

Correction épreuve de physique-chimie – bac 2014 – Pondichéry

Exercice de spécialité

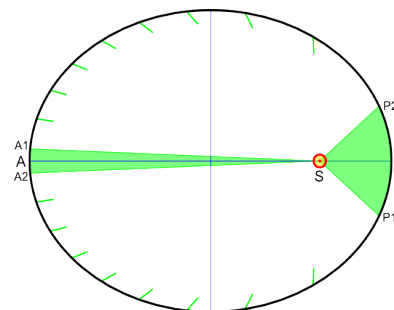
Exercice I : Satellites de télédétection passive

1. Mouvements des satellites SPOT et météosat

1.1. Deuxième loi de Képler : Pour une planète en orbite autour du soleil, le segment Soleil-Planète balaie des aires égales au cours de durées égales.

Sur la figure ci-contre, si les aires SP_1P_2 et SA_1A_2 sont égales, il faut le même temps à la planète pour parcourir l'arc P_1P_2 que pour parcourir l'arc A_1A_2 .

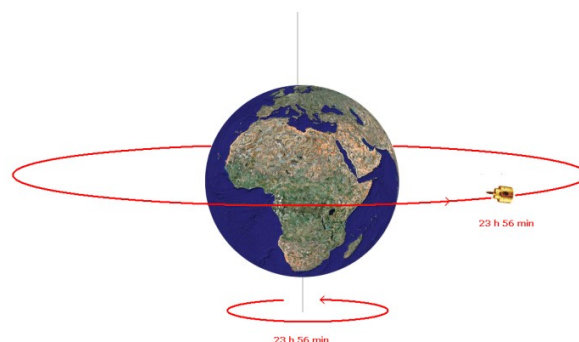
Cet énoncé s'applique également aux cas des comètes, des satellites artificiels ou naturels des planètes.



source : wikipedia

1.2. Pour les mouvements de SPOT et Météosat, il est dit que leur trajectoire est circulaire. La distance Terre-Satellite est donc une constante. Ainsi comme, selon la seconde loi de Képler, pendant une certaine durée, le segment Terre-Satellite balaie toujours la même aire l'arc balayé a toujours la même longueur. Par conséquent, le mouvement des satellites SPOT et Météostat est circulaire uniforme.

1.3. Pour être géostationnaire, le satellite Météosat doit tourner dans le référentiel géocentrique dans le même sens que celui de la terre.



source freephysique.free.fr

1.4. Le satellite SPOT parcourt un tour de terre en 101,4 min.

Soit une distance de $2\pi(R_T+h) = 4,53 \cdot 10^7$ m parcourue en $101,4 \times 60 = 6084$ s.

La vitesse du satellite SPOT est donc égale à $7,45 \cdot 10^3$ m.s⁻¹.

1.5. La troisième loi de Képler s'énonce : Pour toutes les planète en orbite autour du soleil, le rapport T^2/a^3 a la même valeur, cette valeur ne dépendant que de l'astre attracteur. T est la période de révolution et a, le demi-grand axe de la trajectoire balayée par la planète.

Cet énoncé s'applique également au cas des satellites.

1.6. Ainsi, dans le cas des deux satellites étudiés, $\frac{T_S^2}{a_S^3} = \frac{T_M^2}{a_M^3}$ soit $\frac{T_S^2}{(R_T+h_S)^3} = \frac{T_M^2}{(R_T+h_M)^3}$ qui se

transforme en :

$$(R_T+h_M)^3 = \frac{T_M^2}{T_S^2} (R_T+h_S)^3 \rightarrow R_T+h_M = \left(\frac{T_M}{T_S}\right)^{2/3} (R_T+h_S) \rightarrow h_M = \left(\frac{T_M}{T_S}\right)^{2/3} (R_T+h_S) - R_T$$

Pour l'application numérique, on prend $T_M=24$ h = $8,64 \cdot 10^4$ s. Les autres données sont dans l'énoncé.

Soit $h_M = 3,59 \cdot 10^7$ m = 35 900 km.

2. SPOT en mode panchromatique

2.1. Un détecteur recueille l'information d'une zone terrestre de 10 m de côté. Il y a 6000 détecteurs sur une barette, une barette couvre donc $6000 \times 10 = 60\,000$ m. La largeur de la fauchée est donc de 60 km.

2.2. Dans le référentiel géocentrique, le plan dans lequel se fait le mouvement de SPOT est

héliosynchrone, c'est à dire fixe par rapport au soleil. Par conséquent après une révolution, la terre aura tourné vers l'Est par rapport au soleil, donc le satellite SPOT et la fauchée seront un peu plus à l'Ouest par rapport à la révolution précédente, tout comme le soleil se déplace en direction de l'Ouest dans le référentiel terrestre.

2.3. Il faut 101,4 min pour faire une révolution. La terre fait un tour complet (2π) en 24 h, par

conséquent, en 101,4 min, la terre a tourné d'un angle $\alpha = \frac{101,4 \times 2\pi}{24 \times 60} = 0,14\pi$. Au niveau de

l'équateur cela correspond à un déplacement $d = \alpha.R = 2,8.10^3$ km.

2.4. L'orbite étant quasi polaire, le satellite balaie les pôles à chaque révolution et les pôles sont les parties du globe les plus fréquemment « couvertes » par SPOT au cours du cycle orbital.

2.5. Dans le document 1, il est dit qu'au bout de 26 jours, le satellite observe à nouveau la même région terrestre. Sachant qu'il lui faut 101,4 min pour effectuer une révolution, en 26 jours, le

satellite a effectué $\frac{26 \times 24 \times 60}{101,4} = 369$ révolutions. Ce grand nombre de révolution vient du fait

qu'à chaque révolution, la fauchée de 60 km est décalée de 2 800 km. Il faut donc de nombreuses révolutions pour que le satellite « retombe » sur la même position.

2.6. Lorsqu'on observe les valeurs des réflectances des différents types de terrain entre rouge et proche infrarouge, il apparaît :

- l'eau voit sa réflectance diminuer, par conséquent, elle sera plus sombre sur l'image 2 que sur l'image 1. On peut supposer que toutes les zones noires de l'image 2 sont des zones d'eau.
- la végétation voit sa réflectance augmenter fortement, par conséquent, elle sera plus claire sur l'image 2 que sur l'image 1. Comme c'est la valeur maximale des réflectances dans le proche infrarouge, cela correspondra aux pixels blancs de l'image 2. C'est ce qu'on observe sur de nombreux terrains de l'image 2.
- les sols nus voient leur réflectance augmenter mais moins que pour la végétation. Par conséquent les pixels correspondant seront blancs sur l'image 1 (valeur maximale de la réflectance dans le rouge) et gris sur l'image 2 (valeur intermédiaire des réflectance dans le proche infrarouge). C'est ce qu'on observe dans 3 larges zones en haut à droite, au milieu à gauche et en bas à droite.

La comparaison des 2 images permet donc de déterminer la nature des terrains considérés. Une seule image n'y suffirait pas. En effet, il serait difficile simplement avec l'image 1 de distinguer l'eau de la végétation.

3. Les trois canaux de Météosat

3.1. Pour les longueurs d'onde du canal E, l'atmosphère est opaque. En effet, dans la courbe des données représentant la transmission des radiations électromagnétiques par l'atmosphère terrestre, on observe entre 5,7 et 7,1 μm une zone où la transmission est nulle. Par conséquent, on ne « voit » pas la surface terrestre dans cette gamme de longueur d'onde car l'atmosphère fait écran. Cela n'est pas le cas pour les gammes de longueurs d'onde choisies pour les canaux C et D. Ainsi, seule la télédétection sur les canaux C et D permet d'obtenir des informations sur la surface terrestre.

3.2. Pour le canal D, la gamme de longueur d'onde est comprise entre 10,5 et 12,5 μm . En appliquant la loi de Wien, $\lambda_{\text{max}} T = 2,90 \times 10^{-3}$ (Attention, il y a une erreur dans l'énoncé), nous pouvons déterminer les températures correspondantes.

Pour $\lambda = 10,5 \mu\text{m} = 1,05.10^{-5}$ m, on obtient $T = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{1,05 \times 10^{-5}} = 276 \text{ K} = 3^\circ\text{C}$

Pour $\lambda = 12,5 \mu\text{m} = 1,25.10^{-5}$ m, on obtient $T = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{1,25 \times 10^{-5}} = 232 \text{ K} = -41^\circ\text{C}$

Ces températures correspondent aux températures extrêmes les plus froides rencontrées sur terre et dans les nuages. Cela permet donc de repérer les masses d'air froid.

Exercice II: synthèse de l'acétate d'éthyle

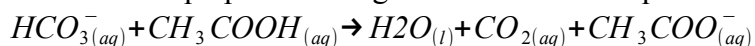
1. Réaction de synthèse

- 1.1. CH_3COOH : acide carboxylique $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: alcool $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$: ester
1.2 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$: ethanoate d'éthyle

2. Protocole expérimental

- 2.1. Le montage A est un montage de distillation et le montage C est un montage d'hydrodistillation ou d'entraînement à la vapeur. Seul le montage B correspond à un montage de chauffage à reflux.
2.2. La première étape est la synthèse, suivie de la séparation et enfin de la purification.
2.3. Voici la justification des conditions opératoires :

- **Ajout d'acide sulfurique** : cette espèce chimique n'apparaît pas dans l'équation bilan de la réaction, il s'agit donc d'un catalyseur. Rien dans l'énoncé ne nous permet de l'affirmer avec une certitude absolue mais cela sera confirmé dans le mécanisme réactionnel proposé plus loin ;
- **Chauffage à reflux** : la température est un facteur cinétique. C'est pourquoi on réalise la synthèse à une température supérieure à la température ambiante.
- **Mélange avec de l'eau salée** : la solubilité de l'éthanoate d'éthyle dans l'eau n'est pas nulle. Par conséquent, à l'issue de la synthèse, une fraction du produit désiré peut se trouver dans la phase aqueuse. Comme dans l'eau salée, l'éthanoate d'éthyle a une solubilité nulle, l'ajout d'eau salée « chasse » cette espèce chimique de la phase aqueuse au profit de la phase organique. Il s'agit donc de récupérer l'éthanoate d'éthyle dissout dans la phase aqueuse.
- **Ajout d'une solution d'hydrogénocarbonate de sodium** : Les ions hydrogénocarbonates sont des bases qui peuvent réagir avec l'acide acétique selon la réaction :



Les ions acétates CH_3COO^- sont insolubles en phase organique (du fait de leur charge) mais très solubles en phase aqueuse (solvant polaire). Par conséquent, cet ajout permet d'éliminer l'acide acétique de la phase organique pour n'y récupérer plus que l'éthanoate d'éthyle.

3. Rendement

3.1. Le mélange équimolaire d'acide acétique et d'éthanol serait susceptible de fournir 0,1 mol d'acétate d'éthyle.

On obtient un volume $V=5,9$ mL soit $m=\rho.V=5,5$ g qui correspond à une quantité $n=m/M=6,2.10^{-2}$ mol.

Le rendement est donc égal à $6,2.10^{-2}/0,1 = 0,62$ soit un rendement de 62 %.

3.2. Si l'on fait l'hypothèse qu'il n'y a eu aucune perte de produit lors de la synthèse et la purification, partant de 0,1 mol d'éthanol, on a produit $6,2.10^{-2}$ mol d'acétate d'éthyle. Il a donc été consommé $6,2.10^{-2}$ mol d'éthanol (puisque tous les coefficients stoechiométriques sont égaux à 1).

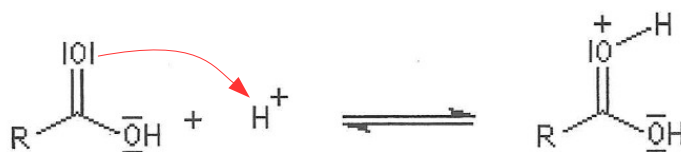
La proportion d'éthanol consommé est donc bien de 62 % ($6,2.10^{-2}/0,1$). Cependant, on ne peut affirmer avec certitude qu'il n'y a pas eu de perte d'acétate d'éthyle lors de la séparation et de la purification et cette valeur est certainement une estimation basse de la valeur réelle.

Cette dernière valeur n'est pas égale à 100 %, il reste des réactifs à la fin, la réaction n'est donc pas totale.

4. Mécanisme réactionnel

4.1. La première molécule est l'acide acétique, R est donc un groupement méthyl : CH_3 . R'OH correspond à l'éthanol, R' est donc un groupement éthyl CH_3CH_2 .

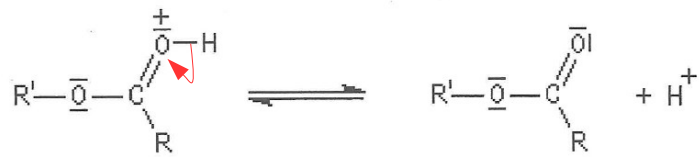
4.2. Etape 1 :



Etape 3 :



Etape 5 :



Les flèches courbes représentent le **transfert des doublets d'électrons.**

4.3. L'étape 2 est une addition, l'étape 3 est une recombinaison (élimination et addition simultanée) et l'étape 4 est une élimination.

4.4. Les ions H^+ initient l'étape 1 mais sont éliminés dans l'étape 5. Ainsi, la quantité d'ions H^+ n'évolue pas, au final ils n'apparaissent pas dans l'équation-bilan. Cependant, leur présence permet une mécanisme réactionnel certainement plus rapide, **H^+ joue le rôle de catalyseur.**

III – exercice de spécialité : Eau potable ou non ?

Le but de cet exercice est la détermination de la concentration massique en PNP d'une eau E destinée à la consommation sur le continent américain. Autrement dit il est nécessaire de déterminer si la concentration en PNP est inférieure à $60 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Pour cela les étudiants mélangent 50,0 mL de la solution S à tester avec 50,0 mL de solution tampon de pH à 10,4. Le PNP présente deux formes, acides et basiques, avec un pK_a à 7,2. Ce dernier est inférieur au pH de la solution tampon. C'est donc la forme basique $\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_3^-$ qui prédomine dans les conditions expérimentales mises en œuvre par les étudiants.

Dans ces conditions, c'est le spectre 2 du document 2 qu'il faut utiliser pour déterminer la longueur d'onde telle qu'on ait un maximum d'absorbance. Dans celui-ci on observe que le pic est autour de 400 nm. C'est pourquoi les étudiants ont choisi une radiation visible plutôt qu'une radiation dans l'UV qui correspond à la forme acide du PNP.

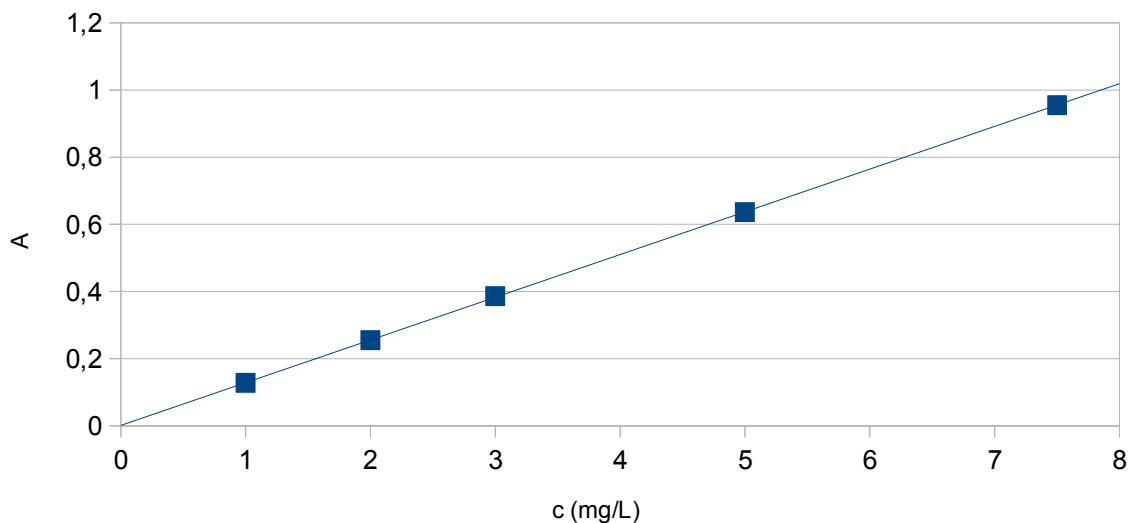
Pour tracer la droite d'étalonnage à partir des mesures effectuées par les étudiants, il nous faut calculer les concentrations correspondant aux différentes solutions S_i .

Lors d'une dilution, la quantité de matière se conserve, par conséquent, $c_0 \cdot V_i = c_i \cdot V$ où c_i est la concentration de la solution S_i . Ainsi, $c_i = c_0 \cdot V_i / V$. Ce qui nous permet d'obtenir le tableau suivant :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
V_i (mL)	1	2	3	5	7,5
c_i (mg/L)	1	2	3	5	7,5
A	0,128	0,255	0,386	0,637	0,955

A l'aide des données, on obtient :

droite d'étalonnage



On peut obtenir la valeur de la concentration graphiquement ou en utilisant la valeur du coefficient directeur de la modélisation de la droite. Celui-ci est de 0,13 : $A=0,13 \cdot c$

Ainsi, pour $A=0,570 \rightarrow c'=4,4 \text{ mg/L}$

La solution S' dont on a déterminé l'absorbance est une dilution de facteur 2 de la solution S, donc $c'=8,8 \text{ mg/L}$.

Enfin, la solution S est 100 fois plus concentrée que la solution E, par conséquent la concentration en PNP de l'eau est égale à $88 \mu\text{g.L}^{-1}$. L'eau E est impropre à la consommation en Europe et aux Etats-Unis mais serait considérée comme consommable au Brésil.