

Correction épreuve de physique-chimie – bac 2014 - Pondichéry

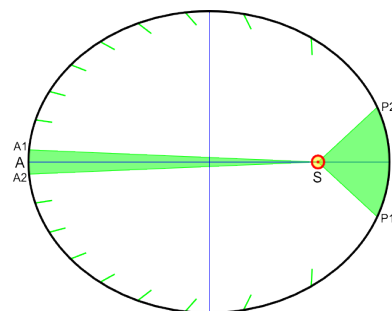
Exercice I : Satellites de télédétection passive

1. Mouvements des satellites SPOT et météo-sat

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 .

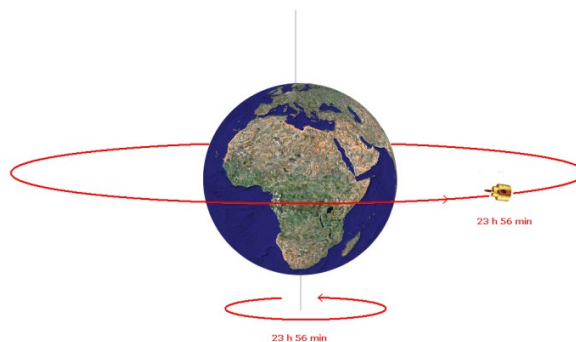
Cet énoncé s'applique également aux cas des comètes, des satellites artificiels ou naturels des planètes.



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.

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

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

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.

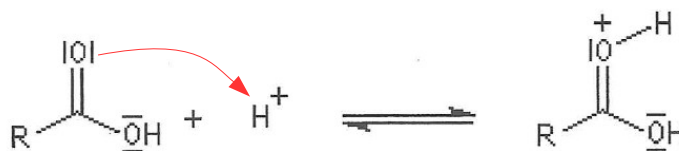
Cette dernière valeur n'est pas égale à 100 %, il reste des réactifs à la fin, la réaction n'est donc pas totale.

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 un mécanisme réactionnel certainement plus rapide, **H^+ joue le rôle de catalyseur**.

Exercice III – contrôle de la qualité d'un lait

1. Méthode Dornic

1.1. Sur toutes les gammes de pH proposées dans le document « L'échelle d'acidité Dornic » ce sont les ions lactates qui prédominent. En effet, le pKa du couple acide lactique/ion lactate étant égal à 3,9 et le pH d'un lait caillé étant au plus bas à 5,2, **quelque soit l'état de fraîcheur du lait, $pH > pK_a$, c'est donc la forme basique, les ions lactates, qui prédominent**.

Ceci étant dit, quand bien même le pH d'un lait serait inférieur à 3,9 (ce qui est très acide) il y aurait présence d'ions lactates puisque même lorsque la forme acide prédomine, la forme basique existe malgré tout.

1.2. En notant AH l'acide lactique, **$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$** .

1.3. Sur la courbe de titrage, le pH varie entre 7 et 10 au moment de l'équivalence. La phénolphthaléine dont la zone de virage est entre 8 et 10 est un bon indicateur coloré pour **repérer l'équivalence**.

1.4. L'indicateur coloré ne sert qu'à repérer l'équivalence, il ne doit pas intervenir dans la réaction. Comme il s'agit d'un couple acide-base il pourrait réagir avec l'un des réactifs et perturber le dosage, c'est pourquoi on n'en ajoute qu'une faible quantité dans le milieu réactionnel, **pour ne pas modifier les résultats du titrage**.

1.5. L'équivalence est le moment où les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques. Ainsi, $n_{\text{acide}} = n_{\text{hydroxyde}} = c_B \cdot V_{BE} \rightarrow n_{\text{acide}} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

La masse molaire de l'acide lactique est égale à $3M_C + 3M_O + 6M_H = 90 \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

La masse d'acide lactique contenue dans 10 mL de lait est donc égale à $m_{\text{acide}} = n_{\text{acide}} \cdot M_{\text{acide}} = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ soit $c_m = m/V = 2,1 \cdot 10^{-2} / 0,01 = 2,1 \text{ g par litre de lait}$.

Le lait a donc un degré Dornic de 21 °D. Ce lait n'est donc **pas frais**.

1.6. L'intérêt d'avoir pris de la soude Dornic est que la mesure du volume à l'équivalence (2,1 mL dans notre cas) donne directement la valeur du degré Dornic par la relation : **$^{\circ}D = 10 \cdot V_{\text{équivalence}}$** .

2. Détermination de la teneur en ions chlorure

2.1. **$Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$**

2.2. Avant l'équivalence, les ions chlorures sont progressivement remplacés par les ions nitrates. La conductivité molaire ionique des ions nitrates étant inférieure à celle des ions chlorures, la conductivité diminue progressivement. Après l'équivalence, la concentration en ion argent et nitrate augmente à chaque ajout du titrant et la conductivité augmente fortement. **C'est donc la proposition 3 qui est la bonne**.

2.3. Au moment de l'équivalence, la quantité d'ions argent introduite est égale à la quantité d'ions chlorure initiale. Ainsi, $n(Cl^-)_0 = c \cdot V_E = 5,80 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ dans 20,0 mL de lait. Soit une masse $m = n \cdot M = 2,06 \cdot 10^{-2} \text{ g}$. La concentration massique en ions chlorures est donc $m/V = 2,06 \cdot 10^{-2} / 0,0200$. La concentration massique en ions chlorures de ce lait est de 1,03 g/L. **Le lait testé n'est pas mammitéux**.