



Laboratoires de sciences physiques et chimiques

Baccalauréat blanc 2011

Durée : 3 h 30

Sujet spécialité

Consignes

- Les exercices seront traités sur des copies séparées. Au début de chaque exercice, indiquer clairement son numéro. Si deux exercices figurent sur la même copie, le second ne sera pas corrigé.
- Les pages 7 et 8 doivent impérativement être remises avec la copie après avoir inscrit votre numéro de candidat.
- Toutes les copies seront anonymes et toutes les pages seront numérotées.
- Les calculatrices électroniques réglementaires sont autorisées. Les échanges de calculatrices entre élèves sont strictement interdits.
- Une présentation correcte est exigée : la copie sera claire et lisible, les schémas seront soignés, les résultats littéraux seront encadrés et les résultats numériques seront soulignés
- Les calculs numériques intermédiaires sont proscrits. Les calculs littéraux seront menés à leur terme.
- On prêtera une attention particulière à la notation, aux unités et aux chiffres significatifs.
- Sauf indication contraire, toutes les réponses seront justifiées.
- Aucune sortie définitive n'est autorisée avant la fin de l'épreuve.

EXERCICE N°1 : « On a marché sur la Lune » (11 points)

En 1954, Hergé, publie deux albums des aventures de Tintin : « Objectif Lune », et « On a marché sur la Lune ». Dans cette nouvelle aventure, il envoie Tintin et ses amis sur la Lune, dans la désormais légendaire fusée rouge et blanche imaginée par le physicien le plus farfelu de la Bande Dessinée, le professeur Tournesol.

Traduites dans presque toutes les langues, les aventures de Tintin ont été « dévorées » par des générations d'enfants. Peut-être les avez-vous vous-même déjà lues ? Mais les avez-vous vraiment lues attentivement ?

Le but de cet exercice est de vérifier, à l'aide de vos connaissances en mécanique, si Hergé était rigoureux dans sa description des phénomènes physiques dans l'espace et dans la fusée.

IMPORTANT : on a la sensation d'être en impesanteur lorsqu'on ne subit aucune réaction de la part d'un quelconque support. La sensation de pesanteur est donc liée à la valeur de la réaction du support sur un être vivant. Cette sensation sera d'autant plus grande que la valeur de la réaction du support sera grande.

Données :

Planète	Masse	Rayon	Valeur du champ de pesanteur à la surface
Terre	$M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$	$R_T = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$	$g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
Lune	$M_L = 7,4 \times 10^{22} \text{ kg}$	$R_L = 1,7 \times 10^6 \text{ m}$	$g_L = 1,6 \text{ m.s}^{-2}$

- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I}$
- Tous les systèmes définis dans cet exercice seront considérés comme des objets ponctuels assimilables à leur centre d'inertie.

LES QUATRE PARTIES DE L'EXERCICE SONT INDEPENDANTES

A. Première partie : « Les Dupond(t) coupent le moteur »

Dans cette partie, on travaillera dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen.



On considère le système {professeur Tournesol}, de masse m_p et de centre d'inertie P , évoluant dans la fusée à une altitude h par rapport à la surface terrestre (voir schéma en annexe n°1).

1. Donner l'expression de la force de gravitation \vec{F} qui s'exerce sur le système. Représenter cette force sur le schéma de l'annexe n°1.

2. Dans le cas où le moteur est coupé (impesanteur), appliquer la deuxième loi de Newton au système et en déduire l'expression de la valeur a_p du vecteur accélération du système.

3. Dans le cas où le moteur fonctionne, on crée une « pesanteur artificielle » à l'intérieur de la fusée. Du fait de cette pesanteur artificielle, la réaction \vec{R} du plancher de la fusée sur le professeur Tournesol est égale, en valeur, à celle du poids du professeur à la surface terrestre : il a ainsi la même sensation que s'il était sur Terre.

a) Représenter la force \vec{R} sur le schéma de l'annexe n°1.

b) Appliquer la deuxième loi de Newton au système et en déduire l'expression de la valeur a_p du vecteur accélération du système.

B. Deuxième partie : « Le Capitaine Haddock se prend pour un oiseau »

Dans cette partie, on travaillera dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen.

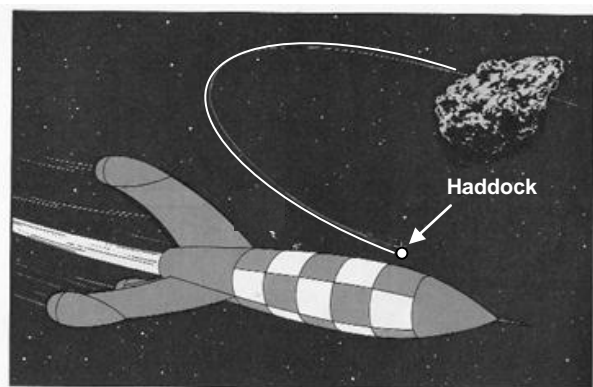
Alors que la fusée se trouve suffisamment loin de la Terre et pas encore assez près de la Lune pour ne subir aucune influence de ces deux planètes, le capitaine Haddock, dans un moment de folie, décide de faire une sortie dans l'espace. Pour cela, il est obligé de couper le moteur de la fusée. En appliquant le principe d'inertie, expliquer pourquoi le capitaine Haddock avance à la même vitesse que la fusée.



C. Troisième partie : « Le satellite Haddock »

Dans cette partie, on travaillera dans le référentiel « adonisocentrique », supposé galiléen. On considère le système {capitaine Haddock} de masse m_H et de centre d'inertie H.

Alors que le capitaine Haddock effectue sa petite sortie dans l'espace, la fusée passe à proximité d'Adonis, énorme masse rocheuse d'environ 700 m de diamètre, de masse $M_A = 1,0 \times 10^{12}$ kg et de centre d'inertie A. Le capitaine Haddock se retrouve satellisé autour d'Adonis. D'après l'image, on peut estimer le rayon de l'orbite (supposée circulaire) du capitaine à environ $r = 2,0 \times 10^3$ m.



1. a) Dans le référentiel choisi, définir une base de Frenet et la représenter sur un schéma.

b) Dans cette base de Frenet, donner l'expression du vecteur accélération \vec{a}_H du système.

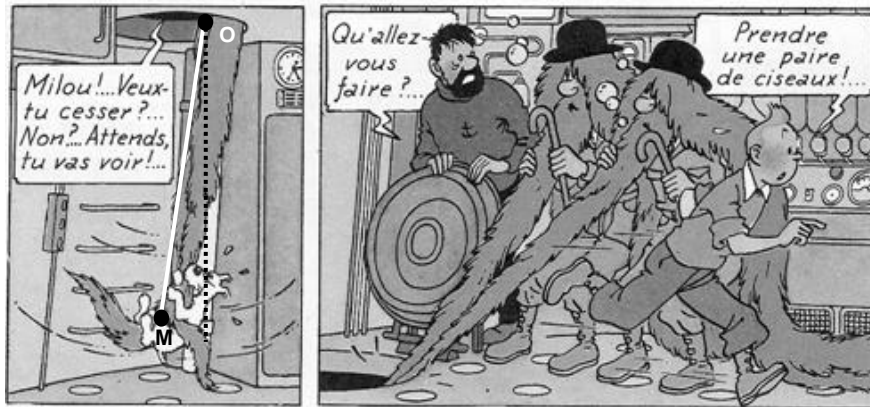
2. Exprimer et calculer la valeur v_H du vecteur vitesse du capitaine Haddock sur son orbite.

3. Exprimer et calculer la période de révolution T_H capitaine Haddock autour d'Adonis.

D. Quatrième partie : « Quelle est la longueur de la barbe des Dupond(t) ? »

Dans cette partie, on travaillera dans le référentiel lunaire, supposé galiléen.

Après de nombreuses frayeurs, la fusée s'est enfin posée sur le sol lunaire. Mais les Dupond(t), qui ont contracté une maladie lors d'une précédente aventure, font une rechute : leurs cheveux et leur barbe se mettent à pousser, pousser, pousser.... Milou, le chien de Tintin, toujours prêt à s'amuser, en profite pour faire de la balançoire.



On suppose que Milou, de masse $m_M = 5,0 \text{ kg}$ et de centre d'inertie M , accroché à la barbe des Dupond(t), peut être assimilé à un pendule simple de longueur ℓ telle que $\ell = OM$ (voir image ci-dessus).

Une caméra de vidéosurveillance a filmé la scène et on a obtenu, après traitement des informations, les graphes donnés en annexes n°2 et n°3 : θ , écart angulaire de OM par rapport à la verticale, est positif lorsque le pendule est à droite de cette verticale (position d'équilibre).

1. Exploitation du graphe en annexe n°2

- Quelle est la nature des oscillations de Milou ?
- Quelle est l'élongation angulaire initiale θ_0 des oscillations du pendule ?
- Déterminer sans calcul, la direction et le sens du vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 de Milou.
- Déterminer graphiquement la période T_0 des oscillations.
- On suppose que $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot L^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma$. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de T_0 .
- En déduire la valeur de la longueur ℓ de la barbe des Dupond(t).

2. Exploitation du graphe en annexe n°3

Ce graphe donne les courbes représentatives de l'énergie mécanique E , de l'énergie cinétique E_c et de l'énergie potentielle de pesanteur E_p (on supposera que $E_p = 0$ lorsque Milou passe par sa position d'équilibre) en fonction du temps.

- Démontrer que l'énergie potentielle de pesanteur s'exprime par : $E_p = m \cdot g_L \cdot \ell \cdot (1 - \cos \theta)$.
- Identifier les trois courbes.
- Déterminer la valeur maximale v_{\max} de la vitesse de Milou.
- En utilisant l'expression de la question a, déterminer la valeur de l'amplitude θ_m des oscillations. Le résultat est-il en cohérence avec le graphe de l'annexe n°2 ?
- Quelle est la période T de l'évolution des énergies cinétique et potentielle ? Le résultat est-il en cohérence avec la valeur de T_0 ?

EXERCICE N°2 : « Dosage de la vitamine C » (4 points)

Texte :

« La vitamine C, ou acide ascorbique, a pour formule $C_6H_8O_6$. Presque toutes les espèces animales sont capables de la synthétiser, mais l'homme est dépourvu de l'enzyme nécessaire à la biosynthèse de cette vitamine, probablement suite à la mutation d'un gène.

Or, la vitamine C intervient dans de grandes fonctions de l'organisme : défense contre les infections virales et bactériennes, protection de la paroi des vaisseaux sanguins, assimilation du fer, action antioxydante, détoxification de substances cancérigènes, cicatrisation... La pathologie spécifique, mais aujourd'hui exceptionnelle, liée à la carence en vitamine C est le scorbut. Toutefois, des situations de carence modérée encore fréquentes sont responsables de perte d'appétit, d'amaigrissement et de fatigue.

Les apports conseillés en vitamine C tiennent donc compte de la couverture des besoins en vitamine C dans le cadre de son double rôle, pouvoir antiscorbutique et pouvoir antioxydant. Cependant, les besoins en vitamine C sont accrus dans certaines situations pathologiques (fracture, infections, traitement anticancéreux) mais également en fonction des modes de vie (activité physique intense, consommation excessive d'alcool, tabagisme). Par exemple, un supplément de 20% de vitamine C est conseillé chez le fumeur de plus de 10 cigarettes par jour pour contrecarrer le stress oxydant lié au tabac.

La vitamine C est présente dans tous les végétaux mais à des quantités variables. Les principales sources de vitamine C sont les fruits et les légumes. Pour assurer la couverture des besoins quotidiens en vitamine C (de l'ordre de 110 mg pour un adulte), il est recommandé de consommer environ 500 g de fruits et légumes par jour.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les champions de la vitamine C sont le persil, le poivron rouge et le cassis (entre 160 et 200 mg pour 100 g), suivis par le poivron vert et le radis noir (entre 100 et 150 mg pour 100g), loin devant le kiwi, l'orange et le citron (entre 50 et 70 mg pour 100g). »

AFSSA - Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

Données :

- Masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique : $M = 176 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse volumique du jus de poivron : $\rho = 1,0 \text{ g.cm}^{-3}$
- A 25°C :
 - pK_A du couple acido-basique de la vitamine C : 4,1
 - produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$

On propose ici de réaliser un dosage acido-basique permettant de vérifier la surprenante teneur en vitamine C dans le poivron rouge. La teneur en eau du poivron étant de 90% en masse, on obtient, grâce à une centrifugeuse de cuisine qui éliminera la pulpe et la peau, du jus de poivron.

On réalise le dosage pH-métrique d'un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ du jus de poivron frais, par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $c_B = 6,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. En relevant les valeurs du pH en fonction du volume V_B de soude versé, on a tracé la courbe donnée en annexe n°4.

1. Faire l'inventaire de la verrerie et des appareils nécessaires au dosage.

2. a) Exprimer la constante d'acidité K_A du couple de la vitamine C (noté $\text{HA}_{(\text{aq})}/\text{A}^{-}_{(\text{aq})}$) et en déduire une relation liant le pH, les concentrations des deux espèces conjuguées et le pK_A du couple.

b) En déduire la nature de l'espèce prédominante dans le jus de poivron.

3. a) Écrire l'équation chimique de la réaction du dosage. Quel est le nom de la base conjuguée de l'acide ascorbique ?

b) Déterminer puis calculer la constante d'équilibre de la réaction. Que peut-on déduire de la valeur obtenue ?

4. En considérant le système chimique défini par le point de coordonnées ($V_B = 13,0 \text{ mL}$; $\text{pH} = 4,5$), montrer que la réaction de dosage est quasi-totale.

5. a) Graphiquement, déterminer les coordonnées du point d'équivalence E. Sans autre justification, donner le nom de la méthode utilisée.

b) Quelle est le nom de la solution dans le milieu réactionnel à l'équivalence ? La valeur obtenue pour pH_E est-elle en cohérence avec la nature de cette solution ?

c) En déduire la teneur t_A (en g.L^{-1}) en vitamine C du jus de poivron.

d) Cette teneur (en mg pour 100g de poivron) est-elle compatible avec les teneurs annoncées dans le texte ?

EXERCICE N°3 : « Dosage de l'élément fer dans un vin blanc » (5 points)

Texte :

« Le vin, rouge ou blanc, contient, en faible quantité, l'élément fer sous forme d'ions Fe^{2+} ou Fe^{3+} qui proviennent du raisin mais aussi et surtout de diverses sources de contamination durant la vinification.

Le vin étant, à l'abri de l'air, un milieu réducteur, les ions du fer sont, au départ, essentiellement à l'état d'ions Fe^{2+} . Toutefois, au cours de son élaboration, lors des pompages et transvasement, puis lorsqu'on débouche une bouteille, le contact avec le dioxygène de l'air et la dissolution de ce dernier dans le vin, entraîne une oxydation partielle des ions Fe^{2+} en ions Fe^{3+} .

Si la concentration en ions Fe^{3+} devient trop importante (à partir de 10 mg par litre), il se produit le phénomène de casse ferrique : la formation d'un précipité de phosphate de fer (III) rend le vin trouble, peu attrayant et gênant sur le plan gustatif.

Afin de prévenir ce phénomène, il est donc important de déterminer la concentration en ions fer dans les vins. »

Principe :

- L'élément fer est présent sous deux états d'oxydation, mais seule sa concentration totale est intéressante. Pour cela, il est nécessaire de commencer par oxyder les ions Fe^{2+} en ions Fe^{3+} , plus stables, grâce à une solution oxydante d'eau oxygénée.
- Les ions Fe^{3+} sont ensuite révélés par une solution de thiocyanate de potassium ($\text{K}^+ + \text{SCN}^-$) qui permet la formation d'un complexe de couleur rouge selon la réaction d'équation bilan : $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$
- La concentration massique de ce complexe peut être approximativement déterminée par un dosage colorimétrique ou, plus précisément, par spectrophotométrie.

Données :

- Masse molaire de l'alun de fer (III) et d'ammonium : $M_1 = 964 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse molaire du thiocyanate de potassium : $M_2 = 97 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse atomique du fer : $M_3 = 56 \text{ g.mol}^{-1}$

A. Première partie : le dosage colorimétrique

Deux solutions, contenant la même substance colorante et observées dans les mêmes conditions, ont la même coloration si elles ont la même concentration en substance colorante. La manipulation consiste donc à préparer une échelle de teintes qui pourra être comparée à celle du vin dans lequel le réactif aura été préalablement ajouté (précision de la méthode : $\pm 1 \text{ mg.L}^{-1}$).

1. On veut disposer d'une solution mère S_0 de concentration massique apportée égale à $c_0 = 50 \text{ mg.L}^{-1}$ en ions Fe^{3+} . Cette solution est préparée par dissolution de cristaux d'alun de fer (III) et d'ammonium, de formule $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 24 \text{ H}_2\text{O}$. Calculer la masse m de cristaux nécessaires à la préparation d'un volume $V = 1,0 \text{ L}$ de cette solution.

2. La réalisation de la gamme étalon consiste en la préparation, à partir de la solution S_0 , de 6 solutions de volume $V_s = 100 \text{ mL}$ de concentrations massiques (notées t) croissantes et régulièrement espacées en ions fer (III). Sans justifier, compléter le tableau en annexe n°5 en calculant les volumes V_0 de solution S_0 à prélever.

3. A partir de chaque solution, on prépare un tube à essais contenant :

- 10,0 mL de la solution préparée,
- 1,0 mL de solution de thiocyanate de potassium à 200 g.L^{-1} en soluté apporté
- 0,50 mL d'acide chlorhydrique concentré (dont le rôle est de dissocier les complexes du fer avec, en autres, les ions tartrate),
- 1,0 mL de solution d'eau oxygénée.

Montrer que, quel que soit le tube, les ions thiocyanate sont toujours en excès. Pourquoi est-ce nécessaire ?

4. Un 7^{ème} tube à essais, dont la coloration sera comparée à l'échelle de teintes, doit contenir l'échantillon du vin étudié. Sans justification, donner la composition de ce tube.

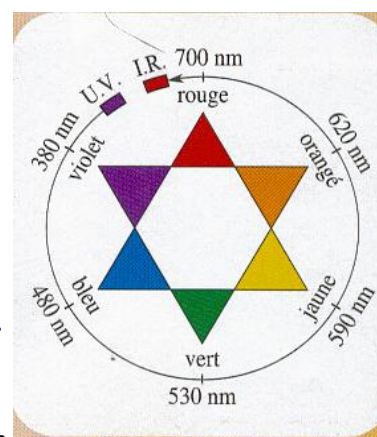
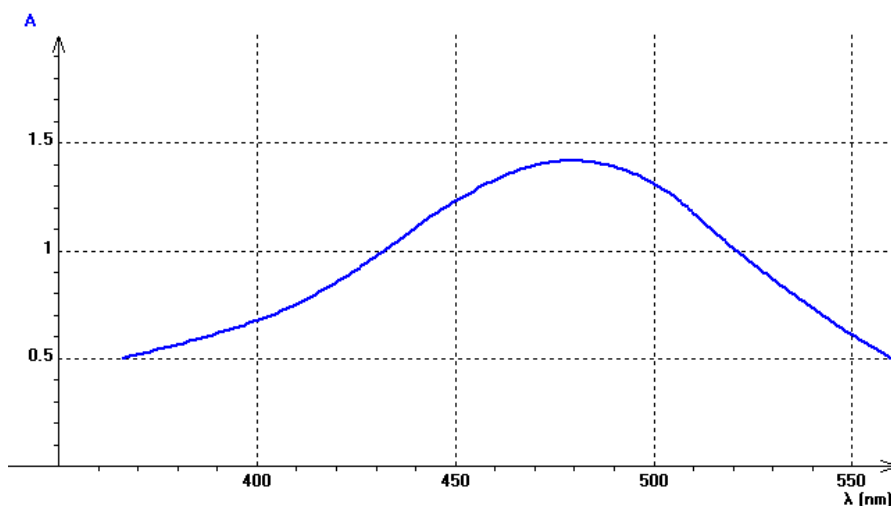
5. Ecrire les 1/2 équations correspondant aux couples mis en jeu ($\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et $\text{H}_2\text{O}_2_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}$) et l'équation bilan de la réaction d'oxydation des ions fer (II) par l'eau oxygénée en milieu acide.

6. a) La couleur du 7^{ème} tube se situe entre celles des tubes n°4 et n°5 de l'échelle de teintes. Donner un encadrement de la concentration massique t_1 en ions fer (III) dans le vin considéré.

b) Pour le vin considéré, la casse ferrique apparaît à partir d'une concentration massique en ions fer (III) égale à 10 mg.L^{-1} . En l'état, peut-on savoir avec certitude s'il y a casse ferrique ?

B. Deuxième partie : le dosage spectrophotométrique

Un spectrophotomètre mesure la quantité de lumière absorbée par une substance colorée, grandeur appelée absorbance et notée A . L'expérience montre que A dépend de la concentration de la substance qui absorbe la lumière et de la longueur d'onde λ de la lumière absorbée.



1. Énoncer la loi de Beer-Lambert.

2. À partir du spectre (ci-dessus) de la solution du complexe $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$, justifier l'emploi d'une source de lumière bleue dans le spectrophotomètre.

3. On règle le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 465 nm, on fait le blanc et on mesure l'absorbance de chaque solution constituant l'échelle de teinte de la première partie, ainsi que celle de l'échantillon de vin. On obtient les résultats suivants :

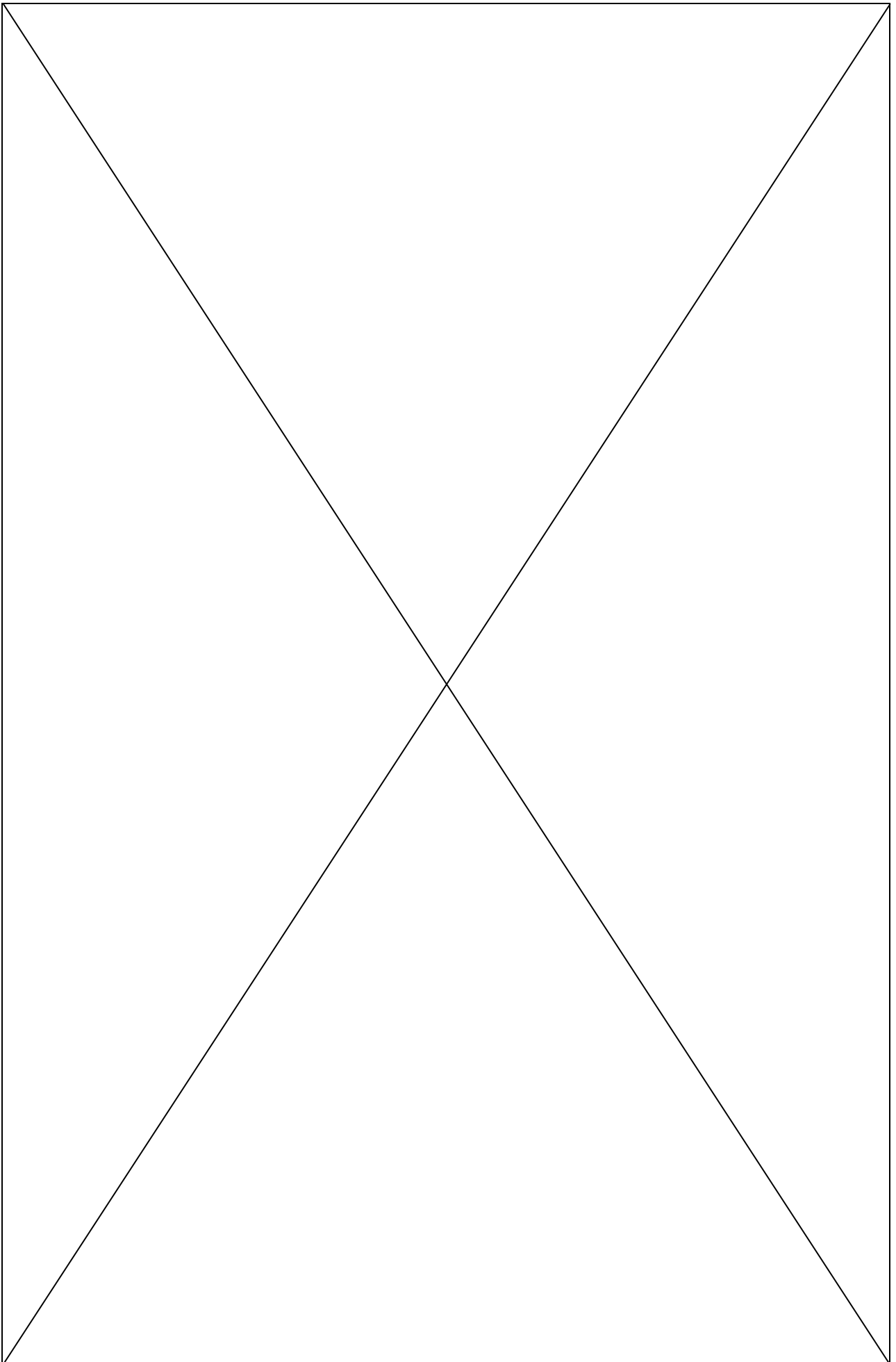
Tube n°	1	2	3	4	5	6	7
A	0,210	0,418	0,632	0,843	1,047	1,260	0,977

a) Sur le papier millimétré en annexe n°6, construire la courbe d'étalonnage de l'absorbance A en fonction de la concentration massique t en ions fer (III) (Échelle : 1,0 cm pour $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ et 1,0 cm pour $1,00 \times 10^{-1}$ unité d'absorbance).

b) La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ?

c) À partir de la courbe d'étalonnage, déterminer la concentration massique t_2 en ions fer (III) du vin blanc étudié.

d) Conclure sur la possibilité de casse ferrique de ce vin.

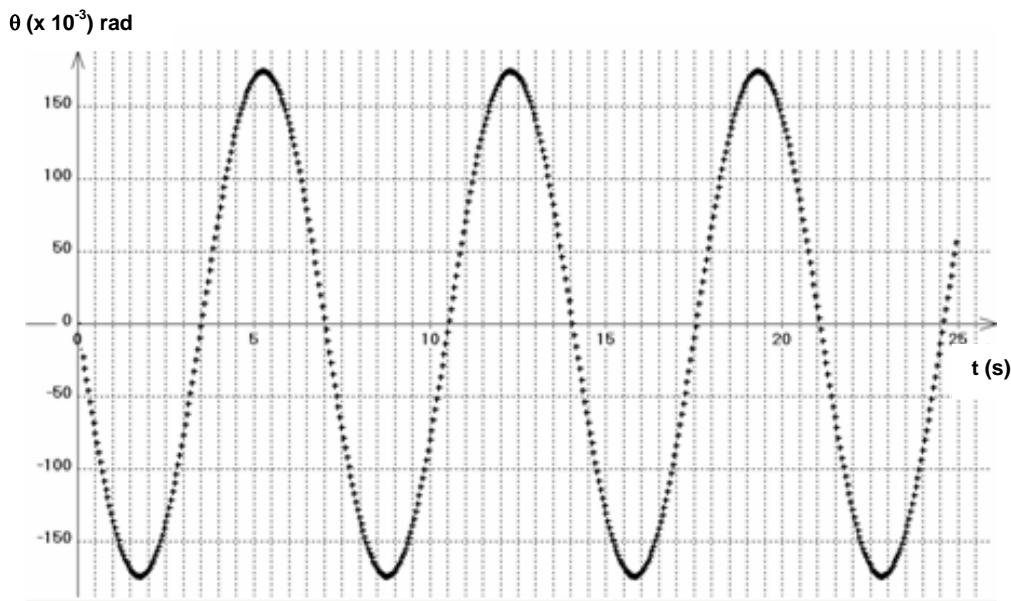
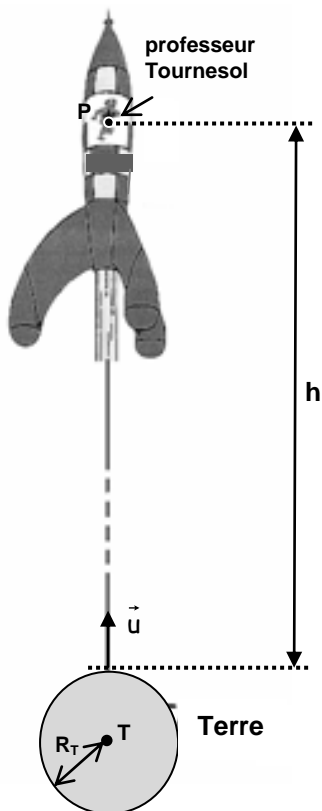


ANNEXES
(feuille à rendre avec la copie)

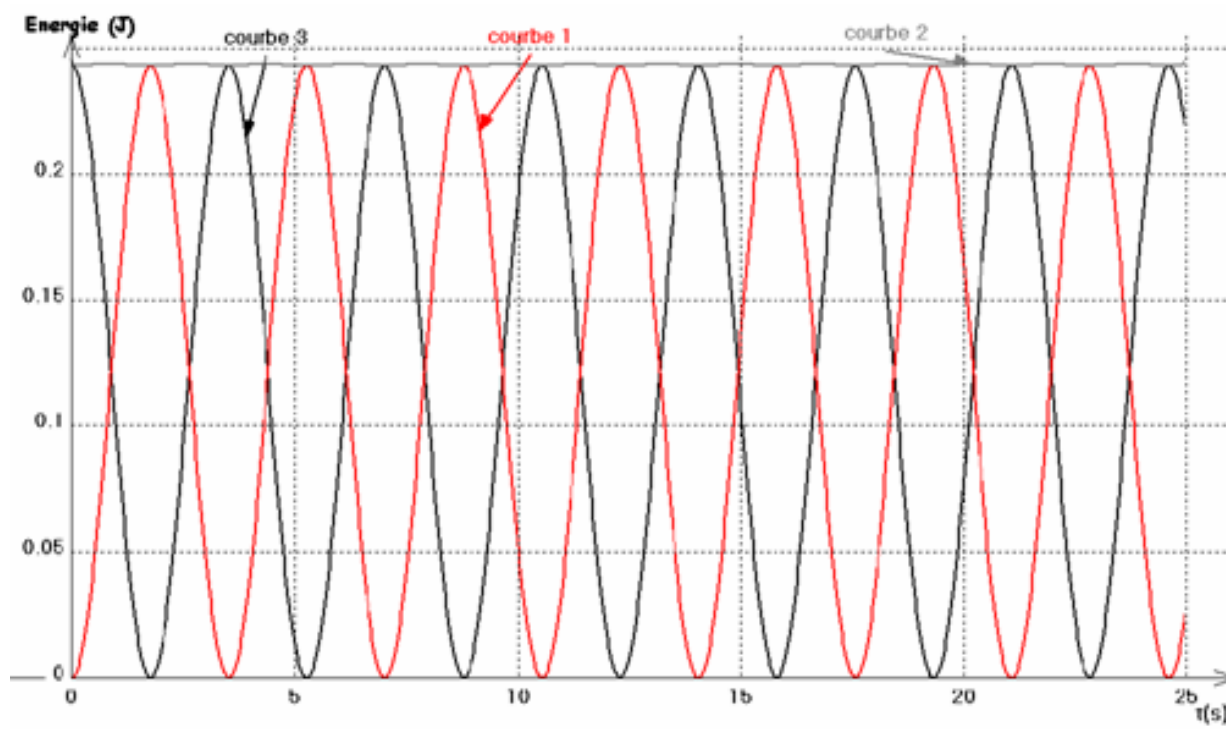
N° de candidat :

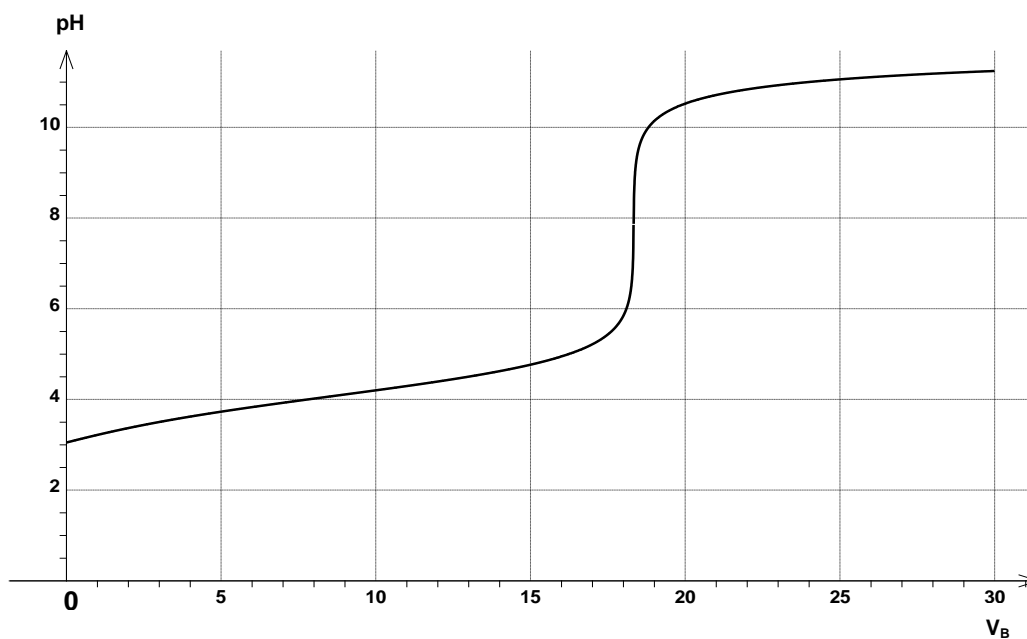
ANNEXE N°1 (Exercice n°1)

ANNEXE N°2 (Exercice n°1)



ANNEXE N°3 (Exercice n°1)



ANNEXE N°4 (Exercice n°2)**ANNEXE N°5** (Exercice n°3)

Solution n°	1	2	3	4	5	6
V_0 (en mL)						
t (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0

ANNEXE N°6 (Exercice n°3)