

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Pondichéry

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé.

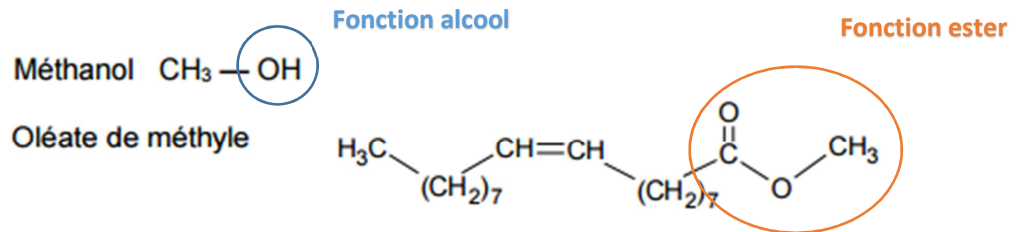
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-
chimie pour le site www.sujetdebac.fr

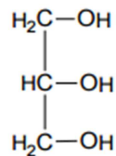
EXERCICE I – LE DIESTER® (4 points)

LA TRANSFORMATION DE L'HUILE DE COLZA

1)



2) La glycérine a pour formule développée :



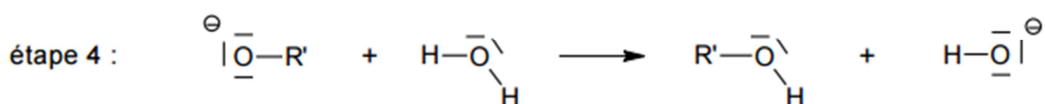
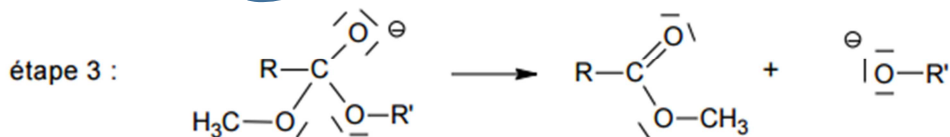
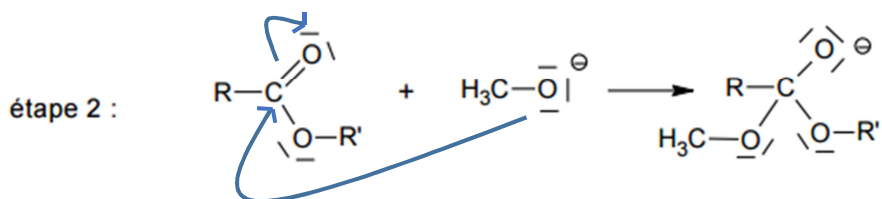
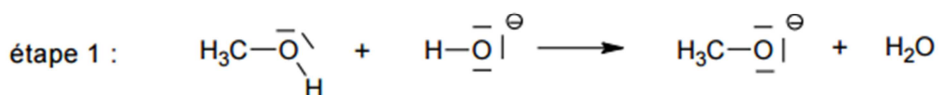
La chaîne carbonée la plus longue comprend 3 carbones, d'où le préfixe « propan- »

Nous avons également 3 groupes alcool, situés sur chacun des carbones : nous allons donc choisir le suffixe « 1,2,3-triol ».

La glycérine a donc pour nomenclature officielle : propan-1,2,3-triol.

3)

Mécanisme réactionnel d'une transestérification en milieu basique



4) La transestérification utilise HO^- comme catalyseur : en effet, cet ion est consommé dans l'étape 1 et réapparaît dans l'étape 4. De plus, l'ion HO^- est selon Bronsted une base (il gagne un électron) : on a alors bien une catalyse basique.

5) « L'indice de cétane évalue la capacité d'un carburant à s'enflammer sur une échelle de 0 à 100. Il est particulièrement important pour les moteurs diesel dans lesquels le carburant doit s'autoenflammer sous l'effet de la compression. Un carburant à haut indice de cétane est caractérisé par sa facilité à s'auto-allumer. »

L'huile de colza possède un indice de cétane trop faible pour pouvoir s'enflammer correctement. Une transestérification est donc nécessaire afin d'augmenter son indice de cétane et permettre à l'huile de colza, devenue le Diester, de pouvoir être utilisé comme carburant.

6) A l'équivalence, les produits ont été introduits et ont réagi dans les proportions stœchiométriques.

Ainsi,

$$3n_{\text{trioléate}} = n_{\text{diester}}$$
$$\frac{3m_{\text{trioléate}}}{M_{\text{trioléate}}} = \frac{m_{\text{diester}}}{M_{\text{diester}}} = \rho_{\text{diester}} \cdot \frac{V}{M_{\text{diester}}}$$
$$V = \frac{3m_{\text{trioléate}} \cdot M_{\text{diester}}}{M_{\text{trioléate}} \cdot \rho_{\text{diester}}} = \frac{3 * 1150 \cdot 10^3 * 296}{884 * 880 * 10^3} = 1,31 \text{ m}^3 = 1310 \text{ L}$$

Il y a 110 L de différence avec la valeur expérimentale annoncée de 1200 L. Dans le texte, il est écrit : « L'huile de colza est un mélange d'esters d'acide gras. Dans un souci de simplification, on l'assimilera à son constituant majoritaire, le trioléate de glycéryle. »

Cette simplification est peut être à l'origine de la différence de volume entre la valeur calculée et celle annoncée dans le texte.

7) D'après l'énoncé, un des avantages à utiliser le Diester dans le gazole réside dans sa contribution à la lutte contre le réchauffement climatique. En revanche, si ce type de carburant vient à être privilégié par les consommateurs à l'avenir, davantage de terres devront être mobilisées pour cultiver le colza. Cela pourra donc poser problème à terme, lorsque l'on sait qu'on peine déjà à trouver des espaces cultivables à grande échelle pour nourrir la planète.

EXERCICE II: LES DRONES GRAND PUBLIC (11 points)

Partie 1 – Connexion WiFi

1.1. Transmission d'informations avec le protocole standard IEEE 802.11g

1.1.a)

Émetteur	Canal de transmission	Type de transmission	Nature du signal transmis	Récepteur
Drone	Air	Libre	Onde électromagnétique	Téléphone portable

1.1.b) D'après l'énoncé, l'atténuation en fonction de la distance d se calcule de la manière suivante :

$$A = 40 + 20 \times \log(d) = 40 + 20 \times \log(10) = 60 \text{ dB}$$

1.1.c) Toujours d'après l'énoncé, nous pouvons également définir l'atténuation telle que :

$$A = 10 \log\left(\frac{P_e}{P_r}\right)$$

Nous devons en déduire, avec la même valeur d'atténuation qu'à la question précédente, la valeur de la puissance maximale que peut recevoir le téléphone. Or le téléphone est un récepteur, donc nous cherchons P_r .

Ainsi,

$$A = 10 \log\left(\frac{P_e}{P_r}\right)$$

$$10^{A/10} = \frac{P_e}{P_r}$$

$$P_r = P_e * 10^{-A/10} = 100 * 10^{-\frac{60}{10}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mW}$$

1.1.d) Une vidéo est constituée d'un ensemble d'images par seconde. Chaque image est codée sur un nombre défini de bits, calculé à partir de la taille de l'image en pixels et le nombre de bits par pixel, et qui vaut ici : $N = 1280 * 720 * 24 = 22118400 \text{ bits}$.

La webcam filme 30 images par seconde, donc pour une seconde, on a un débit D qui vaut

$$D = 30 * N = 663552000 \text{ bits/s} = 663,6 \text{ Mbits/s}$$

Ce débit est bien supérieur au débit maximal théorique annoncé de 54 Mbits/s : il n'est donc pas possible de visualiser la vidéo en direct.

1.2. Les problèmes de transmission en WiFi

1.2.a) La fréquence de l'onde reçue par le téléphone portable lorsque le drone s'éloigne est plus faible que celle émise par le drone.

(Négatif car l'émetteur s'éloigne du récepteur)

La fréquence de l'onde radio émise par le drone vaut, d'après l'énoncé, 2,4 GHz. On utilise la formule donnée dans l'énoncé :

$$f_R - f_E = -\frac{v}{c} f_E$$

Le signe négatif vient du fait que l'émetteur s'éloigne du récepteur. Puis on a :

$$f_R = \left(1 - \frac{v}{c}\right) f_E = \left(1 - \frac{3}{3,0 \cdot 10^8}\right) * 2,4 = 2,4 \text{ GHz}$$

On calcule enfin la variation relative de fréquence :

$$\frac{|f_R - f_E|}{f_E} = \frac{\left|f_E \left(1 - \frac{v}{c} - 1\right)\right|}{f_E} = \frac{v}{c} = \frac{3}{3,0 \cdot 10^8} = 1,0 \cdot 10^{-8}$$

1.2.b) La longueur d'onde des signaux émis en WiFi est définie par la relation :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 0,13 \text{ m}$$

1.2.c) Lorsque la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que l'obstacle, le phénomène de diffraction est important. Ici c'est bien le cas, considérant qu'un tronc d'arbre mesure une dizaine de centimètres.

1.2.d) On obtient des interférences destructives lorsque la différence de marche vaut $\delta = (2k + 1) * \frac{\lambda}{2}$ C'est-à-dire lorsqu'elle est égale à un multiple impair de la demi-longueur d'onde.

1.2.e) La distance A-C-B vaut, en fonction de τ_1 : $AC + CB = c * \tau_1$. La distance AB vaut quant à elle : $AB = c * \tau_2$.

Nous savons que, pour qu'il y ait interférences destructives, la différence de marche doit être égale à $\delta = (2k + 1) * \frac{\lambda}{2}$.

Or nous savons également que la longueur d'onde s'écrit : $\lambda = c * T$.

$$\text{Ainsi, } \delta = (2k + 1) * \frac{c * T}{2}$$

La différence de marche est également définie comme la différence entre la distance parcourue en faisant le chemin A-C-B et la distance parcourue en faisant le chemin AB :

$$\delta = (AC + CB) - AB = c * (\tau_1 - \tau_2) = c * \Delta t$$

Par identification, on obtient que :

$$\Delta t = (2k + 1) * \frac{T}{2}$$

Les propositions valides sont donc :

$$\frac{T}{2} \quad \text{et} \quad k * T + \frac{T}{2}$$

Partie 2 : Étude dynamique du vol d'un drone

2.1. Estimation de la valeur de la force de poussée

2.1.a) On commence par écrire la vitesse selon z en fonction de l'accélération selon z :

$$v_z(t) = a_z * t + C$$

La courbe 2 nous indique que l'accélération est constante selon z et vaut $2,0 \text{ m.s}^{-2}$. Ainsi,

$$v_z(t) = 2,0 * t + C$$

De plus, à $t=0$, la vitesse du drone est nulle, donc $C=0$.

2.1.b) On utilise ici la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F} = m. \vec{a}$$

Avec comme forces le poids \vec{P} et la force de poussée \vec{F} :

$$\vec{P} + \vec{F} = m. \vec{a}$$

En projetant selon l'axe Oz (orienté vers le haut), on obtient les relations suivantes :

$$-P + F = m. a_z$$

La masse étant toujours positive, et a_z également ici, on a $F - P > 0$ puis $F > P$.

La force de poussée F est supérieure au poids P.

2.1.c) Nous avons trouvé à la question précédente la relation :

$$-P + F = m \cdot a_z$$

Puis,

$$F = m \cdot a_z + P = m(a_z + g) = 0,110 \cdot (2,0 + 9,8) = 1,3 \text{ N}$$

2.1.d) Un décollage n'est pas possible lorsque que le poids P est supérieur à la force de poussée F . Pensez à la force nécessaire pour soulever un poids : la force que vous appliquerez s'apparente à la force de poussée, et si vous n'avez pas assez de force... rien ne bougera !

Ainsi, la condition pour qu'il n'y ait plus décollage est telle que :

$$P > F$$

En plus du poids du drone, on y ajoute celui de la webcam :

$$(m + m_{web}) \cdot g > F$$

$$m_{web} \cdot g > F - m \cdot g$$

$$m_{web} > \frac{F}{g} - m = \frac{1,298}{9,8} - 0,110$$

$$m_{web} > 20 \text{ g}$$

Au-delà de 20 g pour une webcam, le drone ne pourra plus décoller.

2.2. Conséquence d'une perte de communication sur le vol du drone

2.2.a)



2.2.b) De même que pour la question 2.1.a) :

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

D'où :

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$$

Puis,

$$\vec{a} = \vec{g}$$

Or le vecteur g est orienté dans le sens contraire à l'orientation de l'axe z :

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$$

Ainsi, par intégrations successives et en prenant en compte les conditions initiales :

$$\begin{cases} v_x = c_1 \\ v_z = -g \cdot t + c_2 \end{cases}$$

A $t=0$, la vitesse n'est non nulle que selon x et vaut v_0 . On a ainsi $c_1 = v_0$ et $c_2 = 0$.

Donc :

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_z = -g \cdot t \end{cases}$$

Puis on a, pour la position :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t + c_3 \\ z(t) = -\frac{g}{2} \cdot t^2 + c_4 \end{cases}$$

A $t=0$, le drone a pour coordonnées $(0, h)$. Ainsi, $c_3 = 0$ et $c_4 = h$. Ainsi,

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \\ z(t) = -\frac{g}{2} \cdot t^2 + h \end{cases}$$

On retrouve bien les équations horaires du mouvement du drone données dans l'énoncé.

2.2.c) Lorsque le drone touche le sol, son altitude devient nulle et donc $z = 0$.

Déterminons la date t_1 à laquelle il touche le sol :

$$z(t) = -\frac{g}{2} \cdot t_1^2 + h = 0$$

$$\frac{g}{2} \cdot t_1^2 = h$$

Puis,

$$\frac{g}{2} \cdot t_1^2 = h$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 * 7,0}{9,8}} = 1,2s$$

Le drone touche le sol au bout de 1,2 s.

2.2.d) Pour savoir si le drone tombe dans la piscine lorsqu'il touche le sol à la date t_1 , il faut calculer l'abscisse qui correspond :

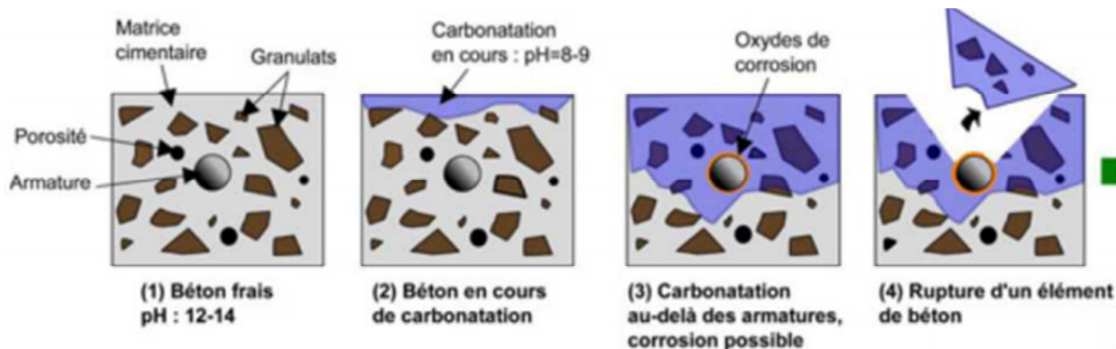
$$x_1 = v_0 \cdot t_1 = 4,0 * 1,2 = 4,8 m$$

La piscine se trouvant à 20 m de la position de départ du drone, celui-ci ne risque pas de tomber dedans.

EXERCICE III (spé): REPARATION DES BETONS CARBONATES (5 points)

Questions préalables

1) On commence par prélever un échantillon du béton à tester. Le document 2 nous dit que « Il est possible de réaliser un diagnostic de l'état de carbonatation du béton en prélevant un échantillon de béton sur lequel un indicateur colorimétrique de pH (phénolphthaléine) est pulvérisé. »



D'après « Solutions béton – Ouvrages d'Art – Hors série 2012 »
L'actualité chimique – octobre-novembre 2007

De plus, sur le schéma suivant, on voit que le béton frais a un pH compris entre 12 et 14, et lorsqu'il est en cours de carbonatation il baisse et passe à 8-9. En sachant que la phénolphthaléine vire au violet pour un pH supérieur ou égal à 8, on peut donc estimer si la baisse de pH a lieu et s'il y a carbonatation du béton.

2) Le document 3 nous indique quelle partie du béton est carbonatée (partie où la phénolphthaléine a viré au rose). En mesurant une profondeur d'environ 2,5 cm sur le schéma, on peut en déduire le volume de béton à réalcaliniser :

$$V = S * 2,5.10^{-2} = 1 * 2,5.10^{-2} = 2,5.10^{-2} m^3$$

Problème

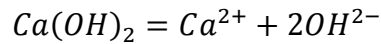
« Évaluer la durée nécessaire au traitement par réalcalinisation permettant la régénération de tous les ions hydroxyde perdus lors de la carbonatation d'un parement de béton d'une surface de 1 m² de la Cité Radieuse de Marseille. Commenter le résultat obtenu. »

D'après la question 3, nous savons déjà qu'il faudra réalcaliniser 2,5.10⁻² m³ de béton pour 1 m² de la façade de la Cité Radieuse.

Le document 4 nous indique que la réalcalinisation passe par la formation d'ions hydroxyde à la cathode, qui va ensuite participer à l'augmentation du pH du béton. Ces ions hydroxyde

proviennent de la dissolution d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 : il y en a 30kg dans 1m^3 de béton.

Ecrivons l'équation de la dissolution de l'hydroxyde de calcium :



On peut en déduire la quantité de matière d'ions hydroxyde, dans $2,5 \cdot 10^{-2} \text{m}^3$ de béton :

$$\begin{aligned} n_{\text{HO}^-} &= 2n_{\text{Ca(OH)}_2} * 2,5 \cdot 10^{-2} \text{m}^3 = 2 * \frac{m_{\text{Ca(OH)}_2}}{M_{\text{Ca(OH)}_2}} * 2,5 \cdot 10^{-2} \text{m}^3 = \frac{2 * 30 * 10^3}{74} * 2,5 \cdot 10^{-2} \text{m}^3 \\ &= 20,27027 \text{ mol} \end{aligned}$$

La réaction qui se passe à la cathode est la suivante : $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{HO}^-$

On voit alors qu'il faut autant de moles d'électrons que d'ions hydroxydes. Ainsi, pour 20 mol d'ions il faut 20 mol d'électrons.

Pour déterminer le temps nécessaire au traitement par réalcalinisation, il faut calculer la charge électrique correspondante à la quantité de matière d'ions hydroxydes :

$$Q = n_{\text{HO}^-} * \text{charge elec} = 20,27027 * 96500 = 1,96 \cdot 10^6 \text{ C}$$

Puis, sachant que $I = \frac{Q}{\Delta t}$, donc que $\Delta t = \frac{Q}{I}$, on peut trouver un encadrement de la durée en prenant en compte que le courant est compris entre 0,5 et 1 A pour 1m^2 de béton (en effet, on nous dit que la densité de courant est elle-même comprise entre 0,5 et 1 $\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$).

Ainsi,

$$\begin{aligned} \frac{Q}{1} &\leq \Delta t \leq \frac{Q}{0,5} \\ \frac{1,96 \cdot 10^6}{1} &\leq \Delta t \leq \frac{1,96 \cdot 10^6}{0,5} \\ 1,96 \cdot 10^6 &\leq \Delta t \leq 3,91 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

Le temps est ici encadré en secondes et est difficilement exploitable, il faut donc le convertir en jours :

$$\begin{aligned} \frac{1,96 \cdot 10^6}{24 * 3600} &\leq \Delta t \leq \frac{3,91 \cdot 10^6}{24 * 3600} \\ 22,6 &\leq \Delta t \leq 45,25 \end{aligned}$$

La durée nécessaire au traitement par réalcalinisation permettant la régénération de tous les ions hydroxyde perdus lors de la carbonatation d'un parement de béton d'une surface de 1 m^2 de la Cité Radieuse de Marseille est comprise entre 23 et 45 jours.

Cette durée de traitement est très longue comparée à celle annoncée dans le document 4 qui était d'une semaine. Il est possible que cette différence soit due à la profondeur du béton étudié, qui est plus élevée que celle traitée dans le document 4 (nous n'avons aucune précision sur cette donnée). Il est aussi possible que le béton soit très ancien et qu'il soit donc plus difficile d'effectuer cette opération (peut-être à cause de la composition du béton en 1950).