BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Obligatoire

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

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.
« Conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 »

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1 à 12.
Le document réponse page 12 est une annexe à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de 3 exercices indépendants les uns des autres.

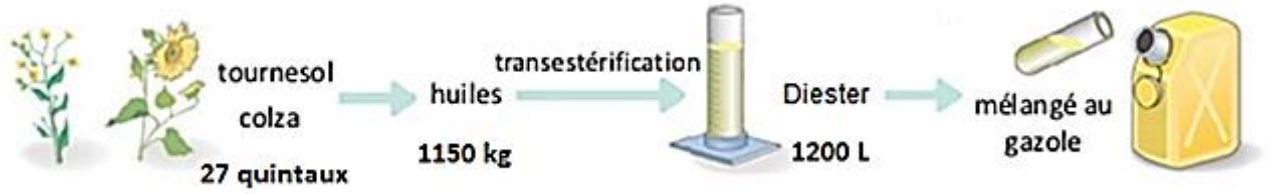
Le candidat doit traiter les trois exercices.

EXERCICE I : LE DIESTER® (4 points)

Un agrocarburant est un carburant obtenu à partir de ressources issues de l'agriculture, par opposition aux carburants issus de ressources fossiles. Il vient en complément ou en substitution du combustible fossile.

Développé dans les années 80, le Diester® (marque déposée provenant de la contraction de « DIESel » et « esTER ») est le nom donné au premier agrocarburant issu essentiellement de la transformation des huiles de colza et de tournesol, végétaux cultivés en France.

Schéma de la chaîne de fabrication d'un carburant à base de Diester®



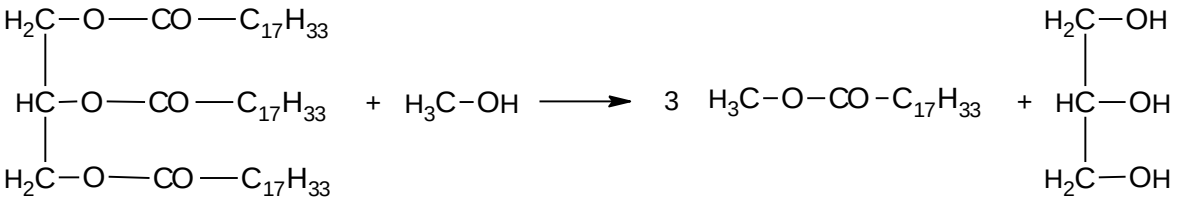
D'après *lesbiocarburants.e-monsite.com*

Au-delà de sa teneur quasi nulle en soufre, le Diester® contribue à la lutte contre le réchauffement climatique avec un bilan carbone réputé plus favorable que le gazole fossile.
Néanmoins, ces agrocarburants de première génération ont un bilan controversé du fait de l'occupation de terres cultivables et de la remise en cause de leur neutralité environnementale.

L'objet de cet exercice est l'étude de la synthèse du Diester® à partir de l'huile de colza.

LA TRANSFORMATION DE L'HUILE DE COLZA

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.
La modification de cette huile est nécessaire pour le fonctionnement d'un moteur diesel. Elle va donc subir une transformation appelée transestérification en présence d'un excès de méthanol et d'hydroxyde de potassium de formule KOH. On obtient l'oléate de méthyle qui sera assimilé au Diester® ainsi qu'un produit dérivé, la glycérine. L'équation chimique de la réaction modélisant cette transformation est écrite ci-après :



Trioléate de glycéryle assimilé à l'huile de colza	Méthanol	Oléate de méthyle assimilé au Diester®	Glycérine

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données

Caractéristiques physico-chimiques	Gazole	Huile de colza	Diester®
Masse volumique (kg/m^3 à 15°C)	820 - 860	920	880
Viscosité à 40°C (en mm/s)	2 - 4,5	30,2	4,5
Indice de cétane	51	35	49 - 51
Teneur en soufre (mg/kg)	350	≈ 0	≈ 0

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'auto-enflammer sous l'effet de la compression. Un carburant à haut indice de cétane est caractérisé par sa facilité à s'auto-allumer.

	Formule brute	Masses molaires (g.mol^{-1})
Trioléate de glycéryle	$C_{57}H_{104}O_6$	884
Méthanol	CH_3OH	32
Glycérine	$C_3H_8O_3$	92
Oléate de méthyle	$C_{19}H_{36}O_2$	296
Hydroxyde de potassium	KOH	56

1. Entourer les groupes caractéristiques présents dans le méthanol et l'oléate de méthyle et nommer les fonctions associées, sur **l'annexe de l'exercice I à rendre avec la copie.**

2. Choisir le nom, en nomenclature systématique, de la glycérine parmi les trois propositions suivantes : propan-1,2,3-trione ; propan-1,2,3-trial ; propan-1,2,3-triol. Justifier votre choix.

3. Pour simplifier l'écriture d'étapes du mécanisme réactionnel de cette transestérification d'un triester, on donne, **en annexe de l'exercice I**, les étapes d'une transestérification analogue sur l'exemple d'un ester simple. Dans le cas de l'huile de colza, le changement de groupe caractéristique s'applique aux trois groupes présents dans le trioléate de glycéryle. Compléter **sur l'annexe de l'exercice I**, l'étape 2 à l'aide de flèches courbes.

4. Justifier le terme de catalyse basique associée à la transestérification et préciser l'espèce chimique qui en est à l'origine.

5. Justifier le fait qu'une transestérification de l'huile de colza soit nécessaire avant son incorporation au gazole.

6. Le schéma de la chaîne de fabrication d'un carburant à base de Diester® suggère que 1150 kg d'huile de colza permettent d'obtenir environ 1200 L de Diester®. Déterminer le volume de Diester® obtenu théoriquement si la transestérification est totale. Proposer une explication pour rendre compte d'un éventuel écart entre la valeur du volume de Diester® trouvée et la valeur annoncée dans le schéma. *Toute démarche de résolution entreprise sera valorisée même si elle n'a pas abouti.*

7. Citer un avantage et un inconvénient à l'ajout d'un agrocarburant comme le Diester® dans le gazole.

EXERCICE II : LES DRONES GRAND PUBLIC (11 points)

Les drones de loisirs à quatre hélices sont des véhicules aériens de faible dimension. Ils sont vendus au grand public comme un jeu pour l'intérieur ou l'extérieur.



Drone AR Parrot ®

Partie 1 : Connexion WiFi

De nombreux drones sont pilotés depuis un téléphone portable à l'aide d'une connexion WiFi.

Un réseau WiFi permet une communication par ondes électromagnétiques entre différents appareils. Les connexions WiFi peuvent se faire suivant plusieurs protocoles de communication dont le protocole standard IEEE 802.11g dont les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Standard	IEEE 802.11g
Débit théorique maximal	54 Mbits/s
Fréquence des ondes électromagnétiques	2,4 GHz
Puissance d'émission maximale autorisée en France	100 mW
Distance de fonctionnement	Intérieur 20 m Extérieur 50 m
Modélisation de l'atténuation du signal à 2,4 GHz en fonction de la distance	$A = 40 + 20 \times \log(d)$ A atténuation en décibel (dB) d distance en mètres entre l'émetteur et le récepteur.

Données

Vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et dans l'air : $c = 3{,}0.10^8$ m.s^{-1}

Définition de l'atténuation d'un signal

L'atténuation A d'un canal de transmission est définie par :

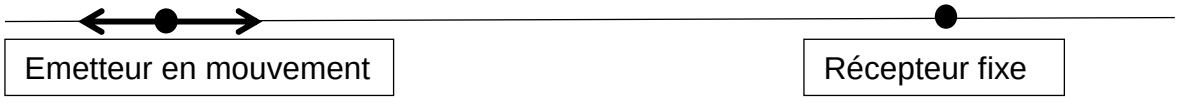
$A = 10 \times \log(\frac{P_e}{P_r})$

A : atténuation en décibel (dB)
P_e : puissance d'émission en watt (W)
P_r : puissance reçue en watt (W)

Effet Doppler

Lorsque l'émetteur d'une onde se déplace par rapport au récepteur, le décalage Doppler est donné par la relation $f_R - f_E = \pm \frac{v}{c} . f_E$ dans le cas où la vitesse de déplacement est faible par rapport à la vitesse de propagation des ondes. Le signe est fonction du sens de déplacement de l'émetteur par rapport au récepteur.

f_R est la fréquence reçue par le récepteur
f_E est la fréquence émise par l'émetteur
c est la vitesse de propagation des ondes
v est la vitesse de déplacement de l'émetteur



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

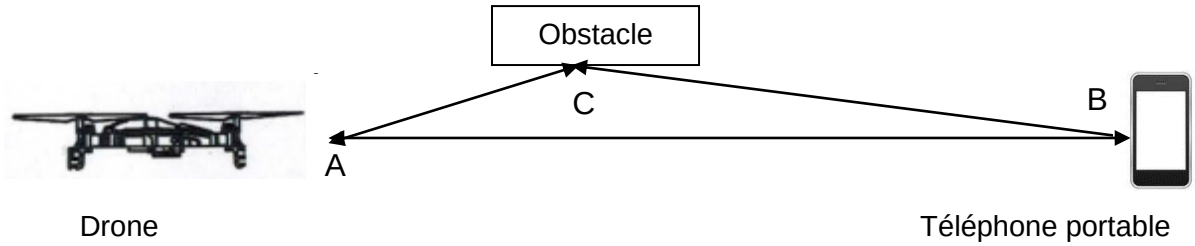
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Les chemins multiples

« *Les phénomènes de réflexion et de diffraction sont utiles pour capter le signal à un endroit où l'émetteur n'est pas visible : on dit qu'on est en condition de Non Line Of Sight (NLOS), c'est-à-dire que l'on n'a pas une ligne de vision directe. Mais les réflexions et diffractions peuvent également être nuisibles lorsqu'elles font apparaître de multiples chemins possibles entre l'émetteur et le récepteur.* »

D'après *WiFi professionnel : La norme 802.11, le déploiement, la sécurité* Aurélien Géron

Schéma : exemple de chemins multiples



Les signaux transmis en WiFi se dégradent avec la distance et avec les obstacles, ce qui limite la portée et le débit de la liaison.

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence quelques phénomènes physiques qui influencent la qualité de la transmission des informations en WiFi.

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

Un drone est piloté à l'aide d'un téléphone portable. Il est équipé d'une webcam de résolution 1280 x 720 pixels filmant à 30 images par seconde. Le codage de chaque image est de 24 bits par pixel. Il envoie ses informations au téléphone portable via le réseau WiFi.

1.1.a. Identifier les éléments de la chaîne de transmission des images.

Lorsque le drone s'éloigne du téléphone, le signal électromagnétique reçu par celui-ci s'affaiblit.

1.1.b. Calculer l'atténuation du signal lorsque le drone se situe à 10 m du téléphone portable.

1.1.c. En déduire la puissance maximale que peut recevoir le téléphone lorsqu'il est situé à 10 m du drone.

1.1.d. Le débit théorique maximal de la connexion WiFi permet-il de visualiser la vidéo en direct sur le téléphone portable ?

1.2. Les problèmes de transmission en WiFi

On aborde les problèmes de transmission entre le drone et le téléphone portable lorsque le drone se déplace à une vitesse de croisière de l'ordre de 3 $m.s^{-1}$.

1.2.a. Comparer la fréquence de l'onde radio émise par le drone à la fréquence de l'onde reçue par le téléphone portable lorsque le drone s'éloigne. Estimer la variation relative de la fréquence.

1.2.b. Calculer la longueur d'onde des signaux émis en WiFi.

1.2.c. Un tronc d'arbre placé sur le trajet des ondes WiFi est-il susceptible de diffracter ces ondes ? Justifier.

1.2.d. La superposition d'ondes ayant parcouru des chemins différents peut provoquer des interférences. À quelle condition obtient-on des interférences destructives ? Dans ce cas, quelle sera la conséquence sur la valeur de la puissance reçue ?

1.2.e. τ_1 et τ_2 représentent respectivement les durées du trajet de l'onde A-C-B et A-B entre le drone et le téléphone. On définit la durée $\Delta t = \tau_1 - \tau_2$. Parmi les 4 valeurs de Δt suivantes, indiquer celle(s) qui conduit (conduisent) à des interférences destructives. Justifier votre réponse.

$T/2$, T, $k.T$, $k.T+T/2$, $k.T/2$ k est un entier

Partie 2 : Étude dynamique du vol d'un drone

Dans cette partie, on étudie le mouvement du drone dépourvu de webcam dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le drone étudié, de masse 110 g, est assimilé à un point matériel noté G.

Donnée :

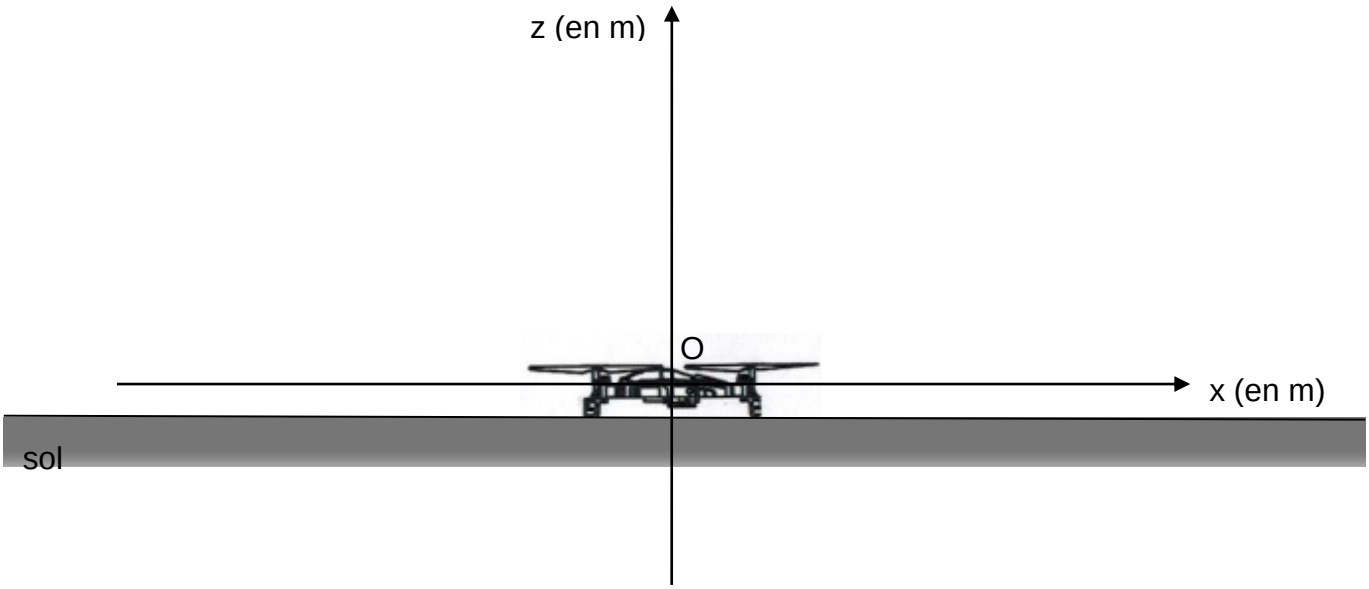
Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme ; la valeur de son intensité g vaut 9,8 $N.kg^{-1}$.

2.1. Estimation de la valeur de la force de poussée

Un film du décollage vertical a été réalisé afin de déterminer la force de poussée exercée sur le drone.

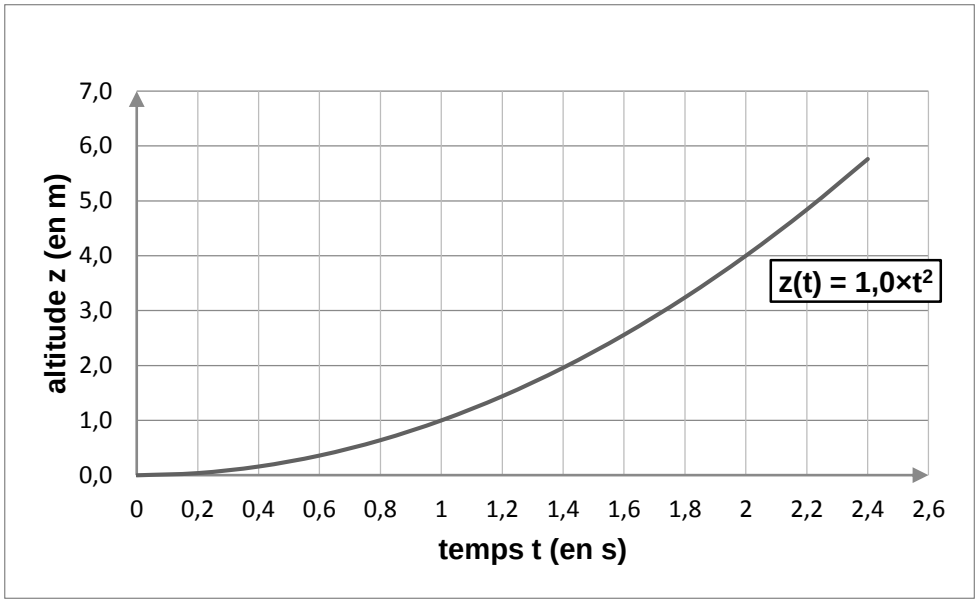
Le schéma ci-dessous représente la position du drone à l'instant initial. Le point O est l'origine du repère.

Le schéma ci-dessous est tracé sans souci d'échelle.

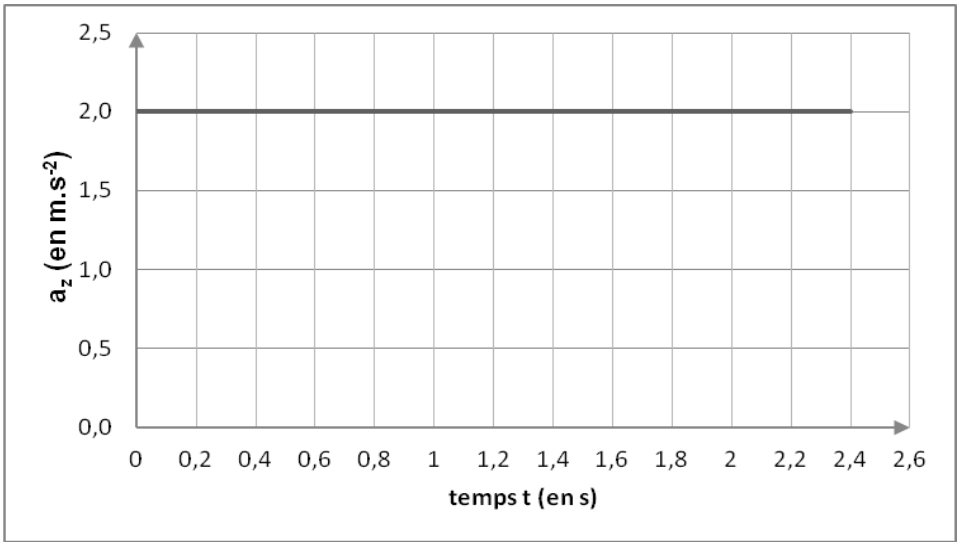


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

L'exploitation du film a permis d'obtenir l'évolution dans le temps des grandeurs z(t) et $a_z(t)$, respectivement coordonnées suivant l'axe vertical du vecteur position et du vecteur accélération du drone, et les deux courbes ci-dessous modélisant l'évolution de ces grandeurs.



Courbe 1 : Évolution temporelle de l'altitude du drone par rapport au sol.



Courbe 2 : Évolution temporelle de l'accélération verticale du drone lors du décollage.

2.1.a. À partir de ces courbes, établir l'expression $v_z(t)$ de la coordonnée suivant l'axe vertical (Oz) du vecteur vitesse du drone.

On suppose que seuls le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ agissent sur le drone lors de la phase de décollage vertical.

2.1.b. Comparer qualitativement les valeurs des forces $\vec{P}$ et $\vec{F}$ lors du décollage. Justifier votre réponse.

2.1.c. Calculer la valeur de la force de poussée lors du décollage.

2.1.d. On souhaite fixer une webcam de masse m_w sur ce drone. Quelle serait, en théorie, la masse maximale de cette webcam au-delà de laquelle le décollage ne serait plus possible ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

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

Le drone, dépourvu de webcam, est à présent animé d'un mouvement rectiligne uniforme à l'altitude constante h = 7,0 m et à la vitesse v_0 = 4,0 m.s^{-1}.

On choisit dans cette partie une nouvelle origine des temps.

À l'instant t = 0 s, la communication entre le drone et le téléphone portable est rompue, alors que le drone vole en direction d'une piscine. Les moteurs s'arrêtent. La valeur de la force de poussée devient nulle. On considère que le drone est en chute libre alors qu'il est à la verticale d'un point situé à une distance d = 20 m de la piscine de largeur L = 5 m.

2.2.a. Proposer une schématisation légendée de la situation.

2.2.b. En détaillant la démarche, établir les équations horaires du mouvement du drone suivantes :

$$x(t) = v_0 \times t \qquad \text{et} \qquad z(t) = -\frac{1}{2} g \times t^2 + h$$

2.2.c. Déterminer le temps dont dispose l'opérateur pour rétablir la communication avant que le drone ne touche le sol.

2.2.d. Le drone tombe-t-il dans la piscine si la communication n'est pas rétablie ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III : ADAPTATION DU pH DE L'EAU D'UN AQUARIUM (5 POINTS)

Un aquarium et tout ce qu'il contient forment un système complexe à l'équilibre fragile. De nombreux facteurs peuvent provoquer un déséquilibre dangereux pour la vie et la santé des poissons. En particulier, le pH de l'eau est une grandeur à mesurer régulièrement et à réguler si nécessaire. Il ne doit pas varier de plus de 0,5 unité de pH.


Photo : wikipédia

Un aquariophile débutant n'arrive pas à réguler le pH de son aquarium qui contient des plantes et des poissons (scalaires, néons cardinal et guppys). Le matin, le pH de l'eau est d'environ 6,7 et le soir de 7,5.

Paramètres optimaux de vie pour différents poissons :
source aquavipare.fr

poisson	pH	Température (°C)
Néon cardinal	5,0 à 7,0	25 à 30
scalaire	4,5 à 7,0	27 à 30
guppy	6,0 à 8,0	18 à 30

Cet exercice a pour but d'aider l'aquariophile à réguler le fonctionnement de son aquarium.

Sur les forums d'aquariophilie on peut trouver quatre techniques d'ajustement du pH :

Technique n°1. Ajouter un peu d'acide sulfurique, commercialisé, par exemple, sous la dénomination « pH minus ». Il s'agit d'un acide fort, la variation du pH sera rapide et peut-être plus importante que souhaitée.

Technique n°2. Injecter du dioxyde de carbone dans l'eau.
Pour injecter du dioxyde de carbone dans un aquarium, le plus simple est d'utiliser un kit comprenant un bulleur, un détendeur et une bouteille pressurisée.
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.

D'après : *http://www.aqua-planete.com/CO2.php*

Technique n°3. Ajouter une solution contenant des ions hydroxyde de formule HO^-. L'ajout doit être modéré car si l'eau devient trop basique, les ions ammonium présents dans l'eau pourraient se transformer en ammoniac, un gaz dissous particulièrement toxique pour les poissons.

Technique n°4. Ajouter de la craie dans l'eau de l'aquarium.

Données :

- Les craies traditionnelles sont composées presque exclusivement de carbonate de calcium, un solide ionique constitué d'ions calcium Ca^{2+} et carbonate CO_3^{2-} .
- Masse molaire du carbonate de calcium : $M(CaCO_3) = 100$ g.mol^{-1}.
- Masse d'un bâton de craie : environ 10 g.

Couples acide/base	pKa
H_2CO_3/HCO_3^-	6,3
HCO_3^-/CO_3^{2-}	10,3

Consommation et production de dioxyde de carbone et de dioxygène par les plantes aquatiques et les poissons :

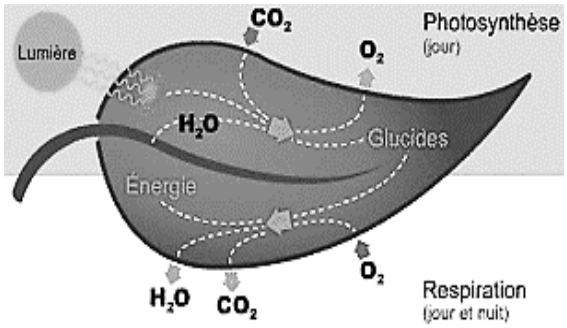
De jour comme de nuit, les poissons respirent ; ils absorbent donc du dioxygène et rejettent du dioxyde de carbone.

En ce qui concerne les plantes, deux phénomènes sont à prendre en compte :

- De jour comme de nuit, elles respirent.
- De jour, lorsqu'elles reçoivent de la lumière, les plantes réalisent la photosynthèse : elles captent du dioxyde de carbone et produisent du glucose. La photosynthèse est modélisée par la réaction d'équation suivante :

$$6CO_2+6H_2O \xrightarrow{hv} C_6H_{12}O_6+6O_2$$

Globalement, lorsqu'elle reçoit suffisamment de lumière, une plante absorbe plus de dioxyde de carbone par la photosynthèse qu'elle n'en rejette par la respiration.



Questions.

1. Une solution « pH minus » vendue pour faire baisser le pH dans un aquarium contient des ions H_3O^+ à la concentration de 3,0 mol.L^{-1}. Pour mettre en œuvre une des techniques, un aquariophile conseille sur un forum de prélever de l'eau de l'aquarium dans un récipient propre afin de diluer 50 fois la solution de pH « minus » avant de l'introduire dans l'aquarium. Déterminer la valeur du pH de la solution versée dans l'aquarium.

2. Une des techniques propose d'injecter du dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone se dissout dans l'eau et y forme l'acide carbonique H_2CO_3 selon la réaction d'équation suivante :

$$CO_{2\,(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows H_2CO_{3\,(aq)}$$

2.1 À l'aide des couples acide/base mis en jeu, écrire l'équation de la réaction intervenant entre l'acide carbonique et l'eau.

2.2 Quel est l'effet de cette injection de dioxyde de carbone sur la valeur du pH de l'eau de l'aquarium ? Cette injection est-elle à conseiller à l'aquariophile débutant ?

2.3 Tracer, sur un axe gradué, les domaines de prédominance des espèces acido-basiques H_2CO_3, HCO_3^- et CO_3^{2-}. Déterminer l'espèce prédominante le matin et le soir dans l'eau de l'aquarium étudié.

3. On considère un aquarium de volume 100 L dont l'eau a une valeur de pH égale à 3,0. On se propose d'étudier l'effet de l'ajout de craie dans l'eau comme proposé dans l'une des techniques.

3.1 L'ajout d'un quart de bâton de craie permettra-t-il d'obtenir une solution neutre ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

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.

3.2 Déterminer l'espèce prédominante après traitement. La modélisation choisie est-elle pertinente ?

4. Compléter le tableau donné en annexe de **l'exercice III à rendre avec la copie**, en indiquant les numéros des techniques proposées sur Internet permettant de faire diminuer ou augmenter le pH.

5. Synthèse.
En s'appuyant, entre autres, sur les équilibres acides/bases mis en jeu, rédiger un paragraphe expliquant :
- la variation de pH de 6,7 à 7,5 observée en journée.
- laquelle des quatre techniques convient pour réguler le pH dans l'aquarium considéré.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

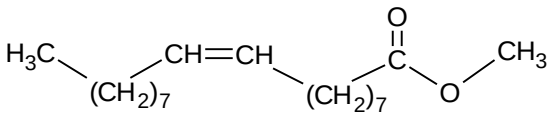
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE DE L'EXERCICE I (A RENDRE AVEC LA COPIE)

Formules :

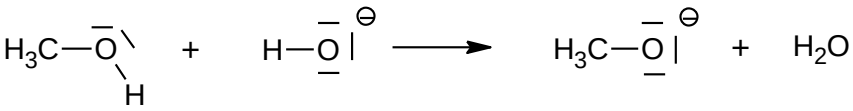
Méthanol $CH_3 — OH$

Oléate de méthyle

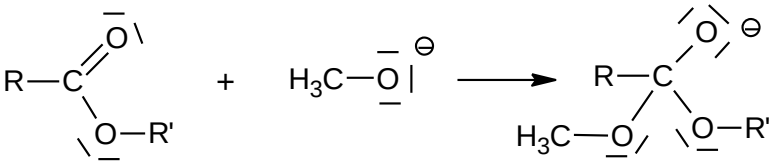


Mécanisme réactionnel d'une transestérification en milieu basique

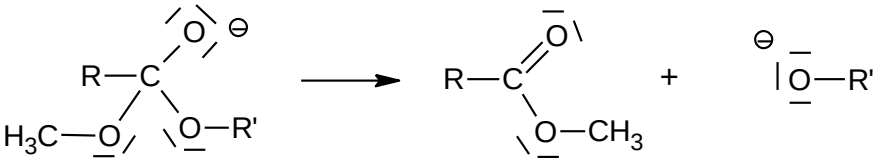
étape 1 :



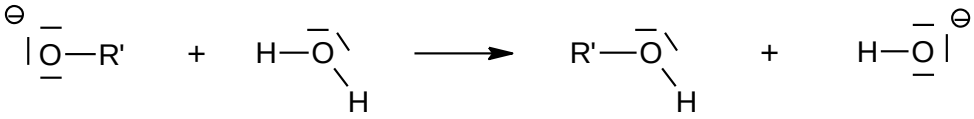
étape 2 :



étape 3 :



étape 4 :



ANNEXE DE L'EXERCICE III

Techniques permettant de diminuer le pH de l'eau	
Techniques permettant d'augmenter le pH de l'eau	

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 12 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer