

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

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Obligatoire

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

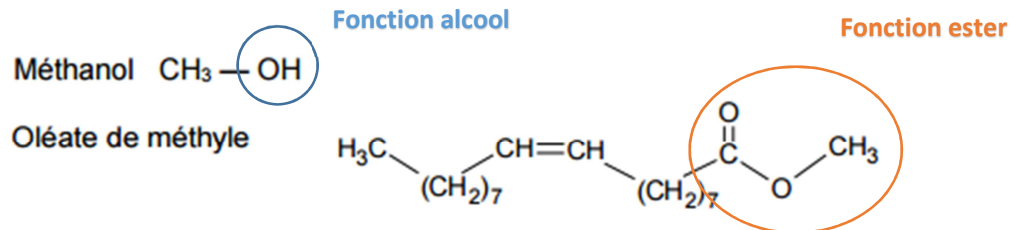
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

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

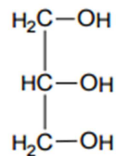
EXERCICE I – LE DIESTER® (4 points)

LA TRANSFORMATION DE L'HUILE DE COLZA

1)



2) La glycérine a pour formule développée :



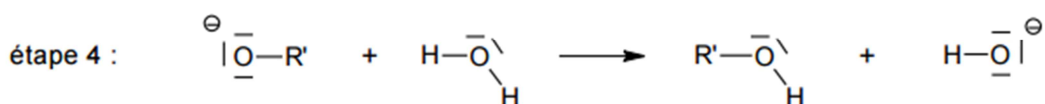
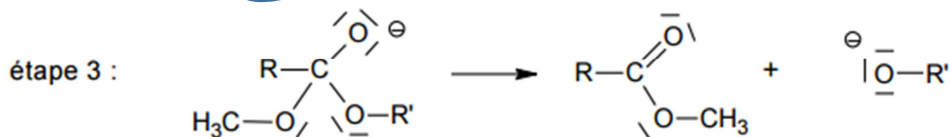
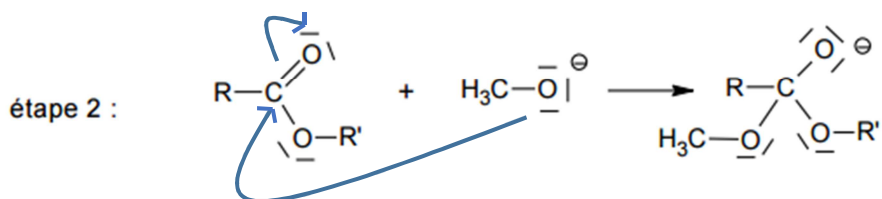
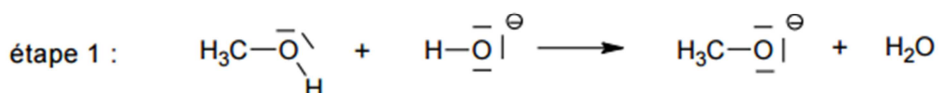
La chaîne carbonée la plus longue comprend 3 carbones, d'où le préfixe « propan- »

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 : ADAPTATION DU pH DE L'EAU D'UN AQUARIUM (5 points)

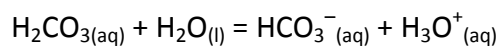
Questions

1) La formule utilisée pour calculer le pH est : $pH = -\log[H_3O^+]$.

On a une concentration initiale en ions oxonium de 3,0 mol.L⁻¹. Après dilution 50 fois, on a une solution 50 fois moins concentrée, ce qui nous donne une valeur de pH de :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{50}\right) = -\log\left(\frac{3,0}{50}\right) = -\log(6,0 \cdot 10^{-2}) = 1,2 \text{ (C'est très acide !)}$$

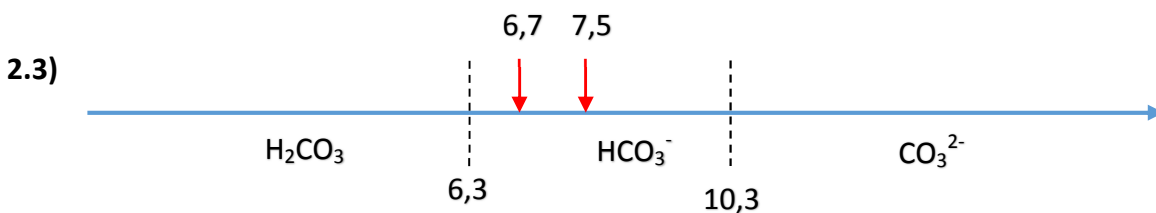
2.1) L'équation de la réaction entre l'acide carbonique et l'eau est :



2.2) L'énoncé nous donne la réaction du dioxyde de carbone avec l'eau qui produit de l'acide carbonique. A la question précédente, nous avons montré que cet acide carbonique réagissait également avec l'eau pour produire des ions oxonium. La quantité de matière de H₃O⁺ augmente donc, et il en est de même avec la concentration. Le pH diminue d'après la formule : la solution devient acide.

Il est possible de recommander ce système à un aquariophile débutant à condition d'utiliser les aides suivantes, comme l'évoque la technique n°2 :

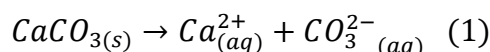
« Ce système peut être couplé à une électrovanne programmable permettant de choisir les horaires des périodes d'injection du dioxyde de carbone. Le système peut encore être optimisé en combinant un pH-mètre à l'installation, permettant une gestion automatisée de la régulation du pH. »



L'espèce prédominante le matin et le soir dans l'eau de l'aquarium étudié est HCO₃⁻. Il s'agit en effet de l'espèce que l'on retrouve en majorité pour des valeurs de pH comprises entre 6,7 le matin et 7,5 le soir.

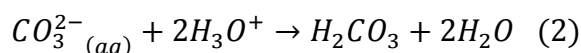
3.1) D'après l'énoncé, un bâton de craie pèse environ 10g, donc un quart pèse environ 2,5g.

La craie est essentiellement constituée de carbonate de calcium et va apporter, en se dissolvant, des ions carbonate :



On nous dit alors que, « Pour répondre à cette question, on modélisera la transformation par la réaction intervenant entre les ions carbonate CO_3^{2-} présents dans la craie et les ions oxonium H_3O^+ de l'aquarium formant de l'acide carbonique et de l'eau. On considèrera cette réaction comme totale. »

Ainsi donc, on a :



Nous voulons à terme connaître la quantité d'ions oxoniums se trouvant dans la solution finale pour pouvoir ensuite évaluer la valeur du pH. Il nous faut donc raisonner en sens inverse :

La quantité de matière d'ions oxoniums finale est égale à celle initiale à laquelle on retranche celle consommée :

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ finale}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ initiale}} - n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ consommée}}$$

Or nous connaissons le pH de la solution initiale, donc nous connaissons la quantité de matière initiale en ions oxonium ($n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ initiale}} = 10^{-\text{pH}} * V = 10^{-3,0} * 100$)

La quantité de matière d'ions oxoniums consommée est quant à elle égale à deux fois celle apportée en ions carbonate d'après l'équation (2) :

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ consommée}} = 2n_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{2m}{M} = \frac{2 * 2,5}{100} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Ainsi,

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ finale}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ initiale}} - n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ consommée}} = 10^{-3,0} * 100 - 5,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Calculons maintenant le pH de la solution finale :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\left(\frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ finale}}}{V}\right) = -\log\left(\frac{5,0 \cdot 10^{-2}}{100}\right) = -\log(5,0 \cdot 10^{-4}) = 3,3$$

Le pH a augmenté puisqu'il est passé de 3,0 à 3,3, mais est loin d'être égal à 7,0. La solution n'est donc pas devenue neutre.

3.2) L'espèce prédominante est l'acide carbonique H_2CO_3 . La modélisation n'est pas du tout pertinente étant donnée la différence énorme entre le pH de l'eau de l'aquarium, environ égal à 7,0 et celui de la solution étudiée qui vaut 3,0.

4)

Techniques permettant de diminuer le pH de l'eau	1 et 2
Techniques permettant d'augmenter le pH de l'eau	3 et 4

5) Nous allons répondre à cette question en nous appuyant sur les données de l'énoncé.

Un aquarium est constitué très souvent de plantes aquatiques, or on nous informe que « *de jour comme de nuit, les poissons respirent ; ils absorbent donc du dioxygène et rejettent du dioxyde de carbone* » or nous savons, toujours d'après l'énoncé, que le dioxyde de carbone est à l'origine de la fabrication d'acide carbonique, lui-même à l'origine de la présence d'une partie des ions oxonium dans l'eau de l'aquarium. La quantité de dioxyde de carbone consommée par les plantes va influencer, donc influencer sur le pH : plus il est consommé, moins il y a possibilité de générer des ions oxonium, donc plus le pH diminue.

En revanche, le jour les plantes reçoivent plus de lumière, et donc consomment plus de CO_2 . Le pH est donc plus bas le jour que la nuit. Le pH augmente donc au cours d'une journée.

Pour éviter cela et garder une valeur de pH plus ou moins constante, il faut ajouter des ions oxonium (car le CO_2 sera de toute manière inévitablement consommé). On doit donc choisir soit la technique 1, qui consiste directement à ajouter un acide fort, soit la technique 2 qui consiste à ajouter du dioxyde de carbone (qui va produire des ions oxonium).

On privilégiera la technique 2 par rapport à la 1 pour la simple raison que la solution d'acide sulfurique paraît être peu facilement contrôlable au niveau de la baisse du pH, sans évoquer par ailleurs son effet néfaste sur les poissons.