

Laboratoires de sciences physiques et chimiques

Baccalauréat blanc 2011

Sujet spécialité - Corrigé

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

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

1. Donner l'expression de la force de gravitation \vec{F} qui s'exerce sur le système. Définir tous les termes utilisés et représenter cette force sur le schéma de l'annexe n°1.

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m_p \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}$$

avec :

G : constante de gravitation universelle (S.I)

m_p : masse du système (en kg)

M_T : masse de la Terre (en kg)

R_T : rayon de la Terre (en m)

h : altitude (en m)

\vec{u} : vecteur unitaire orienté de T vers P

Cette force, appliquée en P, est de direction verticale et orientée vers le bas.

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

Deuxième loi de Newton appliquée au professeur Tournesol : $\vec{F} = m_p \cdot \vec{a}_p = -G \cdot \frac{m_p \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}$.

En valeur : $a_p = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

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

Cette force, appliquée en P, est de direction verticale et orientée vers le haut.

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

Deuxième loi de Newton appliquée au professeur tournesol : $\vec{F} + \vec{R} = m_p \cdot \vec{a}'_p = -G \cdot \frac{m_p \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u} + m_p \cdot g_0 \cdot \vec{u}$

En valeur : $a'_p = g_0 - G \cdot \frac{m_p \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$ (car \vec{F} et \vec{R} ont la même direction et des sens contraires).

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

Expliquer pourquoi le capitaine Haddock avance à la même vitesse que la fusée.

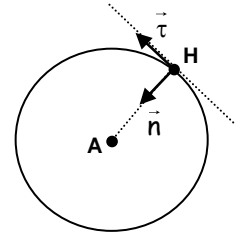
La fusée ne subit aucune action extérieure : d'après le principe d'inertie, elle est animée d'un mouvement rectiligne uniforme. Quand le capitaine Haddock quitte la fusée, son vecteur vitesse est celui de la fusée et il se trouve, lui aussi, animé du même mouvement rectiligne uniforme.

C. Troisième partie : « Le satellite Haddock »

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

Une base de Frenet est un repère mobile constitué d'une origine et de deux vecteurs unitaires :

- l'origine est la position du centre d'inertie H du système à une date t,
- le vecteur unitaire $\vec{\tau}$ est tangent à la trajectoire au point H et dirigé dans le sens du mouvement,
- le vecteur unitaire \vec{n} est normal à la trajectoire au point H et dirigé vers le centre de cette trajectoire.



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

$$\vec{a}_H = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \text{ soit } \vec{a}_H = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau} + \frac{v^2}{r} \vec{n} \quad (v : \text{valeur de la vitesse du capitaine Haddock}).$$

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

Deuxième loi de Newton appliquée au capitaine Haddock : $\vec{f} = m_H \cdot \vec{a}_H$ (avec \vec{f} la force de gravitation exercée par Adonis sur le capitaine Haddock).

Cette force de gravitation est radiale centripète donc : $m_H \cdot \vec{a}_H = G \cdot \frac{M_A \cdot m_H}{r^2} \cdot \vec{n}$ et $\vec{a}_H = G \cdot \frac{M_A}{r^2} \cdot \vec{n}$

Par identification avec l'expression de la question 1.b : $\frac{v_H^2}{r} = \frac{G \cdot M_A}{r^2} \Rightarrow v_H = \sqrt{G \cdot \frac{M_A}{r}}$

Soit : $v_H = \sqrt{6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,0 \times 10^{12}}{2,0 \times 10^3}} = 1,8 \times 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$

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

Le mouvement du capitaine haddock étant circulaire uniforme, la période de révolution est donnée

par : $T_H = \frac{2\pi}{\omega}$ et $T_H = \frac{2\pi \cdot r}{v_H}$ (avec ω vitesse angulaire : $\omega = \frac{v}{r}$) $\Rightarrow T_H = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_A}}$

Soit : $T_H = 2\pi \times \sqrt{\frac{(2,0 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 1,0 \times 10^{12}}} = 6,9 \times 10^4 \text{ s}$

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

1. Exploitation du graphe en annexe n°2

a) Quelle est la nature des oscillations de Milou ?

Les oscillations de Milou sont périodiques et sinusoïdales. L'oscillateur ainsi constitué est un oscillateur harmonique car il n'y a pas d'amortissement.

b) Quelle est l'élongation angulaire initiale θ_0 des oscillations du pendule ?

Le graphe montre qu'à $t = 0$, $\theta_0 = 0$ (Milou se trouve alors à la position d'équilibre).

c) Déterminer sans calcul, la direction et le sens du vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 de Milou.

Peu après la date $t = 0$, l'élongation angulaire est négative. Milou se déplace donc de droite à gauche et le vecteur vitesse initiale est horizontale et dirigé vers la gauche.

d) Déterminer graphiquement la période T_0 des oscillations.

Graphiquement, on trouve : $T_0 = 7,0 \text{ s}$

e) On suppose que $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \ell^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma$. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de T_0 .

Si on suppose que $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \ell^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma$ on doit avoir $[T_0] = T = [2 \cdot \pi \cdot L^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma]$
 $[2\pi] = 1$; $[L^\alpha] = L^\alpha$; $[m_M^\beta] = M^\beta$; $[g_L] = L \cdot T^{-2} \Rightarrow [g_L]^\gamma = L^\gamma \cdot T^{-2\gamma}$. Donc : $[2 \cdot \pi \cdot L^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma] = 1 \cdot L^{\alpha+\gamma} \cdot M^\beta \cdot T^{-2\gamma}$
 On cherche α , β et γ tels que $L^{\alpha+\gamma} \cdot M^\beta \cdot T^{-2\gamma} = T$, soit : $\alpha + \gamma = 0$; $\beta = 0$; $-2\gamma = 1$

On a alors : $\beta = 0$ et $\gamma = -\frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2}$. Finalement : $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot L^\alpha \cdot m_M^\beta \cdot g_L^\gamma = 2 \cdot \pi \cdot \ell^{\frac{1}{2}} \cdot g_L^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_L}}$

f) En déduire la valeur de la longueur ℓ de la barbe des Dupont.

$T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_L}} \Rightarrow T_0^2 = 4 \pi^2 \cdot \frac{\ell}{g_L}$ et $\ell = \frac{T_0^2 \cdot g_L}{4 \pi^2}$ soit : $\ell = \frac{(7,0)^2 \times 1,6}{4 \pi^2} = 2,0 \text{ m}$

2. Exploitation du graphe en annexe n°3

a) Démontrer que l'énergie potentielle de pesanteur s'exprime par : $E_p = m_M \cdot g_L \cdot \ell \cdot (1 - \cos \theta)$.

$E_p = m_M \cdot g_L \cdot z_A = m_M \cdot g_L \cdot (OM - OH)$

Or : $OM = \ell$ et $OH = \ell \cdot \cos \theta \Rightarrow E_p = m_M \cdot g_L \cdot \ell \cdot (1 - \cos \theta)$

b) Identifier les trois courbes.

Courbe 2 : l'énergie représentée est constante. Il s'agit de l'énergie mécanique E . En effet, le système est conservatif (pas d'amortissement dû à des frottements).

La vitesse initiale n'est pas nulle et $\theta_0 = 0$: on en déduit que l'énergie cinétique initiale est non nulle et que l'énergie potentielle de pesanteur initiale est nulle.

Courbe 1 : l'énergie représentée est nulle à l'instant initial. Il s'agit de l'énergie potentielle de pesanteur.

Courbe 3 : l'énergie représentée est maximal à l'instant initial. Il s'agit de l'énergie cinétique.

c) Déterminer la valeur maximale v_{max} de la vitesse de Milou.

La vitesse de Milou est maximale lorsque son énergie cinétique est maximale.

On a alors : $E_c = E = \frac{1}{2} m_M \cdot v_{max}^2 \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2E}{m_M}}$

On lit $E = 0,24 \text{ J}$ sur la courbe n°1, soit : $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 0,24}{5,0}} = 3,1 \times 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

d) 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 ?

La valeur de θ est maximale lorsque l'énergie potentielle de pesanteur est maximale.

On a alors : $E_p = E = m_M \cdot g_L \cdot \ell \cdot (1 - \cos \theta_{max}) \Rightarrow \cos \theta_{max} = 1 - \frac{E}{m_M \cdot g_L \cdot \ell}$

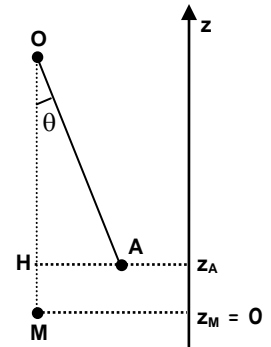
Soit : $\cos \theta_{max} = 1 - \frac{0,24}{5,0 \times 1,6 \times 2,0} = 0,985$ et $\theta_{max} = 10^\circ$ ou $0,175 \text{ rad}$ (valeur que l'on peut lire sur le

graphe de l'annexe n°2... donc le résultat est cohérent).

e) 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 ?

La période de l'évolution des énergies potentielle et cinétique est $T = 3,5 \text{ s}$, soit $T = \frac{T_0}{2}$.

C'est cohérent dans la mesure où le mouvement se fait de part et d'autre de la verticale : à ce titre, Milou passe deux fois par période T_0 par sa position d'équilibre ($E_c = E$ et $E_p = 0$) et en des points tels que $\theta = \pm \theta_{max}$ ($E_c = 0$ et $E_p = E$).



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

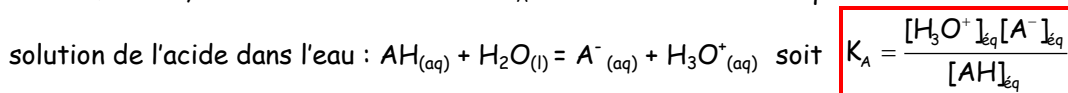
1. Faire l'inventaire de la verrerie et des appareils nécessaires au dosage.

Verrerie : un bécher, 1 burette graduée, une pipette jaugée de 10,0 mL

Appareils : pH-mètre, agitateur magnétique.

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

Par définition, la constante d'acidité K_A est la constante d'équilibre de la réaction de mise en

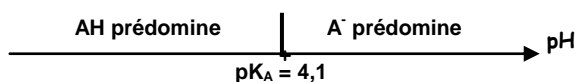


Alors : $-\log K_A = -\log [H_3O^+]_{\text{éq}} - \log \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}} \Rightarrow pK_A = pH - \log \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}}$ et
$$pH = pK_A + \log \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}}$$

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

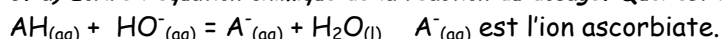
Le graphe de l'annexe n°4 permet d'obtenir le pH du jus de poivron frais (point de la courbe correspondant à un volume de soude versé nul). On trouve : $pH = 3,1$.

Soit le diagramme de prédominance des espèces pour le couple de l'acide ascorbique :



Pour un $pH = 3,1$ la forme prédominante est l'acide ascorbique AH.

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 ?

$$K = \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}} [HO^-]_{\text{éq}}} \Rightarrow K = \frac{[A^-]_{\text{éq}} [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}} [HO^-]_{\text{éq}} [H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{K_A}{K_e} = \frac{10^{-pK_A}}{10^{-pK_e}} \text{ soit } K = 10^{pK_e - pK_A}$$

Soit : $K = 10^{14-4,1} = 10^{9,9} = 7,9 \times 10^9$.

Cette constante d'équilibre est très grande (supérieure à $10+4,0$) : on peut donc supposer que la réaction étudiée est totale.

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

On étudie l'équilibre chimique atteint lorsqu'on a ajouté une quantité de matière : $n(HO^-)_0 = c_B \cdot V_B$

Soit : $n(HO^-)_0 = 6,0 \times 10^{-3} \times 13 \times 10^{-3} = 78 \times 10^{-6} \text{ mol}$ ou $78 \mu\text{mol}$ d'ions hydroxyde (réactif limitant).

A l'équilibre : $[H_3O^+]_{\text{éq}} = 10^{-pH}$ et $K_e = [HO^-]_{\text{éq}} [H_3O^+]_{\text{éq}}$ Alors : $[HO^-]_{\text{éq}} = \frac{K_e}{[H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{pH - pK_e}$

La quantité de matière d'ions hydroxyde à l'équilibre est donc :

$n(HO^-)_{\text{éq}} = [HO^-]_{\text{éq}} \cdot (V_A + V_B) = 10^{pH - pK_e} \cdot (V_A + V_B)$ soit : $n(HO^-)_{\text{éq}} = 10^{4,5-14} \times 23 \times 10^{-3} = 7,3 \times 10^{-12} \text{ mol}$

Cette quantité de matière est négligeable : $n(HO^-)_{\text{éq}} \ll n(HO^-)_0$. Tous les ions hydroxyde ont été consommés et on peut considérer que la réaction est totale.

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

On utilise la méthode des tangentes parallèles. On trouve $V_{BE} = 18,3 \text{ mL}$ et $pH_E = 7,9$

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 ?

A l'équivalence, les espèces majoritaires sont les ions ascorbate et les ions sodium : il s'agit donc d'une solution d'ascorbate de sodium.

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

A l'équivalence, la quantité de matière d'ions hydroxyde apportés par la solution titrante est égale à la quantité de matière de molécules d'acide ascorbique initialement placées dans le bécher :

$$n(AH)_0 = n(HO^-)_E \Rightarrow c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_{BE} \Rightarrow c_A = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{V_A}$$

La concentration massique t_A s'exprime par : $t_A = c_A \cdot M \Rightarrow t_A = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{V_A} \cdot M$

$$\text{Soit : } t_A = \frac{6,0 \times 10^{-3} \times 18,3}{10,0} \times 176 = 1,9 \text{ g.L}^{-1}$$

d) Calculer la masse m_c de vitamine C contenue dans une masse $m_p = 100g$ de poivron. La valeur trouvée est-elle compatible avec les teneurs annoncées dans le texte ?

$$m_c = t \cdot V_{jus} = t \cdot \frac{m_{jus}}{\rho} \text{ . Or, le jus ne représente que 90\% de la masse du poivron : } m_{jus} = 0,90 \cdot m_p$$

$$\text{Donc : } m_c = \frac{0,90 \cdot t \cdot m_p}{\rho} \text{ soit : } m_c = \frac{0,90 \times 1,9 \times 100}{1,0 \times 10^3} = 0,17 \text{ g}$$

Le texte parle de teneur moyenne en vitamine C comprise entre 160 mg et 200 mg, ce qui est cohérent avec la valeur trouvée.

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

A. Première partie : le dosage colorimétrique

1. Calculer la masse m_1 de cristaux nécessaires à la préparation d'un volume $V = 1,0 \text{ L}$ de cette solution.

En solution, 1 mole d'alun de fer (III) et d'ammonium libère 2 moles d'ions Fe^{3+} :

$$n_3 = 2 n_1 \Rightarrow n_1 = \frac{n_3}{2} \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{m_3}{2M_3}$$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{m_3 \cdot M_1}{2M_3} \text{ soit : } m_1 = \frac{50 \times 964}{2 \times 56} = 4,3 \times 10^2 \text{ mg}$$

2. Après avoir justifié uniquement pour la solution n°1, compléter le tableau en annexe n°5 en calculant les volumes V_0 de solution S_0 à prélever.

Une dilution ne change pas la quantité de matière de soluté :

$$t_0 \cdot V_0 = t \cdot V_s \Rightarrow V_0 = \frac{t \cdot V_s}{t_0} \text{ soit (pour la solution n°1) : } V_0 = \frac{2,0 \times 200}{50} = 4,0 \text{ mL}$$

Solution n°	1	2	3	4	5	6
V_0 (en mL)	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0
t (en $mg.L^{-1}$)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0

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

Une mole d'ions thiocyanate réagit avec une mole d'ions fer (III).

Chaque tube contient une quantité d'ions thiocyanate :

$$n_2 = \frac{1,0 \times 10^{-3} \times 200}{97} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Au maximum, le tube n°6 contient une quantité d'ions fer (III) :

$$n_3 = \frac{10,0 \times 10^{-3} \times 12,0 \times 10^{-3}}{56} = 2,1 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

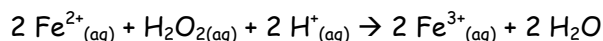
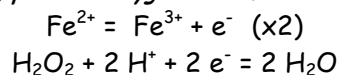
$n_2 > n_3$: les ions thiocyanate sont bien en excès, ce qui est nécessaire si l'on désire que tous les ions fer (III) soient révélés et donc que tout l'élément fer soit dosé.

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.

Le 7^{ème} tube doit contenir :

- 1,0 mL de solution de thiocyanate de potassium
- 0,50 mL d'acide chlorhydrique concentré
- 1,0 mL de solution d'eau oxygénée
- 10,0 mL de vin blanc

5. Ecrire les 1/2 équations correspondant aux couples mis en jeu ($Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}$ et $H_2O_{2(aq)}/H_2O$) 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_{vin} en ions fer (III) dans le vin considéré.

La précision de la méthode est de $\pm 1 \text{ mg.L}^{-1}$. On a donc : $8,0 \text{ mg.L}^{-1} \leq t_{vin} \leq 10,0 \text{ mg.L}^{-1}$

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 ?

Il n'est donc pas possible de conclure avec certitude sur la casse ferrique (à partir de 10 mg.L^{-1} pour le vin étudié).

B. Deuxième partie : le dosage spectrophotométrique

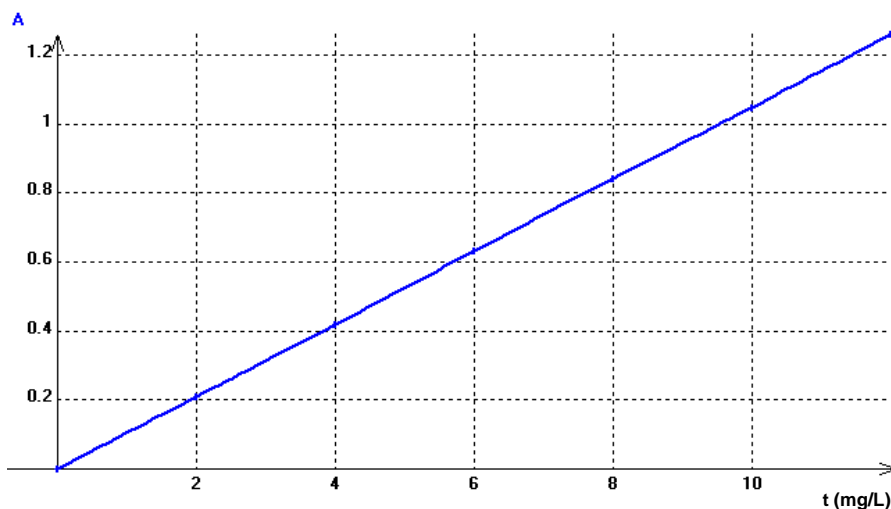
1. Enoncer la loi de Beer-Lambert.

L'absorbance A d'une solution diluée contenant une espèce colorée est proportionnelle à la concentration molaire c de cette espèce : $A = k.c$

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

La solution du complexe $[Fe(SCN)]^{2+}$ présente un maximum d'absorption aux alentours de 480 nm : radiation bleue. C'est donc aux environs de cette longueur d'onde qu'il faut se placer pour faire l'étude spectrophotométrique.

3. 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).



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

On obtient une droite qui passe par l'origine : l'absorbance est donc proportionnelle à la concentration massique et la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

c) A partir de la courbe d'étalonnage, déterminer la concentration massique t_{vin} en ions fer (III) du vin blanc étudié et conclure sur la possibilité de casse ferrugineuse de ce vin.

Le point de la droite ayant $A = 0,98$ pour ordonnée a pour abscisse : $t_{\text{vin}} = 9,3 \text{ mg.L}^{-1}$. Bien qu'il en soit proche, ce vin ne présente pas le phénomène de casse ferrugineuse.