\vec{P}_B$ , la force normale agissant sur le bloc  $A$  est indiquée en vert et est dénotée :  $\vec{N}$ , la tension du câble sur le bloc  $A$ ,  $\vec{T}_A$  est dessinée en rouge. La force de frottement,  $\vec{F}_f$  indiquée en jaune, entre le bloc et la pente va toujours être parallèle à la surface de contact (parallèle à la pente), mais en principe on ne connaît pas encore sa direction. Nous allons pour l'instant choisir cette direction de telle façon que le vecteur de force pointe vers le haut de la pente (direction négative des  $x$ ).

Vu que le système est en équilibre nous avons que l'accélération du bloc  $A$  est nulle,  $\vec{a}_A = 0$ . Donc, la seconde loi de Newton décomposée selon les différents axes de notre repère nous donne :

$$\begin{cases} 0 = P_{Ax} - T_A - F_f & \text{selon } x, \\ 0 = -P_{Ay} + N & \text{selon } y, \end{cases} \quad (6)$$

où nous avons dénoté  $P_{Ax}, P_{Ay}$  comme les composantes  $x$  et  $y$  du vecteur  $\vec{P}_A$ . Quand on regarde le triangle rectangle formé par  $\vec{P}_A$ , l'axe  $y$  et la ligne orange, on voit que la composante  $P_{Ax}$  est égale à l'opposé, et  $P_{Ay}$  égale l'adjacente. Nous avons donc que  $P_{Ax} = \sin(\alpha) P_A$  et  $P_{Ay} = -\cos(\alpha) P_A$  (le signe négative pour la composante  $y$  vient du fait que le vecteur pointe dans la direction opposée de l'axe  $y$ ).

Pour continuer on doit savoir quelle est la valeur de l'angle  $\alpha$ . Pour ceci regardons la figure 3. On sait de l'énoncé que l'angle  $\alpha_1 = 30^\circ$ , et on voit que l'angle  $\alpha_2 = \alpha_1 = 30^\circ$ . L'arc jaune et mauve dans la figure 3 sont des angles droits et sont égales à la somme de  $\alpha_2 + \alpha_3$  (jaune) et  $\alpha + \alpha_3$  (mauve). Nous trouvons donc que  $\alpha + \alpha_3 = \alpha_2 + \alpha_3 \implies \alpha = \alpha_2 = \alpha_1 = 30^\circ$ . Pour

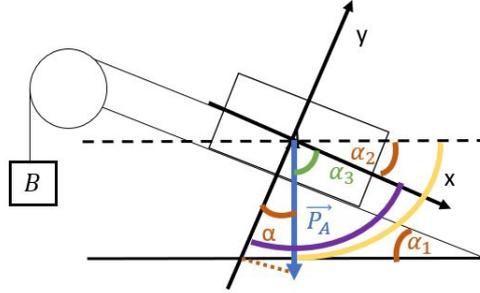


FIG. 3 – Schéma pour trouver l'angle  $\alpha$ .

trouver le module de la force de frottement on voit que on a que besoin de l'équation selon  $x$  dans (6), ce qui nous donne :

$$\begin{aligned} 0 &= P_{Ax} - T_A - F_f, \\ F_f &= P_{Ax} - T_A, \\ F_f &= \sin \alpha m_A g - m_B g, \\ F_f &= -2 \text{ kN}. \end{aligned} \quad (7)$$

Pour obtenir ce résultat nous avons remplacé  $T_A = m_B g$ , parce que  $T_A = P_B = m_B g$ . L'équation (7) nous dit que le module de la force est négative (ce qui n'est possible). Ceci indique que nous nous sommes trompé dans notre choix initiale pour la direction de la force de frottement. Le résultat finale est donc que le module de la force égale  $F_f = 2 \text{ kN}$ , mais que le vecteur pointe dans la direction positive des  $x$  (donc vers le bas de la pente).

- b) Quand le câble casse et que le bloc se met à glisser (uniquement selon la direction  $x$ ), nous avons que  $\vec{T}_A = 0$  et que la force de frottement  $\vec{F}_d$ , dirigée complètement selon l'axe des  $x$  mais dans la direction négative (opposé au mouvement), est donnée par la formule  $F_d = \mu_d N$ . Ceci veut dire qu'en utilisant l'équation de Newton,  $\vec{F}_{totale} = m_A \vec{a}_A$ , nous obtenons les équations suivantes :

$$\begin{cases} 2m_A = P_{Ax} - F_d & \text{selon } x, \\ 0 = -P_{Ay} + N & \text{selon } y, \end{cases} \quad (8)$$

ce qui nous donnent :

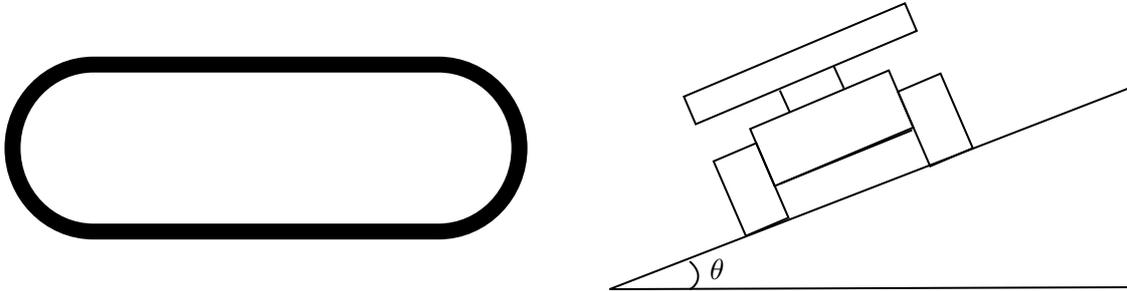
$$\begin{cases} 2m_A = \sin \alpha m_A g - \mu_d N & \text{selon } x \\ 0 = -\cos \alpha m_A g + N & \text{selon } y \end{cases}$$

L'équation selon  $y$  nous dit que  $N = \frac{\sqrt{3}}{2}m_Ag$  et donc que l'équation selon  $x$  devient :

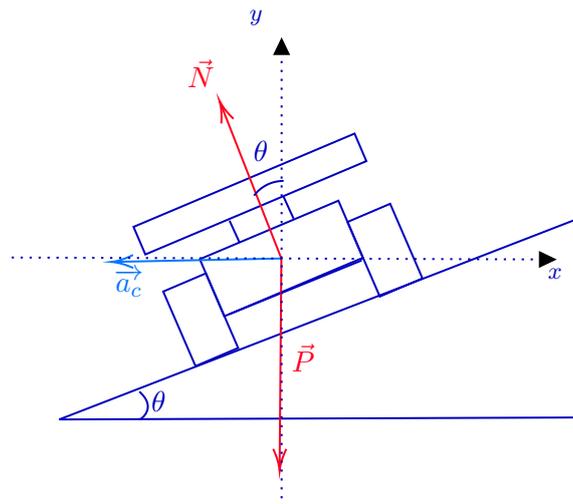
$$2m_A = \frac{1}{2}m_Ag - \mu_d \frac{\sqrt{3}}{2}m_Ag$$
$$\frac{2\left(\frac{1}{2}g - 2\right)}{\sqrt{3}g} = \mu_d \approx 0.35. \quad (9)$$

Ceci veut dire que le module de la force de frottement  $F_d = 300$  N.

**Question 5 (4 points)** Le circuit automobile d'Indianapolis est réputé pour sa forme en anneau et les grandes vitesses que peuvent obtenir les voitures dans les virages. Il est composé de deux lignes droites et de deux virages en demi-cercle d'1 km chacun. Sachant que les voitures prennent ces virages à une vitesse de 200 km/h, que doit valoir l'angle d'inclinaison du virage ( $\theta$  sur le dessin) si l'on souhaite que les voitures tournent sans modifier leur vitesse avec une force de frottement nulle ?



**Solution.** La première étape est de faire le bilan des forces et de les représenter sur le schéma. Comme on nous informe que nous aimerions n'avoir aucune force de frottement, seule deux forces extérieures agissent sur ma voiture : son poids  $\vec{P}$  dirigé vers le bas et la réaction du sol  $\vec{N}$  perpendiculaire à la surface et dirigée vers le haut. Comme nous sommes dans un virage circulaire et que l'on souhaite que la vitesse reste la même, cela nous informe que nous sommes dans un MCU et que la seule accélération est celle centripète  $\vec{a}_c$  dirigée vers le centre de la trajectoire (et non parallèle au sol).



Maintenant que nous avons représenté nos forces, nous pouvons choisir un repère. Ici, le plus simple est celui représenté sur la figure ci-dessus. En effet, ainsi, seul  $\vec{N}$  a une composante  $x$  et une composante  $y$  et forme un angle  $\theta$  avec l'axe des  $y$ .

Selon la deuxième loi de Newton,  $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$ . Dans notre cas, nous avons donc  $\vec{N} + \vec{P} = m\vec{a}_c$  où  $m$  est la masse de la voiture. Projetons cette équation sur nos axes.

$$\begin{aligned} Ox & : -N \sin \theta = -ma_c \\ Oy & : N \cos \theta - mg = 0 \end{aligned}$$

Ecrites autrement, ces deux équations nous donnent

$$\begin{cases} N \sin \theta = ma_c \\ N \cos \theta = mg \end{cases} \quad (10)$$

En prenant le rapport de ces deux équations, la norme de  $\vec{N}$  ainsi que la masse  $m$  se simplifient et nous terminons avec

$$\tan \theta = \frac{a_c}{g}.$$

Rappelons nous que la formule de l'accélération centripète est  $a_c = \frac{v^2}{R}$  où  $R$  est le rayon de la trajectoire. La distance d'un virage en forme de demi-cercle est d'1 km. Donc le rayon est  $R = \frac{1\text{km}}{\pi} = 318\text{ m}$ . En n'oubliant pas de convertir la vitesse en m/s, l'angle  $\theta$  doit être

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{v^2}{Rg} \right) = 44^\circ. \quad (11)$$

---

Physique 1 – PHYS-F104 (2021-2022)  
**Examen de janvier 2022**

21 janvier 2022

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

**Consignes générales :**

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **10 feuilles** (1 page de garde, 6 questions et 3 brouillons).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. **Ne répondez qu'aux questions qui concernent votre section. Barrez les autres.** Au total, chaque section répond à 5 questions.
5. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
6. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans vos vestes.
7. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
8. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
9. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$
10. Cet examen dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/4	/4	/4	/4	/4	/20
----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (4 points - Toutes sections)** Une voiture roule à vitesse constante  $v_0 = 54$  km/h en ligne droite. Au temps  $t_0$ , le conducteur aperçoit un obstacle, mais ne commence à freiner avec une décélération constante de norme  $a_0 = 7,50$  m/s<sup>2</sup> qu'au bout d'un temps de réaction  $\epsilon = 0,6$  s.

- Calculez le temps mis par le véhicule depuis l'instant initial  $t_0$  jusqu'à l'arrêt de la voiture.
- Calculez la distance parcourue par le véhicule depuis l'instant initial  $t_0$  jusqu'à l'arrêt de la voiture.

Un point est situé à 30 cm du centre de la roue de la voiture. A partir de  $t = \epsilon$ , la roue commence à rouler de moins en moins vite. Sachant qu'à  $t = \epsilon$  le point tourne avec une vitesse tangentielle de 1 m/s et en utilisant le temps pendant lequel la voiture freine, calculez :

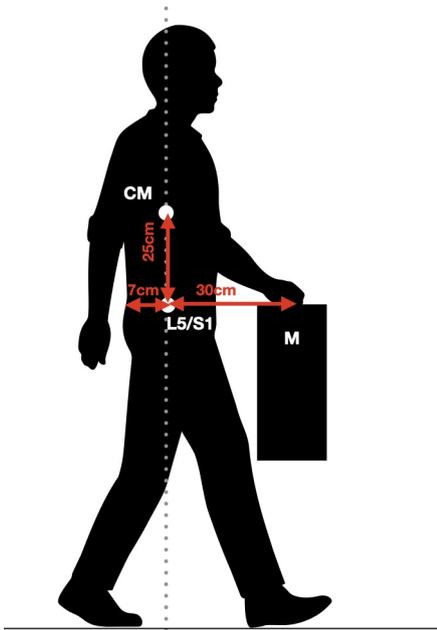
- L'accélération angulaire de la roue pendant la durée du freinage ;
- La vitesse tangentielle du point au bout de 2 secondes depuis  $t = \epsilon$ .

**Solution.**

- On cherche à avoir  $v(t_{stop}) = 0$ , soit  $-a_0(t_{stop} - \epsilon) + v_0 = 0$ . On obtient :  $t_{stop} = \frac{v_0}{a_0} + \epsilon = 2,60$  s.
- La distance de freinage peut être calculé en deux étapes :  
 Distance entre  $t = 0$  et  $t = \epsilon$ , MRU :  $d_1 = x(\epsilon) - x(0) = v_0\epsilon = 9$  m  
 Distance entre  $t = \epsilon$  et  $t = t_{stop}$ , MRUA :  $d_2 = x(t_{stop}) - x(\epsilon) = v_0(t_{stop} - \epsilon) - \frac{1}{2}(t_{stop} - \epsilon)^2 a_0 = 15,0$  m  
 La distance de freinage est donc :  $d_{stop} = d_1 + d_2 = 24,0$  m.
- Pour un mouvement circulaire uniformément accéléré (MCUA) :  $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{R} \times \frac{1}{\Delta t} = -\frac{v_0}{R \Delta t}$ , avec  $\Delta t = t_{stop} - \epsilon = 2$  s. Ceci donne :  $\alpha = -\frac{v_0}{2R} = 1.66$  rad/s<sup>2</sup>
- Au bout de 2 sec depuis  $t = \epsilon$ , la voiture est à l'arrêt, donc la vitesse du point est nulle,  $v_p = 0$  m/s.

**Question 2 (4 points - Toutes sections)** Vous êtes responsable de la sécurité et de la santé des travailleurs dans une entreprise. Un travailleur porte une charge de masse  $M = 3,5 \text{ kg}$ , dont nous allons examiner l'impact sur le dos, en particulier au point L5/S1 qui correspond à l'articulation sacro-iliaque participant à la rotation du dos. La position du centre de masse du tronc (partie supérieure du corps au dessus de L5/S1 comprenant également la tête et les bras), dont la masse est estimée à  $50 \text{ kg}$ , se trouve à la verticale du point L5/S1. L'action des muscles du dos agissant pour maintenir l'équilibre du travailleur peut être modélisée comme une force verticale vers le bas appliquée  $7 \text{ cm}$  en arrière du point L5/S1. La situation correspond au schéma ci-dessous. La distance entre le point L5/S1 et le point M est de  $30 \text{ cm}$  et celle entre le point L5/S1 et le point CM est de  $25 \text{ cm}$ .

- Calculez la force devant être exercée par les muscles du dos afin de maintenir l'équilibre du travailleur.
- Des études ont montré que les muscles du dos peuvent exercer une force maximale de  $335 \text{ N}$ . Quelle est la charge maximale pouvant être portée par le travailleur pour ne pas franchir cette limite?
- Afin de minimiser le moment de force dû aux muscles du dos, le travailleur doit-il porter la charge au plus près ou au plus loin de lui? Pourquoi?



**Solution.**

- Comme le dos est en équilibre statique (pas de rotation), la somme des moments de force calculés à partir du point L5/S1 est nulle. On remarque que le moment de force induit par le poids de la partie supérieure du corps est nul, car la force  $\vec{F}_{CM}$  est colinéaire avec le vecteur  $\vec{r}_{CM}$  reliant les points L5/S1 et CM. On a donc :

$$\vec{\mathcal{M}}_{\text{muscles}} + \vec{\mathcal{M}}_M = 0$$

En normes, cela donne

$$F_{\text{muscles}} \times 0.07 \times \sin(90) - Mg \times 0.3 \sin(90) = 0$$

et donc

$$F_{\text{muscles}} = \frac{3.5 \times 10 \times 0.3}{0.07} = 150 \text{ N}$$

La force devant être exercée par les muscles du dos est donc de  $150 \text{ N}$ .

b) Si on reprend le calcul précédent avec  $F_{\text{muscles}} = 335N$  et que l'on cherche  $M_{\text{max}}$ , on a :

$$335 \times 0.07 - M_{\text{max}}g \times 0.3 = 0$$

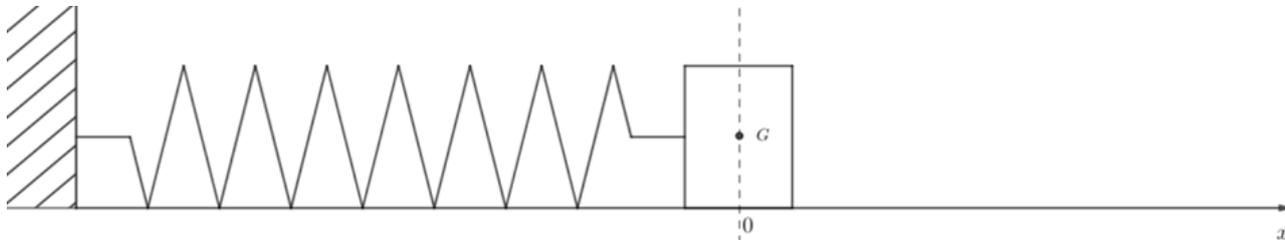
et donc

$$M_{\text{max}} = \frac{335 \times 0.07}{10 \times 0.3} = 7.82\text{kg}$$

Le poids maximum supporté dans cette position est donc de 7.8 kg.

c) Le travailleur doit porter sa charge" au plus près de lui, afin de minimiser le moment de force appliqué au point L5/S1, qui doit être contrebalancé par le moment de force des muscles du dos. En effet, ce moment de force est proportionnel à la distance (horizontale) séparant la masse M et le point L5/S1.

**Question 3 (4 points - Toutes sections)** Un solide  $S$  de masse  $m$  glisse sans frottement sur une tige horizontale. Le solide est accroché à un ressort de raideur  $k$  dont l'autre extrémité est fixée à un support immobile. La position du centre de masse  $G$  du solide à l'équilibre constitue l'origine  $O$  de l'axe des abscisses. On écarte le solide de sa position d'équilibre de 5 cm dans le sens positif des abscisses et on le libère sans vitesse initiale. L'origine des temps sera prise à l'instant où l'on libère le solide.



L'énergie du système "solide - ressort" est constante et égale à 20 mJ. A l'instant  $t = 0,1$  s, l'énergie potentielle élastique du système est de 5 mJ. Déterminez :

- la raideur du ressort  $k$ ;
- la position du centre de masse  $G$  du solide à  $t = 0,1$  s;
- la pulsation propre  $\omega$  du système "solide - ressort";
- la masse  $m$  du solide  $S$ .

**Solution.**

a) A  $x = 5$  cm,  $E = \frac{1}{2}kx^2 = 20$  mJ  $\Rightarrow k = \frac{2E}{x^2} = 16$  N/m;

b) A  $t = 0,1$  s,  $E = \frac{1}{2}kx^2 = 5$  mJ  $\Rightarrow x = \sqrt{\frac{2E}{k}} = 2,5$  cm;

c)  $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$   
 $x(0) = A \cos \varphi = 0,05$  m  $\Rightarrow \varphi = 0$   
 $\Rightarrow x(t) = A \cos(\omega t)$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{t} \arccos\left(\frac{x}{A}\right) = 10,5 \text{ rad/s}$$

pour  $t = 0,1$  s et  $x = 2,5$  cm;

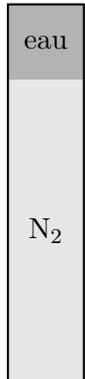
d)  $m = \frac{k}{\omega^2} = 0,15$  kg.

**Question 4 (4 points - Toutes sections)** Supposez que vous souffliez de manière à ce que la pression dans le bas d'une paille de hauteur  $h = 10$  cm placée à la verticale remplie d'eau de masse volumique  $\rho_e = 1000 \text{ kg/m}^3$  soit égale à 1100 mbar. L'eau se met à monter et est éjectée par le dessus de la paille. Vous pouvez négliger les frottements.

Rappel : la pression atmosphérique vaut 1,013 25 bar, et  $1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

- a) Quelle est la vitesse à laquelle le jet d'eau part du bas de la paille si le sommet de sa trajectoire correspond à une hauteur maximale de 1 m (mesurée à partir du bas de la paille) ?

Vous bouchez le haut de la paille avec votre doigt à un moment où il ne reste qu'une colonne d'eau de hauteur  $h_e = 2$  cm d'eau, tout en haut de la paille. Le souffle humain est principalement composé d'azote. Le dessous de la paille s'est donc rempli d'une colonne de  $\text{N}_2$  de hauteur  $h_{\text{N}_2} = 8$  cm comme l'indique la figure ci-contre. Pour maintenir cette situation à l'équilibre, vous devez exercer une pression de 2,009 48 mbar avec votre souffle.



- b) Que vaut la masse volumique du  $\text{N}_2$ ,  $\rho_{\text{N}_2}$  ?

**Solution.**

- a) On la trouve grâce à l'équation de Bernoulli, vu que le fluide est en mouvement. On va comparer les valeurs en bas de la paille et celle en haut.

$$P_1 + \rho_e g h_1 + \frac{1}{2} \rho_e v_1^2 = P_2 + \rho_e g h_2 + \frac{1}{2} \rho_e v_2^2$$

$P_1$  correspond à la pression exercée par votre souffle en bas de la paille, donc à 1100 mbar, donc  $11 \times 10^4$  Pascals.  $h_1$  correspond à la hauteur en bas de la paille, donc  $h_1 = 0$  m.  $v_1$  correspond à la vitesse de l'eau en bas de la paille, qui est recherchée.  $P_2$  correspond à la pression au sommet de la trajectoire du jet d'eau, hors de la paille, qui est donc à la pression atmosphérique.  $h_2$  correspond à la hauteur maximale atteinte, donc  $h_2 = 1$  m.  $v_2$  correspond à la vitesse de l'eau au sommet de sa trajectoire, avant de retomber. Elle vaut donc  $v_2 = 0$  m/s.

$$\frac{1}{2} \rho_e v_1^2 = P_2 + \rho_e g h_2 - P_1$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_2 + \rho_e g h_2 - P_1)}{\rho_e}} = 1,63 \text{ m/s}$$

- b) La pression exercée par les colonnes d'eau et de  $\text{N}_2$  doit donc compenser exactement les 2,009 48 mbar exercés par le souffle. 2,009 48 mbar correspondent à 200,948 Pa.

$$200,948 = \rho_e g h_e + \rho_{\text{N}_2} g h_{\text{N}_2}$$

$$\rho_{\text{N}_2} = \frac{201 - \rho_e g h_e}{g h_{\text{N}_2}} = \frac{200,948 - 1000 \times 10 \times 0,02}{10 \times 0,08} = 1,185 \text{ kg/m}^3$$

**Question 5 (4 points - Toutes sections sauf BIOL)** Lors du dernier gros film hollywoodien, une scène de poursuite se déroule sur un lac gelé. Deux fuyards filent en voiture en ligne droite à 100 km/h. Pour les arrêter, un poursuivant roule en moto à 120 km/h et arrive avec un angle de  $20^\circ$  par rapport à la trajectoire des fuyards. Il saute alors de sa moto au moment de la collision, cette dernière s'arrêtant net en heurtant la voiture, et il atterrit sur le toit de la voiture. En supposant que la masse de la voiture est de 1200 kg, que celle de la moto est de 150 kg et que chaque acteur pèse 80 kg,

- De quel angle est dévié la voiture des fuyards ?
- S'agit-il d'une collision élastique ou inélastique ? Justifiez.

**Solution.**

- Comme l'action se déroule en l'absence de frottement et à vitesse constante, on peut appliquer la conservation de la quantité de mouvement. Posons  $m_1 = m_{\text{voiture}} + m_{\text{fuyards}}$ ,  $m_2 = m_{\text{poursuivant}}$ , et  $m_3 = m_{\text{moto}}$ . La situation de l'exercice correspond à l'équation suivante :

$$m_1 \vec{v}_v + (m_2 + m_3) \vec{v}_m = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

En choisissant nos axes tel que la voiture filait initialement vers les x positifs et supposant que la moto arrive par la droite de la voiture, la projection sur nos axes donnent :

$$m_1 v_v + (m_2 + m_3) v_m \cos \theta = (m_1 + m_2) v \cos \alpha \tag{1}$$

$$(m_2 + m_3) v_m \sin \theta = (m_1 + m_2) v \sin \alpha \tag{2}$$

où  $\alpha$  est l'angle de déviation que nous cherchons. Afin de l'isoler, nous allons prendre le rapport entre (2) et (1) :

$$\tan \alpha = \frac{(m_2 + m_3) v_m \sin \theta}{m_1 v_v + (m_2 + m_3) v_m \cos \theta} \Rightarrow \alpha 3,3^\circ$$

- Pour répondre à cette question, nous devons vérifier si l'énergie cinétique est conservée ou pas. Pour cela, calculer d'abord la vitesse finale  $v$  de la voiture en calculant la somme au carré de (1) et (2) :

$$\begin{aligned} (m_1 + m_2)^2 v^2 &= m_1^2 v_v^2 + 2m_1(m_2 + m_3) v_v v_m \cos \theta + (m_2 + m_3)^2 v_m^2 \\ \Rightarrow v &= \frac{1}{m_1 + m_2} \sqrt{m_1^2 v_v^2 + 2m_1(m_2 + m_3) v_v v_m \cos \theta + (m_2 + m_3)^2 v_m^2} = 113 \text{ km/h} \end{aligned}$$

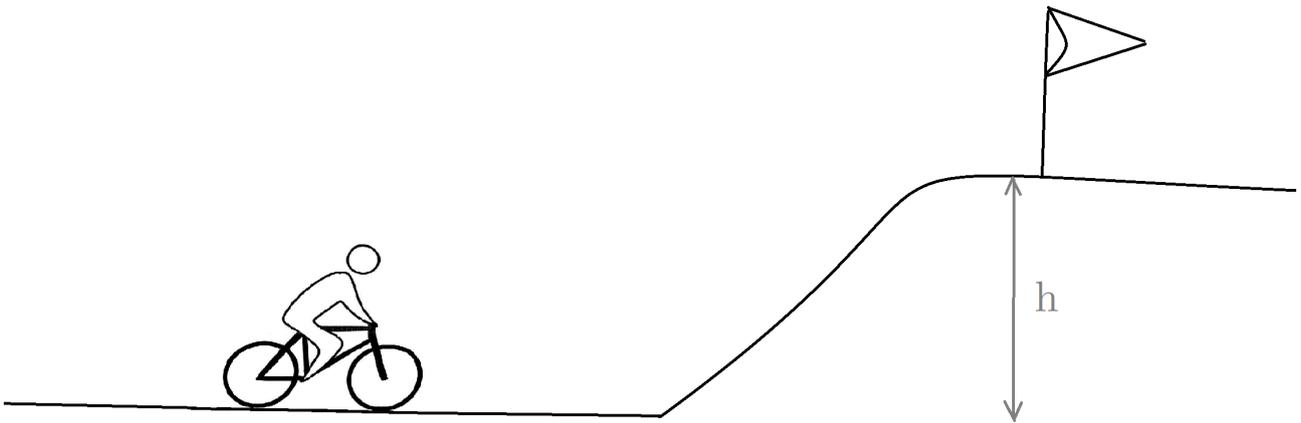
Ainsi, la différence d'énergie cinétique est :

$$K_f - K_i = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 - \frac{1}{2}m_1 v_v^2 - \frac{1}{2}(m_2 + m_3)v_m^2 \neq 0$$

Donc l'énergie cinétique n'est pas conservée et la collision est inélastique.

**Question 6 (4 points - BIOL uniquement)** A la fin d'une étape du tour du France, un cycliste pédale à une vitesse de 36 km/h. Il voit l'arrivée juste en haut de la colline, dix mètres plus haut. Considérons deux situations :

- Épuisé, il décide de ne plus pédaler, comptant atteindre le sommet en laissant rouler le vélo. Y arrivera-t-il ? Si oui, quelle sera sa vitesse une fois en haut ? Si non, à quelle hauteur s'arrêtera-t-il ?
- Dans un dernier effort, il pédale encore durant cinq secondes. Cet élan lui permet d'atteindre le sommet avec une vitesse finale de 8 m/s. Quelle énergie a-t-il dû dépenser pour y arriver ?
- Quelle puissance a-t-il dû fournir ?



Vous pouvez considérer que l'ensemble cycliste-vélo a une masse de 80kg. Les frottements sont négligés dans cet exercice.

**Solution.**

Pour cet exercice, il faut utiliser la conservation d'énergie. Au pied de la colline, l'énergie du cycliste est égale à son énergie cinétique et vaut  $E_i = K = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{80}{2}10^2 = 4000J$ .

- Si le cycliste ne pédale plus, le cycliste s'arrêtera lorsque toute son énergie cinétique aura été convertie en énergie potentielle. La conservation d'énergie s'écrit donc :

$$E_i = E_f \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f \tag{3}$$

Où  $E_i$  est l'énergie initiale et  $E_f$  est l'énergie finale. De cette équation, on en déduit la hauteur finale,  $h_f$  :

$$h_f = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mg} = \frac{v^2}{2g} = \frac{10^2}{20} = 5m \tag{4}$$

Puisque  $h_f < 10m$ , le cycliste n'arrivera pas à franchir la colline et s'arrêtera à mi-hauteur :  $h_f = h/2 = 5m$ .

- En pédalant, le cycliste effectue un travail extérieur à prendre en compte dans le bilan d'énergie. Par conservation d'énergie, l'énergie finale vaudra l'énergie initiale du cycliste plus ce travail supplémentaire effectué en pédalant,  $W_{velo}$  :

$$E_f = E_i + W_{velo} \Leftrightarrow W_{velo} = E_f - E_i \tag{5}$$

L'énergie finale du cycliste en haute de la colline sera la somme de son énergie potentielle ( $mgh$ ) et de son énergie cinétique restante  $\frac{1}{2}mv_f^2$  où  $v_f = 8\text{m/s}$ . L'énergie finale totale s'écrit :

$$E_f = mgh + \frac{1}{2}mv_f^2 = 8000 + \frac{80}{2}64 = 10560J \quad (6)$$

En reprenant l'équation 5, on peut en déduire la valeur du travail effectué par le cycliste en pédalant :  $W_{velo} = 10560 - 4000J = 6560J$ .

c) Par définition, la puissance est le travail effectué par unité de temps :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{6560J}{5s} = 1312W \quad (7)$$







# Examen de juin 2022

16 juin 2022

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Biologie — Géographie — Géologie — Pharmacie

---

## Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement en **CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **10 feuilles** (1 page de garde, 6 questions et 3 brouillons).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. **Ne répondez qu'aux questions qui concernent votre section. Barrez les autres.** Au total, chaque section répond à 5 questions.
5. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire (une feuille A4), votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
6. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans vos vestes ou sacs, eux-mêmes mis au vestiaire ou devant la salle.
7. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
8. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
9. En cas de besoin, vous prendrez les valeurs de constantes suivantes :  
accélération gravitationnelle terrestre :  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$
10. Cet examen dure **2 heures (120 minutes)**.

Bon travail!

/4	/4	/4	/4	/4	/20
----	----	----	----	----	-----

**Question 1 (4 points - Toutes sections)** Soient 2 vecteurs  $\vec{A} = 2 \vec{i}_x - \vec{i}_y$  et  $\vec{B} = 3 \vec{i}_x + 2 \vec{i}_y$ .

- Exprimez  $\vec{C} = \vec{B} - 2\vec{A}$  en fonction des vecteurs de base.
- Quelle est la valeur du produit scalaire  $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ? En déduire l'angle  $\theta$  entre les deux vecteurs.
- Quels sont le sens et la direction du produit vectoriel  $\vec{A} \times \vec{B}$ ? Quelle est sa norme?

**Solution.**

- On rappelle que pour l'addition vectorielle, on additionne composante par composante. Ainsi, pour les composantes x et y de C, nous avons  $C_x = B_x - 2A_x$  et  $C_y = B_y - 2A_y$ . Ayant d'après l'énoncé,  $A_x = 2$ ,  $A_y = -1$ ,  $B_x = 3$  et  $B_y = 2$ , nous obtenons  $C_x = -1$  et  $C_y = 4$ , donc  $\vec{C} = -\vec{i}_x + 4 \vec{i}_y$
- Concernant le produit scalaire, nous avons deux formules à notre disposition : une dépendant des composantes des vecteurs  $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y$  et une dépendant de la norme des vecteurs et l'angle les séparant  $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$ . Ne disposant pas de cette dernière information (c'est d'ailleurs ce que l'on nous demande ensuite), nous allons utiliser la première formule, celle avec les composantes. Nous obtenons alors  $\vec{A} \cdot \vec{B} = 4$ . Maintenant pour connaître l'angle, nous allons prendre la seconde formule et calculer au préalable la norme de mes vecteurs  $\vec{A}$  et  $\vec{B}$ . Pour rappel, la norme d'un vecteur est relié à ces composantes par  $|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$ . Ici nous avons donc  $|\vec{A}| = \sqrt{5}$  et  $|\vec{B}| = \sqrt{13}$ . En isolant  $\theta$  dans la formule, nous obtenons

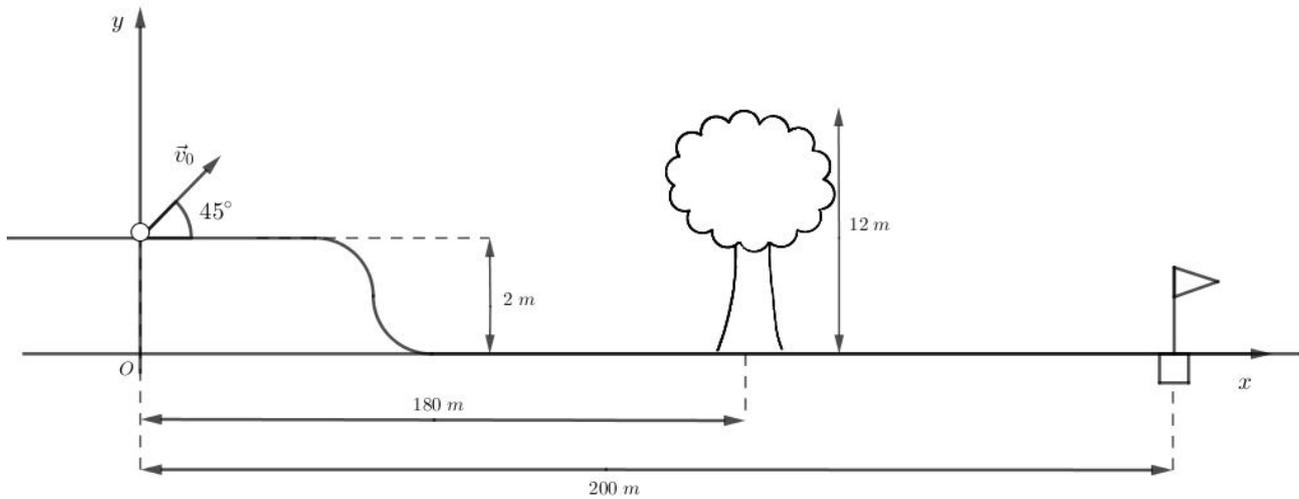
$$\theta = \arccos \left( \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| |\vec{B}|} \right) = \arccos \left( \frac{4}{\sqrt{5} \sqrt{13}} \right) = 60^\circ.$$

- Pour cette question, il faut se rappeler que le vecteur résultant d'un produit vectoriel est toujours perpendiculaire à ceux initiaux. Nous devons donc réfléchir en 3D. En définissant l'axe x comme celui allant vers la droite de cette feuille, l'axe y allant vers le haut, l'axe z sort alors de cette feuille vers vous. Nous pouvons maintenant utiliser la règle de la main droite : pouce sur le premier vecteur du produit (ici  $\vec{A}$ ), index sur le second (ici  $\vec{B}$ ). L'index pointe alors dans la direction et le sens du résultat, ici vers la feuille. D'après notre système d'axe, ceci correspond aux z négatifs.

Ensuite concernant la norme du produit vectoriel, comme nous connaissant déjà celles de  $\vec{A}$  et de  $\vec{B}$  ainsi que l'angle les séparant grâce au point précédent, nous pouvons utiliser la formule

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta = \sqrt{5} \sqrt{13} \sin(60^\circ) = 7.$$

**Question 2 (4 points - Toutes sections)** La figure ci-dessous, pas à l'échelle, schématise un parcours de golf. Le joueur désire envoyer la balle dans le trou situé en contrebas (drapeau). Le terrain de golf est toutefois bordé par un rideau d'arbres d'une hauteur de 12 m. Le joueur frappe sur la balle qui part avec un angle de  $45^\circ$  par rapport à l'horizontale, comme indiqué sur le schéma.



- Ecrire les équations du mouvement  $x(t)$  et  $y(t)$  de la position de la balle selon les axes  $x$  et  $y$  respectivement. En déduire l'équation cartésienne  $y(x)$  de la trajectoire de celle-ci.
- Déterminer la vitesse initiale  $v_0$  que le joueur doit communiquer à la balle s'il désire que celle-ci frôle la cime des arbres.
- La balle tombe-t-elle alors directement dans le trou (sans rouler)? Sinon, à quelle distance du drapeau celle-ci touche-t-elle le sol?

**Solution.**

- Nous nous trouvons dans le cas d'une chute libre pour laquelle les équations générales sont :

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t \\ y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Dans le cadre de cet exercice, ceci devient

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos(45^\circ)t \\ y(t) = 2 + v_0 \sin(45^\circ)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Ensuite pour obtenir l'équation de  $y(x)$ , il suffit d'isoler  $t$  dans  $x(t)$  afin de l'injecter dans  $y(t)$  :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{v_0 \cos(45^\circ)} \\ y(x) = 2 + \tan(45^\circ)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(45^\circ)}x^2 \end{cases} = \begin{cases} t = \frac{\sqrt{2}x}{v_0} \\ y(x) = 2 + x - \frac{g}{v_0^2}x^2 \end{cases}$$

en se rappelant que  $\cos(45^\circ) = 1/\sqrt{2}$ .

- Nous aimerions que la balle frôle la cime des arbres, c'est-à-dire que le point  $y(x = 180 \text{ m}) = 12 \text{ m}$  fasse partie de la trajectoire  $y(x)$ . Cela n'arrivera que si la vitesse initiale  $v_0$  prend une valeur bien précise. Pour la déterminer, nous allons isoler  $v_0$  dans  $y(x)$  et remplacer  $x$  et  $y$  par 180 m et 12 m :

$$v_0 = \sqrt{\frac{gx^2}{x + 2 - y}} = 44 \text{ m/s.}$$

c) Pour cette dernière question, nous voulons savoir si la balle atterrit directement dans le trou (*hole in one*). Pour cela nous allons traduire la condition "toucher le sol" en équation. Cela se produit lorsque  $y = 0$  m. Nous allons introduire cette condition dans  $y(x)$  et trouver  $x$  qui résout cette équation car nous connaissons maintenant toutes les autres variables. Cela se traduit par l'équation du second degré en  $x$  suivante :

$$2 + x - \frac{g}{v_0^2}x^2 = 0$$

pour laquelle le delta vaut  $\Delta = 1 + \frac{8g}{v_0^2}$  qui est positif. Nous avons donc deux solutions à cette équation :

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{\Delta}}{2g/v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} \left( 1 \pm \sqrt{1 + \frac{8g}{v_0^2}} \right)$$

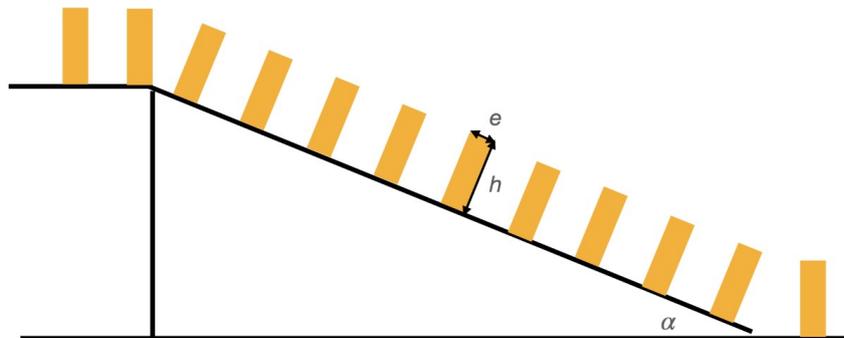
La solution avec le  $-$  donnant un résultat négatif, ce n'est pas celle que nous recherchons. Nous obtenons donc :

$$x = \frac{v_0^2}{2g} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{8g}{v_0^2}} \right) = 192 \text{ m.}$$

La balle n'atterrit donc pas directement dans le trou mais à 8 m du drapeau.

**Question 3 (4 points - Toutes sections)** Vous êtes un.e passionné.e de dominos et vous avez la chance de participer au prochain Domino Challenge. L'objectif est de réaliser un gigantesque parcours comprenant plusieurs milliers de dominos et l'on vous a confié une section de ce parcours. Vous aimeriez réaliser un parcours qui défie les lois de la gravité en plaçant les dominos sur un plan incliné, avec un angle d'inclinaison maximal, comme sur le schéma ci-dessous. Pour ce faire, vous devez vous assurer de deux choses : premièrement, que les dominos puissent tenir sans glisser ; deuxièmement, que les dominos puissent tenir sans basculer.

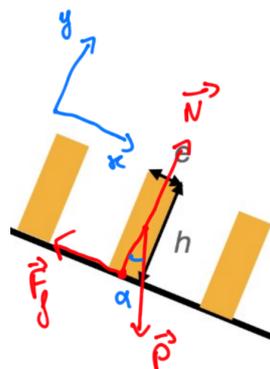
- Réalisez le schéma d'un domino sur le plan incliné et représentez les différentes forces en jeu
- Déterminez l'angle d'inclinaison maximal  $\alpha_1$  pour que le domino ne glisse pas, en fonction du coefficient de frottement statique  $\mu_s$ .
- Pour le matériau du plan incliné, vous avez le choix entre de l'acier dont le coefficient de frottement statique maximal vaut 0,1 ou du bois dont le coefficient vaut 0,58. Lequel choisissez-vous pour que l'angle d'inclinaison soit maximal, et quel est l'angle  $\alpha_1$  avant glissement ?



**Solution.**

- Il y a trois forces qui entrent en jeu dans cette situation : le poids du domino  $\vec{P}$  qui est dirigé vers le bas, la réaction normale du sol  $\vec{N}$  qui est dirigée perpendiculairement à celui-ci vers le haut et la force de frottement  $\vec{F}_f$  qui s'oppose au glissement du domino vers le bas de la pente et qui est dirigée parallèlement au sol vers le haut.

Nous choisissons comme système d'axes, l'axe x parallèle au sol vers le bas et l'axe y perpendiculaire au sol vers le haut. Ainsi, seul un vecteur, le poids, nécessite d'être projeté. Les deux autres sont déjà totalement dirigés selon x ou y.



- b) Maintenant que nous avons représenté toutes les forces, nous allons pouvoir déterminer les conditions d'équilibre. Si le domino ne glisse pas, c'est que la somme des forces extérieures est nulle (1ère loi de Newton) :

$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_f = \vec{0}.$$

Nous allons ensuite projeter cette équation sur les axes x et y :

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_f = 0; \\ N - mg \cos \alpha = 0. \end{cases}$$

N'oublions pas que nous cherchons l'angle maximal  $\alpha_1$ . Dans ce cas-là, la force de frottement est maximale. En effet si l'angle était supérieur à  $\alpha_1$  alors le domino glisserait, ce qui indiquerait que les frottements ne sont plus suffisantes pour maintenir le domino immobile. Dans cette situation, nos équations deviennent :

$$\begin{cases} mg \sin \alpha_1 - F_{f,\max} = 0; \\ N - mg \cos \alpha_1 = 0. \end{cases} \quad (1)$$

La valeur de la force de frottement maximale est proportionnelle à la réaction normale de la surface avec comme coefficient de proportionnalité  $\mu_s$ , le coefficient de frottement statique :  $F_{f,\max} = \mu_s N$ . Ainsi, le coefficient  $\mu_s$  est égale au rapport entre  $F_{f,\max}$  et  $N$  que nous pouvons isoler chacun via (1) :

$$\mu_s = \frac{F_{f,\max}}{N} = \frac{mg \sin \alpha_1}{mg \cos \alpha_1} = \tan \alpha_1$$

Ceci est notre condition d'équilibre. Tant que la tangente de l'angle  $\alpha$  reste inférieure à  $\mu_s$ , le domino ne glissera pas.

- c) En utilisant le résultat du point précédent, pour avoir l'angle  $\alpha_1$  le plus grand, il faut avoir le coefficient  $\mu_s$  le plus grand car pour un angle compris entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$  (ce qui est notre cas ici), plus un angle est grand, plus sa tangente le sera. Il nous faut donc utiliser du bois qui possède un coefficient de frottement statique valant 0.58 pour obtenir un angle  $\alpha_1$  valant  $30^\circ$ .

**Question 4 (4 points - Toutes sections)** Une façon de produire de l'énergie renouvelable est d'utiliser des centrales hydroélectriques. Celles-ci produisent de l'électricité en faisant passer de l'eau dans des turbines. La puissance générée par ces turbines peut se calculer en modifiant l'équation de Bernoulli :

$$\rho_{eau}gh_B + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_B^2 + p_B = \rho_{eau}gh_C + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_C^2 + p_C + \frac{T}{D}, \quad (2)$$

où  $T$  dénote la puissance de la turbine,  $D$  est une quantité physique. Les indices B et C se réfèrent à l'entrée et la sortie de la turbine (voir schéma).

a) Trouvez les unités de la quantité physique  $D$  dans le système international.

Supposez que vous ayez une situation donnée par le schéma ci-dessous, où aux points A et C l'eau est à l'air libre,  $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$ , et la pression au point B vaut  $p_B = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

b) Calculez la vitesse d'écoulement de l'eau au point B, en supposant que la vitesse de l'eau au point A est nulle et la différence de hauteur entre A et B est de 30 mètres.

c) Si la valeur numérique de la quantité  $D$  vaut  $D = 20$ , et en négligeant la vitesse de l'eau au point C, quelle est la puissance fournie par la turbine ?

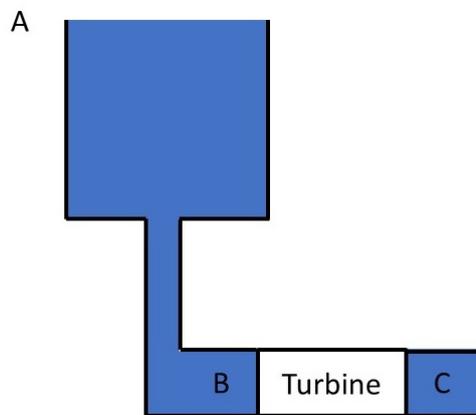


FIG. 1 – Schéma de la turbine.

### Solution.

a) On veut trouver les unités de la quantité physique  $D$  en terme de (kg, m, s). Pour cela on prend l'équation de Bernouilli modifiée :

$$\rho_{eau}gh_B + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_B^2 + p_B = \rho_{eau}gh_C + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_C^2 + p_C + \frac{T}{D}.$$

Chaque terme dans cette équation doit avoir les mêmes unités en (kg, m, s), et donc :

$$\left[ \frac{T}{D} \right] = [\rho_{eau}gh_B] = \left[ \frac{1}{2}\rho_{eau}v_B^2 \right] = [p_B] = \dots$$

Pour trouver les unités de  $D$  on doit donc calculer les unités d'un des terme qui entre dans l'équation de Bernouilli. Prenons par exemple le terme  $\rho_{eau}gh_B$  :

$$[\rho_{eau}gh_B] = [\rho_{eau}] \cdot [g] \cdot [h_B] = \text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = \text{kg s}^2/\text{m}.$$

On a donc que

$$\left[ \frac{T}{D} \right] = \text{kg s}^2/\text{m} \implies [T] \cdot \text{m s}^2/\text{kg} = [D]. \quad (3)$$

Pour arriver à la solution finale il nous reste plus qu'à calculer les unités de  $T$ .

$$[T] = W = J/s = N m/s = \text{kg m/s}^2 \cdot \text{m/s} = \text{kg m}^2/\text{s}^3,$$

avec  $W = \text{Watt}$ ,  $J = \text{Joule}$  et  $N = \text{Newton}$ . Si maintenant on utilise ceci dans l'équation (3) on obtient

$$[D] = [T] \cdot \text{m s}^2/\text{kg} = \text{kg m}^2/\text{s}^3 \cdot \text{m s}^2/\text{kg} = \text{m}^3/\text{s}.$$

Ce sont les unités d'un débit.

- b) Pour calculer la vitesse d'écoulement de l'eau au point  $B$  on va utiliser l'équation de Bernoulli standard entre le point  $A$  et  $B$  :

$$\rho_{\text{eau}} g h_A + \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_A^2 + p_A = \rho_{\text{eau}} g h_B + \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B.$$

Dans l'énoncé il est dit que le point  $A$  est à l'air libre, ce qui implique que la pression au point  $A$ , dénoté par  $p_A$ , est égale à la pression atmosphérique. On a donc que  $p_A = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Il est aussi marqué que "la différence de hauteur entre  $A$  et  $B$  est de 30 mètres", ce qui implique que  $h_A = 30 \text{ m}$  et que  $h_B = 0 \text{ m}$ , et que "que la vitesse de l'eau au point  $A$  est nulle", donc  $v_A = 0 \text{ m/s}$ .

Si maintenant on met tous ça dans l'équation ci-dessus, on trouve

$$\begin{aligned} \rho_{\text{eau}} g h_A + p_A &= \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B \\ \implies \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 &= \rho_{\text{eau}} g h_A + p_A - p_B \\ \implies v_B &= \sqrt{\frac{2 \rho_{\text{eau}} g h_A + p_A - p_B}{\rho_{\text{eau}}}} = 20 \text{ m/s}. \end{aligned} \quad (4)$$

- c) Pour résoudre le dernière exercice, on utilise l'équation de Bernoulli modifiée donnée dans l'énoncé :

$$\rho_{\text{eau}} g h_B + \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B = \rho_{\text{eau}} g h_C + \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_C^2 + p_C + \frac{T}{D}. \quad (5)$$

Vu que les points  $B$  et  $C$  se trouvent à la même hauteur, on a que  $h_B = h_C = 0 \text{ m}$ . Le point  $C$  est aussi à l'air libre donc a  $p_C = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ , et on peut négliger la vitesse de l'eau au point  $C$ , donc  $v_C = 0 \text{ m/s}$ .

Avec ces données, on trouve que la puissance  $T$  est égale à :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B &= p_C + \frac{T}{D} \\ \implies \frac{T}{D} &= \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B - p_C \\ \implies T &= D \left( \frac{1}{2} \rho_{\text{eau}} v_B^2 + p_B - p_C \right) = 6 \times 10^6 \text{ W}. \end{aligned} \quad (6)$$

**Question 5 (4 points - Toutes sections sauf BIOL)** A la plaine de jeu, Alice et Bob décident d'aller jouer sur un tourniquet (assimilable à une plaque circulaire libre de tourner autour de son axe central).

Alice se positionne sur le tourniquet (donc sur la plaque circulaire) à une distance  $d_A = 1$  m du centre et Bob à une distance  $d_B = 1,2$  m. Ils décident de faire le tour du tourniquet en marchant sur celui-ci à la même vitesse (2 m/s) mais de sens opposés.

A peine ont-ils entamé leur marche que le tourniquet, initialement au repos, se met à tourner.

- Quels sont les vitesses angulaires de Alice et Bob ? (Considérez qu'ils effectuent un MCU autour de l'axe du tourniquet)
- Quelle sera la vitesse angulaire finale du tourniquet ?

Le moment d'inertie de Alice est égal à celui de Bob et vaut  $20 \text{ kg m}^2$ . Celui du tourniquet est de  $10,8 \text{ kg m}^2$ .

**Solution.**

- Pour un MCU, la vitesse angulaire est donnée par  $\omega = v_t/d$  où  $v_t$  est la vitesse tangentielle et  $d$  est la distance à l'axe de rotation. On obtient donc pour Alice et Bob :

$$\omega_A = \frac{2 \text{ m/s}}{1 \text{ m}} = 2 \text{ rad/s} \quad \omega_B = \frac{2 \text{ m/s}}{1,2 \text{ m}} = 1,67 \text{ rad/s} \quad (7)$$

- En l'absence de couple extérieur, on peut utiliser le principe de conservation du moment cinétique. Puisque initialement le tourniquet était à l'arrêt, nous avons que le moment cinétique total est nul :

$$\vec{L}_i = \vec{L}_f = \vec{L}_A + \vec{L}_B + \vec{L}_t = 0 \quad (8)$$

Le moment cinétique final tient compte la contribution de Alice, Bob et du tourniquet. Ceux-ci étant tous alignés, on peut réécrire l'équation :

$$I_t \omega_t - I \omega_A + I \omega_B = 0 \quad (9)$$

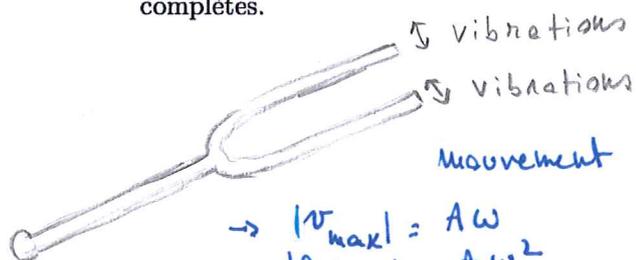
où le  $-$  tient compte du fait que le mouvement d'Alice est opposé à celui de Bob. On peut isoler la vitesse angulaire  $\omega_t$  :

$$\omega_t = \frac{I \omega_A - I \omega_B}{I_t} = \frac{1.2 \times 2 - 20 \times 1.67}{10.8} \text{ rad/s} = 0,037 \text{ rad/s} \quad (10)$$

Le tourniquet se met donc en mouvement à une vitesse angulaire de  $0,037 \text{ rad/s}$  dans le sens du mouvement de Bob.

**Question 6 (4 points - BIOL uniquement)** Un diapason, un instrument de musique de référence composé de deux branches vibrantes, vibre à la fréquence du La, soit à la fréquence  $\nu = 440$  Hz. On mesure sur une photographie l'amplitude du mouvement de l'extrémité des branches du diapason :  $A = 0,5$  mm.

- Quelle est la vitesse maximale de l'extrémité du diapason ?
- Quelle est l'accélération maximale de ce point ?
- Représentez en graphique la position de l'extrémité d'une branche du diapason en fonction du temps, en supposant que la position au temps  $t = 0$  vaut  $A$ . Dessinez au minimum deux périodes complètes.
- Représentez en graphique la vitesse en fonction du temps. Dessinez au minimum deux périodes complètes.



fréquence  $\nu = 440$  Hz  $T = \frac{1}{\nu}$   
 Amplitude  $A = 0.5$  mm

mouvement oscillant:

$$x(t) = A \cos(\omega t)$$

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t) = \frac{dx}{dt}$$

$$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t) = \frac{dv}{dt}$$

$$\rightarrow |v_{\max}| = A\omega$$

$$|a_{\max}| = A\omega^2$$

a)  $v_{\max} = A \cdot \omega = 0.0005 \text{ m} \cdot 2764,6 \text{ rad s}^{-1}$

$\rightarrow v_{\max} = 1,38 \text{ m/s}$

$$\omega = 2\pi\nu = 2764,6 \text{ rad s}^{-1}$$

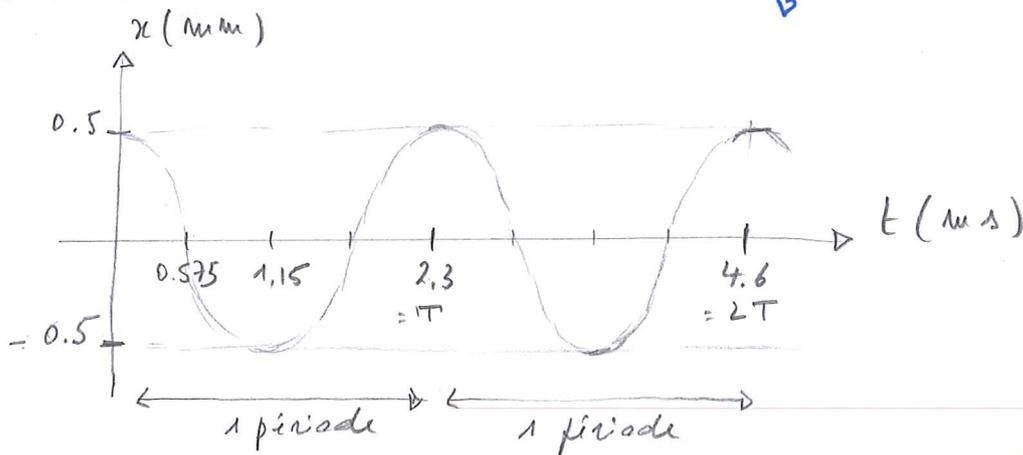
b)  $a_{\max} = A \cdot \omega^2 = 0.0005 \text{ m} \cdot (2764,6 \text{ rad s}^{-1})^2$

$\rightarrow a_{\max} = 3815 \text{ m/s}^2$

c) graphique  $x(t) = A \cos \omega t$

$$A = 0.5 \text{ mm} \quad \omega = 2764,6 \text{ rad s}^{-1}$$

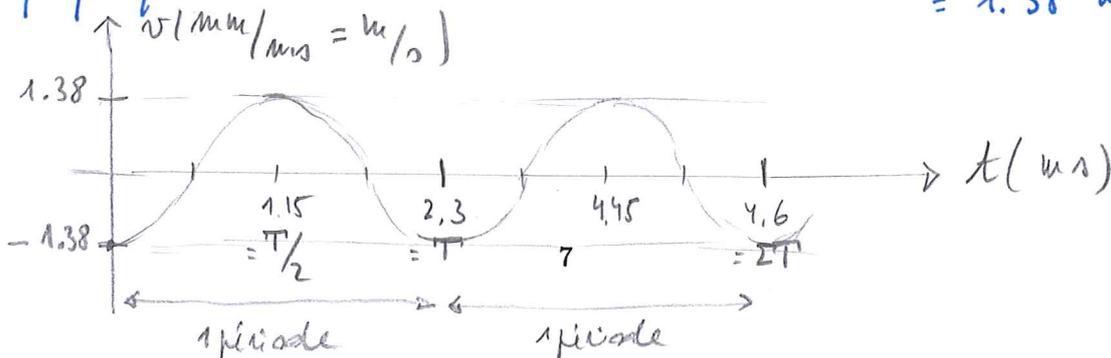
$$T = \frac{1}{\nu} = 0.00231 = 2,3 \text{ ms}$$



d) graphique  $v(t) = -A\omega \sin(\omega t)$

$$A\omega = 1,38 \text{ m/s}$$

$$= 1.38 \text{ mm/ms}$$



---

Physique 1 – PHYS-F104 (2021-2022)

## Examen de juin 2022

### Deuxième partie

16 juin 2022

---

Nom :

Prénom :

N° de matricule :

Section (entourer) : Géographie — Géologie — Pharmacie

---

#### Consignes générales :

1. Écrivez immédiatement en **lettres CAPITALES** vos prénom, nom, numéro de matricule et section.
2. Vérifiez que votre énoncé comporte bien **7 feuilles** (4 questions + 2 brouillons).
3. Ne dégrafez pas les pages.
4. Les réponses à chaque question doivent être placées sur les faces recto/verso de l'énoncé, n'écrivez pas de réponse sur les brouillons. Les feuilles de brouillon ne seront pas corrigées.
5. Vous n'avez droit à rien d'autre que de quoi écrire, votre formulaire, votre calculatrice et votre carte d'étudiant.
6. Les GSM, tablettes, smartwatches et autres moyens de communication sont interdits. Ils doivent être éteints et rangés dans les sacs le long du mur. En aucun cas vous ne pouvez avoir un GSM (ou autre moyen de communication) à portée de main, même éteint.
7. Ne répondez pas en rouge, cette couleur étant réservée pour la correction.
8. **Les réponses doivent toutes être clairement justifiées et les unités doivent être indiquées pour les résultats numériques.**
9. Cette partie dure 2 heures (120 minutes).

Bon travail !

/5	/5	/5	/5	/20
----	----	----	----	-----

**Question 1 (5 points)** La puissance émise par une enceinte sphérique est de  $P = 1,5 \text{ mW}$ . Si la puissance est émise dans toutes les directions uniformément, déterminer :

- a) Le niveau d'intensité à 6 m d'une enceinte.
- b) Le niveau d'intensité à une distance de 6 m de deux enceintes (placées l'une à côté de l'autre) : une enceinte émet une puissance de  $P$  et l'autre une puissance de  $2P$ .

(Intensité de référence  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ )

$$\text{a) } I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{4\pi 6^2} = 3,32 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

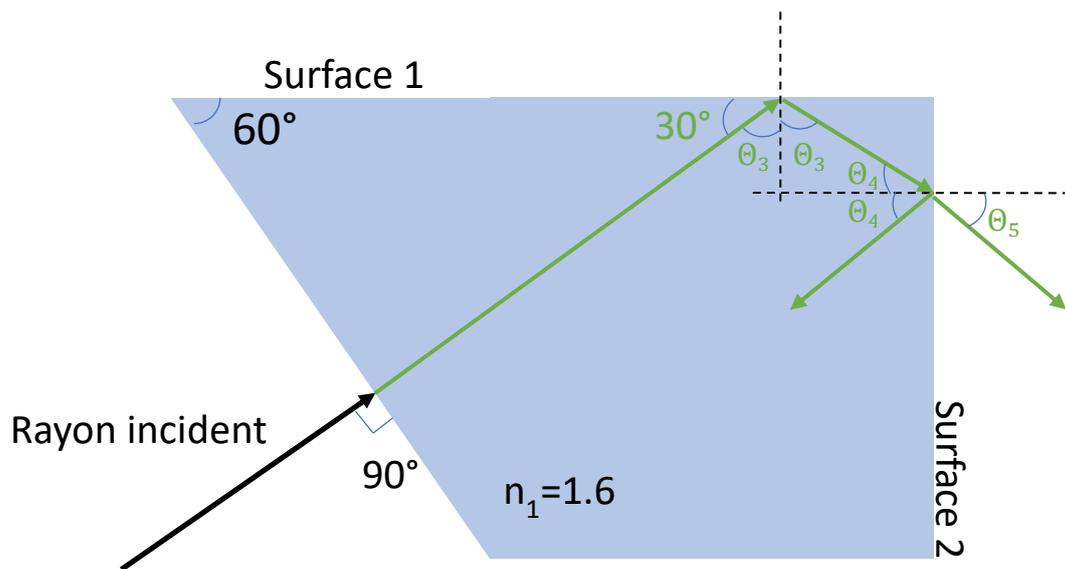
$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{3,32 \times 10^{-6}}{10^{-12}} = 65,2 \text{ dB}$$

$$\text{b) } I_{tot} = I_1 + I_2 = 3I_1$$

$$\beta = 10 \log \frac{I_{tot}}{I_0} = 10 \log \frac{3I_1}{I_0} = 10 \log 3 + 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 70 \text{ dB}$$

**Question 2 (5 points)** Considérer un objet d'indice de réfraction  $n_1=1,6$  (voir figure). L'objet est plongé dans l'eau ( $n=1,33$ ). Un rayon incident arrive sur la surface oblique de l'objet à  $90^\circ$  (normale à la surface). L'angle formé par le côté oblique et la surface 1 est de  $60^\circ$ . Déterminer :

- Le pourcentage de la lumière réfléchiée.
- L'angle du rayon réfracté à la surface 2 (après réflexion sur la surface 1). Indiquez sur le schéma les rayons et les angles réfléchis et réfractés sur ces deux surfaces.
- Déterminer l'angle d'incidence du rayon sur la surface 2 pour avoir le phénomène de réflexion totale sur cette surface.



$$a) \frac{I_r}{I} = \left( \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 = \left( \frac{1,6 - 1,33}{1,6 + 1,33} \right)^2 = 0,008 \quad 0,8\%$$

- L'angle d'incidence du rayon incident est de  $0^\circ$  (mesuré par rapport à la normale), donc le rayon n'est pas dévié.

Ce rayon transmis rencontre ensuite la surface 1, avec un angle d'incidence  $\theta_3 = 90 - 30 = 60^\circ$ . Cet angle est supérieur à l'angle limite de réflexion totale pour cette surface, il n'y a donc pas de réfraction, et tout le rayon est réfléchi vers la surface 2 en partant avec le même angle  $\theta_3$ . Il arrive sur la surface 2 avec l'angle d'incidence  $\theta_4 = 90 - \theta_3 = 30^\circ$

$$\begin{array}{l} \text{Surface 2} \quad n_1 \sin \theta_4 = n \sin \theta_5 \quad 1,6 \sin 30^\circ = 1,33 \sin \theta_5 \\ \quad \quad \quad \sin \theta_5 = \frac{1,6}{1,33} \sin 30^\circ = 0,601 \quad \theta_5 = 36,9^\circ \end{array}$$

$$c) \quad \sin \theta_c = \frac{1,33}{1,6} \quad \theta_c = 56,2^\circ$$

**Question 3 (5 points)** Considérer deux fentes séparées par une distance  $d$  et illuminées par une source lumineuse de longueur d'onde  $\lambda = 400 \text{ nm}$ . Un écran se trouve à une distance  $L$  des fentes de l'autre côté de la source. Déterminer :

- La distance  $d$  de séparation entre les fentes si l'angle correspondant à la frange brillante  $m = 2$  est de  $20^\circ$ .
- L'angle correspondant à la frange sombre  $m = 1$ .
- La distance  $L$  entre les fentes et l'écran si la distance entre la frange sombre  $m=4$  et la frange brillante  $m=3$  est de  $0,2 \text{ m}$ .

$$a) \quad \sin \theta = m \frac{\lambda}{d} \quad d = \frac{2 \times 400 \times 10^{-9}}{\sin 20^\circ} = 2,34 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$b) \quad \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d} = 1,5 \frac{400 \times 10^{-9}}{2,34 \times 10^{-6}} = 0,256 \quad \theta = 14,8^\circ$$

$$c) \quad y_{\text{sombre}, m=4} = \frac{9 \times 400 \times 10^{-9}}{2} \frac{L}{2,34 \times 10^{-6}} \quad \text{car} \left(4 + \frac{1}{2}\right) = \frac{9}{2}$$

$$y_{\text{lumineuse}, m=3} = \frac{3 \times 400 \times 10^{-9}}{2,34 \times 10^{-6}} L$$

$$y_4 - y_3 = \frac{9 \times 400 \times 10^{-9}}{2} \frac{L}{2,34 \times 10^{-6}} - \frac{3 \times 400 \times 10^{-9}}{2,34 \times 10^{-6}} L$$

$$y_4 - y_3 = 0,2 \text{ m} \quad L = 0,79 \text{ m}$$

**Question 4 (5 points)** Considérer une lentille mince et un objet situé à  $s = +15$  cm de la lentille. Le facteur d'agrandissement linéaire (magnification) de la lentille est de  $m = -0,2$  et l'indice de réfraction de la lentille est de  $n = 1,6$ .

- Calculer la position (distance de la lentille) de l'image.
- Déterminer la distance focale de la lentille.
- La lentille est-elle convergente ou divergente ?
- Déterminer les rayons de courbure de la lentille (on suppose que la lentille est symétrique).

$$a) \quad m = -\frac{s'}{s} \quad s' = -ms = -(-0,2) \times 15 = 3 \text{ cm}$$

$$b) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{15} + \frac{1}{3} = 2,5 \text{ cm}$$

c) Lentille convergente ( $f > 0$ )

$$d) \quad \frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = (n - 1) \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) = (n - 1) \left( \frac{2}{r} \right)$$

$$\frac{1}{2,5} = (1,6 - 1) \frac{2}{r} \quad r = 0,6 \times 2 \times 2,5 = 3 \text{ cm}$$

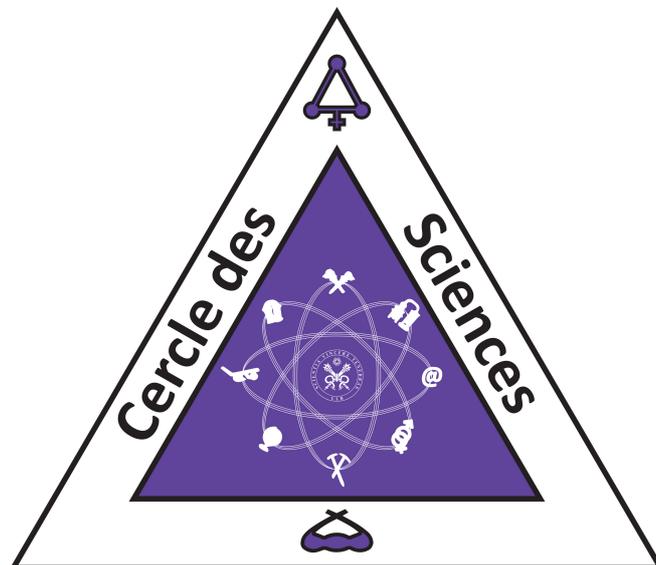
# Math-F112 / 10 crédits

En géo, on ne voit que le module T qui s'étalera aussi du Q1 à la moitié du Q2. Comme en physique, les bases sont d'abord revues au début de l'année puis la matière se complique petit à petit par la suite.

Vu les slides très claires et complètes, les cours théoriques ne sont pas indispensables je trouve. Comme séances d'exercices, tu auras les ex-cathedras et les séminaires (tp). Aux ex-cathedras, c'est une assistante de math qui résout les exercices dans un auditoire. Entre chaque exercice, elle te laisse (vraiment un peu) le temps de réfléchir/résoudre l'exercice en question. Puis il y a les séminaires semblables à ceux de chimie et physique. Tu résous les exercices et tu peux demander de l'aide aux assistant.e.s qui sont là donc let's gooo :)

Le test facultatif de novembre est un QCM. Les questions se ressemblent assez bien d'année en année donc n'hésite pas à driller tes skills grâce aux anciens exams!

Comme en physique, l'exam de janvier compte pour 2/3 de la note finale contre 1/3 en juin. Essaie de bien réussir la partie de janvier (plus accessible) pour être plus chill en juin :) En fonction des profs, tu auras ou non de la théorie à ton examen. La théorie, c'est les démonstrations et les théorèmes... Bref, t'as compris, du fun ! Donc si ton.ta prof demande de la théorie à l'examen, bloque tout dans ta tête pour pouvoir gratter un maximum de points rien qu'avec du par coeur !



## CORRECTION

Faculté des Sciences  
**Examen de Mathématiques — Math-F-112**  
 (Titulaires : D. Leemans, C. Azizieh, S. Rexhep)

3 Novembre 2017

Sections: BIOL1, CHIM1, GEOG1, GEOL1, INFO1, IRBI1, SCIE1

Consignes :

- Indiquez votre nom, prénom et matricule aux endroits indiqués et sur chaque feuille que vous rendez.
- Répondez aux questions à choix multiple en noircissant la case appropriée.

Votre NOM et Prénom :

Votre section :

Votre matricule, à noircir :

<input type="checkbox"/> 0					
<input type="checkbox"/> 1					
<input type="checkbox"/> 2					
<input type="checkbox"/> 3					
<input type="checkbox"/> 4					
<input type="checkbox"/> 5					
<input type="checkbox"/> 6					
<input type="checkbox"/> 7					
<input type="checkbox"/> 8					
<input type="checkbox"/> 9					

Les questions qui suivent sont à choix multiple, répondez-y en cochant la case appropriée.

**Question 1** Parmi les fonctions suivantes quelle est celle qui n'est ni paire ni impaire.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + 1$          | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x$       |
| <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow \sin(x)$          | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^3 + x$ |
| <input checked="" type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow 2 - x$ | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + 2$ |

**Question 2** Le produit  $(1, 1, 5) \times (2, 1, 0)$  vaut

- |  |  |                                       |
|--|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $(2, 10, -1)$ | <input checked="" type="checkbox"/> $(-5, 10, -1)$ | <input type="checkbox"/> $(4, 3, 2)$  |
| <input type="checkbox"/> $(4, 2, 7)$   | <input type="checkbox"/> $(1, 5, 10)$              | <input type="checkbox"/> $(3, 3, -3)$ |

**Question 3** L'ensemble des solutions de l'équation suivante est ...

$$\sin^2(x) + 2 \sin(x) + 1 = 0$$

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> $\{\pi/4 + k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$  | <input checked="" type="checkbox"/> $\{3\pi/2 + 2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$ | <input type="checkbox"/> $\{2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$ |
| <input type="checkbox"/> $\{\pi/2 + 2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$ | <input type="checkbox"/> $\{\pi/4 + 2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$             | <input type="checkbox"/> $\{k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$  |

**Question 4** Le point symétrique au point  $(1, 0)$  par rapport à la droite d'équation  $y = 2 - x$  est le point de coordonnées

- |  |                                    |                                    |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> $(2, 1)$ | <input type="checkbox"/> $(3, -1)$ | <input type="checkbox"/> $(3, -4)$ |
| <input type="checkbox"/> $(-1, 1)$           | <input type="checkbox"/> $(0, 0)$  | <input type="checkbox"/> $(-2, 1)$ |

**Question 5** Si  $x$  est tel que  $\log_x 7 = 1/3$ ,  $x$  vaut

- |   |                                  |                                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 343 | <input type="checkbox"/> $1/343$ | <input type="checkbox"/> 49     |
| <input type="checkbox"/> $1/7$          | <input type="checkbox"/> 7       | <input type="checkbox"/> $1/49$ |

**Question 6** Combien de mots de 4 lettres peut-on former avec les lettres XYZTUV sans utiliser deux fois la même lettre ?

- |   |                              |                              |
|---|------------------------------|------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 360 | <input type="checkbox"/> 240 | <input type="checkbox"/> 180 |
| <input type="checkbox"/> 45             | <input type="checkbox"/> 720 | <input type="checkbox"/> 28  |

CORRECTION

**Question 7** Lesquelles des argumentations suivantes sont correctes ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Quand il pleut je prend mon parapluie. J'ai pris mon parapluie aujourd'hui. Donc il pleut aujourd'hui.                                     | <input type="checkbox"/> Tout étudiant étudie durant le week-end. Jacques travaille le vendredi. Jacques n'est donc pas étudiant. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tous les rubis sont rouges, et toutes les émeraudes vertes. Une pierre précieuse bleue n'est donc ni un rubis, ni une émeraude. | <input type="checkbox"/> Aucun étudiant ne possède une voiture. Donc aucun conducteur n'est étudiant.                             |
|   | <input type="checkbox"/> Tout étudiant a le droit de vote. Hélène n'a pas voté, Elle n'est donc pas une étudiante.                |

**Question 8** L'équation du plan de  $\mathbb{R}^3$  passant par  $a = (1, 4, 2)$  et perpendiculaire à la droite passant par les points  $b = (1, 2, -1)$  et  $c = (1, 1, 1)$  est

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> $x + 2y + z = 16$ | <input type="checkbox"/> $x + y + z = 12$    |
| <input type="checkbox"/> $z = 5$           | <input type="checkbox"/> $x + z = 8$         |
| <input type="checkbox"/> $y - 2z = 6$      | <input checked="" type="checkbox"/> $y = 2z$ |

**Question 9** Le sinus de l'angle  $-7\pi/6$  vaut

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> $\sqrt{3}/2$  | <input type="checkbox"/> $-1/2$        | <input checked="" type="checkbox"/> $1/2$ |
| <input type="checkbox"/> $-\sqrt{3}/2$ | <input type="checkbox"/> $-\sqrt{2}/2$ | <input type="checkbox"/> $\sqrt{2}/2$     |

**Question 10** Pour quelle(s) valeur(s) de  $\lambda$ , la droite de  $\mathbb{R}^3$  d'équation

$$\frac{x-2}{2} = \frac{y-3}{3} = \frac{z-4}{\lambda}$$

est-elle parallèle au plan d'équation  $x + y + z = 0$ .

- |  |                               |                              |                              |                               |                              |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> $-5$ | <input type="checkbox"/> $-2$ | <input type="checkbox"/> $0$ | <input type="checkbox"/> $5$ | <input type="checkbox"/> $-4$ | <input type="checkbox"/> $3$ |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|

MATH-F-112 – MATHÉMATIQUES

L'examen comprend 5 questions valant chacune 10 points.

Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**.

Vous pouvez utiliser **UNIQUEMENT** de quoi écrire.

Répondez à chaque question sur la page correspondante.

Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous **ET** sur chaque feuille de réponse.

NOM, PRENOM:

MATRICULE:

SECTION:

Question 1		/10
Question 2		/10
Question 3		/10
Question 4		/10
Question 5		/10
Total		/50

1. (10 points) Prouver l'égalité

$$\sum_{i=0}^n i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}.$$

Testons d'abord cette égalité pour  $n = 0$ . Elle donne  $0 = 0$ .

Supposons ensuite que l'égalité est vérifiée pour  $n$  et montrons qu'alors elle est aussi vérifiée pour  $n + 1$ .

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n+1} i^2 &= (n+1)^2 + \sum_{i=0}^n i^2 \\ &= (n+1)^2 + \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \\ &= (n+1) \frac{6(n+1) + n(2n+1)}{6} \\ &= (n+1) \frac{6(n+1) + 2n^2 + n}{6} \\ &= (n+1) \frac{2n^2 + 7n + 6}{6} \\ &= (n+1) \frac{(2n+3)(n+2)}{6} \\ &= \frac{(2(n+1)+1)(n+1)((n+1)+1)}{6} \end{aligned}$$

2. (10 points) Démontrer que la droite d'équation  $2x + y + 3 = 0$  coupe le segment limité par les points  $a = (-5, 1)$  et  $b = (3, 7)$ .  
Le point de coordonnées  $(-5, 7)$  est sur la droite. Il est au dessus du point  $a$ . Le point de coordonnées  $(3, -9)$  est aussi sur la droite. Il est en-dessous de  $b$ . La droite doit donc nécessairement couper le segment limité par les points  $a$  et  $b$ .

3. (10 points) Considérons la fonction

$$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \mapsto [x] - \sqrt{x}.$$

(a) Déterminer en quels points de  $\mathbb{R}$  cette fonction est continue.

(b) Etudier la croissance de cette fonction.

(a) Il faut d'abord noter que pour que cette fonction soit définie, il faut que  $x$  soit un nombre positif à cause de la racine carrée. Pour tout réel non entier, la fonction  $f$  est une différence de fonctions continues, et donc elle est continue. Pour les entiers positifs, la fonction est clairement discontinue car la limite à gauche et la limite à droite diffèrent de 1. La réponse est donc l'ensemble des réels positifs non entiers.

(b) La dérivée ne peut être calculée que pour les points où la fonction est continue. En ces points, le plafond est une constante et donc sa dérivée vaut 0. La dérivée de  $f$  est donc  $-\frac{1}{2\sqrt{x}}$  et la fonction est donc toujours décroissante sur les réels non entiers.

4. (10 points) Calculer en utilisant le développement de Taylor de  $y = \sin x$  au voisinage de  $x = \pi/6$  une valeur approchée de  $\sin 32^\circ$  (se limiter au terme du second degré).

L'angle  $\pi/6$  est un angle de 30 degrés.  $32^\circ - 30^\circ = 2^\circ$ .

Comme  $\pi$  correspond à  $180^\circ$ ,  $2^\circ$  correspond à  $\pi/90$ .

Le développement de Taylor du 2ème degré de  $\sin x$  au voisinage de  $\pi/6$  vaut donc

$$\sin(\pi/6) + \cos(\pi/6)(\pi/90) - \sin(\pi/6)(\pi/90)^2/2$$

5. (10 points) Calculer

$$\int_0^{\sqrt{e-1}} \frac{4x}{1+x^2} dx.$$

On pose  $t = 1 + x^2$  et donc  $dt = 2x dx$ . On remplace dans l'intégrale en recalculant les bornes. Quand  $x = 0$ ,  $t = 1$  et quand  $x = \sqrt{e-1}$ ,  $t = 1 + e - 1 = e$ . L'intégrale devient

$$\int_1^e \frac{2}{t} dt = [2 \ln |t|]_1^e = 2 \ln e - 2 \ln 1 = 2.$$

## CORRECTION

Faculté des Sciences  
**Examen de Mathématiques — Math-F-112**  
 (Titulaires : B. Premoselli, J. de Saedeleer, C. Lecoutre)

31 Octobre 2018

Sections: BIOL1, CHIM1, GEOG1, GEOL1, INFO1, IRBI1, SCIE1

Consignes :

- Indiquez votre nom, prénom et matricule aux endroits indiqués et sur chaque feuille que vous rendez.
- Répondez aux questions à choix multiple en noircissant la case appropriée.

Votre NOM et Prénom :

Votre section :

Votre matricule, à noircir :

<input type="checkbox"/>	0										
<input type="checkbox"/>	1										
<input type="checkbox"/>	2										
<input type="checkbox"/>	3										
<input type="checkbox"/>	4										
<input type="checkbox"/>	5										
<input type="checkbox"/>	6										
<input type="checkbox"/>	7										
<input type="checkbox"/>	8										
<input type="checkbox"/>	9										

Les questions qui suivent sont à choix multiple, répondez-y en cochant la case appropriée.

**Question 1** Que vaut  $\sin(\frac{\pi}{6} + x)$  ?

$\frac{1}{2} \cos x + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin x$

$-\sin x$

$\frac{1}{2} \sin x + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos x$

$\frac{1}{2} \cos x - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin x$

$\cos x$

$\frac{1}{2} \sin x - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos x$

**Question 2** Parmi les fonctions suivantes, quelle est celle qui n'est pas surjective ?

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+, x \mapsto x^2$

$f : \mathbb{R} \rightarrow [-1, 1], x \mapsto \sin x$

$f : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+, x \mapsto \sqrt[3]{x}$

$f : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+, x \mapsto x^2$

$f : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+, x \mapsto \sqrt{x}$

$f : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto x^2$

**Question 3** Dans le plan, le point symétrique au point  $(1, 0)$  par rapport à la droite d'équation  $y = 3 - x$  est le point de coordonnées

$(3, 2)$

$(0, 0)$

$(3, -4)$

$(-3, 2)$

$(-1, 1)$

$(2, 1)$

**Question 4** Le produit vectoriel  $(-2, 1, 0) \times (3, 1, 4)$  vaut

$(3, 3, -3)$

$(4, 3, 2)$

$(2, 10, -1)$

$(4, 8, -5)$

$(4, 2, 7)$

$(1, 5, 10)$

**Question 5** L'équation  $x^2 - 6x + y^2 - 8y = 0$  est celle d'un cercle

de centre  $(3, 4)$  et de rayon 5

de centre  $(0, 0)$  et de rayon 5

de centre  $(4, 5)$  et de rayon 3

de centre  $(0, 0)$  et de rayon 2

de centre  $(1, 2)$  et de rayon 7

de centre  $(4, 3)$  et de rayon 5

**Question 6** Parmi les fonctions suivantes quelle est celle qui n'est ni paire ni impaire ?

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + 2$

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 - x$

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + 1$

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow \cos(x)$

$f : \mathbb{R} \setminus \{0\} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow 1/x$

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^3 + 3x$

CORRECTION

**Question 7** Laquelle des argumentations suivantes est correcte ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Quand il pleut je prends mon parapluie. J'ai pris mon parapluie aujourd'hui. Donc il pleut aujourd'hui.  | <input type="checkbox"/> Tous les rubis sont rouges, et toutes les émeraudes vertes. Une pierre précieuse verte ou rouge est donc un rubis ou une émeraude. |
| <input type="checkbox"/> Tout homme est mortel. Socrate est mortel. Donc Socrate est un homme.                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Toute étudiante a le droit de vote. Hélène est étudiante. Elle a donc le droit de vote.                                 |
| <input type="checkbox"/> Tout étudiant étudie durant le week-end. Jacques travaille le vendredi. Jacques n'est donc pas étudiant. |   |

**Question 8** Combien de tas de 5 lettres peut-on former avec les lettres XYZTUVW sans utiliser deux fois la même lettre ?

- |                              |  |                              |
|------------------------------|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 240 | <input checked="" type="checkbox"/> 21 | <input type="checkbox"/> 360 |
| <input type="checkbox"/> 15  | <input type="checkbox"/> 2520          | <input type="checkbox"/> 720 |

**Question 9** Le cosinus de l'angle  $-7\pi/6$  vaut

- |   |  |                                       |
|---|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $1/\sqrt{3}$             | <input type="checkbox"/> $-1/2$        | <input type="checkbox"/> $1/2$        |
| <input checked="" type="checkbox"/> $-1/\sqrt{3}$ | <input type="checkbox"/> $-\sqrt{3}/2$ | <input type="checkbox"/> $\sqrt{3}/2$ |

**Question 10** Quelle est l'équation du plan de  $\mathbb{R}^3$  passant par  $a = (1, 1, 1)$  et perpendiculaire à la droite passant par les points  $b = (1, 2, -1)$  et  $c = (-1, -1, 3)$  ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> $z = 5$          | <input type="checkbox"/> $x + 2y + z = 16$                  |
| <input type="checkbox"/> $x + z = 8$      | <input checked="" type="checkbox"/> $-2x - 3y + 4z + 1 = 0$ |
| <input type="checkbox"/> $x + y + z = 12$ | <input type="checkbox"/> $y - 2z = 6$                       |

- 1) On considère le champ de vecteurs  $f$  défini sur  $\mathbb{R}^3$  par :

$$f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3: (x, y, z) \mapsto (z^2, xyz, y)$$

- Calculer la divergence et le rotationnel de ce champ en un point  $(x, y, z)$  quelconque de  $\mathbb{R}^3$  ;
- Calculer le flux de ce champ de vecteur à travers la sphère de rayon 1 centrée en l'origine  $(0,0,0)$ , orientée vers l'extérieur :

$$\iint_S f \cdot dS$$

(Aide : utiliser le théorème de la divergence).

- 2) On considère la suite  $(x_n)$  définie par :

$$x_n = \frac{\ln(n^n)}{n!} \text{ pour } n \geq 1$$

- Calculer la limite de cette suite :  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$
- On considère maintenant la série correspondante :

$$\sum_{n=1}^{\infty} x_n.$$

Cette série est-elle convergente ? convergente absolument ?

- 3) On considère l'application linéaire suivante de  $\mathbb{R}^3$  dans  $\mathbb{R}^3$  (aussi appelé opérateur linéaire sur  $\mathbb{R}^3$ ) :

$$L: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3: (x, y, z) \mapsto (3x, 2y + z, x - z)$$

- Quelle est la matrice de  $L$  dans la base canonique de  $\mathbb{R}^3$  ?
- Les vecteurs  $(3,0,1)$ ,  $(0,2,0)$  et  $(0,1,-1)$  sont-ils linéairement indépendants ?
- Chercher les valeurs propres de cet opérateur linéaire, et chercher les vecteurs propres (sous-espaces propres) associés.
- Le noyau de cette application est-il réduit à  $\{(0,0,0)\}$  ?  $L$  est-elle injective ? Surjective ?

Note : ceci n'est pas un examen, et ne fera en particulier pas l'objet d'une correction individuelle, et aucune note n'y sera attribuée. Il constitue uniquement un exemple de questions du niveau de celles de l'examen portant sur la matière vue dans le module S du cours MATHF112/MATHF1112.

# Examen blanc 2018

$$\textcircled{1} \quad f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3 : (x, y, z) \mapsto (z^2, xyz, y).$$

$$\begin{aligned} \text{a) } \operatorname{div} f &= \frac{\partial f_1}{\partial x} + \frac{\partial f_2}{\partial y} + \frac{\partial f_3}{\partial z} \\ &= \frac{\partial z^2}{\partial x} + \frac{\partial xyz}{\partial y} + \frac{\partial y}{\partial z} = 0 + xz + 0 = xz \end{aligned}$$

$$\operatorname{rot} f = \begin{vmatrix} \bar{e}_1 & \bar{e}_2 & \bar{e}_3 \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ z^2 & xyz & y \end{vmatrix} = (1-xy) \bar{e}_1 + 2z \bar{e}_2 + yz \bar{e}_3$$

↳ c'est le champ de vecteurs :

$$\operatorname{rot} f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3 : (x, y, z) \mapsto (1-xy, 2z, yz).$$

b) flux à travers sphère rayon 1 centrée en  $(0,0,0)$ :

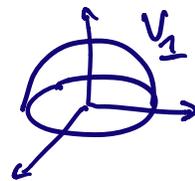
$$\underbrace{\oint_S f \cdot dS}_{\substack{\downarrow \\ \text{surface} \\ \text{fermée} \\ \text{orientée vers} \\ \text{l'extérieur}}} = \underbrace{\iiint_V \operatorname{div} f \, dx \, dy \, dz}_{\substack{\downarrow \\ \text{volume délimité} \\ \text{par la sphère} \\ \text{= boule rayon 1} \\ \text{centrée en } (0,0,0)}} \quad (\text{Thm de la divergence})$$

$$\hookrightarrow \{(x, y, z) \mid x^2 + y^2 + z^2 \leq 1\} = V$$

$$\iiint_V xz \, dx \, dy \, dz = ?$$

- En fait, on pourrait directement calculer cette intégrale en utilisant le fait que  $z \mapsto xz$  est impaire, et que de ce fait :

$$\iiint_V xz \, dx \, dy \, dz = \iiint_{V_1} xz \, dx \, dy \, dz + \iiint_{V_2} xz \, dx \, dy \, dz$$

où  $V_1 = \{(x, y, z) \mid x^2 + y^2 + z^2 \leq 1 \text{ et } z \geq 0\}$  

$V_2 = \{ \dots \dots \dots \text{ et } z \leq 0 \}$  

et en utilisant le chgt de variable :

$$\begin{cases} u = x \\ v = y \\ w = -z \end{cases}$$

constater que  $\iiint_{V_2} xz \, dx \, dy \, dz = - \iiint_{V_1} xz \, dx \, dy \, dz,$

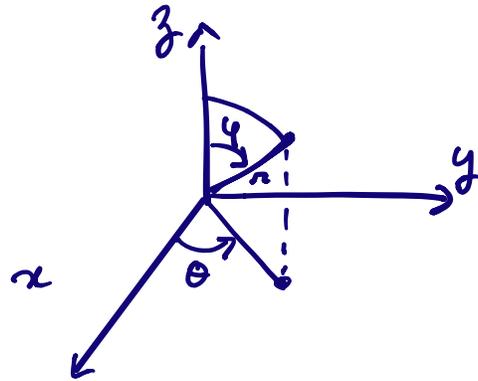
ce qui implique que l'intégrale est nulle.

- Si on ne voit pas cela tout de suite, on peut aussi explicitement calculer l'intégrale en passant aux coord. sphériques :

↳ car le domaine est une boule

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \sin \varphi \\ y = r \sin \theta \sin \varphi \\ z = r \cos \varphi \end{cases}$$

$$(\pi, \theta, \varphi) \in [0, 1] \times [0, 2\pi] \times [0, \pi]$$



le jacobien de ce chpt<sup>2</sup> de variable  
s'obtient comme le dét. de la matrice jacobienne  
associée:

$$\begin{vmatrix} \cos \theta \sin \varphi & -r \sin \theta \sin \varphi & r \cos \theta \cos \varphi \\ \sin \theta \sin \varphi & r \cos \theta \sin \varphi & r \sin \theta \cos \varphi \\ \cos \varphi & 0 & -r \sin \varphi \end{vmatrix}$$

$$= \dots = r^2 \sin \varphi \quad (! \text{ bon à savoir, de m\u00eame que les jacobiens associ\u00e9s aux coord. polaires (r) et cylindriques (r) })$$

Formule de chpt<sup>2</sup> de variable :

$$\iiint_V f(x, y, z) dx dy dz = \iiint_{V'} r^2 \cos \theta \sin \varphi \cos \varphi |r^2 \sin \varphi| dr d\theta d\varphi$$

$$\text{o\u00f9 } V' = [0, 1] \times [0, 2\pi] \times [0, \pi]$$

↳ rectangle de dim 3

Par le thm de Fubini, cette dernière intégrale vaut:

$$\left( \int_0^1 r^4 dr \right) \cdot \left( \int_0^{2\pi} \ln \theta d\theta \right) \cdot \left( \int_0^\pi \sin \varphi |\sin \varphi| \cos \varphi d\varphi \right) \quad (*)$$

(l'expression est toute simple car on intègre sur un rectangle en 3D le produit de 3 fonctions ne faisant intervenir qu'une seule variable à chaque fois:  $r^4$ ,  $\ln \theta$  et  $\sin \varphi |\sin \varphi| \cos \varphi$ ).

$$\text{Or, } \int_0^{2\pi} \ln \theta d\theta = 0 \quad \left( \text{c'est } \left[ \sin \theta \right]_0^{2\pi} = 0 - 0 \right)$$

Donc cette intégrale vaut 0.

⊛ Si vous ne voyez pas cela, appliquez bêtement Fubini comme suit:

$$\begin{aligned} & \int_0^1 dr \left( \int_0^\pi d\varphi \left( \int_0^{2\pi} r^4 \ln \theta \sin \varphi |\sin \varphi| \cos \varphi d\theta \right) \right) \\ &= \int_0^1 dr r^4 \left( \int_0^\pi \sin \varphi |\sin \varphi| \cos \varphi d\varphi \left( \int_0^{2\pi} \ln \theta d\theta \right) \right) \\ &= 0. \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \quad a) \quad x_n = \frac{\ln(n^n)}{n!}, \quad n \geq 1.$$

Que vaut  $\lim x_n$ ? (note: pour les suites, comme la limite est toujours pour  $n \rightarrow \infty$ , on écrit souvent " $\lim x_n$ " au lieu de " $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$ ")

Soit  $n \geq 1$  naturel.

$$0 \leq |x_n| = x_n = \frac{n \ln n}{n!} = \frac{\ln n}{(n-1)!} \leq \frac{\ln n}{n-1}$$

$\downarrow$   
 car  $(n-1)! \geq n-1$   
 $\forall n \geq 1$

(démontrée générale,  $n! \geq n \quad \forall n \geq 1$  :

$$\forall n \geq 1: n! = n \underbrace{(n-1)!}_{\geq 1} \geq n.)$$

Quand  $n$  voit cela, et quand  $n$  voit que  $\ln(n)$  tend vers  $+\infty$  beaucoup + lentement que la fonction  $n-1$ , on "sent" que  $\frac{\ln n}{n-1}$  va tendre vers 0 (car  $\ln n$  est bcp + petit que  $n-1$  quand  $n$  est "grand").

Montrons-le formellement :

$$\lim \frac{\ln n}{n-1} = ? \quad \text{c'est un cas } \frac{\infty}{\infty}.$$

On va appliquer la règle de l'Hospital à la lim de la fonction réelle  $x \mapsto \frac{\ln x}{x-1}$ :

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\ln x}{x-1} = \lim_{+\infty} \frac{\frac{1}{x}}{1} = \lim_{+\infty} \frac{1}{x} : \left( \text{car } \frac{1}{+\infty} \right),$$

cette lim vaut donc 0 par les règles de calcul sur les limites.

Donc la suite  $\frac{\ln n}{n-1}$  tend aussi vers 0.

Donc par le test de comparaison ("thm du sandwich") :

$$0 \leq \lim |x_n| = \lim x_n \leq \lim \frac{\ln n}{n-1} = 0,$$

donc  $\lim x_n = 0$ .

b) Convergence de  $\sum \frac{\ln(n^n)}{n!}$  : (série à termes positifs)

On essaie le critère du quotient (souvent ça marche bien dès qu'il y a des factorielles) :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln((n+1)^{n+1})}{(n+1)!} \cdot \frac{n!}{\ln(n^n)}$$

$$= \lim \frac{n+1}{n} \cdot \frac{\ln(n+1)}{\ln(n)} \cdot \frac{\cancel{n!}}{(n+1)\cancel{n!}}$$

$$= \lim \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \frac{\ln(n+1)}{\ln(n)} \cdot \frac{1}{n+1}$$

- $\lim \left(1 + \frac{1}{n}\right) = 1 + \lim \frac{1}{n} = 1 + 0 = 1$   
 $\cos \frac{1}{\infty} \rightarrow 0$
- $\lim \frac{1}{n+1} = 0$  ( $\cos \frac{1}{\infty}$  à nouveau)
- $\lim \frac{\ln(n+1)}{\ln(n)} = ?$   $\cos \frac{\infty}{\infty} \rightarrow$  l'Hospital

appliqué à la fonction d'une variable réelle

$$x \mapsto \frac{\ln(x+1)}{\ln(x)}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\ln(x+1)}{\ln(x)} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\frac{1}{x+1}}{\frac{1}{x}} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x}{x+1}$$

$\cos \frac{\infty}{\infty}$

$$= \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{1} = 1.$$

↓  
encore  
l'Hospital

La lim d'un produit étant égale au produit des limites (lorsque ces différentes limites existent dans  $\mathbb{R}$ ), on obtient :

$$\begin{aligned} \lim \left( \left(1 + \frac{1}{n}\right) \frac{\ln(n+1)}{\ln n} \frac{1}{n+1} \right) &= \\ &= \lim \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \lim \frac{\ln(n+1)}{\ln n} \cdot \lim \frac{1}{n+1} \\ &= 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0. \end{aligned}$$

Par le critère du quotient, notre série converge donc absolument (ainsi que simplement).

↓  
ici la conv. simple revient à la conv. absolue car c'est une série à termes  $> 0$ ).

③ On considère l'application linéaire suivante de  $\mathbb{R}^3$  dans  $\mathbb{R}^3$  :

$$L : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3 : (x, y, z) \mapsto (3x, 2y+z, x-z).$$

a) Il s'agit des composants de images de

$\bar{e}_1 = (1, 0, 0)$ ,  $\bar{e}_2 = (0, 1, 0)$  et  $\bar{e}_3 = (0, 0, 1)$  écrits en colonne :

$$L(\bar{e}_1) = L(1, 0, 0) = (3, 0, 1)$$

$$L(\bar{e}_2) = (0, 2, 0)$$

$$L(\bar{e}_3) = (0, 1, -1)$$

la matrice s'écrit donc :

$$\begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

b) Vecteurs linéairement indépendants?

Une manière de voir cela est de répartir de la déf de vecteurs lin. indépendants :

$$\lambda(3, 0, 1) + \mu(0, 2, 0) + \gamma(0, 1, -1) = (0, 0, 0)$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3\lambda = 0 \\ 2\mu + \gamma = 0 \\ \lambda - \gamma = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \lambda = 0 \\ \mu = 0 \\ \gamma = 0 \end{cases}$$

$\Rightarrow$  oui, les vecteurs sont bien lin. indépendants car la seule sol. est  $\lambda = \mu = \gamma = 0$ .

On aurait pu aussi calculer le déterminant de la matrice constituée par ces vecteurs, et constater que celui-ci est non nul.

c) Vecteurs propres :

$$\begin{vmatrix} 3-\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 2-\lambda & 1 \\ 1 & 0 & -1-\lambda \end{vmatrix} = 0 \Leftrightarrow (3-\lambda)(2-\lambda)(-1-\lambda) = 0$$
$$\Leftrightarrow \lambda = 3 \text{ ou } \lambda = 2 \text{ ou } \lambda = -1$$

$\Rightarrow$  3 valeurs propres : 3, 2 et -1.  $\lambda = -1$

• Sous-espace propre associé à 3 :  $V_3$  :

$$\begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3x \\ 3y \\ 3z \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cancel{3x=3x} \\ 2y+z=3y \\ x-z=3z \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y=z \\ x=4z \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_3 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid y=z \text{ et } x=4z\}$$

c'est une droite (intersection de 2 plans).  
Il est engendré par n'importe lequel de ses  
vecteurs non nuls (par ex. par  $(4, 1, 1)$ ).

• Sous-espace propre associé à la V.P. 2 ( $V_2$ ):

$$\begin{cases} 3x=2x \\ 2y+z=2y \\ x-z=2z \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x=0 \\ \cancel{2y=2y} \\ z=0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x=0 \\ z=0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_2 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x=0 \text{ et } z=0\}$$

Autrement dit, c'est l'intersection de 2 plans,  
c'est une droite.

Il est engendré par exemple par le vecteur  
 $(0, 1, 0)$ . ( $V_2 = \langle (0, 1, 0) \rangle$ )

• Sous-espace propre associé à la V.P. -1 ( $V_{-1}$ ).

$$\begin{cases} 3x=-x \\ 2y+z=-y \\ x-z=-z \end{cases} \begin{cases} x=0 \\ 3y+z=0 \\ \cancel{x=0} \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_{-1} = \{ (x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x=0 \text{ et } 3y+z=0 \} = \langle (0, 1, -3) \rangle$$

Il est engendré par le vecteur  $(0, 1, -3)$ .

d) le noyau de  $L$  est réduit à  $(0, 0, 0)$  car on a vu que on n'était pas valeur propre.

Donc  $L$  est injective. Comme  $L: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ ,

le dim de l'espace vectoriel de départ ( $\mathbb{R}^3$ ) est 3,

et par le thm du rang

$$\begin{array}{ccc} \dim(\mathbb{R}^3) & = & \dim \ker L + \dim \operatorname{Im} L \\ \uparrow & & \uparrow \\ 3 & & 0 \end{array}$$

$$\Rightarrow \dim \operatorname{Im} L = 3.$$

Donc  $\operatorname{Im} L$  est un sous-espace vectoriel de  $\mathbb{R}^3$  de dim 3. C'est donc  $\mathbb{R}^3$  tout entier.

Donc  $L$  surjective. (si  $W$  sous-espace de  $V$  avec  $\dim W = \dim V (< \infty)$

( $L$  est en fait une bijection). alors  $W = V$ ).

MATH-F-112 – MATHÉMATIQUES  
Modules T et S du Q2  
BIOL1 – CHIM1 – IRBI1 – SCIE1

L'examen comprend 5 questions valant chacune 10 points.  
Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**.  
Vous pouvez utiliser **UNIQUEMENT** de quoi écrire.  
Répondez à chaque question sur la page correspondante.  
Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous **ET** sur chaque feuille  
de réponse.

NOM, PRENOM:

MATRICULE:

SECTION:

Question 1		/10
Question 2		/10
Question 3		/10
Question 4		/10
Question 5		/10
Total		/50

1. (10 points) Soit l'équation différentielle

$$y'(x) - y(x) \sin(x) \cos(x) = e^{\sin^2(x)}.$$

- (a) Trouver une solution particulière de cette équation.
- (b) Résoudre l'équation homogène associée.
- (c) Donner la solution générale de l'équation.
- (d) Résoudre le problème de Cauchy pour  $y(1) = 0$ .

2. (10 points) Intégrer la fonction  $f(x, y) = y + xy$  sur le domaine  $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x^2 + y^2 \leq r_0^2, x \geq 0, y \geq 0\}$  où  $r_0$  est un nombre réel strictement positif.

3. (10 points) On considère le champ de vecteurs  $f$  défini sur  $\mathbb{R}^3$  par:

$$f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3 : (x, y, z) \mapsto (z + y, y + x, x + z)$$

- (a) Calculer la divergence et le rotationnel de ce champ en un point  $(x, y, z)$  quelconque de  $\mathbb{R}^3$
- (b) Calculer le flux de ce champ de vecteurs à travers la sphère  $S$  de rayon 1 centrée en l'origine  $(0, 0, 0)$  et orientée vers l'extérieur:

$$\iint_S f \cdot dS$$

(Aide: utiliser le théorème de la divergence)

4. (10 points) On considère la suite  $(x_n)$  définie par:

$$x_n = \frac{n+1}{n^2 3^n} \text{ pour } n \geq 1$$

- (a) Calculer la limite de cette suite:  $\lim_{n \rightarrow +\infty} x_n$
- (b) On considère maintenant la série correspondante:

$$\sum_{n=1}^{\infty} x_n$$

Cette série est-elle convergente? Est-elle convergente absolument?

5. (10 points) On considère l'opérateur linéaire suivant sur  $\mathbb{R}^3$ :

$$L : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3 : (x, y, z) \mapsto (2x, y + z, -x + 3z)$$

- (a) Écrire la matrice de  $L$  dans la base canonique de  $\mathbb{R}^3$ ;
- (b) Chercher les valeurs propres de  $L$ , et chercher les sous-espaces propres associés;
- (c) Montrer que les vecteurs  $(2, 0, -1)$ ,  $(0, 1, 0)$  et  $(0, 1, 3)$  sont linéairement indépendants.

Juin 2018

Q1  $\Delta$  erreur dans l'énoncé.

$$b) y'(x) = y(x) \cdot 2 \sin(x) \cos(x)$$

$$\frac{y'(x)}{y(x)} = 2 \sin(x) \cos(x) \Leftrightarrow \int \frac{dy}{y} = \int 2 \sin(x) \cos(x) dx$$

$$\Leftrightarrow \ln y_H = \sin^2(x) + C \quad \Leftrightarrow y_H = K \cdot e^{\sin^2 x}$$

$$c) y_P = K(x) \cdot e^{\sin^2 x}$$

$$\rightarrow K' e^{\sin^2 x} + \cancel{K(x) \cdot 2 \sin(x) \cos(x) \cdot e^{\sin^2 x}} - \cancel{K(x) \cdot e^{\sin^2 x} \cdot 2 \sin(x) \cos(x)} = e^{\sin^2 x}$$

$$\rightarrow K' = e^{\sin^2 x} \cdot e^{-\sin^2 x} = e^{\sin^2 x - \sin^2 x} = 1$$

$$\rightarrow K(x) = \int 1 dx = x$$

$$y_P = x \cdot e^{\sin^2 x}$$

$$c) y = y_H + y_P = K \cdot e^{\sin^2(x)} + x e^{\sin^2 x}$$

$$d) y(1) = 0$$

$$y = K \cdot e^{\sin^2(1)} + 1 \cdot e^{\sin^2(1)} = 0$$

$$K = -1$$

Q2

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases}$$

$$r \in [0; \pi_0]$$

$$\theta \in [0; \frac{\pi}{2}]$$

$$\int_0^{\pi_0} \int_0^{\pi/2} (r \sin \theta + r \cos \theta) r \sin \theta |r| dr d\theta$$

$$= \int_0^{\pi_0} r^2 [-\cos \theta]_0^{\pi/2} + r^3 \left[ \frac{1}{2} \sin^2 \theta \right]_0^{\pi/2} dr$$

$$= \int_0^{\pi_0} r^2 [-0 - (-1)] + r^3 \left[ \frac{1}{2} \cdot 1^2 - \frac{1}{2} \cdot 0^2 \right] dr$$

$$= \int_0^{\pi_0} r^2 + \frac{r^3}{2} dr$$

$$= \int_0^{\pi_0} r^2 dr + \frac{1}{2} \int_0^{\pi_0} r^3 dr$$

$$= \left[ \frac{r^3}{3} \right]_0^{\pi_0} + \frac{1}{2} \left[ \frac{r^4}{4} \right]_0^{\pi_0}$$

$$= \frac{\pi_0^3}{3} + \frac{\pi_0^4}{8}$$

Jun 2018

3) a)  $\nabla \cdot \vec{f} = 2$

$$\begin{pmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z+y \\ y+x \\ x+z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

b) 
$$\begin{cases} x = r \sin \theta \cos \varphi & \theta \in [0; \pi] \\ y = r \sin \theta \sin \varphi & \varphi \in [0; 2\pi] \\ z = r \cos \theta \end{cases}$$

$$\iiint \nabla \cdot \vec{f} \, dx \, dy \, dz \quad \xrightarrow{r^2 \sin \theta \, d\theta \, d\varphi \, dr}$$

$$\int_0^1 \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} 2r^2 \sin \theta \, d\theta \, d\varphi \, dr$$

$$\int_0^1 2r^2 \, dr \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi \cdot \int_0^{\pi} \sin \theta \, d\theta$$

$$2 \left[ \frac{r^3}{3} \right]_0^1 \cdot [\varphi]_0^{2\pi} \cdot [-\cos \theta]_0^{\pi}$$

$$\frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot (-(-1) - (-1)) = \frac{8\pi}{3}$$

$$\textcircled{4} \quad (a) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2 3^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2} \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{3^n}$$

$\downarrow$   
 lim d'un produit  
 = produit des limites  
 si chacune des limites existe

•  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2} = ? \quad \text{Car } \frac{\infty}{\infty}$

$\lim_{\substack{x \rightarrow +\infty \\ x \in \mathbb{R}}} \frac{x+1}{x^2} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{2x} : \text{Car } \frac{1}{\infty}$

$\downarrow$   
 règle Hospital

Par la règle de calcul sur au cours, cette limite est nulle.

$$\Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2} = 0.$$

•  $\lim_{n \rightarrow \infty} 3^n = +\infty$ . Donc pas la même règle de calcul (car  $\frac{1}{\infty}$ ),

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{3^n} = 0.$$

•  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2 3^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n^2} \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{3^n} = 0 \cdot 0 = 0.$

(b) la série  $\sum \frac{n+1}{n^2} \frac{1}{3^n}$  est une série à termes

positifs. La convergence est donc équivalente à la conv. (simple)

absolue.

Par ailleurs,  $0 \leq \frac{n+1}{n^2} \leq 1$  dès que  $n^2 - n - 1 \geq 0$  ce

qui est le cas  $\forall n \geq 2$ .

Donc pour  $n \geq 2$ , on a  $0 \leq \frac{n+1}{n^2} \frac{1}{3^n} \leq \frac{1}{3^n}$ .

Où  $\sum \frac{1}{3^n}$  converge (absolument) car c'est  
la série géométrique de raison  $\frac{1}{3}$  (plus petite que  
1) et on a vu que  $\sum z^n$  converge absolument  
 $\forall z$  tel que  $|z| < 1$ . C'est bien le cas ici ( $z = \frac{1}{3}$ ),  
donc  $\sum \frac{1}{3^n}$  conv. absolt.

Par le critère de comparaison,  $\sum \frac{n+1}{n^2} \frac{1}{3^n}$  converge  
absolument, et donc en particulier aussi simplement.

⑤ Opérateur linéaire :

$$L: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3: (x, y, z) \mapsto (2x, y+z, -x+3z)$$

(a) Matrice de  $L$  : il suffit de chercher l'image de  
la base canonique par  $L$  et de mettre les coord. en  
colonne.

$$L(1, 0, 0) = (2, 0, -1)$$

$$L(0, 1, 0) = (0, 1, 0)$$

$$L(0, 0, 1) = (0, 1, 3)$$

$$\rightarrow \text{matrice : } \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

(b) Valeurs propres de  $L$  :

$$\det \begin{pmatrix} 2-\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1-\lambda & 1 \\ -1 & 0 & 3-\lambda \end{pmatrix} = 0 \Leftrightarrow (2-\lambda)(1-\lambda)(3-\lambda) = 0$$

$$\Leftrightarrow \lambda = 2 \text{ ou } \lambda = 1 \text{ ou } \lambda = 3.$$

Sous-espace propre  $V_1$  associé à  $\lambda = 1$  :

On cherche  $(x, y, z)$  tel que  $L(x, y, z) = (x, y, z)$  :

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 2x = x \\ y+z = y \\ -x+3z = z \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x=0 \\ z=0 \\ (0=0) \end{cases}$$

C'est donc le sous-espace :

$$V_1 = \{ (x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x=z=0 \}. \text{ C'est en}$$

fait l'axe des  $y$ .

Sous-espace  $V_2$  :

$$L(x, y, z) = 2(x, y, z) \Leftrightarrow \begin{cases} 2x = 2x \\ y+z = 2y \\ -x+3z = 2z \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y=z \\ z=x \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_2 = \{ (x, y, z) \mid x=y=z \}. \text{ (C'est une bissectrice)}$$

Sous-espace  $V_3$  :

$$L(x, y, z) = 3(x, y, z) \Leftrightarrow \begin{cases} 2x = 3x \\ y+z = 3y \\ -x+3z = 3z \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x=0 \\ z=2y \\ x=0 \end{cases} \Rightarrow V_3 = \{(x, y, z) \mid x=0 \text{ et } z=2y\}.$$

C'est une droite située dans le plan  $(y, z)$ , passant par l'origine  $(0, 0, 0)$ , et de pente 2 (coefficient angulaire).

(c) Pour voir que les vecteurs  $(2, 0, -1)$ ,  $(0, 1, 0)$  et  $(0, 1, 3)$ , sont lin. ind<sup>t</sup>, on peut par ex. calculer le dét. de la matrice qu'ils constituent :

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 2 \cdot 3 - 1 \cdot 0 = 6 \neq 0$$

Comme ce dét. est non nul, les 3 vecteurs sont lin<sup>t</sup> indépendants.

Une autre manière (+ longue) est de montrer que la seule solution du système d'équations :

$$\lambda (2, 0, -1) + \mu (0, 1, 0) + \gamma (0, 1, 3) = (0, 0, 0)$$

et la solution  $\begin{cases} \lambda = 0 \\ \mu = 0 \\ \gamma = 0 \end{cases}$ .

Le système se résout :

$$\begin{cases} 2\lambda = 0 \\ \mu + \gamma = 0 \\ -\lambda + 3\gamma = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \lambda = 0 \\ \mu = -\gamma \\ 3\gamma = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \lambda = 0 \\ \mu = 0 \\ \gamma = 0 \end{cases}.$$

Donc les vecteurs sont bien linéairement indépendants.

# Examen de MATH F-112 de Janvier 2019 – MATHÉMATIQUES

Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**. Répondez à chaque exercice sur la ou les page correspondante(s).

Vous pouvez utiliser uniquement de quoi écrire. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie. **Vous n'avez pas le droit à vos propres feuilles de brouillon.** LE SUJET DOIT RESTER AGRAFÉ: **une copie sans agrafe sera refusée.**

Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous ET sur chaque feuille de réponse.

NOM, PRÉNOM:

MATRICULE:

SECTION:

Q. Théoriques		/10
Exercice 1		/10
Exercice 2		/10
Exercice 3		/ 12
Exercice 4		/10
Exercice 5		/ 8
Total		/ 60

## QUESTIONS THÉORIQUES

- (1) Soient  $x$  et  $y$  deux nombres réels. Exprimer (sans donner de justification)  $\cos(x+y)$  et  $\sin(x+y)$  en fonction de  $\cos(x)$ ,  $\sin(x)$ ,  $\cos(y)$  et  $\sin(y)$ .
  - (2) Si  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$  désignent deux vecteurs de l'espace  $\mathbb{R}^3$ , définissez leur produit vectoriel  $\vec{a} \times \vec{b}$  et exprimez  $\|\vec{a} \times \vec{b}\|$  en fonction de  $\|\vec{a}\|$ ,  $\|\vec{b}\|$  et de l'angle entre  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$ .
-

## EXERCICE 1

En utilisant un changement de variable judicieux, calculer

$$\int_{\ln 2}^{\ln 3} \frac{e^t}{e^{2t} - 1} dt.$$

---

## EXERCICE 2

Résoudre, en utilisant la méthode du pivot de Gauss, le système linéaire suivant:

$$\begin{cases} x + y + z = 2 \\ 2x + y + z = 3 \\ 3x + y + 3z = -1 \end{cases}$$

---

## EXERCICE 3

On rappelle que la fonction tangente est définie, pour  $x \in ] - \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}[$ , par

$$\tan(x) = \frac{\sin(x)}{\cos(x)}.$$

On rappelle aussi que la fonction tan admet une *fonction réciproque* sur  $] - \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}[$ , qu'on notera ici arctan:

$$\arctan : ] - \infty, +\infty[ \rightarrow ] - \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}[, \quad x \mapsto \arctan(x).$$

(1) Montrer que

$$\tan'(x) = 1 + (\tan(x))^2.$$

(2) Montrer que, pour tout  $y \in ] - \infty, \infty[$ :

$$(\arctan)'(y) = \frac{1}{1 + y^2}.$$

[Indication: utiliser la question 1.]

(3) Donner le polynôme de Taylor d'ordre 2 de la fonction arctan en 0.

---

## EXERCICE 4

Trouver l'équation du plan de  $\mathbb{R}^3$  passant par le point  $A = (4, -2, 1)$  et perpendiculaire à la droite d'équations

$$\frac{x - 1}{7} = \frac{y - 3}{2} = \frac{z - 2}{3}.$$

---

## EXERCICE 5

Résoudre l'équation

$$\log_9(x^3) + 2\log_3\left(\frac{1}{x}\right) = 1.$$

---

# Examen de MATH F-112 de JUIN 2019 – PARTIE Q1 DU MODULE T

BA1 BIOL/CHIM/IRBI/SCIE/INFO

Durée: 2h

**Vérifiez que ce sujet correspond à votre section.**

Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**. Répondez à chaque exercice sur la ou les page correspondante(s).

Vous pouvez utiliser uniquement de quoi écrire. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie. **Vous n'avez pas le droit à vos propres feuilles de brouillon.** LE SUJET DOIT RESTER AGRAFÉ: une copie sans agrafe sera refusée.

Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous ET sur chaque feuille de réponse.

NOM, PRÉNOM:

MATRICULE:

Exercice 1		/10
Exercice 2		/10
Exercice 3		/ 10
Exercice 4		/10
Total		/ 40

## EXERCICE 1

En utilisant *la méthode du pivot de Gauss* et en justifiant à chaque étape les opérations effectuées, résolvez le système linéaire suivant d'inconnues  $(x, y, z, t)$ :

$$\begin{cases} x - 2y - t = -5 \\ x - y + z - t = -2 \\ 2x - y + z - 2t = -3 \\ 3x + 3y + 3z - 3t = 0 \end{cases}$$

**Correction:** On écrit le système sous la forme d'une matrice augmentée:

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 1 & -2 & 0 & -1 & -5 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & 1 & -2 & -3 \\ 3 & 3 & 3 & -3 & 0 \end{array} \right)$$

Les opérations sur les lignes donnent alors:

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 1 & -2 & 0 & -1 & -5 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & 1 & -2 & -3 \\ 3 & 3 & 3 & -3 & 0 \end{array} \right) \begin{array}{l} L_2 \leftarrow L_2 - L_1 \\ L_3 \leftarrow L_3 - 2L_1 \\ L_4 \leftarrow L_4 - 3L_1 \end{array} \Rightarrow \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & -2 & 0 & -1 & -5 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & 1 & 0 & 7 \\ 0 & 9 & 3 & 0 & 15 \end{array} \right)$$

$$\xRightarrow{L_4 \leftarrow \frac{1}{3}L_4} \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & -2 & 0 & -1 & -5 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & 1 & 0 & 7 \\ 0 & 3 & 1 & 0 & 5 \end{array} \right)$$

Les deux dernières équations sont incompatibles donc le système n'a pas de solutions.

## EXERCICE 2

(1) Soit  $R > 0$ . Calculer

$$\int_3^R \frac{dx}{x^2 - 3x + 2}.$$

(2) Est-ce que  $\int_3^{+\infty} \frac{1}{x^2 - 3x + 2} dx$  existe? (Autrement dit: est-ce que l'intégrale converge?). Si oui, donner sa valeur.

(3) Soit  $2 < r < 3$ . Calculer  $\int_r^3 \frac{dx}{x^2 - 3x + 2}$ .

(4) Est-ce que  $\int_2^3 \frac{dx}{x^2 - 3x + 2}$  existe? Si oui, donner sa valeur.

**Correction:**

(1) Le polynôme de second degré  $x^2 - 3x + 2$  a pour racines 1 et 2 et se factorise sous la forme suivante:

$$x^2 - 3x + 2 = (x - 1)(x - 2).$$

Par le cours, on sait alors que la fraction rationnelle  $\frac{1}{x^2 - 3x + 2}$  s'écrit sous la forme suivante:

$$\frac{1}{x^2 - 3x + 2} = \frac{a}{x - 1} + \frac{b}{x - 2},$$

où  $a$  et  $b$  sont deux constantes que nous devons déterminer. On réduit au même dénominateur:

$$\begin{aligned} \frac{a}{x - 1} + \frac{b}{x - 2} &= \frac{a(x - 2) + b(x - 1)}{(x - 1)(x - 2)} \\ &= \frac{(a + b)x - 2a - b}{x^2 - 3x + 2}. \end{aligned}$$

Nous avons donc  $a + b = 0$  et  $-2a - b = 1$ , ce qui donne alors  $b = 1$  et  $a = -1$ . On a donc :

$$\begin{aligned} \int_3^R \frac{dx}{x^2 - 3x + 2} &= \int_3^R \left( \frac{1}{x-2} - \frac{1}{x-1} \right) dx \\ &= [\ln(x-2) - \ln(x-1)]_3^R \\ &= \left[ \ln \left( \frac{x-2}{x-1} \right) \right]_3^R \\ &= \ln \left( \frac{R-2}{R-1} \right) - \ln \left( \frac{1}{2} \right) \\ &= \ln \left( \frac{R-2}{R-1} \right) + \ln 2. \end{aligned}$$

- (2) Par définition,  $\int_3^{+\infty} \frac{1}{x^2-3x+2} dx$  existe si  $\int_3^R \frac{1}{x^2-3x+2} dx$  a une limite lorsque  $R$  tend vers  $+\infty$ , et dans ce cas la valeur de  $\int_3^{+\infty} \frac{1}{x^2-3x+2} dx$  est cette limite. Comme

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{R-2}{R-1} = 1,$$

par la question précédente et la règle de composition des limites on a

$$\int_3^{+\infty} \frac{1}{x^2 - 3x + 2} dx = \lim_{R \rightarrow +\infty} \int_3^R \frac{1}{x^2 - 3x + 2} dx = \ln 2.$$

- (3) **On connaît déjà une primitive de  $\frac{1}{x^2-3x+2}$  qu'on a calculée à la question (1) donc on réutilise le calcul ici :**

$$\begin{aligned} \int_r^3 \frac{dx}{x^2 - 3x + 2} &= \left[ \ln \left( \frac{x-2}{x-1} \right) \right]_r^3 \\ &= -\ln 2 + \ln \left( \frac{r-1}{r-2} \right) \end{aligned}$$

- (4) Comme  $\lim_{r \rightarrow 2} \ln \left( \frac{r-1}{r-2} \right) = +\infty$  l'intégrale  $\int_2^3 \frac{dx}{x^2-3x+2}$  n'existe pas.

## EXERCICE 3

Montrer par récurrence que pour tout entier naturel  $n$ :

$$\sum_{k=0}^n k^3 = \frac{n^2(n+1)^2}{4}.$$

---

**Correction:**

On définit, pour tout entier  $n \geq 0$ , la proposition suivante:

$$P(n) : \sum_{k=0}^n k^3 = \frac{n^2(n+1)^2}{4}.$$

**Initialisation:** d'un côté,  $\sum_{k=0}^0 k^3 = 0^3 = 0$ . D'un autre côté,  $\frac{0^2 \times (0+1)^2}{4} = 0$ . Ces deux quantités sont égales, et donc  $P(0)$  est vraie.

**Étape de récurrence:** supposons que la propriété  $P(n)$  est vraie pour un certain entier  $n \geq 0$ . On veut montrer que  $P(n+1)$  est encore vraie, et donc on calcule la somme de gauche:

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{n+1} k^3 &= \sum_{k=0}^n k^3 + (n+1)^3 \\ &= \frac{n^2(n+1)^2}{4} + (n+1)^3, \end{aligned}$$

où pour écrire cette dernière égalité on a utilisé l'hypothèse de récurrence. On continue alors le calcul:

$$\begin{aligned}\sum_{k=0}^{n+1} k^3 &= \frac{n^2(n+1)^2}{4} + (n+1)^3 \\ &= (n+1)^2 \left[ \frac{n^2}{4} + (n+1) \right] \\ &= (n+1)^2 \times \frac{n^2 + 4n + 4}{4} \\ &= (n+1)^2 \times \frac{(n+2)^2}{4} \\ &= \frac{(n+1)^2(n+1+1)^2}{4}.\end{aligned}$$

Donc  $P(n+1)$  est démontrée.

## EXERCICE 4

On rappelle que les fonctions *sinus et cosinus hyperbolique* sont données, pour tout  $x \in \mathbb{R}$ , par

$$\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad \text{et} \quad \cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}.$$

(1) Montrer que pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,

$$\cosh(x)^2 - \sinh(x)^2 = 1.$$

(2) Montrer que pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,

$$\sinh'(x) = \cosh(x) \quad \text{et} \quad \cosh'(x) = \sinh(x).$$

(3) On admet que  $\sinh : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  admet une fonction réciproque, notée  $\operatorname{argsh} : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ . Montrer que pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,

$$\operatorname{argsh}'(x) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + 1}}.$$

(4) En déduire que pour tout  $x \in \mathbb{R}$ ,

$$\operatorname{argsh}(x) = \ln \left( x + \sqrt{x^2 + 1} \right).$$

**Correction:**

(1) On calcule:

$$\begin{aligned} \cosh(x)^2 - \sinh(x)^2 &= \left( \frac{e^x + e^{-x}}{2} \right)^2 - \left( \frac{e^x - e^{-x}}{2} \right)^2 \\ &= \frac{e^{2x} + 2 + e^{-2x} - (e^{2x} - 2 + e^{-2x})}{4} \\ &= \frac{4}{4} = 1. \end{aligned}$$

(2) Comme la dérivée de  $x \mapsto e^{-x}$  est  $-e^{-x}$  il sort:

$$\sinh'(x) = \frac{e^x - (-e^{-x})}{2} = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \cosh(x),$$

et de même pour la dérivée de  $\cosh(x)$ .

- (3) Par la formule de la dérivée des fonctions réciproques on a, pour tout  $x \in \mathbb{R}$ :

$$\operatorname{argsh}'(x) = \frac{1}{\sinh'(\operatorname{argsh}(x))} = \frac{1}{\cosh(\operatorname{argsh}(x))}.$$

En utilisant la question (1) on trouve:

$$\cosh(\operatorname{argsh}(x))^2 - \sinh(\operatorname{argsh}(x))^2 = 1,$$

et comme par définition  $\sinh(\operatorname{argsh}(x)) = x$  on trouve

$$\cosh(\operatorname{argsh}(x)) = \sqrt{x^2 + 1}.$$

La dérivée de  $\operatorname{argsh}$  est alors:

$$\operatorname{argsh}'(x) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + 1}}.$$

- (4) On calcule la dérivée de la fonction  $x \mapsto \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$ :  
par la dérivée des fonctions composées on trouve:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left( \ln(x + \sqrt{x^2 + 1}) \right) &= \frac{1 + \frac{x}{\sqrt{x^2 + 1}}}{x + \sqrt{x^2 + 1}} \\ &= \frac{\sqrt{x^2 + 1} + x}{x\sqrt{x^2 + 1} + x^2 + 1} \\ &= \frac{\sqrt{x^2 + 1} + x}{x\sqrt{x^2 + 1} + x^2 + 1} \times \frac{x^2 + 1 - x\sqrt{x^2 + 1}}{x^2 + 1 - x\sqrt{x^2 + 1}} \\ &= \frac{(x^2 + 1)\sqrt{x^2 + 1} - x(x^2 + 1) + x(x^2 + 1) - x^2\sqrt{x^2 + 1}}{(x^2 + 1)^2 - x^2(x^2 + 1)} \\ &= \frac{(x^2 + 1)\sqrt{x^2 + 1} - x^2\sqrt{x^2 + 1}}{(x^2 + 1)^2 - x^2(x^2 + 1)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{x^2 + 1}} \times \frac{(x^2 + 1)(x^2 + 1) - x^2(x^2 + 1)}{(x^2 + 1)^2 - x^2(x^2 + 1)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{x^2 + 1}}. \end{aligned}$$

Les deux fonctions considérées ont même dérivée donc sont égales à une constante près. Comme elles valent toutes les deux 0 en 0 elles sont donc égales.

# Examen de MATH F-112 de JUIN 2019 – PARTIE Q2 DU MODULE T

Durée: 1h30

**Vérifiez que ce sujet correspond à votre section.**

Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**. Répondez à chaque exercice sur la ou les page correspondante(s).

Vous pouvez utiliser uniquement de quoi écrire. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie. **Vous n'avez pas le droit à vos propres feuilles de brouillon.** LE SUJET DOIT RESTER AGRAFÉ: **une copie sans agrafe sera refusée.**

Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous ET sur chaque feuille de réponse.

NOM, PRÉNOM:

MATRICULE:

Exercice 1		/10
Exercice 2		/10
Total		/ 20

## EXERCICE 1

Soit  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  définie par

$$f(x, y) = \frac{1}{1 + x^2 + y^2}.$$

- (1) Calculer le gradient de  $f$  et la matrice Hessienne de  $f$  en un point  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ .
- (2) Déterminer tous les points critiques de  $f$  sur  $\mathbb{R}^2$ . Pour chaque point critique, déterminer sa nature (c'est-à-dire: dire si c'est ou non un maximum local ou un minimum local).
- (3) Soit  $R > 0$ . On note  $C$  la région de l'espace  $\mathbb{R}^3$  égale à l'intersection entre le demi-cylindre  $\{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3, x^2 + y^2 \leq R^2, z \geq 0\}$  et la région située en-dessous du graphe de la fonction  $f$ .

Calculer le volume de  $C$ .

**Correction:**

- (1) Le gradient est le vecteur de  $\mathbb{R}^2$  composé des dérivées partielles de  $f$ :

$$\nabla f(x, y) = \left( \frac{\partial f}{\partial x}(x, y), \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) \right).$$

En dérivant d'abord par rapport à  $x$  (en considérant  $y$  comme une constante) et ensuite par rapport à  $y$  on trouve:

$$\nabla f(x, y) = \left( \frac{-2x}{(1 + x^2 + y^2)^2}, \frac{-2y}{(1 + x^2 + y^2)^2} \right).$$

La matrice Hessienne est la matrice formée par les dérivées partielles secondes:

$$\text{Hess}(f)(x, y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, y) & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}(x, y) \end{pmatrix}$$

En dérivant les expressions des dérivées partielles précédentes on trouve alors:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, y) &= \frac{-2}{(1+x^2+y^2)^2} + \frac{8x^2}{(1+x^2+y^2)^3} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) &= \frac{8xy}{(1+x^2+y^2)^3} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) &= \frac{-2}{(1+x^2+y^2)^2} + \frac{8y^2}{(1+x^2+y^2)^3}\end{aligned}$$

- (2) On rappelle que  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$  est un point critique pour  $f$  si et seulement si  $\frac{\partial f}{\partial x}(x, y) = 0$  et  $\frac{\partial f}{\partial y}(x, y) = 0$ . Avec l'expression trouvée ci-dessus on a:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial x}(x, y) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} \frac{-2x}{(1+x^2+y^2)^2} = 0 \\ \frac{-2y}{(1+x^2+y^2)^2} = 0 \end{cases} \iff (x, y) = (0, 0).$$

Le point  $(0, 0)$  est donc le seul point critique de  $f$  sur  $\mathbb{R}^2$ . En remplaçant  $x$  et  $y$  respectivement par 0 et 0 dans l'expression de la Hessienne de  $f$ , la matrice Hessienne de  $f$  en  $(0, 0)$  vaut:

$$\text{Hess}(f)(0, 0) = \begin{pmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}.$$

Le déterminant de cette matrice vaut 4, qui est strictement positif. Comme  $-2$  est strictement négatif,  $(0, 0)$  est un minimum local de  $f$  sur  $\mathbb{R}^2$  (et en particulier un minimum global, car c'est le seul point critique).

- (3) Par définition, le volume de la région  $C$  est donné par la double intégrale:

$$\begin{aligned}\text{Vol}(C) &= \int_{\{x^2+y^2 \leq R^2\}} f(x, y) dx dy \\ &= \int_{\{x^2+y^2 \leq R^2\}} \frac{1}{1+x^2+y^2} dx dy\end{aligned}$$

On calcule cette intégrale avec un changement de coordonnées polaires  $(\rho, \theta)$ , où  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ . Le domaine sur lequel on intègre devient dans ces coordonnées:

$$\left\{ 0 \leq \rho \leq R, 0 \leq \theta < 2\pi \right\}.$$

L'élément de volume se transforme comme  $dx dy = \rho d\rho d\theta$ , de sorte que le volume de  $C$  se calcule comme:

$$\begin{aligned} \text{Vol}(C) &= \int_0^R \int_0^{2\pi} \frac{\rho}{1 + \rho^2} d\rho d\theta \\ &= 2\pi \int_0^R \frac{\rho}{1 + \rho^2} d\rho \\ &= [\pi \ln(1 + \rho^2)]_0^R \\ &= \pi \ln(1 + R^2). \end{aligned}$$

## EXERCICE 2

On considère l'équation différentielle suivante, définie sur  $\mathbb{R}$ :

$$y' - 5x^4y = 5x^4.$$

- (1) Donner toutes les solutions  $y : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  de l'équation homogène

$$y' - 5x^4y = 0.$$

- (2) Donner une solution particulière de l'équation

$$y' - 5x^4y = 5x^4.$$

- (3) Résoudre les problèmes de Cauchy suivants:

$$\begin{cases} y' - 5x^4y = 5x^4 \\ y(0) = 3 \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} y' - 5x^4y = 5x^4 \\ y(0) = -1 \end{cases}.$$

On considère maintenant l'équation différentielle suivante, définie sur  $\mathbb{R}$ :

$$y'' - 2y' + y = 3e^x.$$

- (4) Donner toutes les solutions  $y : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  de l'équation homogène

$$y'' - 2y' + y = 0.$$

- (5) Montrer que, pour une certaine valeur de  $\beta$  qu'on déterminera, la fonction  $x \mapsto \beta x^2 e^x$  est une solution particulière de l'équation

$$y'' - 2y' + y = 3e^x.$$

- (6) Donner alors toutes les solutions de l'équation

$$y'' - 2y' + y = 3e^x.$$

**Correction**

- (1) Soit  $y : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ . Alors

$$y' - 5x^4y = 0 \iff \frac{y'}{y} = 5x^4 \iff \int \frac{y'}{y} dx = \int 5x^4 dx \iff \ln |y| = x^5 + C$$

pour une constante  $C \in \mathbb{R}$ . Ceci donne donc:

$$|y| = e^C e^{x^5} = C' e^{x^5}$$

et donc

$$y = C' e^{x^5}$$

pour une contante  $C' \in \mathbb{R}$ .

- (2) Pour ce genre d'équations on commence toujours par chercher une solution constante. Dans ce cas  $y(x) = a$  est solution si et seulement si

$$-5x^4 a = 5x^4 \iff a = -1.$$

$y(x) = -1$  est donc une solutions constante de l'équation. Sinon la méthode de la variation des constantes permet de retrouver cette solution particulière.

- (3) La solution générale de l'équation différentielle  $y' - 5x^4 y = 5x^4$  est donc donnée par:

$$y(x) = -1 + C' e^{x^5}$$

pour  $C' \in \mathbb{R}$ .

Si on impose  $y(0) = 3$  on a alors  $3 = y(0) = -1 + C'$  et donc  $C' = 4$ . La solution du premier problème de Cauchy est donc

$$y(x) = -1 + 4e^{x^5}.$$

Si on impose en revanche  $y(0) = -1$  on a alors  $-1 = y(0) = -1 + C'$  et donc  $C' = 0$ . La solution du deuxième problème de Cauchy est donc

$$y(x) = -1.$$

- (4) L'équation caractéristique associée à l'équation homogène est

$$\lambda^2 - 2\lambda + 1 = 0,$$

dont 1 est **une racine double**. La solution générale de l'équation homogène est ainsi donnée par:

$$y(x) = C_1 e^x + C_2 x e^x$$

pour deux constante  $C_1$  et  $C_2$ .

(5) Soit  $y_0(x) = \beta x^2 e^x$ . Alors:

$$y_0'(x) = \beta(2x + x^2)e^x,$$

$$y_0''(x) = \beta(2 + 4x + x^2)e^x.$$

Ainsi,  $y_0$  est solution particulière de l'équation  $y'' - 2y' + y = 3e^x$  si et seulement si:

$$\beta(2 + 4x + x^2)e^x - 2\beta(2x + x^2)e^x + \beta x^2 e^x = 3e^x$$

$$\iff e^x (2\beta + 4\beta x - 4\beta x + \beta x^2 - 2\beta x^2 + \beta x^2) = 3e^x$$

$$\iff 2\beta e^x = 3e^x \iff \beta = \frac{3}{2}.$$

La solution particulière cherchée est ainsi

$$y_0(x) = \frac{3}{2}x^2 e^x.$$

(6) Toutes les solutions de l'équation  $y'' - 2y' + y = 3e^x$  sont alors données par:

$$y(x) = \frac{3}{2}x^2 e^x + C_1 e^x + C_2 x e^x.$$

# Examen de MATH F-112 d'AOÛT 2019 – PARTIE Q1 DU MODULE T

BA1 BIOL/CHIM/IRBI/SCIE/INFO

Durée: 2h

**Vérifiez que ce sujet correspond à votre section.**

Toutes vos réponses doivent être **soigneusement justifiées**. Répondez à chaque exercice sur la ou les page correspondante(s).

Vous pouvez utiliser uniquement de quoi écrire. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie. **Vous n'avez pas le droit à vos propres feuilles de brouillon.** LE SUJET DOIT RESTER AGRAFÉ: **une copie sans agrafe sera refusée.**

Inscrivez vos nom, prénom, matricule ci-dessous ET sur chaque feuille de réponse.

NOM, PRÉNOM:

MATRICULE:

Exercice 1		/10
Exercice 2		/10
Exercice 3		/ 10
Exercice 4		/10
Total		/ 40

## EXERCICE 1

- (1) Calculer le produit scalaire *et* le produit vectoriel des vecteurs

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ et } \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix}.$$

- (2) Écrire l'équation *cartésienne* du plan passant par le point  $A = (1, 1, 1)$  et orthogonal à la droite d'équations paramétriques

$$\begin{cases} x = -5t \\ y = 4t \\ z = t \end{cases}$$

- (3) Soit  $D$  la droite de vecteur directeur  $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$  et passant par le point  $B = (1, 1, 1)$ . Est-ce que le plan d'équation cartésienne

$$x + 2y + 3z - 6 = 0$$

contient  $D$ ?

---

## EXERCICE 2

(1) Calculer

$$\int_1^e \ln x dx.$$

(2) Calculer

$$\int_0^1 x^2 e^{x^3} dx.$$

---

## EXERCICE 3

On considère la fonction

$$f(x) = x \cos(x^2)$$

définie pour tout  $x \in \mathbb{R}$ .

- (1) Calculer  $f'(x)$  et  $f''(x)$ .
- (2) Donner le polynôme de Taylor d'ordre 2 de  $f$  en 0.
- (3) Calculer

$$\int_0^{\sqrt{\pi}} f(x) dx.$$

---

## EXERCICE 4

Résoudre l'équation

$$\log_8(x^3) + \log_2(4 - x) = 2.$$

---

## CORRECTION

Faculté des Sciences  
**Interrogation de Mathématiques — Math-F-112**  
 (Titulaires : J. De Saedeleer, D. Leemans, M. D'Adderio)

29 Octobre 2019

Sections: BIOL1, CHIM1, GEOG1, GEOL1, INFO1, IRBI1, SCIE1

Votre matricule, à noircir :

<input type="checkbox"/>	0										
<input type="checkbox"/>	1										
<input type="checkbox"/>	2										
<input type="checkbox"/>	3										
<input type="checkbox"/>	4										
<input type="checkbox"/>	5										
<input type="checkbox"/>	6										
<input type="checkbox"/>	7										
<input type="checkbox"/>	8										
<input type="checkbox"/>	9										

Consignes :

- Indiquez votre nom, prénom et matricule aux endroits indiqués et sur chaque feuille que vous rendez.
- Répondez aux questions à choix multiple en noircissant la case appropriée.

Votre NOM et Prénom :

Votre section :

Les questions qui suivent sont à choix multiple, répondez-y en cochant la case appropriée.

**Question 1** Parmi les fonctions suivantes quelle est celle qui est paire ?

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + 1$ | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x$           |
| <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow \sin(x)$            | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^3 + x$     |
| <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow 2 - x$              | <input type="checkbox"/> $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} : x \rightarrow x^2 + x + 2$ |

**Question 2** Le produit  $(5, 2, 3) \times (1, 3, 2)$  vaut

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> $(3, 2, -1)$  | <input checked="" type="checkbox"/> $(-5, -7, 13)$ | <input type="checkbox"/> $(7, 13, 2)$  |
| <input type="checkbox"/> $(-5, 7, 13)$ | <input type="checkbox"/> $(1, 5, -5)$              | <input type="checkbox"/> $(13, 3, -3)$ |

**Question 3** Quel est l'ensemble des solutions de l'équation  $(\sin(x) + \cos(x))^2 = 1$  ?

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> $\{\pi/4 + k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$  | <input type="checkbox"/> $\{2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$         | <input type="checkbox"/> $\{k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$              |
| <input type="checkbox"/> $\{\pi/2 + 2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$ | <input type="checkbox"/> $\{\pi/4 + 2k\pi   k \in \mathbb{Z}\}$ | <input checked="" type="checkbox"/> $\{k\pi/2   k \in \mathbb{Z}\}$ |

**Question 4** Le point symétrique au point  $(1, 1)$  par rapport à la droite d'équation  $y = 3 - x$  est le point de coordonnées

- |  |                                    |                                    |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> $(2, 2)$ | <input type="checkbox"/> $(3, -1)$ | <input type="checkbox"/> $(2, 4)$  |
| <input type="checkbox"/> $(-1, 1)$           | <input type="checkbox"/> $(0, 0)$  | <input type="checkbox"/> $(-2, 1)$ |

**Question 5** Si  $x$  est tel que  $\log_x 5 = 2$ ,  $x$  vaut

- |  |                              |                                      |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> $\sqrt{5}$ | <input type="checkbox"/> 125 | <input type="checkbox"/> 25          |
| <input type="checkbox"/> $1/5$                 | <input type="checkbox"/> 5   | <input type="checkbox"/> $\sqrt{25}$ |

**Question 6** Combien de mots de 3 lettres peut-on former avec les lettres X, Y, Z, T, U et V ?

- |                              |   |                              |
|------------------------------|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 108 | <input checked="" type="checkbox"/> 216 | <input type="checkbox"/> 120 |
| <input type="checkbox"/> 45  | <input type="checkbox"/> 180            | <input type="checkbox"/> 28  |

CORRECTION

**Question 7** Lesquelles des argumentations suivantes sont correctes ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Quand il pleut je prend mon parapluie. J'ai pris mon parapluie aujourd'hui. Donc il pleut aujourd'hui.     | <input type="checkbox"/> Aucun étudiant ne possède une voiture. Donc aucun conducteur n'est étudiant. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aucun étudiant n'est âgé de plus de 45 ans. Alfred a 60 ans. Alfred n'est donc pas un étudiant. | <input type="checkbox"/> Tout étudiant a le droit de vote. Jules a voté, Jules est donc un étudiant.  |
| <input type="checkbox"/> Tout étudiant étudie durant le week-end. Jacques travaille le vendredi. Jacques n'est donc pas étudiant.   |   |

**Question 8** L'équation du plan de  $\mathbb{R}^3$  passant par  $a = (1, 2, 3)$  et perpendiculaire à la droite passant par les points  $b = (1, 1, 1)$  et  $c = (0, 1, 2)$  est

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> $x + 2y + z = 16$ | <input type="checkbox"/> $x + y + z = 12$           |
| <input type="checkbox"/> $z = 5$           | <input type="checkbox"/> $x + z = 8$                |
| <input type="checkbox"/> $y - 2z = 6$      | <input checked="" type="checkbox"/> $x - z + 2 = 0$ |

**Question 9** Le cosinus de l'angle  $-2\pi/3$  vaut

- |  |  |                                       |
|--|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $\sqrt{3}/2$  | <input checked="" type="checkbox"/> $-1/2$ | <input type="checkbox"/> $1/2$        |
| <input type="checkbox"/> $-\sqrt{3}/2$ | <input type="checkbox"/> $-\sqrt{2}/2$     | <input type="checkbox"/> $\sqrt{2}/2$ |

**Question 10** Pour quelle(s) valeur(s) de  $\lambda$ , la droite de  $\mathbb{R}^3$  d'équation

$$\frac{x-3}{4} = \frac{y-2}{5} = \frac{z}{\lambda}$$

est-elle parallèle au plan d'équation  $x + 2z = 2019$  ?

- |                             |  |                            |                            |                             |                            |
|-----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> -5 | <input checked="" type="checkbox"/> -2 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> -4 | <input type="checkbox"/> 3 |
|-----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|

MATH-F-111 : Examen janvier 2020

- 1) Trouver l'équation cartésienne
- du plan passant par le point  $(-1, 1, -1)$  et orthogonal au vecteur  $(1, 2, 1)$
  - du plan passant par le point  $(1, -1, 2)$  et parallèle aux vecteurs  $(1, 1, 2)$  et  $(0, 1, 4)$
  - du plan passant par le point  $(0, -2, 2)$  et contenant la droite d'équations
$$\begin{aligned}x + 3y - z &= 7 \\ 3x - 2y + 2z &= 8\end{aligned}$$

- 2) Calculer l'intégrale définie suivante :

$$\int_3^4 \frac{dx}{x^2 - 7x + 10}$$

- 3) Résoudre le système d'équations suivant :

$$\begin{aligned}x + y + z &= 2 \\ x - y + z &= -1 \\ x + 3y + z &= 5\end{aligned}$$

- 4) Calculer les asymptotes de la fonction suivante :

$$\sqrt{x^2 + 1} + x$$

- 5) Calculer le développement de Taylor d'ordre 5 en 0 pour la fonction  $\sin(x)$

- 6) Quelle est la valeur de la limite suivante :

$$\lim_{x \rightarrow 0} \left( \frac{\sin(x) - x}{x^2} \right)$$

- 7) Déterminer les valeurs de  $a$  et  $b$  pour lesquelles la matrice suivante est inversible et calculer son inverse.

$$\begin{pmatrix} 1 & a & 0 \\ 1 & 2 & b \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

- 8) Résoudre :

- $\frac{1-3x}{1-x} \geq 2$
- $|x^2 - 2x - 7| = 8$
- $\log_2(-2x + 3) = \log_2(x^2 - 4x) - 2$

- 9) De combien de manières est-ce que 8 personnes peuvent être assises en ligne si

- Il n'y a pas de contrainte ?
- Il y a 5 hommes et ils doivent être assis les uns à côté des autres ?
- Il y a 4 couples et chaque couple doit être assis ensemble ?

# Correction examen janvier 2020

① a)  $\pi$ ?  $\pi \in (-1; 1; -1)$  et  $\perp \vec{a}(1; 2; 1)$

$$\pi \equiv ax + by + cz + d = 0$$

$$\equiv x + 2y + z + d = 0$$

$$\Leftrightarrow -1 + x - 1 + d = 0$$

$$\Leftrightarrow d = 0 \Rightarrow \underline{\pi \equiv x + 2y + z = 0}$$

b)  $V_1(1, 1, 2)$  et  $V_2(0, 1, 4)$

$$V_d = \begin{pmatrix} v_x & v_y & v_z \\ 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 4 \end{pmatrix} = (2; -4; 1)$$

$$\Rightarrow \pi \equiv 2x - 4y + z + d = 0$$

$$\equiv 2 \cdot 1 - 4(-1) + 2 + d = 0$$

car passe par  $(1; -1; 2)$

$$\Rightarrow d = -8$$

$$\Rightarrow \underline{\pi \equiv 2x - 4y + z - 8 = 0}$$

c)  $d \begin{cases} x + 3y - z = 7 \\ 3x - 2y + 2z = 8 \end{cases} \rightarrow \begin{matrix} \vec{v}_1 = (1; 3; -1) \\ \vec{v}_2 = (3; -2; 2) \end{matrix}$

$$\vec{V}_d = \vec{v}_1 \times \vec{v}_2 = \begin{vmatrix} v_x & v_y & v_z \\ 1 & 3 & -1 \\ 3 & -2 & 2 \end{vmatrix} = (6-2); -(2+1); (-2-9) \\ = (4; -3; -11)$$

$$\pi = 4x - 3y - 11z + d = 0$$

$$\Leftrightarrow -6 - 22 = -d \Rightarrow d = 28 \Rightarrow \underline{\pi = 4x - 3y - 11z + 28 = 0}$$

②  $\int \frac{dx}{x^2 - 7x + 10}$   $\Delta = 9$   $x_1 = \frac{7 \pm 3}{2}$   $\begin{matrix} 5 \\ -2 \end{matrix} \Rightarrow \frac{1}{x^2 - 7x + 10} \stackrel{\text{DFS}}{=} \frac{A}{x-5} + \frac{B}{x-2}$

$$\Rightarrow \int = \frac{1}{3} \int \frac{dx}{x-5} - \frac{1}{3} \int \frac{dx}{x-2} \quad \begin{cases} A+B=0 \\ -2A-5B=1 \end{cases} \quad \begin{aligned} &= A(x-2) + B(x-5) \\ &= x(A+B) - 2A - 5B \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{3} \left[ \ln(x-5) \right]_3^4 - \frac{1}{3} \left[ \ln(x-2) \right]_3^4 \Rightarrow \begin{cases} A = -B \\ 2B - 5B = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = -1/3 \\ B = 1/3 \end{cases}$$

$$= -\frac{1}{3} (\ln(1) - \ln(2)) - \frac{1}{3} (\ln(2) - \ln(1))$$

$$= -\frac{2}{3} \ln(2)$$

$$\textcircled{3} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & | & 2 \\ 1 & -1 & 1 & | & -1 \\ 1 & 3 & 1 & | & 5 \end{bmatrix} \begin{array}{l} L_2 \rightarrow L_2 - L_1 \\ L_3 \rightarrow L_3 - L_1 \end{array} \leftrightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & | & 2 \\ 0 & -2 & 0 & | & -3 \\ 0 & 2 & 0 & | & 3 \end{bmatrix} \uparrow \text{m' info}$$

$$\Leftrightarrow \begin{array}{l} L_1 \rightarrow L_1 - L_2 \\ L_2 \rightarrow L_2 - L_3 \\ L_3 \rightarrow L_3/2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & | & 2 \\ 0 & 0 & 0 & | & 0 \\ 0 & 2 & 0 & | & 3 \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & | & 1/2 \\ 0 & 1 & 0 & | & 3/2 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x + z = 1/2 \\ y = 3/2 \\ z = 1/2 - x \\ y = 3/2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow S = \{(x, 3/2, 1/2 - x) \mid x \in \mathbb{R}\}$$

$$\textcircled{4} \quad f(x) = \sqrt{x^2+1} + x \quad \text{CG: } x^2+1 \geq 0 \rightarrow x \in \mathbb{R}$$

→ pas d'AV car pas de points hors du domaine

$$\text{AH: } \lim_{x \rightarrow \pm\infty} (\sqrt{x^2+1} + x) = +\infty + \infty = +\infty \rightarrow \text{pas d'AH en } +\infty$$

$$= +\infty - \infty \text{ FV}$$

$$= \lim_{-\infty} \sqrt{x^2+1} + x \cdot \frac{(\sqrt{x^2+1} - x)}{(\sqrt{x^2+1} - x)} = \lim_{-\infty} \frac{(x^2+1) - x^2}{\sqrt{x^2+1} - x} = \frac{1}{\sqrt{x^2} - x} = \frac{1}{-\infty} = 0^-$$

→ AH  $\equiv y = 0$  en  $-\infty$

$$\text{AO: } \lim_{\pm\infty} \left( \frac{\sqrt{x^2+1}}{x} + 1 \right) = \lim_{\pm\infty} \left( \frac{\sqrt{x^2(1 + \frac{1}{x^2})}}{x} + 1 \right)$$

$$= \frac{|x| \sqrt{1+0}}{x} + 1 = 2 = m \rightarrow \text{AO}$$

$$p = \lim_{\pm\infty} (\sqrt{x^2+1} + x) - 2x = \sqrt{x^2+1} - x = |x| \sqrt{1 + 1/x^2} - x$$

$$= |x| - x = 0$$

$$\textcircled{5} \quad \begin{array}{l} f(x) = \sin(x) \\ f'(x) = \cos(x) \\ f''(x) = -\sin(x) \\ f'''(x) = -\cos(x) \\ f^{(4)}(x) = \sin(x) \\ f^{(5)}(x) = \cos(x) \end{array} \quad \begin{array}{l} f(0) = 0 \\ f'(0) = 1 \\ f''(0) = 0 \\ f'''(0) = -1 \\ f^{(4)}(0) = 0 \\ f^{(5)}(0) = 1 \end{array}$$

$$P = 0 + 1 \frac{(x-0)}{1!} + 0 + (-1) \frac{(x-0)^3}{3!} + 0 + 1 \frac{(x-0)^5}{5!}$$

$$= 0 + x + 0 - \frac{x^3}{3!} + 0 + \frac{x^5}{5!}$$

$$= x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120}$$

→ AO  $\equiv y = 2x$

$$\textcircled{6} \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x) - x}{x^2} = \frac{0}{0} \text{ FI} \rightarrow \text{L'Hospital}$$

$$= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(\sin(x) - x)'}{(x^2)'} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos(x) - 1}{2x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-\sin(x)}{2} = \frac{-\sin(0)}{2} = 0$$

$$\textcircled{7} \quad \pi = \begin{pmatrix} 1 & a & 0 \\ 1 & 2 & b \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \pi^t = \begin{pmatrix} \textcircled{1} & 1 & 0 \\ a & 2 & 1 \\ 0 & b & 0 \end{pmatrix}$$

mineur de  $\textcircled{1} = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ b & 0 \end{vmatrix} = -b$   
etc.....

$$\Rightarrow \text{cof}(\pi^t) = \begin{pmatrix} -b & 0 & ab \\ 0 & 0 & -b \\ 1 & -1 & 2-a \end{pmatrix}$$

et  $\det(\pi) = 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & b \\ 1 & 0 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} a & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = -b$

$$\Rightarrow \pi^{-1} = \frac{\text{cof}(\pi^t)}{\det(\pi)} \Rightarrow \text{CB: } \underline{b \neq 0}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & -a \\ 0 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{b} & \frac{1}{b} & \frac{a-2}{b} \end{pmatrix}$$

$$\textcircled{8} \quad \text{a) } \frac{1-3x}{1-x} \geq 2 \quad \text{CB: } 1-x \neq 0 \Rightarrow x \neq 1$$

$$1-3x > 2(1-x) \Rightarrow 1-3x \geq 2-2x \Rightarrow -3x+2x \geq 2-1 \Rightarrow x \leq -1$$

$$\rightarrow \text{dom } f = ]-\infty; -1] \cup ]1; +\infty[$$

$$\text{b) } |x^2 - 2x - 7| = 8$$

$$\begin{cases} x^2 - 2x - 7 = 8 \\ x^2 - 2x - 7 = -8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta = 64 \\ \Delta = 0 \end{cases} \begin{cases} x_{1,2} = \frac{2 \pm 8}{2} \begin{matrix} / 5 \\ \backslash -3 \end{matrix} \\ x_{3,4} = \frac{2 \pm 0}{2} / 1 \end{cases} \Rightarrow \text{Sol} = \underline{\underline{\{-3; 1; 5\}}}$$

$$\begin{cases} x^2 - 2x - 15 = 0 \\ x^2 - 2x + 1 = 0 \end{cases}$$

$$\text{c) } \log_2(-2x+3) = \log_2(x^2-4x) - 2 \quad \text{CB: } -2x+3 > 0 \text{ et } x^2-4x > 0$$

$$\Rightarrow x < 3/2 \quad \Rightarrow 0 > x$$

$$\Leftrightarrow \log_2\left(\frac{-2x+3}{x^2+4x}\right) = -2$$

$$\Leftrightarrow \frac{-2x+3}{x^2+4x} = 1/4 \Rightarrow x^2+4x-12=0 \quad \Delta=64 \quad x_{1,2} = \begin{vmatrix} 2 \\ -6 \end{vmatrix}$$

	0	4
x	-	+
x-4	-	-
	+	+

⑨ a)  $8!$  (pas de contraintes) = 46 233

b) - entre eux, il y a  $5!$  possibilités de s'asseoir

- il y a 4 possibilités pour qu'ils soient assis à côtés

- il y a  $3!$  possibilités pour les personnes restantes

Donc  $4 \cdot 5! \cdot 3! = \underline{2880}$

c) - il y a 2 possibilités pour chaque couple donc  $2^4$  possibilités

- il y a  $4!$  possibilités d'emplacement des couples

Donc  $4! \cdot 2^4 = \underline{384}$

MATH-F-112 : Examen juin 2020 Module T

1) Quelle est la longueur de la courbe donnée par la paramétrisation suivante ?

$$\gamma : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^3 : t \mapsto (\cos(3t), \sin(3t), 4t)$$

*solution* : 5

2) Que vaut le déterminant de la matrice suivante ?

$$\begin{pmatrix} 1 & a & b \\ a & 1 & c \\ b & c & 1 \end{pmatrix}$$

*solution* :  $1 - (a^2 + b^2 + c^2) + 2abc$

3) Soit  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto 2x^2 + 5y^3$

Quelle est la direction de plus grande pente au point (1, -1) ?

*solution* : (4, 15)

4) Que vaut  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(4x) + 3x}{x^2}$  ?

*solution* : Elle n'existe pas

5) Calculer le produit vectoriel suivant : (1, 3, 7) x (4, 6, 7)

*solution* : (-21, 21, -6)

6) Calculer l'intégrale suivante, où D est le disque centré en (0, 0) et de rayon 1.

$$\iint_D \frac{x^2 + y^2 + 6}{\pi} dx dy$$

*solution* : 6,5

7) Quels types d'asymptotes possède cette fonction ?

$$f : \text{dom}(f) \rightarrow \mathbb{R} : x \mapsto \frac{10x^2 + 7}{5x + 6}$$

*solution* : f possède une asymptote verticale et une asymptote oblique

8) Que vaut la pente de la droite d'équation  $9x + 4y = 2$  avec une précision de 0,01 ?

*solution* : -2,25

9) Dans le champ des nombres complexes, que vaut  $(1 + \sqrt{3}i)^9$  ?

*solution* : -512

10) Soit l'équation différentielle  $y'' + 3y' + 2y = 0$ . Résoudre le problème de Cauchy  $y(0) = 4$  et  $y'(0) = 7$ . En déduire la valeur de  $y''(0)$ .

*solution* : -29

Module S juin 2020 – Michele D'Adderio

Note: cette année l'examen s'arrêtait aux suites à cause du covid-19.

1. L'intégrale  $\int_{\gamma} F(x, y) \cdot ds$  où  $F(x, y) = (y, x)$  et  $\gamma$  est l'arc de cubique déterminé par  $y = x^3 + x^2 + x + 1, 0 \leq x \leq 1$ , vaut :
  - 1
  - -4
  - 0
  - -1
  - 4
2. La suite  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  définie par  $a_n = \left(-\frac{1}{3}\right)^n$ 
  - est décroissante et convergente
  - n'est ni croissante ni décroissante mais convergente
  - est croissante et divergente
  - est croissante et convergente
  - n'est ni croissante ni décroissante et diverge
3. Que vaut  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{(-1)^n n^3 + 2n}{4n^3 - 5}$  ?
  - 1/4
  - 0
  - Elle n'existe pas
  - $+\infty$
  - -1/4
4. Que vaut  $\lim_{n \rightarrow +\infty} n^2 \sin\left(\frac{1}{n}\right)$  ?
  - $+\infty$
  - 0
  - 1
  - Elle n'existe pas
  - -1
5. Soit  $D$  le disque de rayon 1 centré à l'origine. L'intégrale  $\iint_D (y^2 - 2x) dx dy$  est égale à :
  - $\oint_C (2xy dx + xy^2 dy)$  où  $C$  est le cercle paramétré par  $(\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi]$
  - 0
  - $\oint_C (2x dx + 2dy)$  où  $C$  est le cercle paramétré par  $(\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi]$
  - $\oint_C (2x dx + 2dy)$  où  $C$  est le cercle paramétré par  $(-\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi]$
  - $\oint_C (2xy dx + xy^2 dy)$  où  $C$  est le cercle paramétré par  $(-\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi]$
6. Un potentiel pour  $f(x, y, z) = (e^x, z, y + 2z)$  est :
  - $F(x, y, z) = yz^2 e^x$
  - $F(x, y, z) = (e^x, 0, 2)$
  - $F(x, y, z) = e^x + yz + z^2$

- $F(x, y, z) = e^x + 2$
- $F(x, y, z) = (e^x, yz, yz + z^2)$

7. Les courbes de niveau de  $F(x, y) = \exp\left(\frac{y}{x^2+1}\right)$  sont :

- uniquement des paraboles
- des cercles
- des droites
- des paraboles et une droite
- des hyperboles

8. On considère la suite définie par la récurrence suivante :

$$a_0 = 1, a_1 = 1, a_n = a_{n-1} + a_{n-2} \text{ pour tout } n \geq 2$$

Calculer  $a_{12}$ .

- 12
- 233
- 377
- 11
- 144

9. La valeur au point  $(1,0,0)$  du rotationnel de  $F(x, y, z) = (y + x, z^2, -5)$  est :

- $(0,0,-1)$
- n'existe pas
- $(-2,0,-1)$
- 0
- -1

10. Considérons les fonctions  $f(x) = 3x$  et  $g(x) = -(x - 1)^2 + 3$ . Calculer l'aire du domaine délimité par ces deux fonctions et le côté positif de l'axe des abscisses.

- $-2\sqrt{3} - \frac{3}{2}$
- $\sqrt{3} + 3$
- $\sqrt{3} - 3$
- $2\sqrt{3} + \frac{3}{2}$
- $2\sqrt{3} - \frac{3}{2}$

Module S juin 2020 – Michele D'Adderio Correction

1. 4

2. N'est ni croissante ni décroissante mais convergente

3. Elle n'existe pas

4.  $+\infty$

5.  $\oint_C (2xydx + xy^2 dy)$  où  $C$  est le cercle paramétré par  $(\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi]$

6.  $F(x, y, z) = e^x + yz + z^2$

7. Des paraboles et une droite

8. 233

9. (0,0,-1)

10.  $2\sqrt{3} - \frac{3}{2}$

Question 1

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

On considère la suite définie par la récurrence suivante :

$$a_0 = 3, a_n = -a_{n-1} + 3 \text{ pour tout } n \geq 1.$$

Calculer  $a_5$ .

Veillez choisir une réponse :

- 1. 3
- 2. 0
- 3. 9
- 4. 10
- 5. 6

La réponse correcte est : 0

Question 2

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

On considère la série  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{-6n-1}{n+1000}$ .

Laquelle des affirmations suivantes est-elle vraie?

Veillez choisir une réponse :

- i. La série converge car le numérateur est beaucoup plus petit que le dénominateur
- ii. La série converge car son terme général tend vers 0
- iii. La série est divergente car son terme général ne tend pas vers 0
- iv. La série ne converge pas absolument mais converge simplement
- v. La série est convergente et cela peut se voir par le critère de la racine

La réponse correcte est : La série est divergente car son terme général ne tend pas vers 0

Question 3

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

La valeur au point  $(0, 0, -1)$  du rotationnel de  $F(x, y, z) = (y + x, z^2, -5)$  est :

Veuillez choisir une réponse :

- 1.  $(-2, 0, -1)$
- 2. n'existe pas
- 3.  $(2, 0, -1)$
- 4. 0
- 5. 1

La réponse correcte est :  $(2, 0, -1)$

Question 4

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

Un potentiel pour

$f(x, y, z) = ((2x + 1)y, x^2 + x, 3z^2)$  est :

Veuillez choisir une réponse :

- 1.  $F(x, y, z) = (x^2, y, z^3)$
- 2.  $F(x, y, z) = 2y + 1 + 6z$
- 3.  $F(x, y, z) = (yx^2, yx, z^3)$
- 4.  $F(x, y, z) = yx(x + 1) + z^3$
- 5.  $F(x, y, z) = 2y + 6z$

La réponse correcte est :

$F(x, y, z) = yx(x + 1) + z^3$

Question 5

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

On considère dans l'espace vectoriel  $\mathbf{R}^3$  les vecteurs suivants:

$(1, 0, 0)$  et  $(2, 0, 2)$ .

Lequel des vecteurs suivants peut-on ajouter aux deux vecteurs précédents afin de constituer une base de notre espace vectoriel?

Veillez choisir une réponse :

- a.  $(2, 0, 1)$
- b.  $(1, 0, 3)$
- c.  $(0, 0, 0)$
- d.  $(2, 0, 0)$
- e.  $(0, -1, 0)$

La réponse correcte est :  $(0, -1, 0)$

Question 6

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

La surface  $S = \{x^2 + y^2 + z^2 = 1, z \geq 0\}$  peut être paramétrisée par

Veillez choisir une réponse :

- I. les coordonnées sphériques :  
 $x = \sin \theta \cos \phi, y = \sin \theta \sin \phi, z = \cos \theta,$   
avec  $0 \leq \phi \leq 2\pi$  et  $\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \pi$
- II. les coordonnées cartésiennes :  $0 \leq x \leq 1,$   
 $0 \leq y \leq 1$  et  $z \geq 0$
- III. les coordonnées sphériques :  
 $x = \sin \theta \cos \phi, y = \sin \theta \sin \phi, z = \cos \theta,$   
avec  $0 \leq \phi \leq 2\pi$  et  $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$
- IV. les coordonnées cylindriques :  $x = \cos \theta,$   
 $y = \sin \theta, z = z,$  avec  $0 \leq \theta \leq 2\pi$  et  $z \geq 0$
- V. les coordonnées cartésiennes :  $-1 \leq x \leq 1,$   
 $-1 \leq y \leq 1$  et  $z \geq 0$

La réponse correcte est : les coordonnées sphériques :  $x = \sin \theta \cos \phi, y = \sin \theta \sin \phi, z = \cos \theta,$  avec  $0 \leq \phi \leq 2\pi$  et  $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$

Question 7

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

On considère dans l'espace vectoriel  $\mathbb{R}^2$  la base B suivante:

$$e_1 = (2, 1), e_2 = (1, 1).$$

On considère ensuite la nouvelle base B' constituée des vecteurs:

$$f_1 = (3, 3), f_2 = (3, 1).$$

Laquelle des matrices suivantes est-elle la matrice de changement de base permettant de passer de B à B'?

Veillez choisir une réponse :

- a.  $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ .
- b.  $\begin{pmatrix} 0 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$ .
- c.  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$ .
- d.  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ .
- e.  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 3 & -1 \end{pmatrix}$ .

La réponse correcte est :  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 3 & -1 \end{pmatrix}$ .

Question 8

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

Soit  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  une application linéaire dont la matrice dans la base canonique est la suivante:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}.$$

Voici deux affirmations:

Affirmation A: Le vecteur  $(0, 1)$  est un vecteur propre associé à la valeur propre  $\lambda = 1$ .

Affirmation B:  $\lambda = 3$  est une valeur propre.

Parmi les quatre propositions suivantes, laquelle est vraie?

Veillez choisir une réponse :

- A et B sont toutes deux fausses.
- Seule A est vraie.
- Seule B est vraie.
- A et B sont toutes deux vraies.

La réponse correcte est : A et B sont toutes deux vraies.

Question 9

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question

La suite  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  définie par  $a_n = e^{3n+1}$

Veillez choisir une réponse :

- 1. n'est ni croissante ni décroissante et diverge
- 2. est croissante et convergente
- 3. est croissante et non bornée
- 4. n'est ni croissante ni décroissante mais convergente
- 5. est non bornée et convergente

La réponse correcte est : est croissante et non bornée

Question 10

Terminer

Noté sur 2,00

🚩 Marquer la question



L'intégrale  $\iint_S dS$ , où  
 $S = \{x^2 + y^2 + z^2 = 1, z \leq 0\}$ , vaut

Veillez choisir une réponse :

- A.  $-2\pi$
- B.  $2\pi$
- C. 0
- D.  $\frac{\pi}{2}$
- E.  $\pi$

La réponse correcte est :  $2\pi$

# Examen de MATH F-112 de Janvier 2022 – MATHÉMATIQUES

NOM PRÉNOM:

MATRICULE:

SECTION:

Exercice 1		/14
Exercice 2		/20
Exercice 3		/16
Exercice 4		/20
Exercice 5		/15
Exercice 6		/15
Total		/100

**ATTENTION:**

1. Vous ne pouvez sortir de la salle sans remettre définitivement votre copie ni sans autorisation.
2. Toute calculatrice et tout objet connecté (même éteint) sont formellement interdits. Les seuls documents autorisés sont ceux que nous vous fournissons.

Toute tentative de fraude ou de communication sera sévèrement sanctionnée.

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ecrivez immédiatement vos <b>nom, prénom et matricule</b> sur cette page.</li><li>2. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie.<br/><b>Vous n'avez pas le droit à vos propres feuilles de brouillon.</b><br/>Les brouillons ne seront en aucun cas lus ni corrigés.</li><li>3. <b>Ne dégrafez pas</b> les feuilles !</li><li>4. Les réponses doivent être <b>soigneusement justifiées</b> sauf mention expresse du contraire.</li><li>5. Ecrivez lisiblement et soignez la présentation de vos réponses.</li><li>6. Vous pouvez écrire vos réponses <b>au verso des pages</b> et <b>au crayon</b> mais <b>pas en rouge</b>.</li><li>7. L'examen dure <b>3 heures</b>.</li></ol> |
|--|

## EXERCICE 1

- (a) ( /4) Énoncer la formule du binôme de Newton.  
 (b) ( /5) Aotearoa est le nom d'origine de la Nouvelle Zélande. Combien de mots peuvent être obtenus en réarrangeant les lettres du mot AOTEAROA ?  
 (c) ( /5) Vérifier la parité de la fonction

$$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto |\cos(3x)|$$

et donner sa (plus petite) période.

Réponse question 1 :

(a)

Résultat (Formule du binôme de Newton)

$$\begin{aligned} (x+y)^n &= \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k y^{n-k} \\ &= \binom{n}{0} y^n + \binom{n}{1} x y^{n-1} + \binom{n}{2} x^2 y^{n-2} + \dots + \binom{n}{n-1} x^{n-1} y + \binom{n}{n} x^n \\ &= y^n + \binom{n}{1} x y^{n-1} + \dots + \binom{n}{n-1} x^{n-1} y + x^n. \end{aligned}$$

(b) On a 8 lettres parmi lesquelles deux se répètent : A, 3 fois, et O, 2 fois. On peut donc obtenir

$$\frac{8!}{3! 2!} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot \cancel{4} \cdot \cancel{3} \cdot \cancel{2}}{\cancel{3} \cdot \cancel{2} \cdot \cancel{2}} = (7 \cdot 6) \cdot 8 \cdot 10 = (42 \cdot 8) \cdot 10 = 3360$$

Réponse question 1 (suite):

mots en réarrangeant les lettres du mot AOTEAROA

(c) Parité :  $\forall x \in \mathbb{R}$ , on a

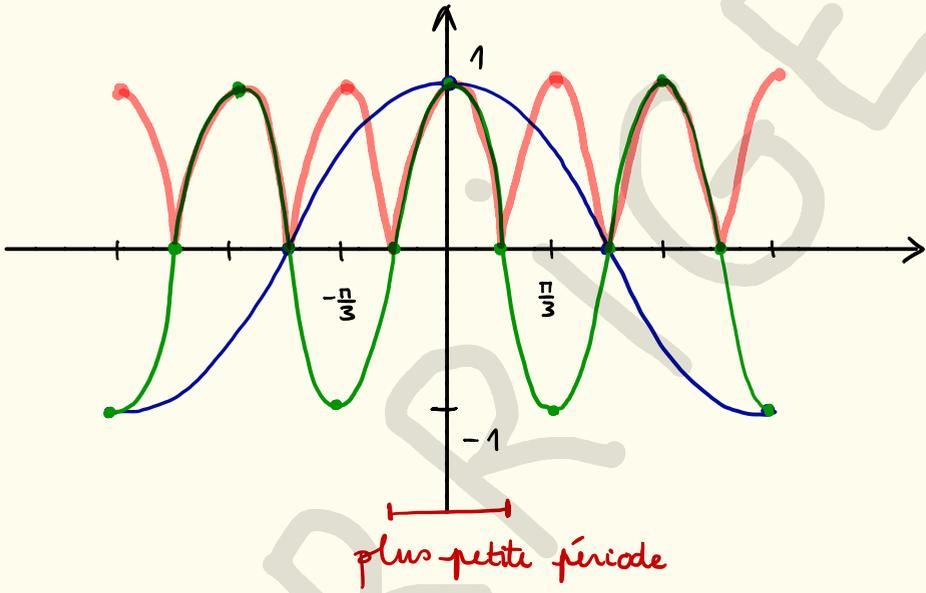
$$\begin{aligned} f(-x) &= |\cos(3 \cdot (-x))| = |\cos(-3x)| \\ &= |\cos(3x)| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{(puisque } \cos(-t) = \cos(t) \forall t \in \mathbb{R}) \\ &= f(x) \end{aligned}$$

Donc  $f$  est paire.

Périodicité : La fonction  $x \mapsto \cos(x)$  est périodique de période  $2\pi$  donc la fonction  $x \mapsto \cos(3x)$  est périodique de période  $\frac{2\pi}{3}$  et la fonction  $x \mapsto |\cos(3x)|$

de période  $\frac{\frac{2\pi}{3}}{2} = \frac{\pi}{3}$



## EXERCICE 2

- (a) ( /8) Énoncer et démontrer l'inégalité de Cauchy-Schwarz.
- (b) ( /3) Vérifier l'inégalité de Cauchy-Schwarz avec les vecteurs  $(2, 1, -1)$  et  $(-1, 2, 1)$  dans  $\mathbb{R}^3$ .
- (c) ( /9) Dans  $\mathbb{R}^3$ , donner l'équation cartésienne du plan  $\Pi$  parallèle à la droite d'équations

$$D_1 \equiv 1 - x = \frac{y - 2}{2} = z - 1$$

et passant par la droite d'équations

$$D_2 \equiv \begin{cases} x = 2t + 1 \\ y = t + 9 \\ z = 3 - t \end{cases}.$$

---

Réponse question 2 :

(a)

### Résultat (Inégalité de Cauchy-Schwarz)

Pour tous vecteurs  $\vec{a}, \vec{b}$  de  $\mathbb{R}^n$ , on a

$$|\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle| \leq \|\vec{a}\| \|\vec{b}\|.$$

Réponse question 2 (suite) :

Proof.

$$t \in \mathbb{R}$$

③ Pour tout nombre réel  $t$ , on calcule la quantité  $\langle \vec{a} + t\vec{b}, \vec{a} + t\vec{b} \rangle$ . Elle est positive par définition du produit scalaire. Nous pouvons la ré-écrire grâce à la bilinéarité sous la forme :

$$\begin{aligned} \textcircled{1} + \textcircled{2} \quad \langle \vec{a} + t\vec{b}, \vec{a} + t\vec{b} \rangle &= \langle \vec{a}, \vec{a} + t\vec{b} \rangle + t \langle \vec{b}, \vec{a} + t\vec{b} \rangle \\ &= \langle \vec{a}, \vec{a} \rangle + 2\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle t + t^2 \langle \vec{b}, \vec{b} \rangle \\ &= \|\vec{a}\|^2 + 2\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle t + t^2 \|\vec{b}\|^2 \geq 0 \\ &= A + Bt + C t^2 \end{aligned}$$

$\langle \vec{a}, \vec{a} \rangle + t \langle \vec{a}, \vec{b} \rangle + t \langle \vec{b}, \vec{a} \rangle + t \cdot t \langle \vec{b}, \vec{b} \rangle$   
 sym(2)

Mais cette expression est un polynôme du second degré. Si elle est positive pour toute valeur de  $t$  c'est que son discriminant est négatif:

$$B^2 - 4AC \quad (2\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle)^2 - 4\|\vec{a}\|^2 \|\vec{b}\|^2 \leq 0$$

qui donne alors:

$$|\langle \vec{a}, \vec{b} \rangle| \leq \|\vec{a}\| \|\vec{b}\|$$

qui est l'inégalité annoncée. □

(b) On calcule

$$\begin{aligned} |\langle (2, 1, -1), (-1, 2, 1) \rangle| &= |2 \cdot (-1) + 1 \cdot 2 + (-1) \cdot 1| \\ &= |-2 + 2 - 1| \\ &= |-1| \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\|(2, 1, -1)\| = \sqrt{2^2 + 1^2 + (-1)^2} = \sqrt{4 + 1 + 1} = \sqrt{6}$$

$$\text{et } \|(-1, 2, 1)\| = \sqrt{(-1)^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{1 + 4 + 1} = \sqrt{6}$$

On a bien

$$|\langle (2, 1, -1), (-1, 2, 1) \rangle| = 1$$

$$\leq 6 = \sqrt{6} \cdot \sqrt{6} = \|(2, 1, -1)\| \cdot \|(-1, 2, 1)\|,$$

Comme l'affirme l'inégalité de Cauchy-Schwarz.

(c) On a

$$D_1 \equiv \frac{x-1}{-1} = \frac{y-2}{2} = \frac{z-1}{1}$$

donc  $D_1$  a un vecteur directeur  $(-1, 2, 1)$ .

Sur base de ses équations paramétriques,  $D_2$  a un vecteur directeur  $(2, 1, -1)$ .

Comme  $\pi$  est parallèle à  $D_1$  et  $D_2$ , un vecteur normal de  $\pi$  est donné par

$$\begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2-1 \\ 2-1 \\ -1-4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ -5 \end{pmatrix}$$

$(3, -1, 5)$  est également un vecteur normal à  $\pi$ .

Comme  $\pi$  passe par  $D_2$ , tout point de  $D_2$  appartient à  $\pi$ .

On a, par exemple,  $(1, 9, 3) \in \pi$ .

Donc

$$\pi \equiv 3(x-1) - (y-9) + 5(z-3) = 0$$

c'est-à-dire

$$\pi \equiv 3x - y + 5z - 6 = 0$$

$$\text{ou } \pi \equiv 3x - y + 5z = 6.$$

## EXERCICE 3

(a) ( /8) Donner l'ensemble  $S$  des solutions à l'équation

$$2 - x = \log_3(3^x - 8).$$

(b) ( /8) Donner l'ensemble  $T$  des solutions à l'équation

$$\cos x + \sqrt{3} \sin x = 1.$$

Réponse question 3 :

(a) Conditions d'existence :

$$3^x - 8 > 0$$

Sous les conditions d'existence, on a

$$2 - x = \log_3(3^x - 8)$$

$$\Leftrightarrow 3^{2-x} = 3^x - 8$$

$$\Leftrightarrow \frac{3^2}{3^x} = 3^x - 8$$

$$\Leftrightarrow 9 = (3^x)^2 - 8 \cdot 3^x$$

$$\Leftrightarrow (3^x)^2 - 8 \cdot 3^x - 9 = 0$$

Réponse question 3 (suite) :

En posant  $t = 3^x$  on obtient

$$t^2 - 8t - 9 = 0$$

$$\Leftrightarrow (t-9)(t+1) = 0$$

$$\Leftrightarrow t = 9 \text{ ou } t = -1$$

Comme  $t = 3^x > 0$ , on rejette  $t = -1$  et on obtient  $3^x = 9$  donc  $x = 2$ .

Cette solution satisfait les conditions d'existence.

On a  $S = \{2\}$ .

$$(b) \quad 1 \cos x + \sqrt{3} \sin x = 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \cos x + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin x = \frac{1}{2}$$

(en divisant par  $\sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} = \sqrt{1+3} = 2$ )

$$\Leftrightarrow \sin \frac{\pi}{6} \cos x + \cos \frac{\pi}{6} \sin x = \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow \sin \left( x + \frac{\pi}{6} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow x + \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} + 2k\pi \quad \text{ou} \quad x + \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6} + 2k\pi$$

(avec  $k \in \mathbb{Z}$ )

$$\Leftrightarrow x = 2k\pi \quad \text{ou} \quad x = \frac{4\pi}{6} + 2k\pi \\ = \frac{2\pi}{3} + 2k\pi$$

On a

$$T = \left\{ 2k\pi, \frac{2\pi}{3} + 2k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$$

## EXERCICE 4

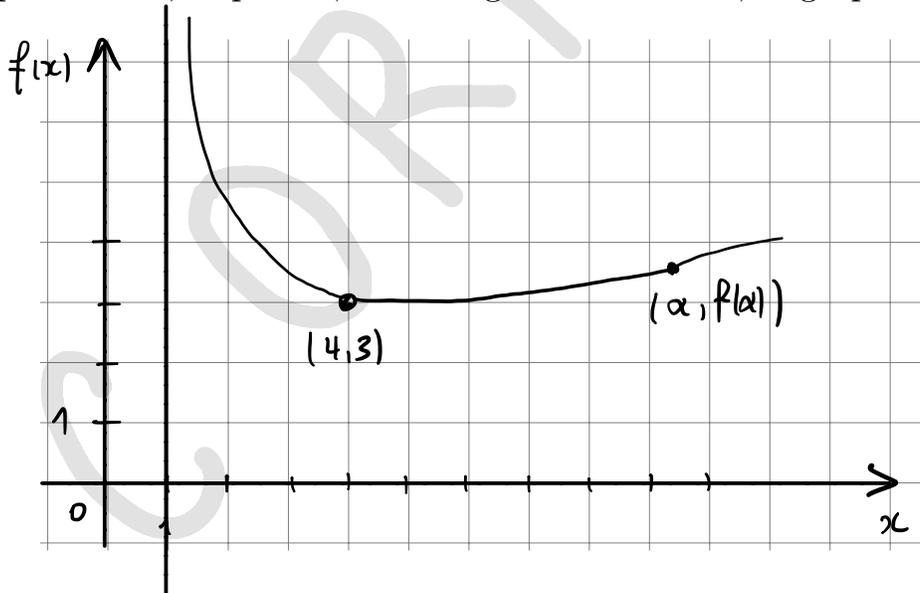
Considérer la fonction réelle donnée par  $f(x) = \sqrt{\frac{x^2+x+7}{x-1}}$ .

- (a) ( /3) Déterminer le (plus grand) domaine de  $f$ .  
 (b) ( /3) Montrer que  $\frac{x^2+x+7}{x-1} = x + 2 + \frac{9}{x-1}$ .  
 (c) ( /5) La fonction  $f$  admet-elle des points critiques sur son domaine ? Si oui, trouver leurs coordonnées et les caractériser.  
 (d) ( /5) Déterminer les asymptotes de  $f$  s'il en existe.  
 (e) ( /4) Voici le tableau de variation de  $f''$  :

$x$		1		$\alpha$	
$f''(x)$			+	0	-

où  $\alpha \approx 9,39$  et  $f(\alpha) \approx 3,53$ .

En utilisant ce tableau et les informations collectées aux points précédents, esquisser, dans la grille ci-dessous, le graphe de  $f$ .



Réponse question 4 :

(a) Le delta de  $x^2+x+7$  est  $1^2-4.7=-27 < 0$   
 et son coefficient de tête est  $1 > 0$  donc  
 $x^2+x+7 < 0 \quad \forall x \in \mathbb{R}$ .

Réponse question 4 (suite) :

			1	
$x-1$	-	0	+	
$x^2+x+7$	+	+	+	
$\frac{x^2+x+7}{x-1}$	-	<del>+</del>	+	

$$\text{dom } f = \left\{ x \in \mathbb{R} : \frac{x^2+x+7}{x-1} \geq 0 \right\}$$

$$= ]1, +\infty[$$

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad x+2 + \frac{9}{x-1} &= \frac{(x+2)(x-1) + 9}{x-1} \\ &= \frac{x^2+2x-x-2+9}{x-1} \\ &= \frac{x^2+x+7}{x-1} \end{aligned}$$

(c) Pour tout  $x \in ]1, +\infty[$ , on a

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{1}{2\sqrt{\frac{x^2+x+7}{x-1}}} \cdot \left( \frac{x^2+x+7}{x-1} \right)' \\ &= \frac{1}{2\sqrt{\frac{x^2+x+7}{x-1}}} \cdot \left( x+2 + \frac{9}{x-1} \right)' \\ &= \underbrace{\frac{1}{2\sqrt{\frac{x^2+x+7}{x-1}}}}_{>0} \cdot \left( 1 - \frac{9}{(x-1)^2} \right) \end{aligned}$$

On a  $f'(x) = 0$  lorsque  $\frac{9}{(x-1)^2} = 1$

$$\Leftrightarrow (x-1)^2 = 9$$

$$\Leftrightarrow x-1 = \pm 3$$

$$\Leftrightarrow x = \begin{cases} -2 \\ 4 \end{cases}$$

Comme  $-2 \notin \text{dom } f$ , on a un unique point critique en  $x = 4$ .

Les coordonnées du point du graphe ayant cette abscisse sont  $(4, f(4)) = (4, \sqrt{\frac{16+4+7}{4-1}})$   
 $= (4, 3)$

$x$	1	4	
$f'$		- 0 +	
$f$			

(4,3) est un minimum local de  $f$

(d) Asymptotes verticales ?

$$\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = \lim_{x \rightarrow 1} \sqrt{x+2 + \frac{9}{x-1}}$$

$\begin{matrix} \underbrace{\hspace{2cm}} & \underbrace{\hspace{2cm}} \\ \rightarrow 3 & \rightarrow +\infty \end{matrix}$

$$= +\infty$$

Asymptote verticale en  $x=1$

Asymptotes horizontales?

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\underbrace{x+2}_{+\infty} + \underbrace{\frac{9}{x-1}}_0}$$
$$= +\infty$$

Pas d'asymptote horizontale

Asymptotes obliques?

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x+2+\frac{9}{x-1}}}{x}$$

$$= \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{x+2+\frac{9}{x-1}}{x^2}}$$

$$= \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{1}{x} + \frac{2}{x^2} + \frac{9}{x^2(x-1)}} = 0$$

Pas d'asymptote oblique

## EXERCICE 5

- (a) ( /5) Énoncer le théorème fondamental du calcul différentiel et intégral.  
 (b) ( /10) Calculer l'intégrale définie suivante :

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos x dx}{\sin^2 x - 4}$$

Réponse question 5 :

(a)

### Theorem (Théorème fondamental)

Soit une fonction continue sur un intervalle  $I$  et soit  $a$  un point de  $I$ .  
 Alors la fonction

$$F: I \rightarrow \mathbb{R} : x \mapsto \int_a^x f(t) dt$$

est l'unique primitive de  $f$  qui s'annule en  $x = a$ .

(b)

$$\int \frac{\cos x dx}{\sin^2 x - 4} = \int \frac{dt}{t^2 - 4} = \dots$$

$t = \sin x$   
 $dt = \cos x dx$

$$\begin{aligned} \frac{1}{t^2 - 4} &= \frac{A}{t + 2} + \frac{B}{t - 2} \\ &= \frac{A(t - 2) + B(t + 2)}{(t + 2)(t - 2)} \\ &= \frac{(A + B)t + 2(B - A)}{t^2 - 4} \end{aligned}$$

Réponse question 5 (suite) :

$$\begin{cases} A + B = 0 \\ 2(B - A) = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} A + B = 0 \quad (1) \\ B - A = \frac{1}{2} \quad (2) \end{cases}$$

$$(1) + (2) : 2B = \frac{1}{2} \Leftrightarrow B = \frac{1}{4}$$

$$\text{Dans (1) : } A = -B = -\frac{1}{4}$$

$$\dots = \int \frac{dt}{t^2 - 4} = \int \left( \frac{-\frac{1}{4}}{t+2} + \frac{\frac{1}{4}}{t-2} \right) dt$$

$$= -\frac{1}{4} \int \frac{dt}{t+2} + \frac{1}{4} \int \frac{dt}{t-2}$$

$$= -\frac{1}{4} \ln |t+2| + \frac{1}{4} \ln |t-2| + \text{cst}$$

$$= \frac{1}{4} \ln \left| \frac{t-2}{t+2} \right| + \text{cst}$$

$$= \frac{1}{4} \ln \left| \frac{\sin x - 2}{\sin x + 2} \right| + \text{cst}$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos x dx}{\sin^2 x - 4}$$

$$= \left[ \frac{1}{4} \ln \left| \frac{\sin x - 2}{\sin x + 2} \right| \right]_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$= \frac{1}{4} \ln \left| \frac{\sin \frac{\pi}{2} - 2}{\sin \frac{\pi}{2} + 2} \right| - \frac{1}{4} \ln \left| \frac{\sin 0 - 2}{\sin 0 + 2} \right|$$

$$= \frac{1}{4} \ln \left| \frac{1-2}{1+2} \right| - \frac{1}{4} \ln \left| \frac{-2}{2} \right|$$

$$= \frac{1}{4} \ln \frac{1}{3} - \frac{1}{4} \ln 1$$

$$= \frac{1}{4} \ln \frac{1}{3}$$

$$\left( = -\frac{1}{4} \ln 3 \right).$$

## EXERCICE 6

- (a) (/10) Montrer, par récurrence, que la  $n$ -ième dérivée de la fonction  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto xe^{-x}$  est

$$f^n : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, x \mapsto (-1)^n e^{-x} (x - n)$$

pour tout  $n \in \mathbb{N}$ .

- (b) (/5) Donner la série de Taylor de la fonction  $f$  autour de  $x = 0$ .

Réponse question 6 :

(a) Initialisation :  $n = 0$

$$f^0(x) = f(x) = xe^{-x} = (-1)^0 e^{-x} (x - 0)$$

Hypothèse de récurrence :

$$f^n(x) = (-1)^n e^{-x} (x - n) \quad \text{pour un } n \in \mathbb{N}$$

Étape de récurrence :

$$f^{n+1}(x) = (f^n(x))' = \left( (-1)^n e^{-x} (x - n) \right)'$$

$$= (-1)^n (-1) e^{-x} (x - n) + (-1)^n e^{-x} \cdot 1$$

$$= (-1)^{n+1} e^{-x} (x - n) - (-1)^{n+1} e^{-x}$$

$$= (-1)^{n+1} e^{-x} [(x - n) - 1]$$

$$= (-1)^{n+1} e^{-x} (x - (n + 1))$$

□ Q.F.D

Réponse question 6 (suite) :

(b) La série de Taylor de  $f$  autour de 0 est

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} (x-0)^n = f(0) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n e^{-0} (0-n)}{n!} x^n$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(n-1)!} x^n$$

# Examen de MATH F-112

## 2ième Quadrimestre

### 13 Juin 2022

NOM:  
PRÉNOM:  
MATRICULE:  
SECTION:

Exercice 1		/25
Exercice 2		/25
Exercice 3		/25
Exercice 4		/25
Total		/100

ATTENTION:

1. Vous ne pouvez pas sortir de la salle sans remettre définitivement votre copie, ni sans autorisation.
2. Toute calculatrice et tout objet connecté (même éteint) sont formellement interdits. Les seuls documents autorisés sont ceux que nous vous fournissons.

Toute tentative de fraude ou de communication sera sévèrement sanctionnée.

1. Ecrivez immédiatement vos **nom, prénom, matricule et section** sur cette page.
2. Des feuilles de brouillon sont accessibles à la fin de la copie.

**Vous n'avez PAS le droit à vos propres feuilles de brouillon.**

Les brouillons ne seront en aucun cas lus ni corrigés.

3. **Ne dégrafez pas** les feuilles !

4. Les réponses doivent être **soigneusement justifiées** sauf mention expresse du contraire.

5. Ecrivez lisiblement et soignez la présentation de vos réponses.

6. Vous pouvez écrire vos réponses **au verso des pages et au crayon** mais **pas en rouge**.

7. L'examen dure **2 heures**.

## EXERCICE 1

(a) ( /6) Trouver l'ensemble  $T$  des solutions complexes à l'équation

$$t^2 - 2t + 2 = 0.$$

(b) ( /9) A l'aide du point (a), trouver l'ensemble  $S$  des solutions complexes à l'équation

$$z^6 - 2z^3 + 2 = 0.$$

(c) ( /10) Énoncer et démontrer la formule de De Moivre.

Réponse question 1 :

$$(a) \quad t^2 - 2t + 2 = 0$$

$$\Delta = (-2)^2 - 4 \cdot 2 = 4 - 8 = -4$$

Les racines complexes de  $-4$  sont  $\pm 2i$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{-(-2) \pm 2i}{2} = \frac{2 \pm 2i}{2} = 1 \pm i$$

On trouve  $T = \{1+i, 1-i\}$

(b) Posons  $t = z^3$ .

$$\text{On a } z^6 - 2z^3 + 2 = 0 \quad (\Rightarrow) \quad t^2 - 2t + 2 = 0$$

Donc, par (a),

$$z^3 = t = 1 \pm i$$

Réponse question 1 (suite):

$$1+i = \sqrt{2} e^{i\left(\frac{\pi}{4} + 2k\pi\right)} \quad (k \in \mathbb{Z})$$

$$1-i = \sqrt{2} e^{i\left(-\frac{\pi}{4} + 2k\pi\right)}$$

$$z = \rho e^{i\theta} \Rightarrow z^3 = \rho^3 e^{i3\theta}$$

$$\rho^3 = \sqrt{2} = 2^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \rho = 2^{\frac{1}{6}}$$

$$3\theta = \pm \frac{\pi}{4} + 2k\pi \Rightarrow \theta = \pm \frac{\pi}{12} + k \frac{2\pi}{3}$$

On trouve

$$S = \left\{ 2^{\frac{1}{6}} e^{i\psi} : \psi = \frac{\pi}{12} \text{ ou } -\frac{\pi}{12} \text{ ou } \frac{3\pi}{4} \text{ ou } \frac{7\pi}{12} \text{ ou } \frac{17\pi}{12} \text{ ou } \frac{5\pi}{4} \right\}$$

(c) Formule de De Moivre :

$$\left( \rho e^{i\theta} \right)^n = \rho^n e^{in\theta} \quad \forall n \geq 1$$

Démonstration :

• Cas de base :  $n = 1$

$$(\rho \exp(i\theta))^1 = \rho \exp(i\theta) = \rho^1 \exp(i \cdot 1 \cdot \theta)$$

• Supposons que

$$(\rho \exp(i\theta))^n = \rho^n \exp(in\theta)$$

pour un certain  $n \geq 1$  fixé.

•  $(\rho \exp(i\theta))^{n+1}$

$$= \rho \exp(i\theta) \cdot (\rho \exp(i\theta))^n$$

$$= \rho \exp(i\theta) \cdot \rho^n \exp(in\theta)$$

(par hypothèse de récurrence)

$$= \rho \cdot \rho^n \exp(i(\theta + n\theta))$$

$$= \rho^{n+1} \exp(i(n+1)\theta)$$

□

## EXERCICE 2

- (a) ( /12) Donner l'ensemble  $S \subseteq \mathbb{R}^3$  des solutions au système linéaire suivant :

$$\begin{cases} 2x + 3y - 3z = 1 \\ -4x - 5y + 5z = 3. \\ x + 2y - 2z = 3 \end{cases}$$

- (b) ( /8) Calculer le déterminant de la matrice  $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ -3 & -4 & 7 \end{pmatrix}$ .

- (c) ( /5) Ecrire le système linéaire suivant sous forme matricielle :

$$\begin{cases} x + 3y = 0 \\ x + 2y - z = 0 \\ -3x - 4y + 7z = 0 \end{cases}$$

A l'aide du point (b) et **sans** effectuer de calculs, justifier du fait que son unique solution dans  $\mathbb{R}^3$  est  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ .

Réponse question 2 :

(a) Appliquons la méthode de Gauss à la matrice augmentée associée au système :

$$\left[ \begin{array}{ccc|c} 2 & 3 & -3 & 1 \\ -4 & -5 & 5 & 3 \\ 1 & 2 & -2 & 3 \end{array} \right]$$

$$\begin{array}{l} L_1 \leftrightarrow L_3 \\ \rightsquigarrow \end{array} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -2 & 3 \\ -4 & -5 & 5 & 3 \\ 2 & 3 & -3 & 1 \end{array} \right]$$

Réponse question 2 (suite) :

$$\begin{array}{l} L_2 \rightarrow L_2 + 4L_1 \\ \rightsquigarrow \\ L_3 \rightarrow L_3 - 2L_1 \end{array} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -2 & 3 \\ 0 & 3 & -3 & 15 \\ 0 & -1 & 1 & -5 \end{array} \right]$$

$$\begin{array}{l} L_2 \rightarrow \frac{1}{3}L_2 \\ \rightsquigarrow \end{array} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -2 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 5 \\ 0 & -1 & 1 & -5 \end{array} \right]$$

$$\begin{array}{l} L_3 \rightarrow L_3 + L_2 \\ \rightsquigarrow \\ L_1 \rightarrow L_1 - 2L_2 \end{array} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & -7 \\ 0 & 1 & -1 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]$$

Cette matrice est sous forme échelonnée réduite. Le système donné est équivalent au système suivant :

$$\begin{cases} x = -7 \\ y - z = 5 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = -7 \\ y = z + 5 \end{cases}$$

On a

$$S = \{(-7, z+5, z) \mid z \in \mathbb{R}\}$$

(b) En développant selon la 3<sup>e</sup> colonne,

$$\det \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ -3 & -4 & 7 \end{pmatrix}$$

$$= -(-1) \det \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ -3 & -4 \end{pmatrix}$$

$$+ 7 \det \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$= (-4 - (-9)) + 7 \cdot (2 - 3)$$

$$= 5 - 7 = -2$$

(c) La forme matricielle du système est

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ -3 & -4 & 7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Notons  $M = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ -3 & -4 & 7 \end{pmatrix}$ .

Comme  $\det M \neq 0$ ,  $M$  est inversible donc

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = M^{-1} \cdot M \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = M^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

et l'unique solution à notre système est  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ .

## EXERCICE 3

- (a) ( /4) Définir la notion de *point critique* d'une fonction différentiable  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ .
- (b) ( /14) Considérer la fonction

$$f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto x^3 + y^3 + 3x^2 - 6y^2.$$

Trouver ses points critiques ET déterminer leur nature respective.

- (c) ( /7) Intégrer la fonction

$$g : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto 7x$$

sur la région de  $\mathbb{R}^2$  délimitée par les paraboles d'équations respectives  $y = x^2 + 3$  et  $y = 2x^2 + 2$ .

---

Réponse question 3 :

(a) On appelle point critique de  $f$  tout point  $a \in \mathbb{R}^n$  intérieur au domaine de  $f$  tel que  $\nabla f(a) = \vec{0}$

Réponse question 3 (suite) :

$$(b) \quad \nabla f(x,y) = \left( \frac{\partial f}{\partial x}(x,y), \frac{\partial f}{\partial y}(x,y) \right) \\ = (3x^2 + 6x, 3y^2 - 12y)$$

$(x,y)$  est un point critique de  $f$

$$\text{ssi } \nabla f(x,y) = (0,0)$$

$$\text{ssi } \begin{cases} 3x^2 + 6x = 0 \\ 3y^2 - 12y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3x(x+2) = 0 \\ 3y(y-4) = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x=0 \text{ ou } x=-2 \\ y=0 \text{ ou } y=4 \end{cases}$$

On a 4 points critiques :

$$(0,0), (0,4), (-2,0) \text{ et } (-2,4)$$

Déterminons la nature de ces points critiques.

Ou a

$$H_f(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{pmatrix}$$

Or

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 6x + 6, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 6y - 12$$

Donc

$$\rightarrow \det H_f(0,0) = \det \begin{pmatrix} 6 & 0 \\ 0 & -12 \end{pmatrix} = -72 < 0$$

de sorte que  $(0,0)$  est un point de selle

$$\rightarrow \det H_f(0,4) = \det \begin{pmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 12 \end{pmatrix} = 72 > 0$$

et  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(0,4) = 6 > 0$  de sorte que  $(0,4)$  est un minimum local

$$\rightarrow \det H_f(-2,0) = \det \begin{pmatrix} -6 & 0 \\ 0 & -12 \end{pmatrix} = 72 > 0$$

et  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(-2,0) = -6 < 0$  de sorte que

$(-2,0)$  est un maximum local

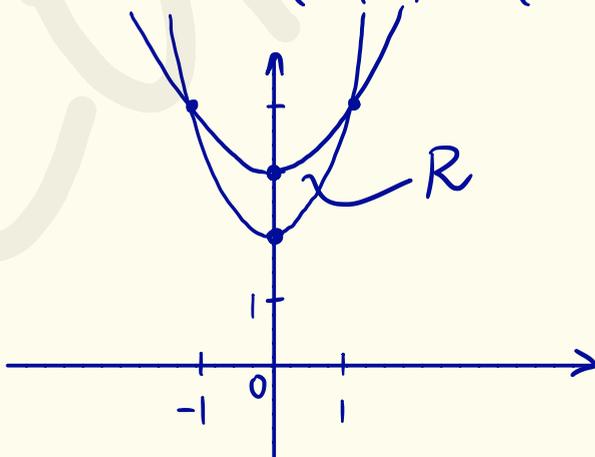
$$\rightarrow \det H_f(-2,4) = \det \begin{pmatrix} -6 & 0 \\ 0 & 12 \end{pmatrix} = -72 < 0$$

de sorte que  $(-2,4)$  est un point de selle

(c) On a  $x^2 + 3 = 2x^2 + 2 \Leftrightarrow x^2 = 1$

$\Leftrightarrow x = \pm 1$ . Les deux paraboles

s'intersectent en  $(-1,4)$  et  $(1,4)$ .



Notons  $R$  la région qu'elles  
délimitent

$$\begin{aligned} & \iint_R 7x \, d(xy) \\ &= 7 \int_{-1}^1 \int_{x^2+3}^{2x^2+2} x \, dy \, dx \\ &= 7 \int_{-1}^1 [xy]_{y=x^2+3}^{2x^2+2} \, dx \\ &= 7 \int_{-1}^1 x \left( \underbrace{2x^2+2 - (x^2+3)}_{x^2-1} \right) \, dx \\ &= 7 \int_{-1}^1 (x^3 - x) \, dx \\ &= 7 \cdot \left[ \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2} \right]_{x=-1}^1 \\ &= 7 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{2} - \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{2} \right) \right) = 0 \end{aligned}$$

## EXERCICE 4

- (a) ( /5) Définir la notion de *problème de Cauchy*.  
 (b) ( /5) Vérifier que

$$y_0(x) := \sin x + \cos x$$

est une solution particulière à l'équation

$$y'' - 4y' + 4y = 7 \sin x - \cos x.$$

- (c) ( /8) Donner la solution générale à l'équation non-homogène

$$y'' - 4y' + 4y = 7 \sin x - \cos x.$$

- (d) ( /7) Résoudre le problème de Cauchy suivant :

$$y'' - 4y' + 4y = 7 \sin x - \cos x, \quad y(0) = 1, y'(0) = 2.$$

Réponse question 4 :

(a) Un problème de Cauchy est la donnée d'une équation différentielle ordinaire d'ordre  $n \geq 1$   $F(x, y, y', \dots, y^{(n)}) = 0$  définie sur un intervalle  $I$ , d'un point  $x_0 \in I$ , et d'une condition initiale en  $x_0$  :  $y(x_0) = y_0, y'(x_0) = y_0', \dots, y^{(n-1)}(x_0) = y_0^{(n-1)}$ , où  $y_0, y_0', \dots, y_0^{(n-1)}$  sont des constantes données.

Réponse question 4 (suite) :

$$(b) \quad y_0(x) = \sin x + \cos x$$

$$y_0'(x) = \cos x - \sin x$$

$$y_0''(x) = -\sin x - \cos x$$

$$y_0'' - 4y_0' + 4y_0$$

$$= -\sin x - \cos x - 4(\cos x - \sin x) + 4(\sin x + \cos x)$$

$$= \sin x(-1 - 4(-1) + 4) + \cos x(-1 - 4 + 4)$$

$$= 7\sin x - \cos x$$

comme requis.

(c) Equation homogène associée :

$$y_H'' - 4y_H' + 4y_H = 0$$

Equation caractéristique et solution :

$$\lambda^2 - 4\lambda + 4 = 0 \quad (\Rightarrow) \quad (\lambda - 2)^2 = 0 \quad (\Rightarrow) \quad \lambda = 2$$

Solution générale à l'équation  
homogène associée :

$$y_{\text{SGHA}}(x) = (Ax + B)e^{2x}$$

avec  $A, B \in \mathbb{R}$ .

Solution générale à l'équation  
non-homogène :

$$y(x) = (Ax + B)e^{2x} + \cos x + \sin x$$

$$(d) \quad 1 = y(0) = B + 1 \quad (\Leftrightarrow) \quad B = 0$$

$$y'(x) = 2(Ax + B)e^{2x} + Ae^{2x} - \sin x + \cos x$$

$$2 = y'(0) = 2B + A + 1 \quad (\Leftrightarrow) \quad A = 1 - 2B = 1$$

Solution unique au problème de Cauchy :

$$y(x) = xe^{2x} + \cos x + \sin x$$

# Envi-F1001 / 5 crédits

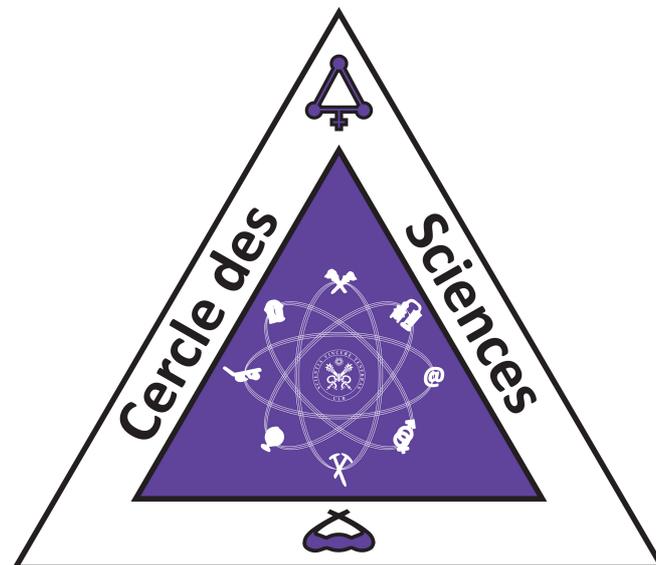
Pendant le Q1, ce sera ton seul cours de géo ! En voyant les bases de la géographie, ça te permettra de savoir si ça te plaît et comment tu sens les années à venir :) Essaie de bien comprendre les différents concepts vus parce qu'ils te serviront de base pour la suite.

Ce cours est divisé en trois parties : Sciences de la Terre, Environnement et Société. Tu auras donc trois profs différents que tu auras sans doute tout au long de ton parcours universitaire.

La partie Sciences de la Terre est donnée par P.Regnier. Sa partie est axée sur la géographie physique. Essaie de bien assimiler les notions pour te forger une base solide ! L'examen de « Sciences de la Terre » est un QCM sans point négatif. Un conseil, essaie un maximum de faire et refaire les examens des années précédentes car les questions sont très semblables. Au Q2, tu partiras en excursion pour observer différents phénomènes naturels de la Belgique. Tu devras (comme pour chaque excursion) rendre un rapport écrit, peu de temps après l'excursion. Essaie de faire un rapport quali pour avoir des points bonus à cette partie du cours !

La partie « Environnement » est donnée par F.Pattyn que tu auras chaque année de ton bachelier. Sa partie est composée de différents concepts que tu aborderas dans ses autres cours au fil des années. L'examen est un vrai ou faux sans point négatif et il y a une ou deux questions ouvertes.

La partie « Société » est donnée par J-M Decroly. De nouveau, tu aborderas toutes sortes de notions que tu approfondiras plus tard dans d'autres cours de géographie humaine. Depuis deux ans, son examen est un travail écrit. Si rien n'a changé, par groupe, tu devras choisir un des trois thèmes proposés et développer selon la consigne donnée. Il est généralement assez gentil dans la cotation mais essaie de bien comprendre son cours en assimilant ses slides et ses réflexions pour pousser ta propre réflexion le plus loin possible !



# ENVI-F1001 : Sciences de la Terre, environnement et société

## Conseils à la réussite :

Ce cours est divisé en trois parties, introduction aux sciences de la Terre (Pierre Regnier) et environnement et société (Decroly et Pattyn). Ces deux parties valent pour 50% de la note totale.

## Partie de Pierre Regnier (Sc. De la Terre) :

Les questions sont sous forme de QCM et ceux-ci se ressemblent souvent d'années en années. Cependant soyez prudent, il est déjà arrivé que les questions changent complètement (sans devenir pour autant plus difficiles) et étudier par cœur les questions des années précédentes n'est plus suffisant. Je vous conseille de bien étudier cette partie car ce n'est pas trop compliqué de faire des bons points et ca peut s'avérer très utile pour compenser un manque de point à l'autre partie (50% de la note pour chaque partie).

<b>1.</b> La surface terrestre est caractérisée par un gradient latitudinal d'énergie radiative. Quelle en est la cause fondamentale ?	
Un flux de chaleur interne variable	<input type="checkbox"/>
La courbure de la Terre	<input checked="" type="checkbox"/>
La tectonique des plaques	<input type="checkbox"/>
La circulation atmosphérique	<input type="checkbox"/>
La concentration en CO <sub>2</sub> atmosphérique	<input type="checkbox"/>

<b>2.</b> Soit deux corps noirs (A et B). La longueur d'onde à laquelle ils émettent leur maximum d'énergie radiative est telle que $\lambda_{\text{max,A}} = 2 \lambda_{\text{max,B}}$ , respectivement. Calculez le rapport entre le flux de chaleur émis par le corps B et le flux de chaleur émis par le corps A ( $F_B/F_A$ ).	
Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte.	
$F_B/F_A = 1/8$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 2$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 4$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 16$	<input checked="" type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 1/4$	<input type="checkbox"/>

<b>3.</b> Le système Terre est caractérisé par différents réservoirs contenant des quantités de carbone organique et/ou inorganique très variables. (roches = roches carbonatées ; océan = colonne d'eau)	
Si $M_x$ dénote la masse de C total dans le réservoir x, indiquez parmi les propositions suivantes laquelle est correcte :	
$M_{\text{roches}} > M_{\text{océan}} > M_{\text{atmosphère}}$	<input checked="" type="checkbox"/>
$M_{\text{biomasse vivante}} > M_{\text{océan}}$	<input type="checkbox"/>
$M_{\text{atmosphère}} > M_{\text{océan}} > M_{\text{roches}}$	<input type="checkbox"/>
$M_{\text{océan}} > M_{\text{roches}} > M_{\text{atmosphère}}$	<input type="checkbox"/>
Aucun de ces propositions	<input type="checkbox"/>

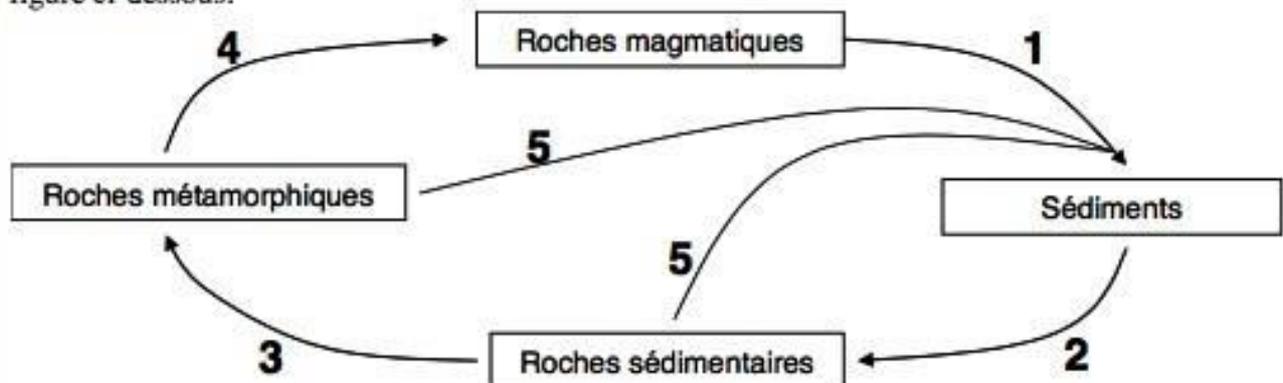


4. Cette question porte sur la composition chimique de l'atmosphère. Actuellement, la concentration varie suivant la proposition A. Au Précambrien, l'atmosphère était cependant beaucoup plus riche en gaz à effet de serre. Ce enrichissement est nécessaire pour compenser B. L'épisode d'oxygénation majeur (GOE) a eu lieu quant à lui il y a C.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte :

A = $O_2 > N_2 > CO_2 > CH_4$ ; B = une luminosité solaire réduite ; C = 200 millions d'années	<input type="checkbox"/>
A = $N_2 > O_2 > N_2O > CO_2$ ; B = un albédo quasi nul ; C = 60 millions d'années	<input type="checkbox"/>
A = $N_2 > O_2 > CO_2 > CH_4$ ; B = une luminosité solaire réduite ; C = 2300 millions d'années	<input checked="" type="checkbox"/>
A = $N_2 > O_2 > CH_4 > CO_2$ ; B = une tectonique des plaques ralentie ; C = 2300 millions d'années	<input type="checkbox"/>
A = $N_2O > O_2 > CH_4 > CO_2$ ; B = un taux d'altération des roches silicatées plus élevé ; C = 60 millions d'années	<input type="checkbox"/>
A = $O_2 > N_2 > CH_4 > CO_2$ ; B = une tectonique de plaques accélérée ; C = 2300 millions d'années	<input type="checkbox"/>
A = $N_2 > O_2 > CO_2 > CH_4$ ; B = un albédo quasi nul ; C = 200 millions d'années	<input type="checkbox"/>

5. Le cycle des roches est caractérisé par différents processus, identifiés par des numéros dans la figure ci-dessous.



Parmi les six propositions suivantes, laquelle est-t-elle correcte ?

1 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 2 = surrection ; 3 = lithification ; 4 = fusion au niveau des zones de subduction ; 5 = fusion	<input type="checkbox"/>
1 = lithification ; 2 = altération ; 3 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 4 = fusion au niveau des zones de subduction ; 5 = surrection	<input type="checkbox"/>
1 = surrection ; 2 = lithification ; 3 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 4 = fusion au niveau des zones de subduction ; 5 = altération	<input type="checkbox"/>
1 = fusion au niveau des zones de subduction ; 2 = lithification ; 3 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 4 = surrection ; 5 = altération	<input type="checkbox"/>
1 = altération ; 2 = lithification ; 3 = surrection ; 4 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 5 = fusion au niveau des zones de subduction	<input type="checkbox"/>
1 = altération ; 2 = lithification ; 3 = métamorphisme dans les bassins sédimentaires ; 4 = fusion au niveau des zones de subduction ; 5 = surrection	<input checked="" type="checkbox"/>



**6.** La circulation thermohaline influence le climat terrestre à une échelle de temps caractéristique de **A**. Les masses d'eau profondes les plus anciennes sont localisées dans **B**. Le transport d'eau chaude par les courants de surface transfère une quantité de chaleur vers les pôles correspondant approximativement à **C** de celle transportée par la circulation atmosphérique.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = 10 ans ; B = Atlantique du Nord ; C = 5%	<input type="checkbox"/>
A = $10^6$ ans ; B = Océan Indien ; C = 50%	<input type="checkbox"/>
A = 100 ans ; B = Pacifique du Nord ; C = 100%	<input type="checkbox"/>
A = $10^3$ ans ; B = Océan Indien ; C = 50%	<input type="checkbox"/>
A = $10^6$ ans ; B = Atlantique du Nord ; C = 20%	<input type="checkbox"/>
A = $10^3$ ans ; B = Pacifique du Nord ; C = 100%	<input checked="" type="checkbox"/>

**7.** Le niveau hiérarchique le plus élevé de la subdivision du temps géologique s'appelle **A**. Celui-ci est subdivisé en **B**, puis en **C**. Les derniers **D** millions d'années de l'histoire de notre planète constitue l'éon Phanérozoïque, qui débute lors de **E**.

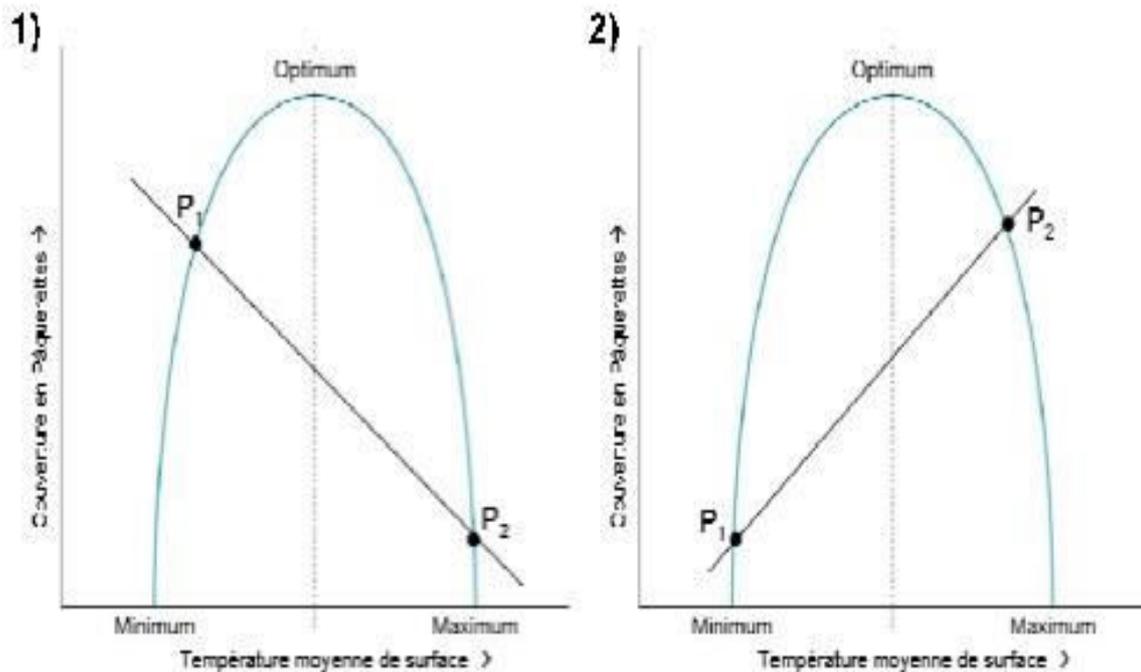
**Indiquez parmi les propositions suivantes laquelle est correcte :**

A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 820 ; E = l'apparition de la photosynthèse oxygénique	<input type="checkbox"/>
A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 200 ; E = l'apparition de fossiles à coquille et de la vie multicellulaire	<input type="checkbox"/>
A = ère ; B = éon ; C = période ; D = 10 ; E = l'apparition de la vie sur Terre	<input type="checkbox"/>
A = période ; B = éon ; C = ère ; D = 540 ; E = l'apparition de stromatolithes	<input type="checkbox"/>
A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 540 ; E = l'apparition de fossiles à coquille et de la vie multicellulaire	<input checked="" type="checkbox"/>
Aucun de ces propositions	<input type="checkbox"/>



8. Le système « Planète pâquerettes blanches (PPB) » a un homologue qui se comporte exactement de la même façon, sauf qu'il est entièrement couvert de pâquerettes noires (PPN). Parmi les figures ci-dessous, la figure A correspond au système PPN. Dans ce système, l'état d'équilibre stable correspond au point B.

Figures :



Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte :

A = 1 ; B = P <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/>
A = 2 ; B = P <sub>2</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
A = 2 ; B = P <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/>
A = 1 ; B = P <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>
A = 1 ; B = aucun de ces points	<input type="checkbox"/>
A = 2 ; B = aucun de ces points	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>



9. Soit les roches suivantes: granite (A), calcaire (B), péridotite (C), gneiss (D), grès (E). Nous souhaitons les classer suivant la typologie des grandes classes de roches.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est la plus adéquate:

A = sédimentaire détritique ; B = métamorphique ; C = métamorphique ; D = magmatique extrusive mafique ; E = sédimentaire chimique ou biochimique	<input type="checkbox"/>
A = métamorphique ; B = magmatique intrusive mafique ; C = métamorphique ; D = sédimentaire détritique ; E = sédimentaire détritique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive felsique ; B = sédimentaire chimique ou biochimique ; C = magmatique intrusive ultramafique ; D = métamorphique ; E = sédimentaire détritique	<input checked="" type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive mafique ; B = magmatique intrusive mafique ; C = sédimentaire détritique ; D = sédimentaire chimique ou biochimique ; E = magmatique extrusive felsique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique extrusive ; B = métamorphique ; C = magmatique intrusive felsique ; D = magmatique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive felsique ; B = sédimentaire chimique ou biochimique ; C = magmatique intrusive ultramafique ; D = métamorphique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
A = métamorphique ; B = magmatique extrusive mafique ; C = métamorphique ; D = sédimentaire détritique ; E = sédimentaire détritique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive mafique ; B = magmatique intrusive felsique ; C = sédimentaire détritique ; D = métamorphique ; E = magmatique extrusive felsique	<input type="checkbox"/>

10. La composition élémentaire de la Terre dans son ensemble varie suivant la proposition A. Celle de la croûte terrestre varie dans l'ordre donné par la proposition B.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

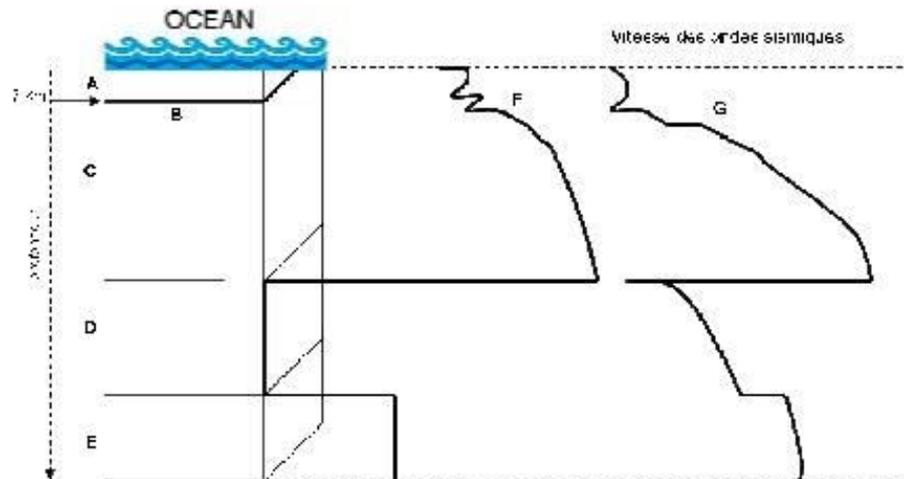
A = Fe>O>Si>Mg ; B = Fe>Al>Si>O	<input type="checkbox"/>
A = Fe>O>Si>Mg ; B = Al>O>Si>Fe	<input type="checkbox"/>
A = Mg>Fe>Si>O ; B = O>Si>Al>Fe	<input type="checkbox"/>
A = O>Fe>Mg>Si ; B = Fe>Si>Al>O	<input type="checkbox"/>
A = Si>O>Fe>Mg ; B = O>Si>Al>Fe	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces propositions	<input checked="" type="checkbox"/>



## Introduction aux sciences de la terre - Janvier 2013

### EXEMPLES DE QUESTIONS D'EXAMEN

1. Sur base de la figure ci-dessous, représentant la structure interne de la Terre,



indiquez laquelle des combinaisons suivantes est correcte :

A = manteau ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = noyau externe solide ; D = croute ; E = noyau interne liquide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques S ; G = ondes sismiques P	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Gutenberg ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = lithosphère ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = asthénosphère ; D = noyau externe solide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques S ; G = ondes sismiques P	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Gutenberg ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>

2. Soit les roches suivantes: (A) grès, (B) ardoise, (C) rhyolite, (D) basalte, (E) marbre.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est la plus adéquate:

A = métamorphique ; B = sédimentaire chimique ou biochimique ; C = métamorphique ; D = magmatique intrusive mafique ; E = magmatique extrusive felsique	<input type="checkbox"/>
A = sédimentaire détritique ; B = métamorphique ; C = magmatique extrusive felsique ; D = magmatique extrusive mafique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
A = sédimentaire chimique ou biochimique ; B = magmatique intrusive mafique ; C = métamorphique ; D = sédimentaire détritique ; E = sédimentaire chimique ou biochimique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive felsique ; B = sédimentaire détritique ; C = magmatique intrusive felsique ; D = métamorphique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
A = sédimentaire détritique ; B = métamorphique ; C = magmatique intrusive felsique ; D = magmatique extrusive mafique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>



**3.** D'un point de vue géologique, les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère dues à la combustion d'énergie fossile (charbon, pétrole) peuvent être envisagées comme une intensification très importante d'un processus se déroulant sinon naturellement.

**De quel processus s'agit-il :**

La précipitation des carbonates	<input type="checkbox"/>
L'altération des silicates	<input type="checkbox"/>
L'altération et oxydation du carbone organique présent dans les roches sédimentaires	<input type="checkbox"/>

**4.** Le flux d'énergie arrivant à la surface terrestre est transporté à plus de 99 % par A. Une partie de cette énergie est redistribuée par la circulation atmosphérique, principalement au travers du mécanisme de B. De plus, des quantités importantes d'énergie associée à la présence d'eau sur Terre sont transférées des zones tropicales vers les zones polaires sous forme de C. Le flux de chaleur interne arrivant à la surface terrestre aux travers des plaques lithosphériques rigides est quant à lui transporté par D.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = conduction ; B = convection ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = convection	<input type="checkbox"/>
A = rayonnement ; B = convection ; C = chaleur latente de fusion ; D = conduction	<input type="checkbox"/>
A = rayonnement ; B = convection ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = conduction	<input type="checkbox"/>
A = rayonnement ; B = conduction ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = convection	<input type="checkbox"/>
A = convection ; B = conduction ; C = capacité thermique ; D = rayonnement	<input type="checkbox"/>
A = convection ; B = rayonnement ; C = chaleur latente de fusion ; D = capacité thermique	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>

**5.** Cette question porte sur la composition chimique de la Terre dans son ensemble, dont l'abondance varie suivant la proposition A, et de la croûte terrestre, dont l'abondance des éléments varie dans l'ordre représenté par la proposition B.

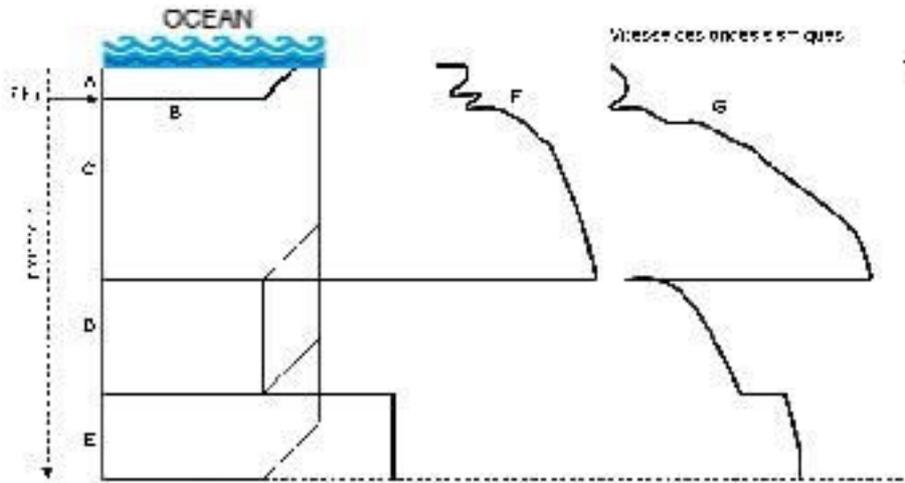
**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = Si>O>Fe>Mg ; B = O>Si>Al>Fe	<input type="checkbox"/>
A = Fe>O>Si>Mg ; B = Al>O>Si>Fe	<input type="checkbox"/>
A = Mg>Fe>Si>O ; B = O>Si>Al>Fe	<input type="checkbox"/>
A = O>Fe>Mg>Si ; B = Fe>Si>Al>O	<input type="checkbox"/>
A = Fe>O>Si>Mg ; B = O>Si>Al>Fe	<input type="checkbox"/>



**EXEMPLES DE QUESTIONS D'EXAMEN**

1. Sur base de la figure ci-dessous, représentant la structure interne de la Terre,



indiquez laquelle des combinaisons suivantes est correcte :

A = manteau ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = noyau externe solide ; D = croute ; E = noyau interne liquide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques S ; G = ondes sismiques P	<input checked="" type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Gutenberg ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = lithosphère ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = asthénosphère ; D = noyau externe solide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques S ; G = ondes sismiques P	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Gutenberg ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>
A = croute ; B = discontinuité de Mohorovicic ; C = manteau ; D = noyau externe liquide ; E = noyau interne solide ; F = ondes sismiques P ; G = ondes sismiques S	<input type="checkbox"/>

2. Soit les roches suivantes: (A) grès, (B) ardoise, (C) rhyolite, (D) basalte, (E) marbre.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est la plus adéquate:

A = métamorphique ; B = sédimentaire chimique ou biochimique ; C = métamorphique ; D = magmatique intrusive mafique ; E = magmatique extrusive felsique	<input type="checkbox"/>
A = sédimentaire détritique ; B = métamorphique ; C = magmatique extrusive felsique ; D = magmatique extrusive mafique ; E = métamorphique	<input checked="" type="checkbox"/>
A = sédimentaire chimique ou biochimique ; B = magmatique intrusive mafique ; C = métamorphique ; D = sédimentaire détritique ; E = sédimentaire chimique ou biochimique	<input type="checkbox"/>
A = magmatique intrusive felsique ; B = sédimentaire détritique ; C = magmatique intrusive felsique ; D = métamorphique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
A = sédimentaire détritique ; B = métamorphique ; C = magmatique intrusive felsique ; D = magmatique extrusive mafique ; E = métamorphique	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>



**3.** D'un point de vue géologique, les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère dues à la combustion d'énergie fossile (charbon, pétrole) peuvent être envisagées comme une intensification très importante d'un processus se déroulant sinon naturellement.

De quel processus s'agit-il :

La précipitation des carbonates	<input type="checkbox"/>
L'altération des silicates	<input type="checkbox"/>
L'altération et oxydation du carbone organique présent dans les roches sédimentaires	<input type="checkbox"/>

**4.** Le flux d'énergie arrivant à la surface terrestre est transporté à plus de 99 % par A. Une partie de cette énergie est redistribuée par la circulation atmosphérique, principalement au travers du mécanisme de B. De plus, des quantités importantes d'énergie associée à la présence d'eau sur Terre sont transférées des zones tropicales vers les zones polaires sous forme de C. Le flux de chaleur interne arrivant à la surface terrestre aux travers des plaques lithosphériques rigides est quant à lui transporté par D.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

<del>A = conduction</del> ; B = convection ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = convection	<input type="checkbox"/>
A = rayonnement ; B = convection ; <del>C = chaleur latente de fusion</del> ; D = conduction	<input type="checkbox"/>
A = rayonnement ; B = convection ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = conduction	<input checked="" type="checkbox"/>
A = rayonnement ; <del>B = conduction</del> ; C = chaleur latente de vaporisation ; D = convection	<input type="checkbox"/>
<del>A = convection</del> ; B = conduction ; C = capacité thermique ; D = rayonnement	<input type="checkbox"/>
<del>A = convection</del> ; B = rayonnement ; C = chaleur latente de fusion ; D = capacité thermique	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>

**5.** Cette question porte sur la composition chimique de la Terre dans son ensemble, dont l'abondance varie suivant la proposition A, et de la croûte terrestre, dont l'abondance des éléments varie dans l'ordre représenté par la proposition B.

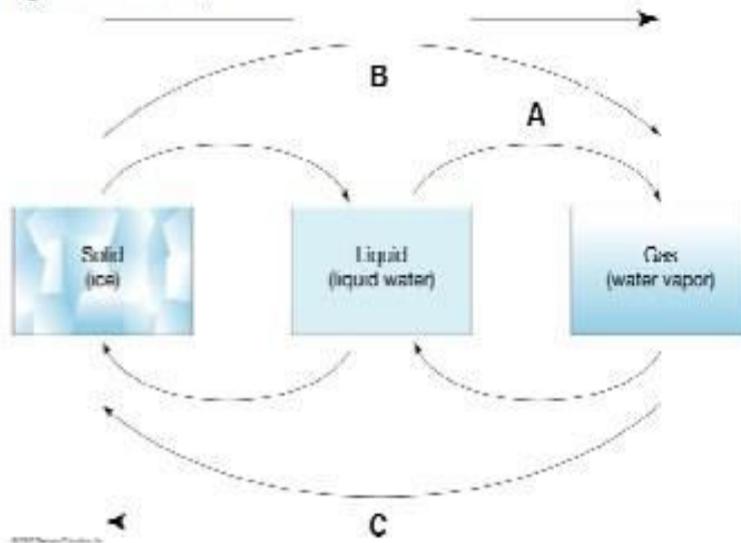
Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

A = Si > O > Fe > Mg ; B = O > Si > Al > Fe	<input type="checkbox"/>
A = Fe > O > Si > Mg ; <del>B = Al &gt; O &gt; Si &gt; Fe</del>	<input type="checkbox"/>
A = Mg > Fe > Si > O ; B = O > Si > Al > Fe	<input type="checkbox"/>
A = O > Fe > Mg > Si ; <del>B = Fe &gt; Si &gt; Al &gt; O</del>	<input type="checkbox"/>
A = Fe > O > Si > Mg ; B = O > Si > Al > Fe	<input type="checkbox"/>



# Introduction aux sciences de la terre

1. Sur base de la figure ci-dessous,



indiquez laquelle des combinaisons suivantes est correcte :

A = évaporation ; B = condensation ; C = énergie libérée	<input type="checkbox"/>
A = sublimation ; B = évaporation ; C = énergie absorbée	<input type="checkbox"/>
A = condensation ; B = sublimation ; C = énergie libérée	<input type="checkbox"/>
A = évaporation ; B = sublimation ; C = énergie absorbée	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<b>X</b>

2. La composition chimique de l'atmosphère durant la première partie de l'histoire de notre planète était beaucoup plus riche en gaz à effet de serre. Cet enrichissement est nécessaire pour compenser :

Un flux de chaleur interne de la Terre plus faible	<input type="checkbox"/>
Une distance Terre-Soleil plus grande	<input type="checkbox"/>
Une tectonique des plaques ralentie	<input type="checkbox"/>
Une luminosité solaire réduite	<b>X</b>
Un albédo quasi nul	<input type="checkbox"/>



**3.** L'abondance des éléments chimiques de la croûte terrestre varie dans l'ordre donné par la proposition **A**. Par ailleurs, les deux minéraux les plus abondants (en poids) de la croûte continentale sont, dans l'ordre, **B** et **C**. Pour le manteau, il s'agit, dans l'ordre, des minéraux **D** et **E**, présents dans une roche nommée **F**.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

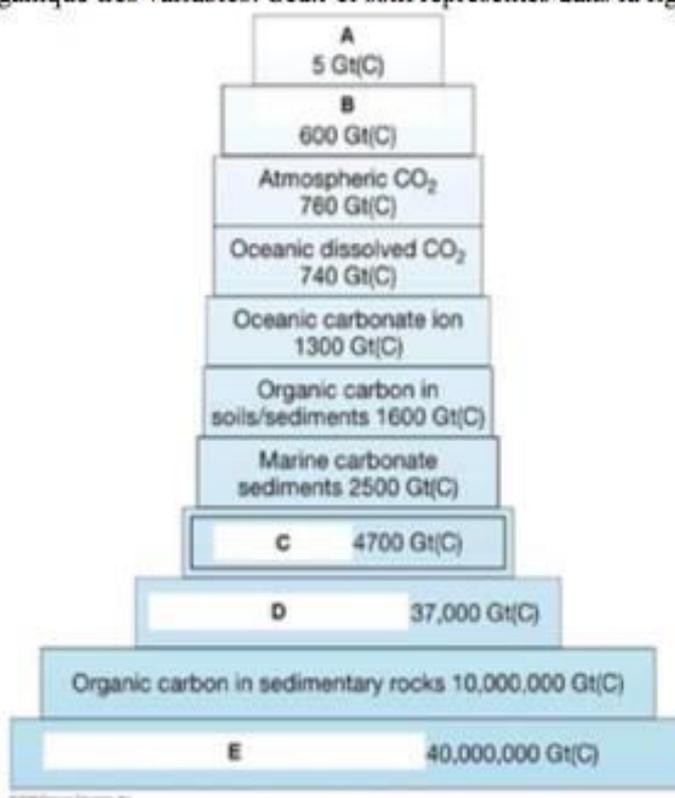
A = O <sub>2</sub> > Si > Al > Fe ; B = quartz ; C = feldspaths ; D = pyroxène ; E = olivine ; F = péridotite	<input type="checkbox"/>
A = O <sub>2</sub> > Si > Al > Fe ; B = feldspaths ; C = quartz ; D = olivine ; E = pyroxène ; F = péridotite	<b>X</b>
A = Al > O <sub>2</sub> > Si > Fe ; B = olivine ; C = quartz ; D = feldspaths ; E = calcite ; F = gabbro	<input type="checkbox"/>
A = O <sub>2</sub> > Si > Al > Fe ; B = quartz ; C = olivine ; D = calcite ; E = feldspaths ; F = dolomite	<input type="checkbox"/>
A = O <sub>2</sub> > Al > Si > Fe ; B = calcite ; C = feldspaths ; D = quartz ; E = pyroxène ; F = dolomite	<input type="checkbox"/>
A = Si > O <sub>2</sub> > Al > Fe ; B = pyroxène ; C = feldspaths ; D = quartz ; E = olivine ; F = gabbro	<input type="checkbox"/>

**4.** L'altération des roches silicatées est un processus clé du contrôle de l'évolution climatique à long-terme (> millions d'années). Ce contrôle peut-être caractérisé par une boucle de rétroaction. **Laquelle des quatre propositions suivantes est-t-elle correcte ?**

	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<b>X</b>



5. Le système Terre est caractérisé par différents réservoirs contenant des quantités de carbone organique et/ou inorganique très variables. Ceux-ci sont représentés dans la figure ci-dessous.



Indiquez parmi les propositions suivantes laquelle est correcte :

A = biomasse vivante ; B = combustibles fossiles ; C = méthane atmosphérique ; D = roches calcaires ; E = ion bicarbonate océanique	<input type="checkbox"/>
A = combustibles fossiles ; B = méthane atmosphérique ; C = ion bicarbonate océanique ; D = roches calcaires ; E = biomasse vivante	<input type="checkbox"/>
A = méthane atmosphérique ; B = ion bicarbonate océanique ; C = roches calcaires ; D = combustibles fossiles ; E = biomasse vivante	<input type="checkbox"/>
A = méthane atmosphérique ; B = biomasse vivante ; C = combustibles fossiles ; D = ion bicarbonate océanique ; E = roches calcaires	<input checked="" type="checkbox"/>

6. La Terre a connu A glaciations principales depuis sa formation. La période Crétacé moyen appartient à l'éon B et se place dans l'échelle du temps géologique à environ C millions d'années. Le climat durant cette période était particulièrement D.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

A = 6 ; B = Précambrien ; C = 900 ; D = chaud	<input type="checkbox"/>
A = 2 ; B = Phanérozoïque ; C = 100 ; D = froid	<input type="checkbox"/>
A = 12 ; B = Archéen ; C = 500 ; D = chaud	<input type="checkbox"/>
A = 7 ; B = Précambrien ; C = 1000 ; D = froid	<input type="checkbox"/>
A = 6 ; B = Phanérozoïque ; C = 100 ; D = chaud	<input checked="" type="checkbox"/>



7. L'échelle de temps caractéristique de la circulation thermohaline est A. L'échelle de temps caractéristique du cycle des roches est B.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

A = $10^6$ ans ; B = $10^8$ ans	<input type="checkbox"/>
A = 1 an ; B = 1 an	<input type="checkbox"/>
A = 1 an ; B = $10^3$ ans	<input type="checkbox"/>
A = $10^3$ ans ; B = $10^8$ ans	<input checked="" type="checkbox"/>
A = $10^3$ ans ; B = $10^6$ ans	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces propositions	<input type="checkbox"/>

8. La théorie de la dérive des continents nous indique que les masses continentales étaient regroupées autour d'un seul supercontinent nommé Pangée, il y a environ A d'années.

En prenant en compte l'âge moyen des plus vieilles roches océaniques et une distance moyenne ride médio-océanique - continent de l'ordre de 5000 km, nous pouvons estimer une vitesse d'écartement des plaques tectoniques de l'ordre du B.

Par ailleurs, sur base de la durée moyenne d'un cycle de Wilson caractérisant la formation puis la destruction des supercontinents, on peut estimer que ce processus s'est répété environ C fois depuis la formation de notre planète.

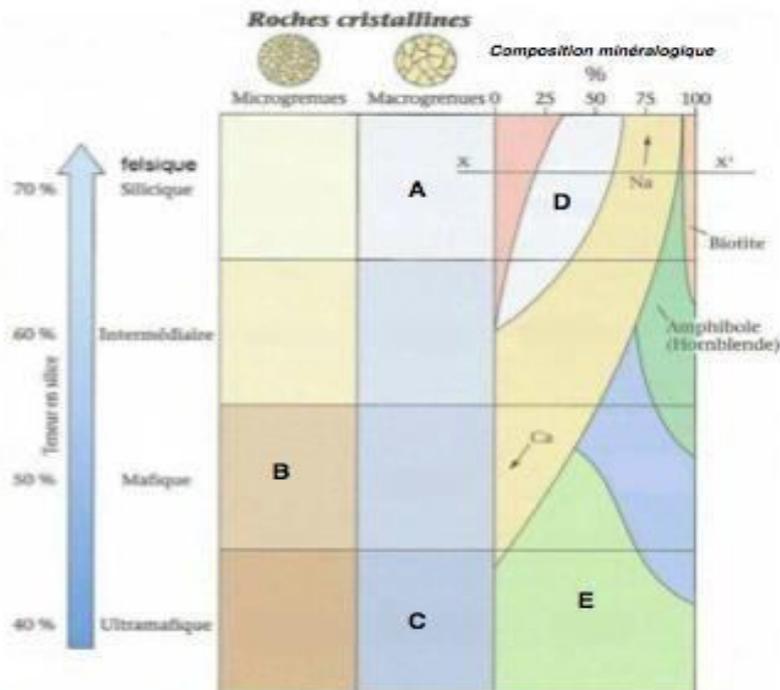
Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

A = 250 millions d'années ; B = cm/an ; C = 10	<input checked="" type="checkbox"/>
A = 250 millions d'années ; B = km/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 10 millions d'années ; B = m/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 1 milliard d'années ; B = cm/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 250 millions d'années ; B = cm/an ; C = 100	<input type="checkbox"/>
A = 100 millions d'années ; B = km/an ; C = 100	<input type="checkbox"/>



9. Cette question porte sur la composition minéralogique et la nomenclature des roches magmatiques.

Sur base de la figure ci-dessous,



indiquez laquelle des combinaisons suivantes est correcte :

A = granite ; B = péridotite ; C = basalte ; D = olivine ; E = quartz	<input type="checkbox"/>
A = olivine ; B = quartz ; C = basalte ; D = péridotite ; E = granite	<input type="checkbox"/>
A = granite ; B = basalte ; C = péridotite ; D = quartz ; E = olivine	<input checked="" type="checkbox"/>
A = basalte ; B = péridotite ; C = quartz ; D = granite ; E = olivine	<input type="checkbox"/>
A = granite ; B = basalte ; C = péridotite ; D = olivine ; E = quartz	<input type="checkbox"/>
A = péridotite ; B = basalte ; C = granite ; D = quartz ; E = olivine	<input type="checkbox"/>
A = basalte ; B = quartz ; C = granite ; D = péridotite ; E = olivine	<input type="checkbox"/>

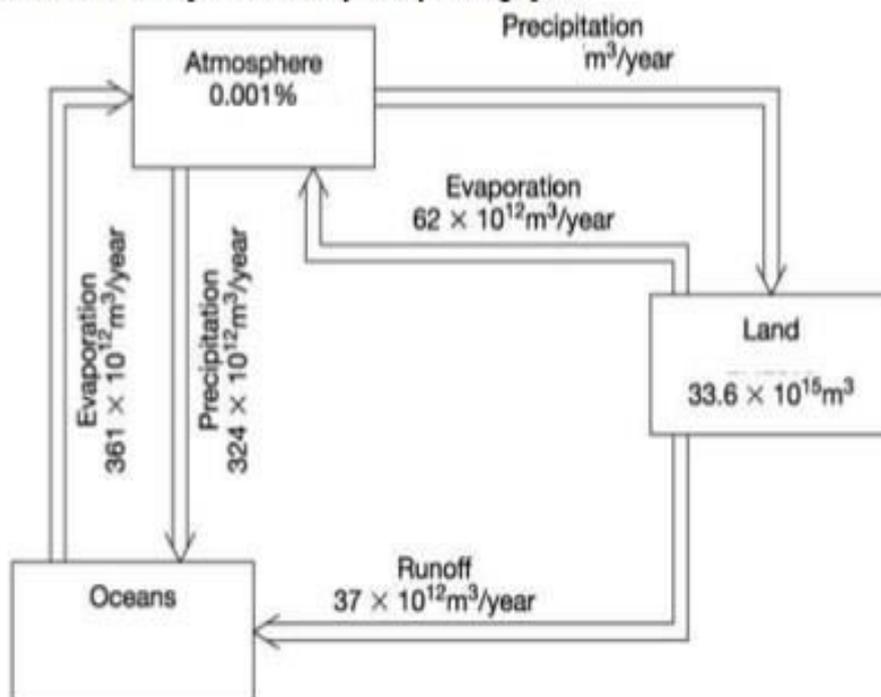
10. Soit deux corps noirs (A et B). La longueur d'onde à laquelle ils émettent leur maximum d'énergie radiative est telle que  $\lambda_{\max,A} = 2 \lambda_{\max,B}$ , respectivement. Calculez le rapport entre le flux de chaleur émis par le corps B et le flux de chaleur émis par le corps A ( $F_B/F_A$ ).

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte.

$F_B/F_A = 1/8$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 2$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 4$	<input type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 16$	<input checked="" type="checkbox"/>
$F_B/F_A = 1/4$	<input type="checkbox"/>



1. La figure ci-dessous représente le cycle hydrologique.



La contribution relative des eaux océaniques au volume total d'eau présente sur Terre est de **A**%. Sur base de l'hypothèse que le cycle est à l'état stationnaire, le flux de précipitation sur les continents est de **B** × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>/an et le temps de résidence des eaux sur les continents est, quant à lui, de l'ordre de **C** ans.

Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:

A = 97 ; B = 99 ; C = 30	<input type="checkbox"/>
A = 93; B = 37 ; C = 300	<input type="checkbox"/>
A = 93 ; B = 37 ; C = 30	<input type="checkbox"/>
A = 97; B = 99 ; C = 300	<input checked="" type="checkbox"/>
A = 93; B = 99 ; C = 30	<input type="checkbox"/>
A = 93; B = 300 ; C = 100	<input type="checkbox"/>
A = 97; B = 300 ; C = 30	<input type="checkbox"/>
A = 97; B = 99 ; C = 100	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces réponses	<input type="checkbox"/>

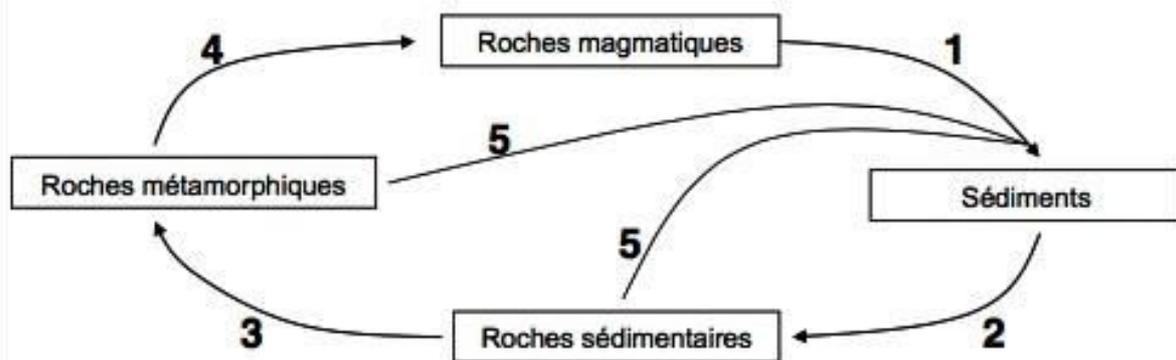


2. Le système Terre est caractérisé par différents réservoirs contenant des quantités de carbone organique et/ou inorganique très variables. (roches = roches carbonatées ; océan = colonne d'eau)

Si  $M_x$  dénote la masse de carbone dans le réservoir  $x$ , indiquez parmi les propositions suivantes laquelle est correcte :

$M_{\text{biomasse}} > M_{\text{océan}} > M_{\text{atmosphère}}$	<input type="checkbox"/>
$M_{\text{biomasse}} > M_{\text{roches}}$	<input type="checkbox"/>
$M_{\text{atmosphère}} > M_{\text{océan}} > M_{\text{roches}}$	<input type="checkbox"/>
$M_{\text{océan}} > M_{\text{roches}} > M_{\text{atmosphère}}$	<input type="checkbox"/>
Aucun de ces propositions	<input checked="" type="checkbox"/>

3. L'échelle de temps caractéristique du cycle des roches est de  $A$ . Par ailleurs, ce cycle est caractérisé par différents processus, identifiés par les numéros dans la figure ci-dessous. Parmi les propositions  $B$ , indiquez laquelle correspond à la transformation d'un granite en grès.



Laquelle des huit propositions suivantes est-t-elle correcte ?

$A = 10^5$ ans ; $B = 1 + 2$	<input checked="" type="checkbox"/>
$A = 10^7$ ans ; $B = 2 + 5$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^6$ ans ; $B = 1 + 2$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^3$ ans ; $B = 3 + 4$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^6$ ans ; $B = 4 + 1$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^8$ ans ; $B = 2 + 5$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^7$ ans ; $B = 2$	<input type="checkbox"/>
$A = 10^8$ ans ; $B = 2 + 3$	<input type="checkbox"/>



**4.** Cette question porte sur la composition chimique de l'atmosphère *actuelle*, dont l'abondance varie suivant la proposition A. L'épisode d'oxygénation majeur (GOE) a eu lieu quant à lui il y a B millions d'années.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte :**

A = O <sub>2</sub> > N <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> ; B = 200	<input type="checkbox"/>
A = N <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> ; B = 2300	<input checked="" type="checkbox"/>
A = N <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> ; B = 200	<input type="checkbox"/>
A = N <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> > CO <sub>2</sub> ; B = 2300	<input type="checkbox"/>
A = N <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> ; B = 1700	<input type="checkbox"/>
A = O <sub>2</sub> > N <sub>2</sub> > CH <sub>4</sub> > CO <sub>2</sub> ; B = 2300	<input type="checkbox"/>
A = N <sub>2</sub> > O <sub>2</sub> > O <sub>3</sub> > CO <sub>2</sub> ; B = 60	<input type="checkbox"/>

**5.** Le flux de chaleur interne a diminué depuis la formation de notre planète d'environ un facteur A. Aujourd'hui, celui-ci est de l'ordre de B du flux total d'énergie arrivant à la surface terrestre. Le moteur principal de la génération du champ magnétique terrestre est quant à lui associé à C.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = 5 ; B = 0.1 % ; C = croissance du noyau interne	<input checked="" type="checkbox"/>
A = 100 ; B = 10% ; C = décroissance radioactive	<input type="checkbox"/>
A = 5 ; B = 10% ; C = décroissance radioactive	<input type="checkbox"/>
A = 5 ; B = 0.1 % ; C = décroissance radioactive	<input type="checkbox"/>
A = 100 ; B = 10% ; C = croissance du noyau interne	<input type="checkbox"/>

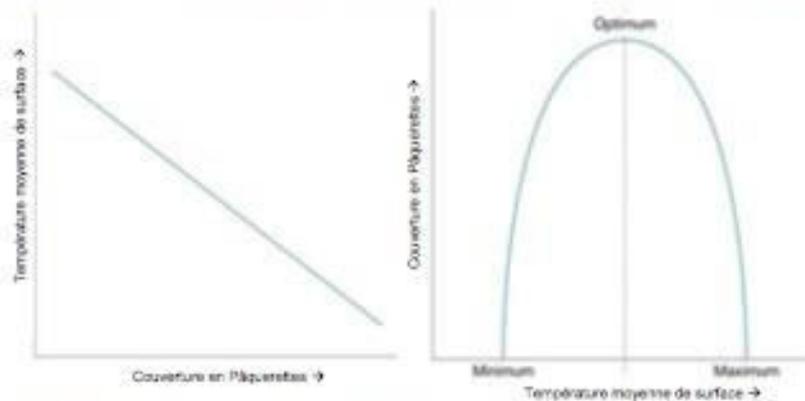
**6.** La contribution élémentaire à la masse de la Terre dans son ensemble varie suivant la proposition A. Celle de la croûte terrestre varie dans l'ordre donné par la proposition B.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = Fe > O > Si > Mg ; B = Fe > Al > Si > O	<input type="checkbox"/>
A = Fe > O > Si > Mg ; B = Al > O > Si > Fe	<input type="checkbox"/>
A = Mg > Fe > Si > O ; B = O > Si > Al > Fe	<input type="checkbox"/>
A = O > Fe > Mg > Si ; B = Fe > Si > Al > O	<input type="checkbox"/>
A = Si > O > Fe > Mg ; B = O > Si > Al > Fe	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces propositions	<input checked="" type="checkbox"/>



7. L'analyse du système 'planète pâquerette' est basée sur les deux graphiques suivants:



Nous pouvons maintenant déterminer les signes des couplages du système.

Pour des températures inférieures à l'optimum de température,  $T_{\text{optimum}}$ , indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte :

Système caractérisé par deux couplages négatifs	<input type="checkbox"/>
Système caractérisé par deux couplages positifs	<input type="checkbox"/>
Système caractérisé par un couplage positif et un couplage négatif	<input checked="" type="checkbox"/>
Aucune de ces propositions	<input type="checkbox"/>

8. Le niveau hiérarchique le plus élevé de la subdivision du temps géologique s'appelle A. Celui-ci est subdivisé en B, puis en C. Les derniers D millions d'années de l'histoire de notre planète constituent l'éon Phanérozoïque, qui débute lors de E.

Indiquez parmi les propositions suivantes laquelle est correcte :

A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 820 ; E = l'apparition de la photosynthèse oxygénique	<input type="checkbox"/>
A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 200 ; E = l'apparition de fossiles à coquille et de la vie multicellulaire	<input type="checkbox"/>
A = ère ; B = éon ; C = période ; D = 10 ; E = l'apparition de la vie sur Terre	<input type="checkbox"/>
A = période ; B = éon ; C = ère ; D = 540 ; E = l'apparition de stromatolithes	<input type="checkbox"/>
A = éon ; B = ère ; C = période ; D = 540 ; E = l'apparition de fossiles à coquille et de la vie multicellulaire	<input checked="" type="checkbox"/>
Aucun de ces propositions	<input type="checkbox"/>



**9.** La théorie de la dérive des continents nous indique que les masses continentales étaient regroupées autour d'un seul supercontinent nommé Pangée, il y a environ **A** d'années. En prenant en compte l'âge moyen des plus vieilles roches océaniques et une distance moyenne ride médio-océanique - continent de l'ordre de 5000 km, nous pouvons estimer une vitesse d'écartement des plaques tectoniques de l'ordre du **B**. Par ailleurs, sur base de la durée moyenne d'un cycle de Wilson caractérisant la formation puis la destruction des supercontinents, on peut estimer que ce processus s'est répété environ **C** fois depuis la formation de notre planète.

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte:**

A = 250 millions d'années ; B = cm/an ; C = 10	<input checked="" type="checkbox"/>
A = 250 millions d'années ; B = km/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 10 millions d'années ; B = m/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 1 milliard d'années ; B = cm/an ; C = 10	<input type="checkbox"/>
A = 250 millions d'années ; B = cm/an ; C = 100	<input type="checkbox"/>
A = 100 millions d'années ; B = km/an ; C = 100	<input type="checkbox"/>

**10.** Soit un modèle d'une planète de température  $T_0$  se comportant comme un corps noir et se trouvant à une distance  $r_0$  de son Soleil. Si la luminosité solaire est réduite de 50%, la température de surface sera égale à **A**. Par ailleurs, sa température de surface sera égale à **B** si la distance planète-soleil est réduite à  $r_0/2$ .

(! Ce problème ne nécessite pas de calculatrice)

**Indiquez laquelle des propositions suivantes est correcte :**

$A = \frac{1}{2}T_0$ ; $B = 4T_0$	<input type="checkbox"/>
$A = \left(\frac{1}{2}\right)^{1/4} T_0$ ; $B = \sqrt[4]{4}T_0$	<input checked="" type="checkbox"/>
$A = \frac{1}{2}T_0$ ; $B = 2T_0$	<input type="checkbox"/>
$A = \left(\frac{1}{2}\right)^{1/4} T_0$ ; $B = 10T_0$	<input type="checkbox"/>
Aucune de ces propositions	<input type="checkbox"/>

**Partie de Decroly et Pattyn (environnement et société) :**



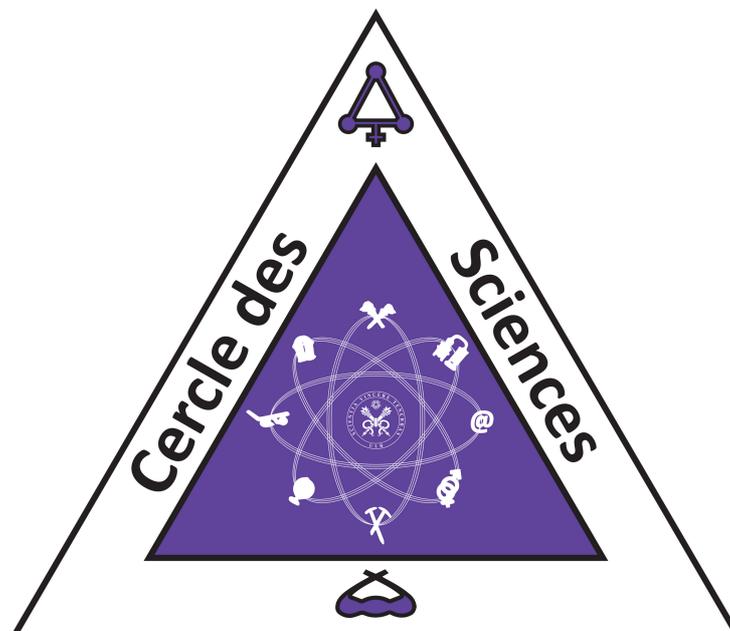
# Geol-F105 / 5 crédits

Tu auras ce cours pendant la deuxième moitié du Q2. L'année passée, c'est la première fois que les géographes avaient ce cours en BA1. Tu apprendras principalement la formation et la dérive des continents à travers le temps ainsi que la formation de la Belgique. C'est un cours introductif aux cours de géologie que tu auras plus tard.

À la fin de l'année, tu auras une excursion en Belgique (et un rapport à rendre qui compte pour 20% de l'examen). L'excursion est obligatoire comme toutes les autres et tu y verras plein de choses trop fun vues pendant tes cours !

L'examen est divisé en deux parties : Géologie de l'Europe et Géologie de la Belgique. Pour chaque partie, tu auras quelques QCM et une question ouverte. Essaie de bien comprendre la question ouverte car elle compte pour la moitié des points de chaque partie !!

L'année passée, beaucoup d'entre-nous nous étions fié.e.s aux questions de la dernière slide du cours, mais finalement l'examen n'était pas semblable. Donc essaie de bien étudier tout le cours en profondeur !



# Geog-F102 (Géomorph) / 5 crédits

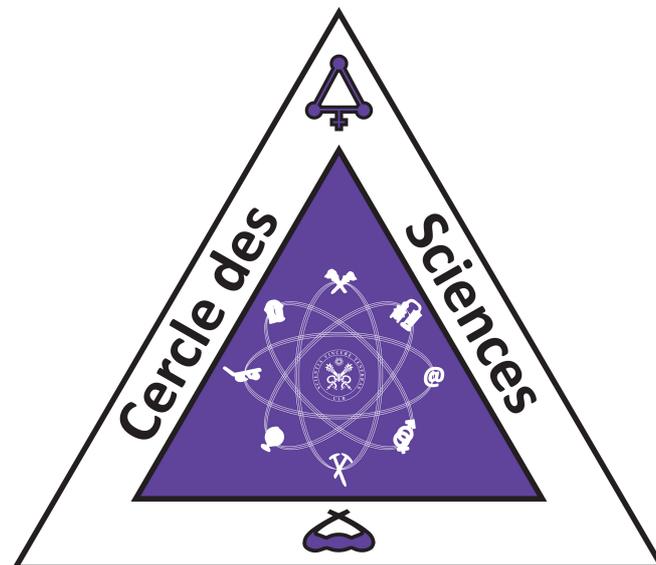
Tu auras ce cours pendant ton Q2. C'est le premier des 3 cours de géomorphologie que tu auras pendant tes années de bachelier. Il est divisé en deux parties : théorie et tp.

Le cours théorique sera donné par Pattyn. Je te conseille vraiment d'aller à ses cours parce qu'il le rend hyper vivant et raconte quelques anecdotes. Ça va sûrement t'aider à retenir pas mal de choses.

L'examen est un oral mais c'est quand même chill donc ne stresse pas ! Il te met à l'aise et quand tu as un trou, il essaie de t'aider avec d'autres petites questions. Essaie évidemment d'être un maximum complèt.e mais ce qui lui importe, c'est la compréhension du cours et savoir faire des liens entre différentes thématiques donc étudie efficacement :)

La partie TP est totalement différente : tu devras analyser des cartes topographiques et géologiques, chacune caractéristique d'un relief bien précis. À chaque séance, les assistant.e.s te feront un petit récap pour analyser au mieux les cartes. Les récaps résument la partie théorique. Mais l'année passée, la matière des cours théoriques et des tp n'était pas donnée en même temps donc on était un peu perdu.e à chaque tp... Dans tous les cas, essaie de retenir un max d'infos et de prendre des notes pendant les récaps pour gérer ton tp et ton exam ! Les assistant.e.s sont généralement très chill aussi donc no stress. Le but est que tu t'entraînes sur les cartes pour que tu gères l'exam !

D'ailleurs, l'examen est aussi un oral. Tu seras appelé.e individuellement dans une classe pour analyser une carte (tirée au hasard) comme tu l'auras appris pendant les tp. Ce sera exactement le même principe que les tp, sauf que tu devras tout expliquer à l'assistant.e à haute voix. Si t'es allé.e à tous les tp et que tu t'en souviens un peu, ça devrait le faire !! Si pas, tu peux t'entraîner avec d'autres de géo en demandant l'accès à la cartothèque et en revoyant les cartes :) Une excursion a aussi lieu au milieu du Q2. Tu devras évidemment rendre un rapport donc même si c'est fun et chill, prends un maximum de notes !



## Quelques questions posées lors de l'oral de Pattyn :

### Morphologie et tectonique terrestre

- Comment mesurer le déplacement des plaques + expliquer comment cela se passe (magnétisme+points chauds à bien expliquer)
- Expliquer le cycle de Wilson
- Expliquer ce qui s'est passé quand l'Inde s'est détaché du Gondwana avant qu'elle ne touche l'Asie.
- Pourquoi il y a des plaques qui plongent
- Différence entre ride/dorsale Atlantique et Pacifique ; Pourquoi l'une a un rift et pas l'autre?
- Différences et points communs + explications des croûtes océaniques/continentales
- Pourquoi la croûte océanique est plus dense que la croûte continentale, pourquoi les croûtes vieilles sont plus denses que les jeunes
- Cycle de Wilson
- Quel phénomène engendre les séismes les + profonds (wadati-benioff)
- expliquer les arguments de la théorie de Wegener avec des exemples à l'appui

### Le volcanisme

- Expliquer les différents types de lave + leur type d'émission
- Expliquer les différents types d'éruption volcanique
- Qu'est-ce qu'un séisme ? D'où ça vient ? Conséquences ? Quel phénomène engendre les séismes les plus profonds ?
- Expliquer les structures formées par éruptions volcaniques
- Expliquer le volcan Stromboli : type d'éruption, ses caractéristiques, comment est son dôme (stratovolcan et égueulé)
- Qu'est-ce qu'un point chaud (/point froid) ? Quelle est son importance dans la compréhension du mouvement des plaques tectoniques ?
- Expliquer le fonctionnement d'un Geysir
- Composition du magma : visqueux ou fluide, moins de silicium dans certain...
- Mécanisme d'un volcan + Explication batholite
- Les formes de lave émise à l'air libre et sous l'eau ?
- Les complexes ophiolitiques (composition)
- Quelles différences entre l'éruption de l'Eyjafjöll et celle du Mount St Helens ? Comment expliquer ces différences par la tectonique/ la géologie ?

### Les reliefs en structure faillée et plissée

- Comment se forme une faille ?
- Expliquer le rajeunissement d'une faille
- Citer et expliquer l'origine et les différences des différentes rivières (surimposés, antécédentes, celle des Cuestas)
- Qu'est ce qu'un Cuesta, comment et où cela se forme ?
- Qu'est ce qu'une butte témoin, comment et où cela se forme (le plus) ?
- Parler des nappes de charriages
- Qu'est ce qu'un relief inverse, d'où ça vient, où trouvons nous cela ?

- Expliquer l'inversion de relief dans le relief plissé/faillé/volcanique
- Causes (et facteurs favorables) de l'inversion de relief en structure plissée
- Origine des différents types de rivières ; En Belgique les rivières sont-elles surimposées ou antécédentes ? Pourquoi cet surimposition ?

### Conseil pour le rapport d'excursion :

Un rapport d'excursion est un document scientifique. Il se doit d'être précis et concis, au contenu correctement référencé et structuré. Un rapport d'excursion en sciences naturelles nécessite une localisation. Il doit donc contenir un cadre géographique et un cadre géologique.

Un rapport correctement réalisé se structure comme suit :

0. La table des matières
1. Le résumé
2. L'introduction
3. Le contenu
4. La conclusion
5. La bibliographie
6. Les annexes

#### 0. La table des matières

Elle renseigne la page d'un chapitre ou d'un sous-chapitre. Celle-ci n'est pas nécessaire lorsque le rapport est succinct. Par contre, elle a une grande utilité lorsque le rapport est conséquent et qu'il faut retrouver un passage précis.

Exemple :

---

#### Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Géologie .....	4
2.1. Orogenèse.....	4
2.2. Géologie générale des Alpes .....	5
2.3. Géologie du massif du Mont-Blanc .....	6
2.4. Géologie du Trient .....	7

---

#### 1. Le résumé

Il a pour objectif d'aborder l'entièreté des points essentiels du rapport de manière courte. Il peut se limiter à un ou peu de paragraphes. Dans certains cas, il est apprécié qu'un résumé en anglais (nommé « Abstract ») soit également présent. Il peut être également accompagné d'une brève liste de mots clés. Il n'est pas nécessaire lorsque le

rapport est court.

## 2. L'introduction

C'est un paragraphe permettant au lecteur de comprendre ce qui va suivre. On y explique ce qui va être traité dans le rapport, comment on va le traiter et pourquoi. L'introduction est une mise en contexte, il est également utile d'y expliquer les concepts clés.

## 3. Le contenu

C'est le corps du texte en lui-même. Il doit être structuré en chapitres (sous-chapitres, sous-sous chapitres). Il se doit d'être rédigé correctement point de vue grammaire, conjugaison et orthographe afin de ne pas perdre sa crédibilité. Les termes scientifiques doivent être utilisés rigoureusement et écrits sans faute d'orthographe. Lorsque des passages du texte ne vous appartiennent pas, il est important de citer l'auteur et la date de parution de l'ouvrage entre parenthèse en fin de ce passage.

Exemple :

Si des illustrations sont utilisées dans le texte, veillez à ce qu'elles soient de résolutions correctes, pertinentes et correctement appelées dans le texte.

Exemple :

Si l'illustration est une carte, il faut qu'elle comprenne une légende, un titre et une échelle. « Une figure doit parler d'elle-même », veillez à ce qu'un petit texte sous la figure explique ce qu'elle représente.

Exemple :

---

Dès le début du 19<sup>ème</sup> siècle, les naturalistes belges et français s'intéressent à l'Ardenne. Les premiers ouvrages sont écrits à ce sujet et les premières coupes géologiques sont dessinées (Gosselet, 1888 ; Kaisin, 1936).

---

La géologie de l'ère primaire est principalement contrôlée par le mouvement de trois paléo-continents principaux : Laurentia, Gondwana et Baltica (Lacquement, 2001). D'autres microplaques intermédiaires d'origine nord-gondwanienne (parfois contestée), les paléo-continents Armorica et Avalonia, rentrent également dans le jeu de cette dynamique continentale (Ballèvre, 2016) (Fig.1.1).

---

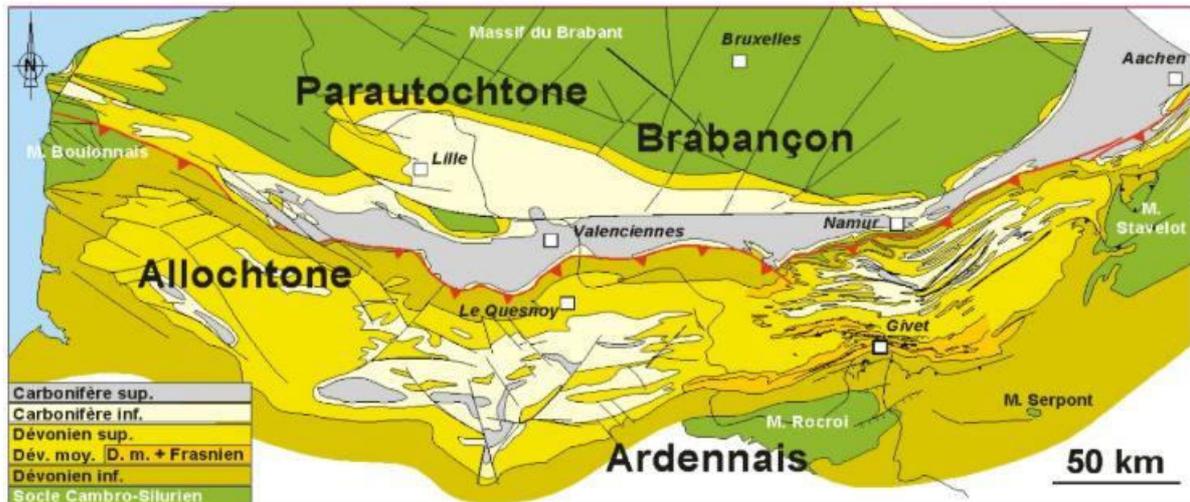


Figure 1.4 : Ecorché infra-mésozoïque du Sud de la Belgique et du Nord de la France (Lacquement, 2001).

#### 4. La conclusion

La conclusion fait le lien avec tout ce qui a été traité dans le rapport et reprend les grands concepts explicités dans le rapport. Elle répond à la problématique posée lors de l'introduction.

#### 5. La bibliographie

La bibliographie reprend les ouvrages, sites internet, etc. utilisé pour réaliser le travail. cfr. document annexe.

Exemple :

### R

- Raoult, J. F., & Meilliez, F. (1986). Commentaires sur une coupe structurale de l'Ardenne selon le méridien de Dinant. *Ann Soc Géol Nord*, 105, 97-109.
- Ramberg, H. (1967). Studies in Tectonics.(Book Reviews: Gravity, Deformation and the Earth's Crust, as Studied by Centrifuged Models). *Science*, 158, 1561.

### S

- Schellart, W. P. (2000). Shear test results for cohesion and friction coefficients for different granular materials: scaling implications for their usage in analogue modelling. *Tectonophysics*, 324(1), 1-16.
- Suppe, J. (1984). Kinematics of arc-continent collision, flipping of subduction, and back-arc spreading near Taiwan. *Mem. Geol. Soc. China*, 6(21), V33.

#### 6. Les Annexes

Les annexes constituent des documents utiles à la compréhension du travail mais ne sont pas intégrés au travail lui-même.

## Morphologie et tectonique terrestre : questions des oraux avec F.Pattyn

### Questions des années précédentes

#### Comment mesurer le déplacement des plaques + expliquer comment cela se passe (magnétisme + points chauds à bien expliquer)

- ⇒ Les roches issues du magma : magnétisme thermo-rémanent qui se développe lors du refroidissement
- ⇒ Polarité du champ alignée selon la direction du champ magnétique terrestre au lieu et au moment de la mise en place de la roche
- ⇒ Le champ magnétique terrestre s'inverse durant des périodes (intervalle : 25 000 ans)
- ⇒ Rides océaniques montrent des séries parallèles d'anomalies magnétiques
- ⇒ Intensité du champ varie brusquement lorsque l'on passe d'une zone à l'autre
- ⇒ Point chaud

#### Expliquer le cycle de Wilson

- 1) Rift, démantèlement du supercontinent (OUVERTURE D'OCÉAN(S))
- 2) Refroidissement de la marge passive à accumulation de sédiments
- 3) Passage d'un rift à une convergence à subduction et accréation de terranes
- 4) Collision entre continents à orogénèse, formation d'un supercontinent DONC FERMETURE D'OCÉANS
- 5) Érosion des montagnes du supercontinent  
Amincissement de la croûte
- 6) Et rebelotte

#### Expliquer ce qui s'est passé quand l'Inde s'est détaché du Gondwana avant qu'elle ne touche l'Asie.

- ⇒ Suture entre Inde et Eurasie
- ⇒ Des ophiolites et des sédiments marins profonds suivent les vallées de l'Indus et du Brahmapoutre
- ⇒ Plus au nord, des laves andésitiques et des batholites granitiques se sont mis en place et témoignent de la subduction ancienne
- ⇒ Sous le Tibet la lithosphère sépare l'Inde de l'Asie
- ⇒ Une zone constituée de roches sédimentaires plissées sépare les vallées de l'Indus et du Brahmapoutre au nord de l'essentiel de la chaîne himalayenne
- ⇒ Formation de l'Himalaya il y a 45 millions d'années

#### Pourquoi il y a des plaques qui plongent

- ⇒ Plaques océaniques plus denses et moins épaisses que plaques continentales

#### Différence entre ride/dorsale Atlantique et Pacifique ; Pourquoi l'une a un rift et pas l'autre ?

- ⇒ Dorsale rapides (type pacifique) et dorsales lentes (type atlantique)

- ⇒ Quand les plaques s'écartent, moins de magma sort donc formation de rift car pas assez de nouvelle matière (graben) = c'est la dorsale atlantique qui en a un

### **Différences et points communs + explications des croûtes océaniques/continentales**

- ⇒ Plaque océanique = 4 à 10 km, basaltique (silice + fer), densité +++
- ⇒ Plaque continentale = 35 km, silice et granite, densité < asthénosphère ? donc flotte
- ⇒ Toutes deux glissent sur l'asthénosphère visqueuse

### **Pourquoi la croûte océanique est plus dense que la croûte continentale, pourquoi les croûtes vieilles sont plus denses que les jeunes**

- ⇒ Plaque océanique : fonte partielle des péridotites = silice et fer montent pour former basalte
- ⇒ Plaque continentale : fonte de la plaque océanique en subduction = éléments légers montent (silice), fer reste sur place, formation d'andésite et granite

### **Quel phénomène engendre les séismes les + profonds (wadati-benioff)**

- ⇒ La subduction. La lithosphère océanique s'alourdit pendant son évolution et plonge sous la plaque continentale, ce qui crée des séismes en profondeur.
- ⇒ La croûte continentale est trop légère et trop épaisse pour être entraînée avec la lithosphère dans l'asthénosphère, elle résiste à la subduction
- ⇒ Les séismes intermédiaires et profonds se groupent dans une zone inclinée de 20 km à 30 km d'épaisseur
- ⇒ Séismes profonds ?
- ⇒ La T reste assez basse tant que la subduction continue (12 Ma pour la réchauffer)
- ⇒ Cette zone correspond à une collision entre deux plaques dont l'une est océanique et plonge sous l'autre

### **Expliquer les arguments de la théorie de Wegener avec des exemples à l'appui**

- ⇒ Flemme

## **Le volcanisme**

### **Expliquer les différents types de lave + leur type d'émission + type d'éruption volcanique**

- ⇒ *Magma fluide (basalte)*
- ⇒ Bulles montent et grossissent fortement
- ⇒ Quelques cm de diamètre
- ⇒ Pas d'explosion violente (en grossissant, elles diminuent en pression)
- ⇒ Éruptions effusives, émissions de lave
  
- ⇒ *Magma visqueux*
- ⇒ Les petites bulles ont une vitesse d'ascension négligeable par rapport à magma où elles restent emprisonnées

- ⇒ Pression : 10 à 100 atm
- ⇒ Éruptions explosives
- ⇒ Les masses liquides se solidifient en cendres ou en ponces = roches de faible densité et poreuses due la forte concentration en gaz

### **Qu'est-ce qu'un séisme ? D'où ça vient ? Conséquences ? Quel phénomène engendre les séismes les plus profonds ?**

- ⇒ Séisme = tremblement de terre
- ⇒ Origine : déplacement des plaques tectoniques (convergence, divergence, subduction, failles)
- ⇒ Conséquences : tsunamis
- ⇒ Séismes les plus profonds : subduction, quand la plaque océanique plonge jusqu'au manteau

### **Expliquer les structures formées par éruptions volcaniques**

- ⇒ Stratovolcans
  - Magmas visqueux (andésites ou rhyolites, caractéristiques des zones de subduction)
  - Montée lente de magma donc les bulles de gaz ont le temps de se développer et de monter à travers le magma
  - La colonne éruptive jaillit en continu pendant des minutes voire des heures
  - Vitesse de plusieurs centaines de m/s
  - Grand développement vertical
  - Panache pouvant s'étendre jusqu'à 400 km horizontalement
  - Projections de cendres et de ponces (roches poreuses et claires, fort silicieuses)
  
- ⇒ Volcans boucliers
  - Émissions de basaltes peu visqueux
  - Coulées de laves qui forment un cône assez étalé, fluide
  - Au sommet, parfois, lac de lave plus ou moins bouillonnante
  
- ⇒ Pahoehoe lava
  - Consolidation de laves peu visqueuses
  - Coulées pouvant rester liquides en profondeur pendant des semaines voire des mois
  - La lave liquide peut continuer à s'écouler sous la croûte solidifiée
  - Formation d'un tunnel sous-basaltique
  - Surface de la coulée : lisse et souvent ondulée, aspect cordé
  - La viscosité augmente avec la diminution de la température
  - Terminaison du pahoehoe : généralement raide (formation de digitations)
  
- ⇒ Pillow lava

### **Les formes de lave émise à l'air libre et sous l'eau ?**

- ⇒ À l'air libre = A'a lava
  - La solidification d'un matériel visqueux se brise au lieu de se déformer
  - Le mouvement de la lave sous-jacente entraîne la fragmentation de la croûte superficielle en une série de blocs anguleux

À l'extrémité de l'A'a, raide, les blocs tombent avant d'être recouverts par la coulée  
Une coulée de type Pahoehoe peut passer au type A'a en s'éloignant de la zone d'émission

- ⇒ Sous l'eau = pillow lava  
L'eau n'entre pas en ébullition et le refroidissement rapide des laves provoque la formation d'une croûte vitreuse  
Le basalte progresse par digitations au front et forme des amoncèlements de pillow lavas  
Jusqu'à 4m de diamètre

### **Expliquer le volcan Stromboli : type d'éruption, ses caractéristiques, comment est son dôme (stratovolcan et égueulé)**

- ⇒ Île volcanique au nord de la Sicile
- ⇒ Éruptions explosives, panaches de gaz et lave
- ⇒ C'est le volcan le plus actif en Europe, éruptions toutes les 10 min +-
- ⇒ Stratovolcan
- ⇒ égueulé

### **Qu'est-ce qu'un point chaud (/point froid) ? Quelle est son importance dans la compréhension du mouvement des plaques tectoniques ?**

- ⇒ Origine : panaches mantelliques = colonne de magma remontant du manteau inférieur à travers la lithosphère
- ⇒ Les points chauds créent l'expansion des océans et ainsi le mouvement des plaques
- ⇒ Création de zones volcaniques = îles constituées de laves (basalte)

### **Expliquer le fonctionnement d'un Geyser (+ expliquer d'où vient l'eau, comment elle chauffe, pourquoi elle sort soudainement et régulièrement,...)**

- ⇒ Sources chaudes jaillissantes et intermittentes
- ⇒ L'eau, essentiellement d'origine météorique, est réchauffée par la chaleur du noyau terrestre
- ⇒ S'infiltrant à grande profondeur, elle atteint des températures nettement supérieures à 100°C, en restant liquide (car haute pression)
- ⇒ Sa faible densité la fait alors remonter vers la surface
- ⇒ Au cours de son ascension, elle peut entrer en ébullition par suite de la diminution de pression
- ⇒ Pour qu'elle jaillisse en surface de façon intermittente, il faut que les conduits qu'elle emprunte soient tortueux, localement étroits
- ⇒ Des bulles de vapeur, se formant dans le courant ascendant, peuvent s'accumuler dans une zone étroite d'un conduit et y bloquer le passage jusqu'au moment où la vapeur perce un passage vers le haut, poussant ainsi l'eau qui jaillit
- ⇒ Un premier jet provoque une diminution de pression telle qu'une grande quantité d'eau se transforme soudainement en vapeur et se fraye un passage pour former un jet de vapeur et d'eau bouillante
- ⇒ Les conduits doivent se remplir à nouveau pour qu'une nouvelle éruption se produise

### Composition du magma : visqueux ou fluide, moins de silicium dans certains...

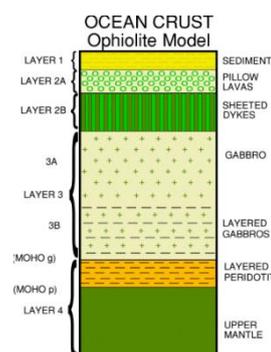
- ⇒ Le magma est constitué d'une masse de silicates en fusion contenant des matières volatiles
- ⇒ 80-90% eau + 10% CO<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub>, HCl
- ⇒ Magma fluide  
Quand le matériel est pauvre en silicium, les tétraèdres de silice restent indépendants les uns des autres car leurs charges négatives sont neutralisées par des ions Fe, Mg...
- ⇒ Magma visqueux  
La quantité de Fe, Mg... n'est pas suffisante pour neutraliser les charges négatives des tétraèdres
- ⇒ La viscosité du magma diminue lorsque l'eau y est dissoute et augmente quand elle passe à l'état vapeur

### Mécanisme d'un volcan + Explication batholite

- ⇒ La lave qui provient du noyau de la Terre est remontée à travers les panaches mantelliques qui relient le centre de la Terre aux points chauds
- ⇒ Formation (pas toujours) de réservoirs magmatiques (jusqu'à 1000 km<sup>3</sup>)
- ⇒ Pour des magmas basaltiques, les chambres magmatiques se situent entre 2 et 7 km de profondeur
- ⇒ Mise sous pression de la chambre = éruption volcanique via des fissures (1% du stock)
- ⇒ Forte élévation car pression faible
- ⇒ Batholite : masse de roches ignées intrusives qui ne respecte pas les lignes de forces de son encaissant
- ⇒ Un batholite est un pluton allochtone qui se forme lorsque le magma est piégé et refroidit à l'intérieur de l'écorce terrestre

### Les complexes ophiolitiques (composition)

- ⇒ Ophiolites : fragments de lithosphère océanique
- ⇒ De haut en bas  
Sédiments  
Laves basaltiques, souvent en coussinets  
Roches vertes de la catégorie des péridotites (parfois, 90% de l'ensemble ophiolitique)



Quelles différences entre l'éruption de l'Eyjafjöll et celle du Mount St Helens ? Comment expliquer ces différences par la tectonique/ la géologie ?

### Les reliefs en structure faillée et plissée

Comment se forme une faille ?

- ⇒ Durant un effort tectonique, la limite de plasticité des matériaux est dépassée, et les roches se cassent
- ⇒ Cette limite s'élève avec la pression : une roche enfouie sous de grandes profondeurs est plus plastique
- ⇒ Fracture : cassure tectonique sans dénivellation tectonique
- ⇒ Faille : cassure tectonique avec dénivellation tectonique
- ⇒ Les mouvements le long de la faille sont brusques (quelques cm à quelques m)
- ⇒ Parfois, le mouvement est tellement lent que l'érosion concomitante empêche l'apparition d'un abrupt de faille

### Expliquer le rajeunissement d'une faille

- ⇒ ???

### Citer et expliquer l'origine et les différences des différentes rivières (surimposés, antécédentes, celles des Cuestas)

- ⇒ **Antécédentes (relief faillé)**  
Si la faille n'est pas marquée par des dépôts, son miroir est attaqué par des rivières  
Les rivières les plus importantes peuvent maintenir leur tracé par antécédence  
Les cours d'eau qui découpent l'abrupt dont ensuite reculer ce dernier
- ⇒ **Formation d'une cluse par antécédence**  
Le cours d'eau s'établit avant un soulèvement tectonique ou un pissement et maintient son cours pendant cette déformation  
L'antécédence nécessite une rivière assez puissante et une déformation assez lente pour ne pas provoquer un bouleversement hydrographique
- ⇒ **Vallées surimposées**  
Vallées de direction ou de position totalement indépendante de la disposition des couches  
Ex : la Meuse de Neufchâteau à Stenay s'encaisse dans le revers de la cuesta de la Meuse et coule parallèlement au front  
La rivière a établi son tracé en rapport avec la pente d'une surface d'érosion et s'est enfoncée sur place, sans être influencée par la structure
- ⇒ **Formation d'une cluse par surimposition**  
L'établissement d'un cours d'eau sur une surface d'érosion ou sur un manteau de débris masquant les différentes lithologiques sous-jacentes, suivi de son enfoncement
- ⇒ **Cuestas**  
Cours d'eau conséquent : s'écoule dans le sens du pendage (souvent à débit important et qui traverse un ou plusieurs fronts de côte)  
Cours d'eau subséquent : s'écoule perpendiculairement au précédent et occupe les dépressions subséquentes  
Cours d'eau réséquent : s'écoule sur le revers, dans le sens du pendage  
Cours d'eau obséquent : s'écoule sur le talus, en sens opposé au pendage.

### Qu'est-ce qu'une Cuesta, comment et où cela se forme ?

- ⇒ Des éléments structuraux présents tout autour du centre du bassin font apparaître des reliefs dissymétriques dus au dégagement d'une couche résistante peu inclinée formant abrupt et d'une couche « tendre » sous-jacente, formant un talus en pente douce
- ⇒ Front : interruption de la couche résistante par l'érosion et dont la pente est opposée au pendage  
Corniche = pente forte

Talus = pente plus douce en contrebas (profil à forme générale concave)

Si la couche résistante est perméable et la couche « tendre » imperméable, une ligne de sources jalonne leur contact

⇒ Regard du front : tourné vers l'extérieur du bassin sédimentaire

⇒ Revers : dos de la couche inclinée

⇒ Dépression subséquente : au pied du front

Dissymétrique

Elle présente une pente douce du côté opposé au front

Si le front de côté est érodé de façon irrégulière, des buttes-témoins se dégagent

⇒ Conditions nécessaires à la formation : légère inclinaison des couches et l'alternance de couches résistantes et moins résistantes

⇒ Elles se trouvent aux bordures des bassins sédimentaires peu déformés

### Qu'est-ce qu'une butte témoin, comment et où cela se forme (le plus) ?

⇒ Une butte-témoin se forme lorsque le dégagement de la couche supérieure est incomplet

⇒ Elle se forme le plus souvent dans les structures tabulaires

⇒ Érosion irrégulière du front de côté

### Parler des nappes de charriages

⇒ Dans un pli déjeté ou couché, l'épaisseur du flanc inverse a tendance à se réduire

⇒ Si l'ampleur de la poussée provoque un cheminement de la charnière anticlinale et du flanc normal sur une distance importante, le plus est une nappe de charriage

⇒ Les terrains déplacés (allochtones) reposent sur des terrains restés en place (autochtones)

⇒ Racine

Constituée par la ou les couches autochtones à partir desquelles la poussée a fait naître la nappe

⇒ Corps de la nappe

L'ensemble du matériel charrié au-dessus d'un soubassement auquel il est étranger

Il est fréquemment replissé dans le détail à cause d'efforts orogéniques secondaires

⇒ Front

Constitue l'extrémité de la nappe

Il indique la zone extrême de sa progression

Comme, lors de cette progression, la nappe entraîne facilement du matériel plastique, il n'est pas rare que le front comporte des accumulations importantes de ces couches

### Qu'est-ce qu'un relief inverse, d'où ça vient, où trouvons nous cela ?

⇒ Le creusement d'une combe peut être tel que son fond se trouve à une altitude inférieure à celle des synclinaux voisins, qui sont alors qualifiés de synclinaux perchés

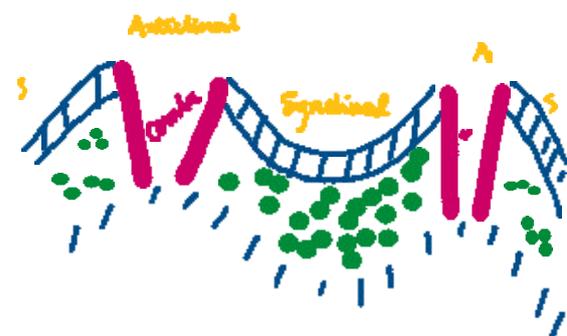
⇒ Dépressions = anticlinaux et hauteurs = synclinaux perchés

⇒ Crêtes :

Vers l'intérieur dans le cas d'un anticlinal

Vers l'extérieur dans le cas d'un synclinal perché

SAVOIR FAIRE LE SCHÉMA



### Expliquer l'inversion de relief dans le relief plissé/faillé/volcanique



⇒ **Relief plissé**

Voir question au-dessus

⇒ **Relief faillé**

Parler des failles inverses ?? pas trop capté

⇒ **Relief volcanique**

L'érosion des coulées de lave

Un drainage s'établit difficilement sur une vaste coulée car l'eau s'infiltré dans les points de refroidissement

Leur profil en long est accidenté de chutes, présentes à chaque franchissement d'une coulée de lave

Celles-ci sont lentement érodées sur leurs bords, les prismes de basalte se détachant les uns après les autres, d'autant plus aisément que le substratum est imperméable

En gros, les roches (basaltes, résistance+++ ) qui coulent dans les vallées sont des structures plus difficiles à éroder donc ce qui est en relief (roches sédimentaires ou cristallines) est érodé, ce qui mène à une inversion de relief

Mésas : fragments tabulaires de coulées qui ont été isolés du volcan par l'érosion

**Origine des différents types de rivières ; En Belgique les rivières sont-elles surimposées ou antécédentes ? Pourquoi cette surimposition ?**

⇒ Formation de rivières à la suite d'un soulèvement tectonique ou un plissement

⇒ L'antécédence nécessite une rivière assez puissante et une déformation assez lente pour ne pas provoquer un bouleversement hydrographique

---

## Questions des oraux de juin 2022

(sorry j'ai pas eu le courage de trier les questions selon leur type et de répondre à toutes)

### Paléothermomètre

⇒ Isotope 18 de l'oxygène et des foraminifères benthiques (sédiments marins)

⇒ Au fur et à mesure de son trajet de l'équateur au pôle, le 18 O précipite plus que le 16O, donc les nuages s'enrichissent en 16O et le 18O devient donc plus faible

⇒ 18O plus faible dans la glace que dans l'océan

⇒ Aux pôles, 18O des glaces très négatif

⇒ En période froide, l'évaporation est faible donc 16O part dans les nuages. Le rapport entre 16O et 18O très fort. 16O >>>18O

⇒ En période chaude, l'évaporation est forte donc 16O ET 18O partent dans les nuages (car énergie de vaporisation plus facilement atteinte qd il fait chaud). 18O > 16O

⇒ Les foraminifères utilisent l'oxygène présent dans l'eau environnante dans la formation de leur carapace carbonatée.

⇒ Leur 18O dépend du rapport 18O/16O de l'océan et de la température de l'océan

- ⇒ En période froide, peu d'évaporation donc 180 reste dans l'océan. 180 de l'océan augmente celui des foraminifères benthiques
- ⇒ 180 des foraminifères = indicateur de la quantité de glace présente aux pôles

### **Que deviennent les sédiments au fond de la mer**

- ⇒ Ils deviennent une couche épaisse et recouvrent les roches volcaniques
- ⇒ Expansion des fonds océaniques

### **Cordillère des Andes (types de volcans,, altiplano, type de lave)**

- ⇒ Plus longue chaîne de montagnes continentale du monde, côte ouest de l'Amérique du Sud
- ⇒ Zone intense d'activité volcanique et orogénique
- ⇒ Volcans de marge continentale
- ⇒ Altiplano : plus haute région habitée au monde après le plateau tibétain, situé au cœur de la cordillère
- ⇒ Magma visqueux

### **Quels types de subsidences**

- ⇒ ???

### **Comment mesurer les déplacements de la lithosphère**

- ⇒ ???

### **Comment l'érosion peut créer à elle seule un relief de plus haute altitude qu'au départ**

- ⇒ L'érosion crée des montagnes qui sont « hautes » mais effilées donc leur masse dans le relief total est faible
- ⇒ L'érosion peut éroder cette masse faible, autour des montagnes dans les vallées, que le rebond isostatique va faire en sorte que les quelques points qui ont résisté vont pouvoir monter très haut
- ⇒ C'est le cas des chaînes de l'Himalaya
- ⇒ C'EST L'EXPLICATION DU GARS QUI A EU LA QUESTION À L'ORAL

### **Relief plissé inversé, quelles conditions pour y arriver**

- ⇒ Forte élévation structurale
- ⇒ Axe synclinal de roche dure porté assez haut au-dessus du niveau de base pour que les combes puissent être plus profondes que le berceau synclinal
- ⇒ Puissante couche tendre sous la couche dure
- ⇒ **Types de relief plissé inversé**
- ⇒ Synclinaux perchés
- ⇒ Cluses par antécédence
- ⇒ Cluses par surimposition
- ⇒ Relief Jurassien (couche dure faible, conservation difficile des monts)
- ⇒ Relief Préalpin (couche dure épaisse, les ruz ne la percent pas)

⇒ Relief Appalachien

### **Relief volcanique inversé et quel type de volcanisme**

⇒ Déjà rep au-dessus

### **Pourquoi les points chauds sont chauds et pourquoi leur magma est fluide**

⇒ Flemme

### **Pourquoi certaines montagnes continuent de gagner en altitude après leur collision**

- ⇒ La formation de montagnes à grande échelle entraîne une augmentation de la charge crustale et un épaissement de la lithosphère (dus aux plissements et chevauchements)
- ⇒ Soulèvement isostatique
- ⇒ Érosion non-uniforme
- ⇒ Élévation de la surface terrestre
- ⇒ Fonte d'une calotte glaciaire

### **Pourquoi l'érosion a fortement augmenté dans les derniers millions d'années**

- ⇒ Taux d'érosion faible et constant durant le Cénozoïque
- ⇒ Augmentation dramatique durant les dernières 5 Ma
- ⇒ Effet des glaciations : apparition et fonte des calottes glaciaires de l'hémisphère Nord avec une cyclicité de 100 000 ans au cours du dernier million d'années

### **Comment les ophiolites arrivent dans les chaînes de montagnes**

- ⇒ Ophiolites : fragments de lithosphère océanique donc constitués de roches basiques et/ou ultra-basiques
- ⇒ Suture entre deux plaques lithosphériques : présence de complexes ophiolitiques
- ⇒ Elles sont déformées, écrasées, recristallisées, et mêlées à des roches sédimentaires marines
- ⇒ Les "copeaux" du plancher océanique, au lieu de s'enfoncer dans l'asthénosphère, sont arrachés par cisaillement à la plaque subduite et incorporés aux sédiments de la fosse océanique, puis au continent lorsque ces sédiments, plissés, donnent naissance à des chaînes de montagnes

### **Qu'est-ce qu'une éruption touristique (Islande)**

- ⇒ Éruption effusive caractérisée par des émissions de lave, sans explosion violente (magma fluide)

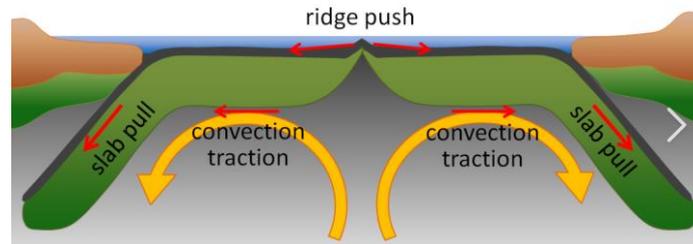
### **Volcanisme de subduction et comparer au volcanisme islandais**

- ⇒ Volcanisme islandais : pas UN volcan mais nombreuses fissures volcaniques (dykes) avec un ou plusieurs cratères centraux

### **Différences de composition et pourquoi la plaque continentale flotte**

- ⇒ Plaque océanique = 4 à 10 km, basaltique, densité +++
- ⇒ Plaque continentale = 35 km, silice et granite, densité < asthénosphère donc flotte

## Ridge push et slab pull

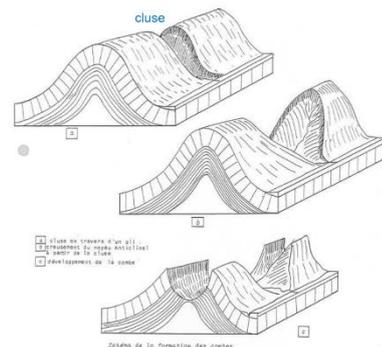


## Pourquoi une plaque océanique plonge sous une plaque continentale

- ⇒ Une plaque océanique (4 à 10 km et basaltique) est plus dense qu'une plaque continentale (35 km et silice, granite) donc plus lourde.
- ⇒ La croûte continentale est trop légère et trop épaisse pour être entraînée avec la lithosphère dans l'asthénosphère

## Qu'est-ce qu'une cluse

- ⇒ Vallée transversale qui tranche un anticlinal
- ⇒ Le ruissellement peut affouiller les terrains tendres du noyau anticlinal et provoquer l'effondrement de la voûte résistante
- ⇒ L'anticlinal est attaqué à partir de sa base et non par son sommet



## Pourquoi le magma basaltique est plus chaud que le magma andésitique ?

- ⇒ Pcq il est formé par la convection mantellique donc bcp plus profond que subduction de magma andésitique, P plus forte donc T plus forte

## Expliquer ce que sont les batholites ?

## Pourquoi la croûte de l'océan Pacifique bouge plus vite que celle de l'Atlantique ?

Surimposition vs antécédence : lequel est le plus fréquent en Belgique et expliquer les deux

Comment se forment les combes ?

Granites vs basaltes : expliquer les points communs et les différences

Expliquer ce qu'est un point chaud

Volcanisme de subduction : expliquer le type de volcan et le type d'éruption, type de lave, pourquoi étalement vertical, explosivité,...

Quel type de volcanisme y a-t-il dans le Massif Central : point chaud, explication et type d'éruption



# Geog-F1001 (Urba)/ 10 crédits

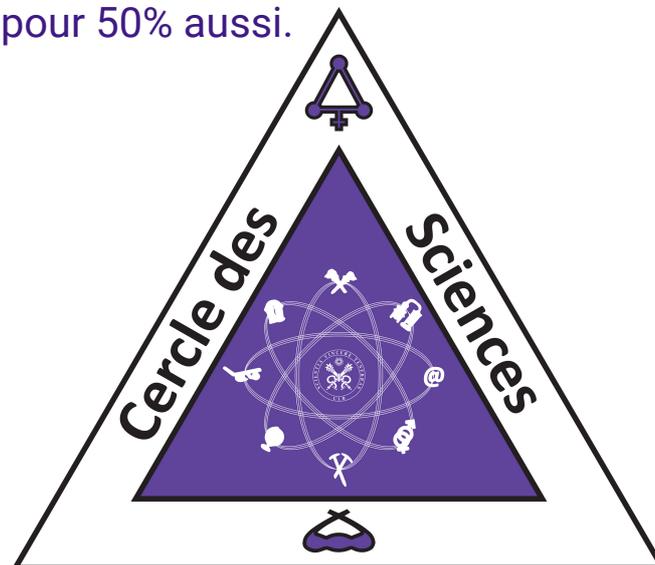
Tu auras ce cours pendant tout ton Q2. Si tu as déjà eu des cours d'EDM, aménagement du territoire, etc. en secondaire et que tu as bien aimé, tu devrais normalement apprécier !

Les cours théoriques et les TP valent chacun pour 50% de la note finale. Les cours théoriques sont eux-mêmes divisés en deux. Tu auras sans doute E. Wolff pour commencer puis M. Van Criekingen. Les slides de E. Wolff sont selon moi très complètes donc à toi de voir si tu préfères aller ou non aux cours. Celles de Van Criekingen sont parfois assez vastes mais compréhensibles je trouve. Par contre, il met des questions à chaque fin de chapitre auxquelles il répond oralement donc je te conseille d'y aller !

À la fin de l'année, tu partiras aussi en excursion mais cette fois dans Bruxelles pour observer plusieurs phénomènes urbains et sociaux.

L'examen théorique, depuis le covid en tout cas, est un questionnaire à remettre en ligne avec des questions semblables à celles de fin de chapitre. Une question relative à l'excursion est aussi toujours posée. L'année passée, il nous a donné les consignes deux jours avant la remise du travail pour nous laisser le temps de bien réfléchir et répondre du mieux qu'on pouvait.

Pour les TP, vous serez divisé.e.s en groupes de 3-4. Chaque groupe aura une ville moyenne, proche de Bruxelles, qui lui sera attribuée. Pendant tout le quadri, vous devrez analyser cette même ville selon les critères du TP. Chaque semaine, les TP durent 4h et sont accompagnés d'un travail que tu dois rendre à la fin de la séance. À la fin de l'année, tu devras réaliser un plus gros travail qui sera ton examen de TP. Il comptera donc pour 50% de la cote finale de ce cours. Tu l'auras compris, l'examen théorique compte pour 50% aussi.



## Questions d'examen de 2018 et 2019 (examen écrit en présentiel)

- Un vrai ou faux avec justification quand c'est faux :
  - Etablir une limite claire entre ville et campagne est une tâche plus compliquée aujourd'hui qu'avant le 19<sup>e</sup> siècle
  - Une difficulté liée aux cartes d'avant le 19<sup>e</sup> siècle est leur élaboration par arpentage et levée à vue qui les rend géométriquement incompatibles
  - Dans les villes médiévales européennes l'enceinte a exclusivement une fonction militaire de défense de la ville
  - La création de places néoclassiques dans les villes européennes au 18<sup>e</sup> a été guidée par une volonté des monarques de mettre en valeur leur pouvoir dans la structure urbaine, tout en permettant l'expression de certaines idées nationalistes amenées par les philosophes des Lumières
  - Les 3 principales motivations historiques pour élaborer des cartes étaient l'argent (cadastres), la guerre, la navigation, ce qui explique les priorités dans les modes de représentation et les contenus représentés
  - L'info représentée sur une carte topo à une échelle 1/100 000 est identique à une à 1/20 000 à l'exception de quelques changements de couleur dans la légende
  - L'expression "Une brique dans le ventre" reflète l'importance des politiques de soutien à l'accession à la propriété individuelle du logement en Belgique, en particulier pendant la période des trente glorieuses
  - Toutes les projections cartographiques permettent de conserver la mesure des distances entre deux points situés sur un même parallèle
  - Une corrélation élevée entre deux variables exprime nécessairement une relation de causalité entre elles.
  - Le modèle du phalanstère est historiquement antérieur au modèle de cité jardin
  - La division sociale de l'espace à l'échelle des quartiers s'est nettement amoindrie dans les villes européennes au moment de la révolution industrielle
  - Une photo aérienne est meilleure qu'une carte car nature objective et sans aucune déformation

- Dater une carte de Bruxelles et justifier pourquoi vous choisissez cette date :

Connaissez bien les dates de construction/destruction des murailles, mise en place des boulevards, voûtement de la Senne, place royale, les grands travaux avec l'avenue de Tervuren ou le Cinquantenaire,... – Donner des arguments suffisants pour justifier la réponse et d'exclure tout autre option – Quelles infos valables peut-on tirer de ce genre de documents ? Par quel(s) type(s) d'usage(s) ? – Quelles sont les limites de ce genre de documents ?

- Vous aurez une photo d'un quartier et vous devrez dire à quel courant appartient ce quartier (Culturaliste, Moderniste ou autres) + justifier par 3 caractéristiques principales du mouvement
- Photo aérienne vs affectation du sol au même endroit, avec la même échelle, qu'est-ce qui les différencie fondamentalement ?

- Vous aurez une photo d'un endroit de Bruxelles que vous aurez visité lors de l'excursion. A partir de là vous devrez trouver quel genre de quartier c'est et citer quelques caractéristiques de ce quartier visibles sur la photo

- Faire un histogramme, expliquer médiane et moyenne

NB : le cours a un peu changé depuis. Prenez en compte.

## Examen de juin 2020. Travail à rendre (à cours ouvert) car année corona. Partie théorique

### Question 1.

- Quel type de paysage urbain les figures 1.A, 1.B et 1.C donnent-elles à voir, respectivement ? Justifiez vos réponses en vous référant à des éléments visibles sur ces figures.
- A quelle époque chacun de ces types de paysage urbain a-t-il été principalement produit ?
- Pour quelles fonctions et quelles catégories sociales chacun de ces types de paysage urbain a-t-il généralement été produit ?

### Question 2.

- En quoi la photo de la figure 1.D permet-elle d'illustrer l'expression *"le Belge a une brique dans le ventre"* ?
- Par quelles politiques publiques la production de ce type de paysage a-t-elle été favorisée en Belgique depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle ?

### Question 3.

- Quels principes de l'urbanisme moderniste les paysages urbains visibles sur les figures 1.E et 1.F donnent-ils à voir ?
- En conclusion du texte de la Charte d'Athènes, on trouve la phrase : *"L'âme de la cité sera vivifiée par la clarté du plan"*. A quel type de plan cette phrase fait-elle référence ?
- Donnez un exemple (acronyme et nom complet) de ce type de plan actuellement en vigueur en Région de Bruxelles-Capitale.

### Question 4.

A Bruxelles, les quartiers populaires sont principalement situés sur la bordure occidentale du centre historique, tandis que les quartiers aisés se trouvent

principalement à l'Est et au Sud de la ville. Expliquez de manière synthétique la genèse de ces grands traits de la division sociale de l'espace urbain bruxellois, en pointant les principaux jalons historiques qui ont conduit à les mettre en place.

Figure 1A



Figure 1B



Figure 1C



Figure 1D



Figure 1E et 1F.



## Examen de juin 2021. Travail à rendre (à cours ouvert) car année corona. Partie théorique

Question 1. (3 x 5 points = 15 points ; max. une demi-page par figure)

- a. Quel type d'espace urbain chaque figure (1.A, 1.B et 1.C) donne-t-elle à voir ? Justifiez vos réponses en vous référant explicitement à des éléments visibles sur ces figures. Précision : je ne vous demande pas d'indiquer le nom des lieux figurés.
- b. À quelle époque chacun de ces types d'espaces urbains a-t-il été principalement produit ? (Indiquez la partie de siècle concernée – p.ex. début 16ème, milieu 18ème, fin 20ème)
- c. Pour quels usages et quelles catégories de population chacun de ces types d'espace a-t-il été produit ?

Question 2. (5 points ; max. une demi-page)

- a. Quel terme permet de nommer au mieux le type d'espace visible sur la figure 2 ?
- b. Par quelles politiques publiques la production de ce type d'espace a-t-elle été soutenue depuis le milieu du 20ème siècle dans les pays occidentaux ?
- c. Si l'on compare la Belgique aux pays limitrophes, ce type d'espace est-il plus ou moins fréquent en Belgique ? Pourquoi ?

Question 3. (5 points ; max. une demi-page)

- a. Quels principes de l'urbanisme moderniste la figure 3 permet-elle de visualiser ?
- b. Qu'est-ce que le modèle moderniste a légué à la pratique actuelle de l'aménagement du territoire ?
- c. Qu'est-ce qui différencie un plan comme le PRAS d'un plan comme le Plan Canal, tous deux actuellement en vigueur à Bruxelles ?

Question 4. (5 points ; max. une demi-page)

- a. En quoi les formes de la croissance urbaine au 19ème siècle diffèrent-elles des formes de croissance urbaine postérieures à la Seconde Guerre mondiale ? Justifiez votre réponse en vous aidant de la figure 4.

Question 5. (5 points ; max. une demi-page)

- a. Qu'est-ce que ces 3 plans de villes ont en commun ?
- b. Classez ces 3 figures en ordre chronologique croissant (i.e. de la ville la plus ancienne à la ville la plus récente) et justifiez votre classement. Précision : je ne vous demande pas les noms des villes représentées.

Question 6. (5 points ; max. une demi-page)

a. À quels types de réaménagement des centres-villes était-il fait référence par l'expression « rénovation urbaine » au cours des décennies postérieures à la Seconde Guerre mondiale en Europe occidentale et en Amérique du Nord ?

b. Qu'est-ce qui a changé depuis lors en matière de politiques de rénovation des quartiers centraux anciens, en termes de formes des réaménagements et d'objectifs poursuivis ?

c. Citez un projet en cours dans la zone du canal à Bruxelles représentatif des formes actuelles des politiques de rénovation urbaine ?

Figure 1.A



Figure 1.B



Figure 1.C.



Figure 2



Figure 3



Figure 4

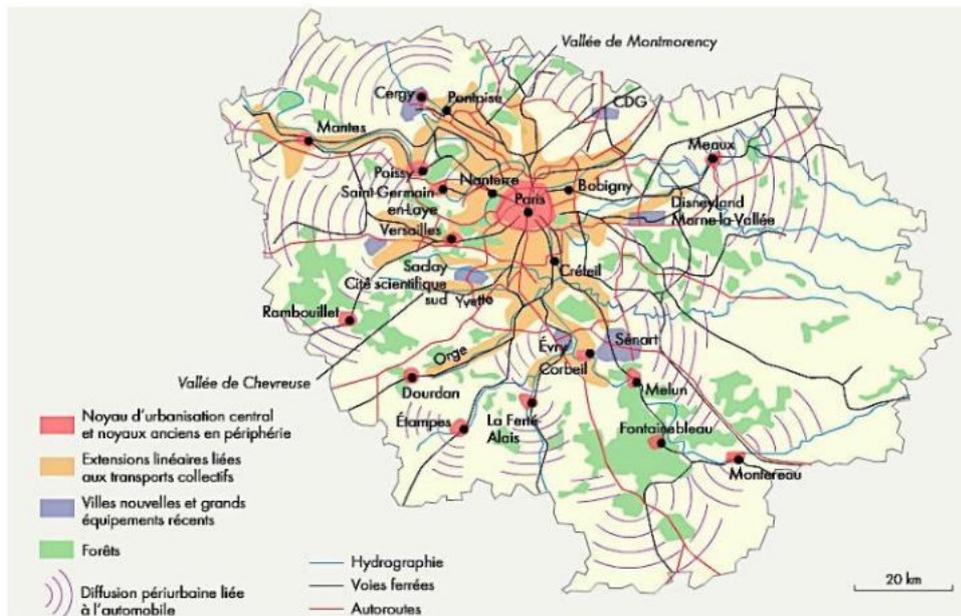
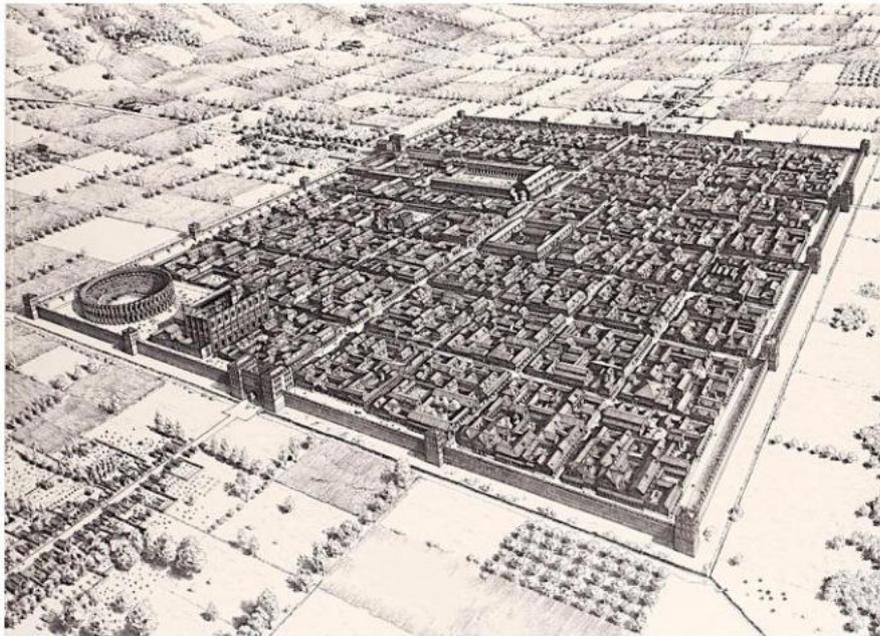
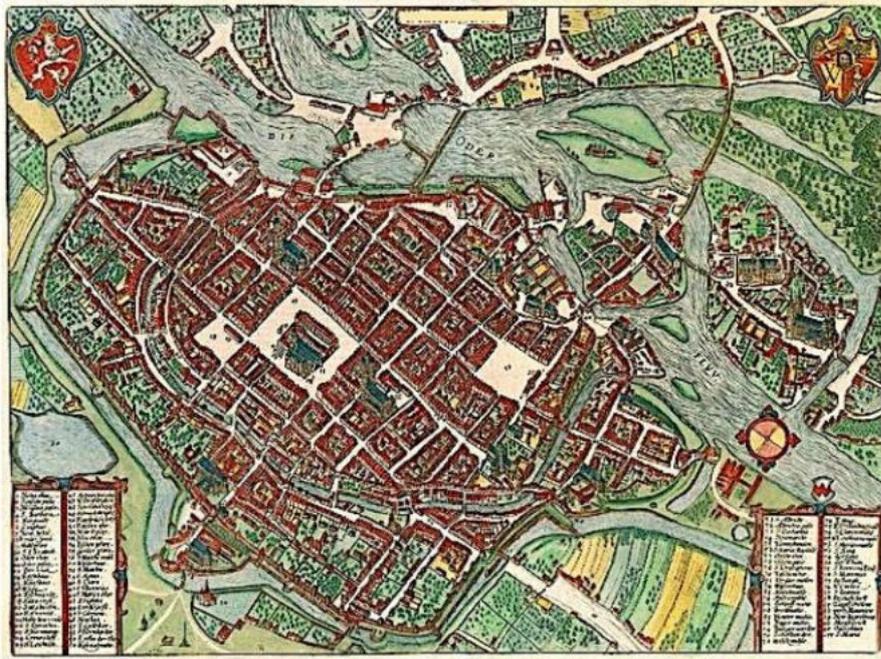
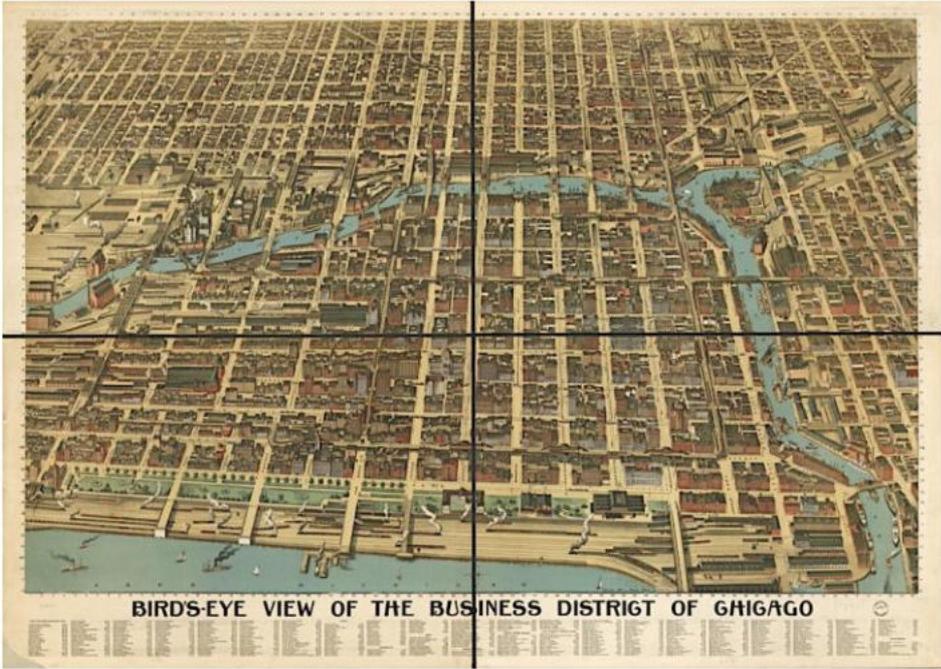


Figure 5





BIRD'S-EYE VIEW OF THE BUSINESS DISTRICT OF CHICAGO

Legend and index information, including a scale bar and a list of street names.

Introduction à la géographie urbaine et à l'urbanisme

GEOG-F-1001 – Partie théorique

Examen de 1<sup>ère</sup> session, juin 2022



NEMRY Nina

B1-GEOG

**Question 1 (3 x 5 points = 15 points)**

**a. Quel type d'espace urbain les figures 1.A, 1.B et 1.C donnent-elles à voir, respectivement ? Justifiez vos réponses en vous référant à des éléments visibles sur ces figures.**

**b. À quelle époque chacun de ces types d'espaces urbain a-t-il été principalement produit ? (indiquez la partie de siècle concernée – p.ex. début 16ème, milieu 18ème, fin 20ème)**

**c. Pour quelles fonctions et quelles catégories de population chacun de ces types d'espace a-t-il été initialement produit ?**

**Question 2. (5 points)**

**a. Quel(s) terme(s) permet(tent) de nommer au mieux le type d'espace visible sur la figure 2 ?**

**b. Ce type d'espace est-il plus ou moins fréquent en Belgique que dans les pays limitrophes ? Justifiez votre réponse.**

**c. La généralisation de la possession et de l'usage de la voiture individuelle dans les pays capitalistes développés au cours de la seconde moitié du 20ème siècle a-t-elle été une CAUSE, une CONSEQUENCE ou une CONDITION de la formation de ce type d'espaces ? Indiquez lequel de ces trois termes convient le mieux et justifiez votre choix.**

**Question 3. (5 points)**

**a. Quel modèle de pensée urbanistique a-t-il influencé la production des espaces représentés sur ces deux photos ?**

**b. Quels principes de ce modèle de pensée urbanistique ces espaces permettent-ils de visualiser ? Détaillez votre réponse en pointant des éléments visibles sur ces photos**

**Question 4. (5 points)**

**a. De quel plan d'aménagement en vigueur en Région de Bruxelles-Capitale cet extrait provient-il ?**

**b. Que signifie la prépondérance des espaces colorés en jaune ou orange sur cet extrait ?**

**c. Qu'est-ce qui permet de comprendre que certains espaces apparaissent en bleu clair sur cet extrait ? Note : vous pouvez vous aider d'une carte de Bruxelles, si besoin**

**Question 5. (5 points)**

**a. Quels éléments permettent de reconnaître sur cette figure une ville médiévale européenne ? Pointez-en 5.**

**b. Quel élément est néanmoins atypique pour une ville médiévale européenne ? Expliquez. c. Quelle pourrait être la cause de la présence de cet élément atypique dans cette ville ? Note : je ne vous demande pas de trouver le nom de cette ville.**

**Question 6. (5 points)**

**a. À quels types de réaménagement des centres-villes était-il fait référence par l'expression « rénovation urbaine » au cours des décennies postérieures à la Seconde Guerre mondiale en Europe occidentale et en Amérique du Nord ?**

**b. Qu'est-ce qui a changé depuis lors en matière de politiques de rénovation des quartiers centraux anciens, en termes de formes des réaménagements et d'objectifs poursuivis ?**

**c. Citez un projet en cours dans la zone du canal à Bruxelles représentatif des formes actuelles des politiques de rénovation urbaine.**

# INTRODUCTION À LA GÉOGRAPHIE URBAINE ET À L'URBANISME

## GEOG-F-1001 – PARTIE THÉORIQUE

Examen de 2<sup>ème</sup> session, août 2022

### Instructions

Répondez aux questions dans un document séparé, créé par vous-même.

Une fois vos réponses prêtes, enregistrez votre document au format PDF et nommez-le en suivant ce modèle : 'NOM'\_'PRENOM'\_GEOGF1001.pdf.

Déposez ensuite votre fichier dans la rubrique prévue sur la page UV du cours. Si vous préférez, vous pouvez aussi écrire vos réponses à la main sur papier libre, en prendre une photo une fois terminé puis créer un document pdf reprenant l'ensemble de vos réponses que vous nommerez de la manière indiquée ci-dessus, et enfin déposer ce fichier au même endroit sur l'UV.

Vous êtes libres d'utiliser tous vos supports de cours (syllabus, slides, notes personnelles, dossier d'excursion...). Néanmoins, gardez à l'esprit que cet examen reste une épreuve qui vise à mesurer votre degré d'appropriation personnelle de la matière. Je n'accepterai donc pas les réponses se limitant à un 'copié-collé' depuis le syllabus ou d'un.e étudiant.e vers l'autre.

Vos réponses doivent être déposées pour le jeudi 18 août à midi au plus tard.

### Des questions ?

Un forum est disponible à cet effet sur la page UV du cours, pendant toute la durée de l'examen.

### Notation

Le détail du nombre de points par question est indiqué ci-dessous. Et, pour rappel, la note de cet examen compte pour la moitié de la note finale du cours, l'autre moitié étant attribuée pour les TP.

Bon travail à toutes et tous,

Mathieu Van Crielingen

**Question 1. (3 x 5 points = 15 points)**

- Quel type d'espace urbain les figures 1.A, 1.B et 1.C donnent-elles à voir, respectivement ? Justifiez vos réponses en vous référant à des éléments visibles sur ces figures.
- À quelle époque chacun de ces types d'espaces urbains a-t-il été principalement produit ? (indiquez la partie de siècle concernée – p.ex. début 16<sup>ème</sup>, milieu 18<sup>ème</sup>, fin 20<sup>ème</sup>)
- Pour quelles fonctions et quelles catégories de population chacun de ces types d'espace a-t-il été initialement produit ?

**Question 2. (5 points)**

- Quel type d'espace la figure 2 donne-t-elle à voir ?
- De quel processus ce type d'espace est-il représentatif ?
- La généralisation de la possession et de l'usage de la voiture individuelle dans les pays capitalistes développés au cours de la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle a-t-elle été une *cause*, une *conséquence* ou une *condition systémique* de la formation de ce type d'espaces ? Indiquez lequel de ces trois termes convient le mieux et justifiez votre choix.

**Question 3. (5 points)**

- Quel modèle de pensée urbanistique a-t-il influencé la production des espaces représentés sur ces deux photos ?
- Quels principes de ce modèle de pensée urbanistique ces espaces permettent-ils de visualiser ? Détaillez votre réponse en pointant des éléments visibles sur ces photos.

**Question 4. (5 points)**

- De quel plan d'aménagement en vigueur en Région de Bruxelles-Capitale cet extrait provient-il ?
- Qu'implique la coloration en bleu clair de certains espaces visibles sur cet extrait ?
- Quelle option politique la prépondérance des espaces colorés en jaune ou orange sur cet extrait traduit-elle ?

Note : vous pouvez vous aider d'une carte de Bruxelles, si besoin

**Question 5. (5 points)**

- Quels éléments permettent de reconnaître sur cette figure une ville médiévale européenne ? Pointez-en 5.
- Quel élément est néanmoins atypique pour une ville médiévale européenne ? Expliquez.
- Quelle pourrait être la cause de la présence de cet élément atypique dans cette ville ?

Note : je ne vous demande pas de trouver le nom de cette ville.

**Question 6. (5 points)**

- À quels types de réaménagement des centres-villes était-il fait référence par l'expression « rénovation urbaine » au cours des décennies postérieures à la Seconde Guerre mondiale en Europe occidentale et en Amérique du Nord ?
- Qu'est-ce qui a changé depuis lors en matière de politiques de rénovation des quartiers centraux anciens, en termes de formes des réaménagements et d'objectifs poursuivis ?
- Citez un projet en cours dans la zone du canal à Bruxelles représentatif des formes actuelles des politiques de rénovation urbaine. Justifiez votre choix.

Figure 1.A



Figure 1.B



Figure 1.C



Figure 2



Figure 3



Figure 4.

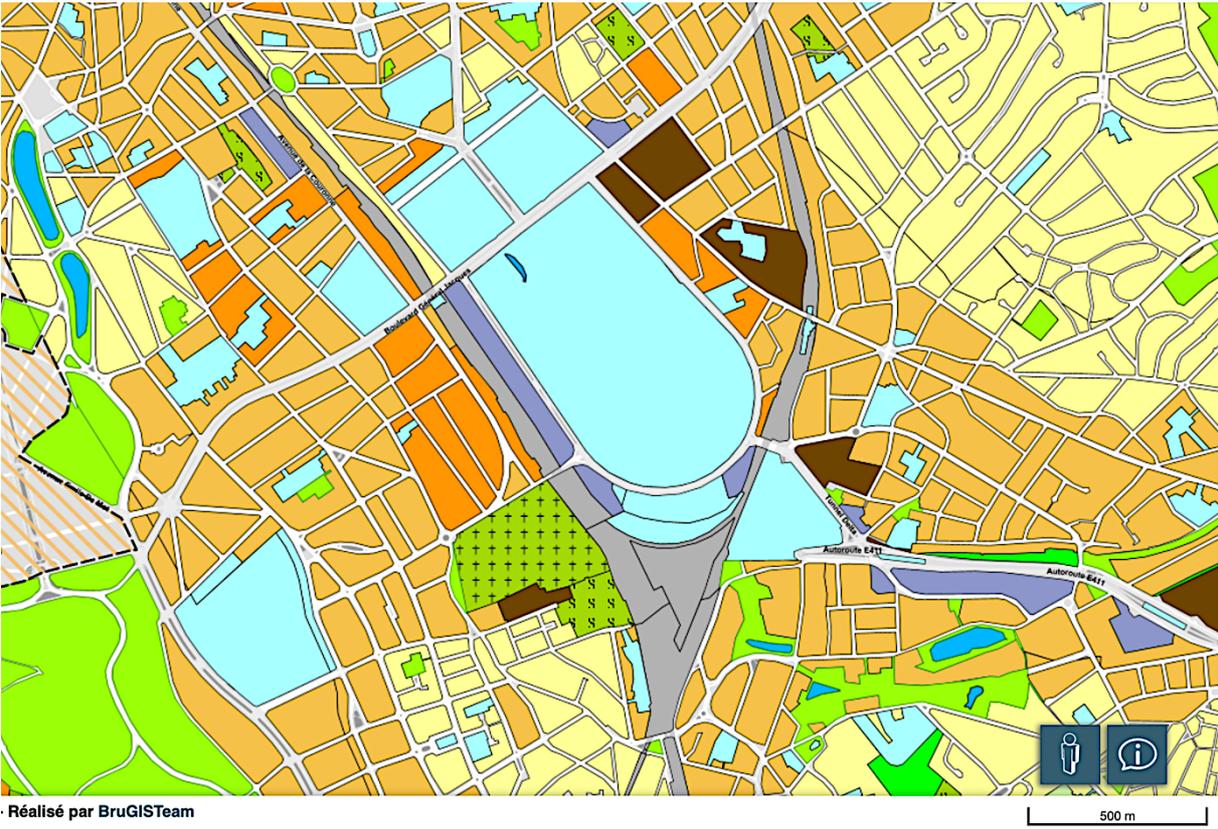
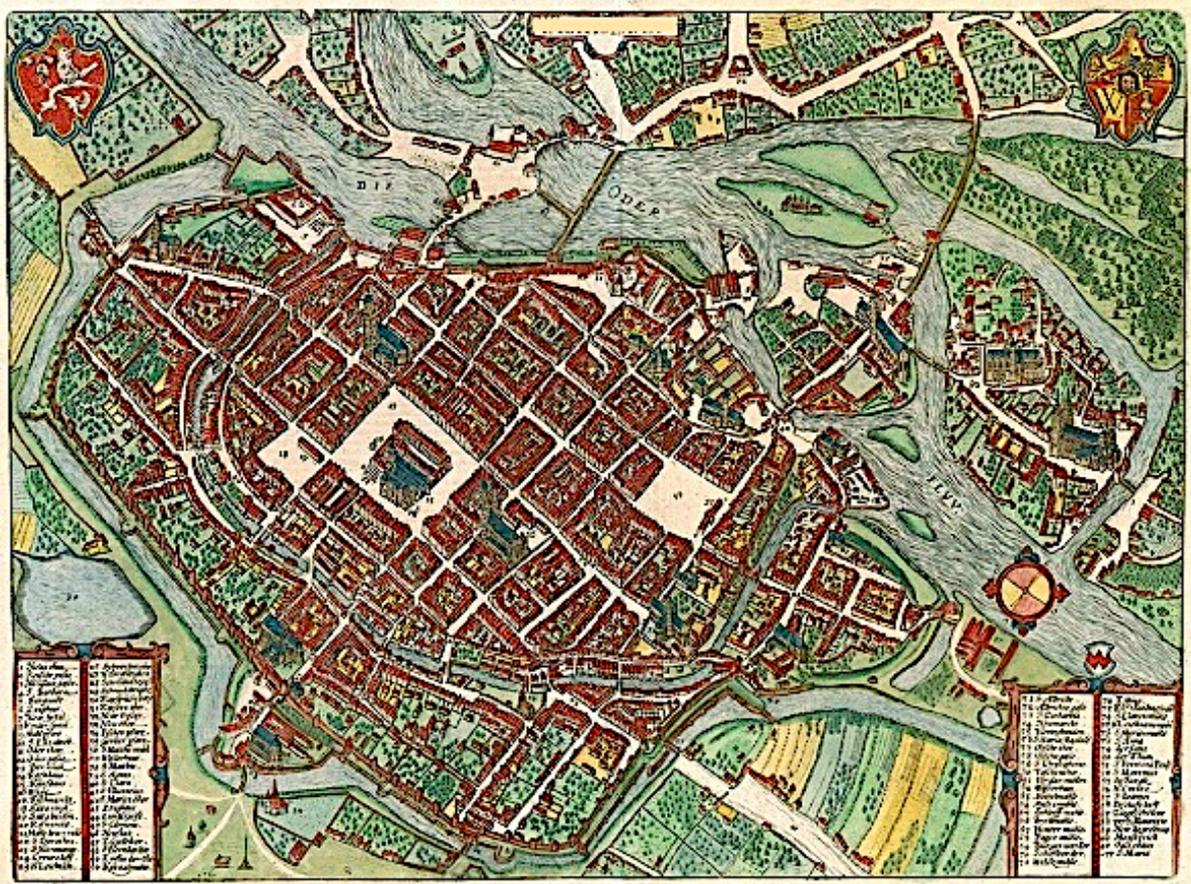


Figure 5.



# Geog-F103 (Humaine) / 5 crédits

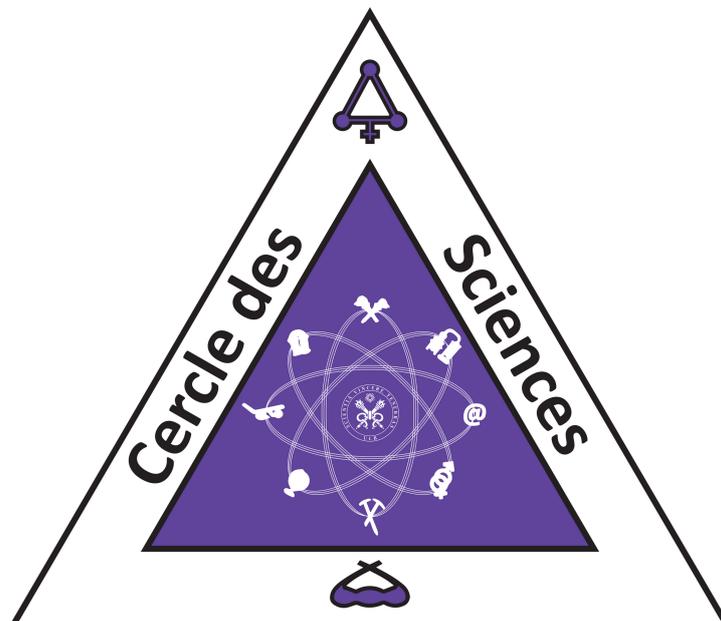
Tu auras ce cours pendant presque tout ton Q2 avec J-M Decroly. Les slides sont super complètes et bien illustrées. En plus de ces slides, le prof explique plein de choses par rapport au monde qui, je trouve, font réfléchir et remettre en question aussi. Il fait aussi beaucoup de liens entre les slides et chapitres pour illustrer au mieux ses propos !

Avant le covid, l'examen était un examen oral, composé de 3 questions. Réaliser un schéma fléché, analyser une carte relative à un concept vu au cours et une question ouverte sur un thème abordé dans l'ensemble du cours.

Ces 3 dernières années, l'examen était un travail à rendre. Il nous avait donné les consignes environ deux semaines avant la remise de l'examen. Il était à réaliser seul.e ou par groupe de 3 personnes max.

Decroly est un prof qui aime voir ses étudiant.e.s faire un maximum de liens, donc essaie de bien comprendre le cours, et de comprendre où il veut en venir !

Pendant les vacances de Pâques, il te proposera sûrement de réaliser un travail (qui ressemble à l'examen) facultatif. Même si tu as autre chose à faire de ton temps libre/pré-blocus, essaie de le réaliser pour pouvoir recevoir des corrections globales qu'il fait dans l'audit. Ça t'aidera sans doute pour le vrai examen :)



## Quelques questions posées à l'oral en 2019 :

Ce sont des exemples de question, donc il ne suffit pas d'étudier juste ça. C'est pour que vous puissiez voir quel genre de questions il pourrait poser et de vous situer.

### Schéma fléché :

- Des causes de l'augmentation des nuisances sonores autour de l'aéroport de Bruxelles
- Sur les mobilisations des références territoriales dans le hip hop.
- Sur les facteurs de l'évolution de la localisation des différentes religions ces 30 dernières années... (Il devait y avoir 4 parties dans la réponse : immigration, djihadisme, sécularisation, et je sais plus le 4ème)
- Sur l'Homo Sapiens comment il s'est déplacé sur tout le globe et comment il est parvenu à faire apparaître des sociétés (parler de l'adaptation de l'homme, son besoin de proximité pour la reproduction etc...)
- Sur la production, la commercialisation et la consommation des drogues dans le système monde
- Sur la diffusion des pots chinois jusque dans une hutte de mariée en Afrique
- Sur les résistances à l'uniformisation
- Causes et conséquences augmentation du prix des aliments en 2008
- Sur l'existence du rap des steppes
- Les différentes étapes menant à la situation de répartition très inégale des classes sociales dans la région de Bruxelles-Capitale

### Carte :

- Expliquer synapse, situation géographique et analyse de carte de l'évolution des échanges maritime entre 1740 et 2010
- Sur le café producteurs et consommateurs et dire pourquoi est-ce emblématique de la post-colonisation.
- Expliquer de quelle manière le rapport société environnement dans le croissant fertile à été la genèse du conflit syrien
- 3 cartes où je devais placer pour chacune d'entre elle une phrase sur 5 possibles et après expliquer pourquoi en analysant les cartes etc, il était aussi demandé de définir le PIB et comment il est calculé
- Deux schémas sur les deux principales dynamiques religieuses (djihadisme et évangilisme) + dire les deux autres dynamiques religieuses du monde contemporain
- Sur l'Amérique du Sud avec les métropoles, et l'intérieur des terres rurales, fallait parler de la démographie, connexion avec les pôles économiques,...
- Indice de GINI
- Ruralité dire le problème de la définition de rural (en partant d'urbanisation) expliquer la carte
- Sur le commerce entre le 18ème et 1945
- Carte du Monde avec les types d'agriculture qui étaient utilisés dans les premières sociétés (irrigation, nomade,...) dire pourquoi elle explique le système Monde actuel de façon insuffisante.

## Dissertation :

- Sur le lien des facteurs environnementaux sur l'étude du système terre global
- Pourquoi la connaissance de localisation est importante dans l'analyse géographique
- Sur l'opposition dans les rapports centre périphérie, à différentes échelles.
- Sur la phrase de Y. Lacoste qui disait que la géographie sert d'abord à faire la guerre en citant des exemples comme Vietnam et Chine etc..
- Conséquences du capitalisme dans sa propagation et autre (je sais plus trop) du monde
- Parler des 3 dimensions du territoire décrites par H Lefebvre, en quoi elles sont utiles pour analyser le système Monde
- Analogie géologique
- En quoi et pq y a une évolution en même temps dans les espaces urbains génériques et espaces urbains hybridés
- Discuter de l'Etat selon différents auteurs vus au cours
- Certains spécialistes pensent que l'on tend vers une uniformisation du Monde, expliquer une ou plusieurs hypothèses

Questions posées dans le travail de 2020 :

### *Partie 1 : Autour de la notion de territoire*

Veillez fournir une **photographie** (personnelle ou extraite d'un site internet,) qui, à vos yeux, **illustre la notion de territoire** telle qu'elle a été discutée dans le cadre du chapitre introductif du cours. A partir de cette photographie, répondez aux questions suivantes :

- 1.1. Décrivez le **contexte spatial et temporel** dans lequel la photographie a été prise.
- 1.2. Décrivez **ce que montre la photographie** et expliquez en quoi elle **illustre une des trois dimensions du territoire** mises en évidence par H. Lefebvre.
- 1.3. Formulez une question que vous poseriez, à partir de cette photographie, à des étudiant.e.s qui ont suivi le cours « Fondements de la géographie humaine ». Cette question doit être relative à la manière dont les **rapports sociaux s'expriment dans l'appropriation, la production, les usages ou les représentations du territoire**.  
Après avoir formulé la question :
  - (A) vous expliquerez les **raisons** qui vous conduisent à la poser
  - (B) vous rédigerez un **corrigé** (autrement dit la réponse que vous attendez).

### *Partie 2 : Schéma fléché*

2.1.

- Un **schéma fléché** qui vise à mettre en évidence les **facteurs probables d'émergence** de la **Covid-19 à Wuhan** ainsi que les **logiques** de sa **propagation initiale à Wuhan** et de **son exportation vers l'Europe**

Ou bien (vous avez entièrement le choix).

- Un **schéma fléché** qui vise à mettre en évidence les **logiques d'importation** de la **Covid-19 en Europe**, puis de sa **propagation inégale** au sein de celle-ci.

2.2. Montrez en quoi les **logiques de la propagation de la Covid19 confirment, nuancent, complètent ou contredisent** ce qui a été expliqué au cours à propos des **facteurs des interactions spatiales** (en l'occurrence des interactions entre habitants de deux villes différentes). Veillez à explicitez au mieux chacun des éléments de réponse.

### *Partie 3 : Schéma cartographique*

- 3.1. A partir de la matière vue au cours, *et uniquement à partir de celle-ci*, veuillez réaliser un **schéma cartographique** qui met en lumière les **inégalités des conditions matérielles d'existence dans le Monde**, entre États et au sein des États, tout en tenant compte aussi des **phénomènes qui peuvent contribuer à leur réduction**.

- Dans un premier temps, vous listerez les **variables retenues** et expliquerez **pourquoi vous les avez choisies**.
- Dans un deuxième temps, vous construirez une **légende structurée**, en veillant à associer chaque variable à un figuré
- Dans un troisième temps, vous réaliserez le **schéma lui-même**, en veillant à respecter les conseils formulés dans le corrigé du second exercice facultatif à réaliser pendant la période de confinement.
- 3.2. A votre avis, quelles autres variables aurait-il été nécessaire de prendre en compte pour compléter le schéma. Pour chaque variable proposée, veillez à justifier votre choix.