BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

obligatoire

L'usage d'une calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

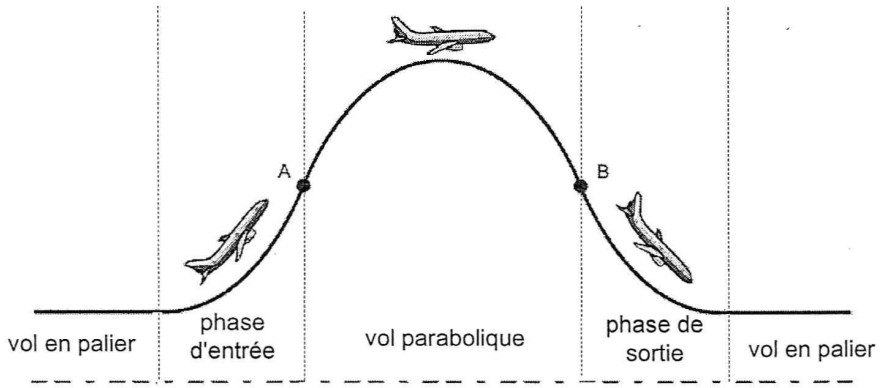
EXERCICE I. DES AVIONS PAS COMME LES AUTRES (6,5 points)

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes. La première porte sur le mouvement de l'avion A 300 Zéro-G, la seconde porte sur la pile à hydrogène de l'avion E-plane.

1. L'A 300 Zéro-G

Depuis 1988, le Centre National d'Études Spatiales (CNES) mène un programme de vols paraboliques afin de réaliser des expériences scientifiques en impesanteur sans recourir à un dispositif spatial coûteux. L'établissement, via sa filiale Novespace, exploite depuis 1997 un Airbus A 300 spécialement aménagé : l'A 300 Zéro-G.

L'appareil effectue lors de chaque vol une série de 30 paraboles. Quand la trajectoire est parabolique (entre les points A et B de la figure ci-dessous), l'appareil se trouve dans des conditions de **chute libre** pendant 20 à 25 secondes, créant ainsi une situation d'impesanteur. L'impesanteur est l'absence apparente de pesanteur : un objet placé à l'intérieur de l'avion ne subit plus aucune action de la part de celui-ci et semble donc "flotter" car il est en chute libre comme l'avion.



Les expériences réalisées en impesanteur touchent à la fois le domaine des sciences physiques (le test de dispositifs spatiaux, le déploiement de panneaux solaires, d'antennes, de structures gonflables, la préparation de missions spatiales habitées) et celui des sciences de la vie (notamment la physiologie humaine). S'ajoute également à cet intérêt scientifique et technologique celui d'expériences à caractère pédagogique qui donnent l'occasion aux jeunes de participer pour la première fois à un projet de recherche et suscitent souvent des vocations scientifiques.

D'après les sites Internet de Novespace et du CNES.

Dans cette partie, nous nous intéressons à la trajectoire de l'avion dont le mouvement est étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

1.1. Vol en palier

Avant d'effectuer une parabole, l'A 300 est en situation de vol en palier. Sa trajectoire est une droite, son altitude et sa vitesse sont constantes. L'avion est soumis à quatre forces : son poids $\vec{P}$, la poussée des moteurs $\vec{\pi}$ de direction horizontale, la traînée $\vec{T}$ due aux frottements de l'air et la portance $\vec{R}$. Cette dernière est due à la circulation de l'air autour des ailes qui crée une surpression sous l'aile et une dépression au dessus de l'aile. La portance $\vec{R}$ est verticale et dirigée vers le haut.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.1.1. Quelle est la nature du mouvement du centre d'inertie G de l'avion lors du vol en palier ? Que peut-on en déduire concernant la somme des forces exercées sur l'avion ?

1.1.2. Sur la copie, représenter au centre d'inertie G de l'avion, les forces s'exerçant sur celui-ci, sans souci d'échelle. En remarquant que les forces s'opposent deux à deux, déterminer leurs valeurs.

Données :
- masse de l'avion : $m = 1{,}5 \times 10^{2}$ tonnes $= 1{,}5 \times 10^{5}$ kg ;
- accélération de la pesanteur à l'altitude où évolue l'avion : $g = 9{,}78$ m.s^{-2} ;
- poussée des moteurs : $\pi = 5{,}0 \times 10^{2}$ kN (kilonewtons).

1.2. Vol parabolique

Afin d'effectuer une parabole, le pilote cabre d'abord l'avion pour atteindre un angle d'environ 45° entre l'axe principal de l'appareil et la direction horizontale. Puis il manœuvre l'avion afin que *la portance exercée sur les ailes s'annule et que la poussée des moteurs compense exactement la traînée exercée sur l'avion.*

1.2.1. Énoncer la seconde loi de Newton. En se référant au texte ci-dessus, déterminer le vecteur accélération $\vec{a}$ du centre d'inertie G de l'avion.

1.2.2. On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G de l'avion (voir la **figure 1** ci-dessous). Le repère d'étude $(O,\vec{i},\vec{k})$ choisi est dans un plan vertical contenant la trajectoire ; son origine O est au niveau du sol. L'origine des dates est choisie à l'instant où l'avion rentre dans la phase de chute libre au niveau du point A se trouvant à une altitude z_A d'environ 8 km. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v_A}$ du point G est incliné d'un angle $\alpha = 49°$ par rapport à l'horizontale. La valeur de la vitesse v_A est égale à 281 nœuds, soit 145 m.s^{-1}.

a. Donner les expressions de a_x et de a_z, coordonnées du vecteur accélération du point G dans le repère d'étude $(O,\vec{i},\vec{k})$.

b. En déduire les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse du point G.

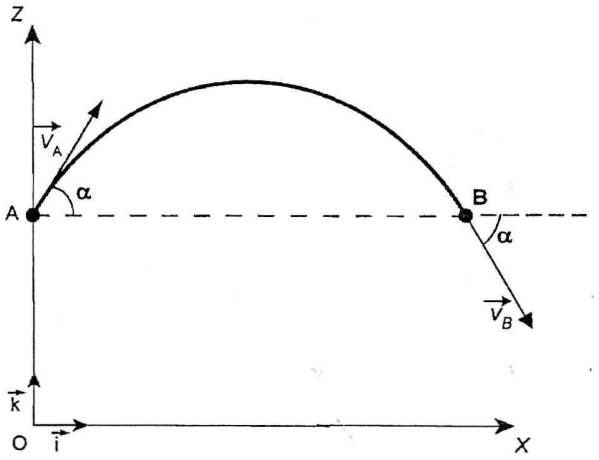


Figure 1. Trajectoire du centre d'inertie G de l'avion

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.2.3. Montrer que l'équation horaire du mouvement selon l'axe Oz peut se mettre sous la forme :

$$z(t) = C_1.t^2 + C_2.t + C_3$$

où C_1 , C_2 , C_3 sont des constantes obtenues à partir des données du texte.
Donner les expressions littérales de ces constantes en fonction de v_A, α, g et z_A.

1.2.4. L'équation horaire du mouvement s'écrit $x(t) = v_A.(\cos \alpha).t$ selon Ox. Montrer que l'équation de la trajectoire est :

$$z(x) = -\frac{g}{2.v_A^2.\cos^2\alpha}.x^2 + (\tan \alpha).x + z_A$$

1.2.5. À la date t_B, le système se trouve au point B, de même altitude que le point A, avec un vecteur vitesse $\vec{v}_B$ dont la direction fait un angle α avec l'horizontale (voir **figure 1**) et dont la valeur est la même qu'au point A : $v_B = v_A = 145$ m.s^{-1}.

a. Déterminer, au point B, l'expression littérale de la projection v_{Bz} du vecteur vitesse sur l'axe Oz en fonction uniquement de v_A et α.

b. En déduire la valeur de la date t_B en secondes. Cette valeur est-elle cohérente avec l'ordre de grandeur cité dans le texte encadré ?

2. L'E-plane

Le 31 mai 2003, Concorde effectuait son dernier vol New York - Paris à une vitesse proche de 2500 km.h^{-1} en moins de quatre heures. Quel appareil succèdera au bel oiseau franco-anglais et dépassera la frontière hypersonique ? Sans doute l'A2 qui pourrait naître du projet LAPCAT, rassemblant l'élite des motoristes de l'aéronautique européenne. Le consortium étudie des réacteurs à dihydrogène, ambitionnant de propulser des avions de ligne à 25 km d'altitude, à 6000 km.h^{-1} et pouvant ainsi relier Bruxelles à Sydney en moins de cinq heures. Des appareils fonctionnant au dihydrogène, certes de plus petite taille qu'un avion de ligne, ont déjà vu le jour comme l'E-plane, utilisant une pile à combustible de type PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell : pile à combustible à membrane échangeuse de protons).

D'après le magasine de l'Espace Européen de la Recherche, et l'ouvrage "La Pile à Combustible" de M. Boudellal (Ed. Dunod)

Dans cette partie, nous nous intéressons au principe de fonctionnement de la pile à combustible de type PEMFC. Celle-ci est constituée (voir **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**) de deux électrodes (en général des dépôts de poudre de carbone sur un support) séparées par un électrolyte.
Cette pile à combustible utilise deux gaz stockés extérieurement qui arrivent chacun sur une des électrodes.
Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau de ces électrodes.

Données :
- couples oxydant-réducteur : $H^+(aq) / H_2(g)$ et $O_2(g) / H_2O(\ell)$

2.1. Quels sont les noms des deux gaz qui alimentent la pile en continu ?
En utilisant les données, écrire les équations des réactions aux électrodes.
En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu dans la pile.

2.2. Indiquer, sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 11,** le sens de circulation des électrons dans le circuit extérieur à la pile alimentant le moteur ainsi que le sens conventionnel de circulation du courant électrique.
Indiquer quelle électrode correspond au pôle positif de la pile.

2.3. Des protons H^+ sont échangés entre les électrodes au cours de la réaction. Indiquer le sens de circulation des protons dans l'électrolyte sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.4. Sur les électrodes, des catalyseurs sont déposés sous forme de très fines particules : du platine à la cathode, du platine et du ruthénium à l'anode.
Définir un catalyseur.

2.5. L'électrolyte est une fine membrane (de l'ordre de quelques dizaines de micromètres) dont le rôle est d'isoler les électrodes l'une de l'autre, tout en laissant circuler les ions. Le matériau le plus utilisé est le Nafion™ constitué par la répétition de la structure représentée **figure 3**.

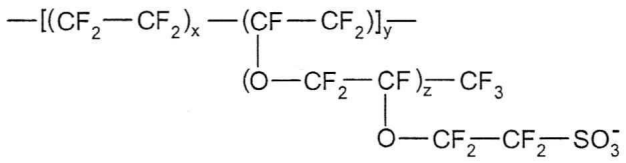


Figure 3.

Le squelette du Nafion™ étant hydrophobe et les groupes sulfoniques (SO_3^-) hydrophiles, cette espèce chimique est qualifiée d'amphiphile.

Que signifie le terme hydrophile ?
Citer une autre espèce chimique usuelle possédant le caractère amphiphile.

2.6. Du point de vue de l'environnement et en considérant les produits formés lors de leurs fonctionnements, quel est l'avantage d'une pile à combustible par rapport à un moteur d'avion alimenté par un carburant classique tel que le kérosène ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 5 / 12

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II. CONDENSATEUR ET ÉCLAIRAGE D'UN TRAIN MINIATURE (5,5 points)

Le modélisme ferroviaire est une activité qui passionne petits et grands.
Ce loisir repose sur la reproduction la plus fidèle possible de l'activité ferroviaire à échelle réduite, le plus couramment à l'échelle 1/87.
L'alimentation des trains miniatures se fait traditionnellement par les rails en 12 V continu.
Moteurs des locomotives, éclairages des matériels roulants ou fixes, signalisations, aiguillages..., autant d'éléments qui demandent à l'amateur une bonne connaissance de l'électricité et beaucoup d'ingéniosité.

Il s'agit d'étudier un dispositif qui permet aux feux arrière de rester allumés lors des coupures d'alimentation au cours des soubresauts du train sur la voie.

1. Utilisation de lampes à incandescence

Le dernier wagon du train comporte un circuit électrique relié aux deux roues arrière. Ce circuit est composé :
- de deux lampes à incandescence L_1 et L_2 qui sont les deux feux de fin de convoi ;
- d'un condensateur de capacité : C = 1000 µF ;
- d'un conducteur ohmique de résistance : R_0 = 10 Ω ;
- d'une alimentation de force électromotrice : E = 12 V.

Les **figures 4 et 5** représentent les deux situations possibles d'éclairement des feux de fin de convoi.
Les circuits électriques y sont représentés en gras.

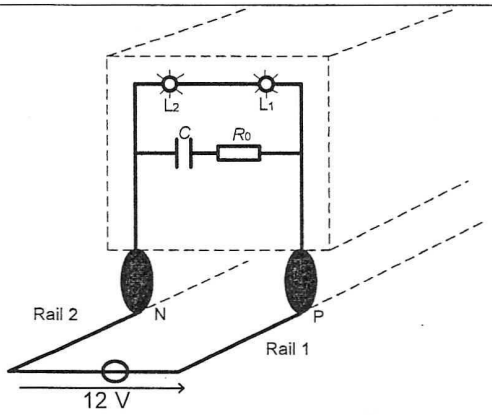


Figure 4. Sans soubresaut : les contacts roues/rails sont assurés

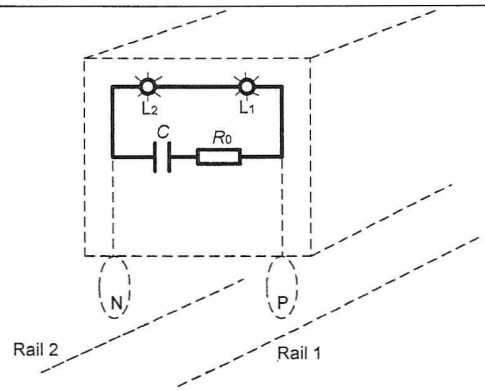


Figure 5. Lors d'un soubresaut : le contact roues/rails est rompu

1.1. Déplacement du train sans soubresaut

Le circuit électrique de la **figure 6** représente les branchements du circuit de la **figure 4**. On choisit les conventions électriques suivantes :

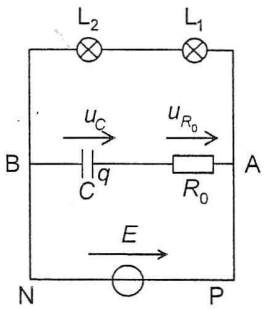


Figure 6.

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

1.1.1. Répondre qualitativement aux deux questions suivantes :
a. Pendant la charge du condensateur, les lampes de fin de convoi sont-elles parcourues par un courant ?
b. Lorsque le condensateur est totalement chargé, existe-t-il un courant circulant dans la branche AB le contenant ?

1.1.2. Déterminer la valeur de la tension aux bornes du condensateur lorsqu'il est complètement chargé. Justifier.

1.1.3. Estimer l'ordre de grandeur du temps de charge du condensateur en s'aidant du calcul de la constante de temps τ du dipôle (R_0, C).

1.2. Déplacement du train avec soubresauts

En prenant de la vitesse, le train peut avoir des soubresauts et le contact train/rails est alors rompu pendant une durée $\Delta t_{\text{soubresaut}}$ de l'ordre du dixième de seconde.

Pendant le soubresaut le condensateur se décharge dans les lampes. Sur le circuit électrique de la **figure 7** (correspondant à situation de la **figure 5**), on choisit les conventions électriques suivantes :

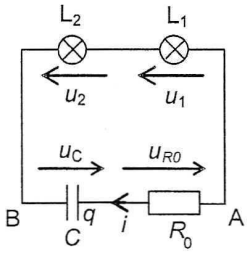


Figure 7.

Données :

- au début du soubresaut : $u_C(t = 0) = E = 12$ V ;
- les lampes L_1 et L_2 sont identiques et assimilables à deux conducteurs ohmiques de résistances : $R_1 = R_2 = R = 100\ \Omega$;
- durée du soubresaut : $\Delta t_{\text{soubresaut}} = 0{,}10$ s.

1.2.1. Montrer que, pendant le soubresaut, l'équation différentielle relative à la tension u_C aux bornes du condensateur est de la forme : $u_C + (2R + R_0).C.\dfrac{du_C}{dt} = 0$.

1.2.2. Vérifier que $u_C(t) = A\,.\,e^{-\frac{t}{(2R+R_0)C}}$ est une solution de l'équation différentielle précédente et déterminer la valeur de A.

1.2.3. Donner l'expression de l'intensité $i(t)$ du courant. En déduire le signe de l'intensité $i(t)$.

1.2.4. L'expression de la puissance instantanée consommée par chaque lampe en fonction de l'intensité est donnée par la relation : $p(t) = R\,.\,i^2(t)$.

On propose sur **LES FIGURES 8, 9 et 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, trois graphiques pouvant représenter l'allure de l'évolution de la puissance instantanée consommée par chaque lampe en fonction du temps, au cours de la décharge du condensateur.

En utilisant l'expression de $i(t)$ et en justifiant, choisir la seule figure pouvant représenter cette évolution.

1.2.5. L'éclairement de chaque lampe est optimal pour une puissance consommée $P_0 = 0{,}36$ W. Toutefois, on considère que l'éclairement est satisfaisant si la puissance consommée est supérieure ou égale à 75 % de la valeur de P_0.
a. Donner la durée d'éclairement satisfaisant pour chaque lampe à l'aide d'une détermination graphique sur la courbe choisie à la question 1.2.4. (expliciter les étapes du raisonnement).
b. Les lampes vont-elles éclairer de façon satisfaisante pendant toute la durée du soubresaut ?

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. Utilisation de diodes électroluminescentes

On peut remplacer les lampes L_1 et L_2 par deux diodes électroluminescentes identiques notées DEL_1 et DEL_2 associées en série avec un conducteur ohmique de résistance R_3. Elles ont une durée de vie plus longue et une consommation énergétique plus faible que les lampes à incandescence.

Pendant un soubresaut, le schéma du circuit électrique devient :

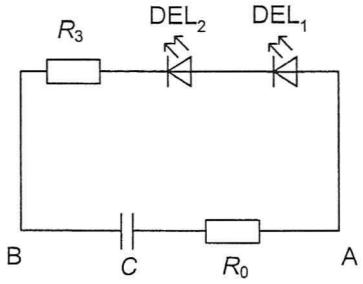


Figure 11.

Chaque diode électroluminescente émet de la lumière si elle est parcourue par un courant d'intensité supérieure à une intensité seuil I_{seuil} = 2,0 mA.
Au début du soubresaut, à t = 0 s, l'intensité prend sa valeur maximale I_{max} = 6,0 mA.

Données :

- conducteur ohmique de résistance R_3 = 1,5 kΩ ;
- on admet que la durée d'éclairement des diodes est de l'ordre de $\Delta t = (R_3 + R_0).C.\ell n\left(\frac{I_{max}}{I_{seuil}}\right)$.

2.1. Montrer par une analyse dimensionnelle que Δt a bien la dimension d'un temps.

2.2. Calculer Δt et indiquer si les diodes électroluminescentes vont éclairer pendant toute la durée du soubresaut.

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

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Puissance instantanée consommée par chaque lampe en fonction du temps $p = f(t)$

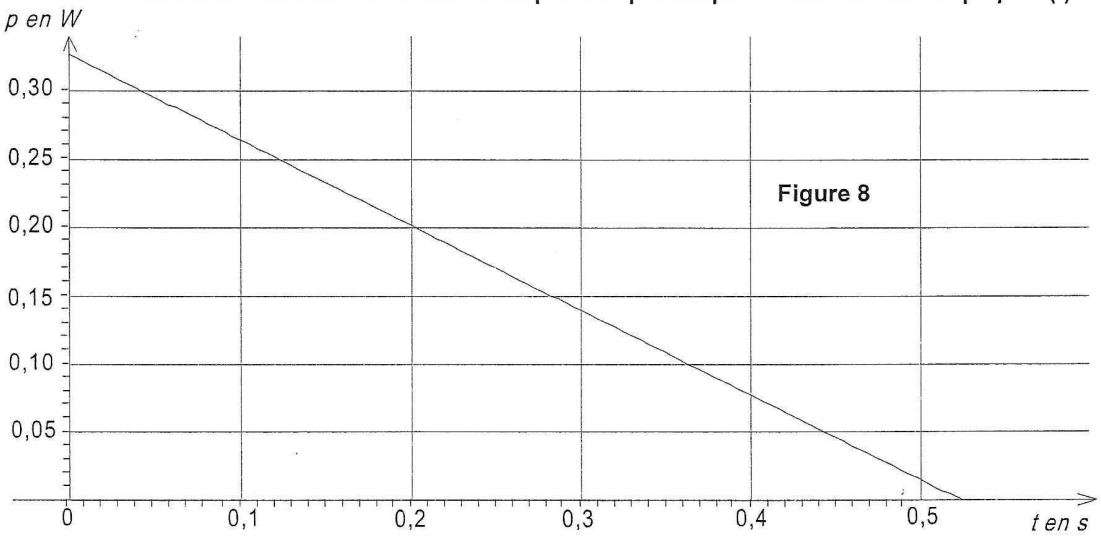


Figure 8

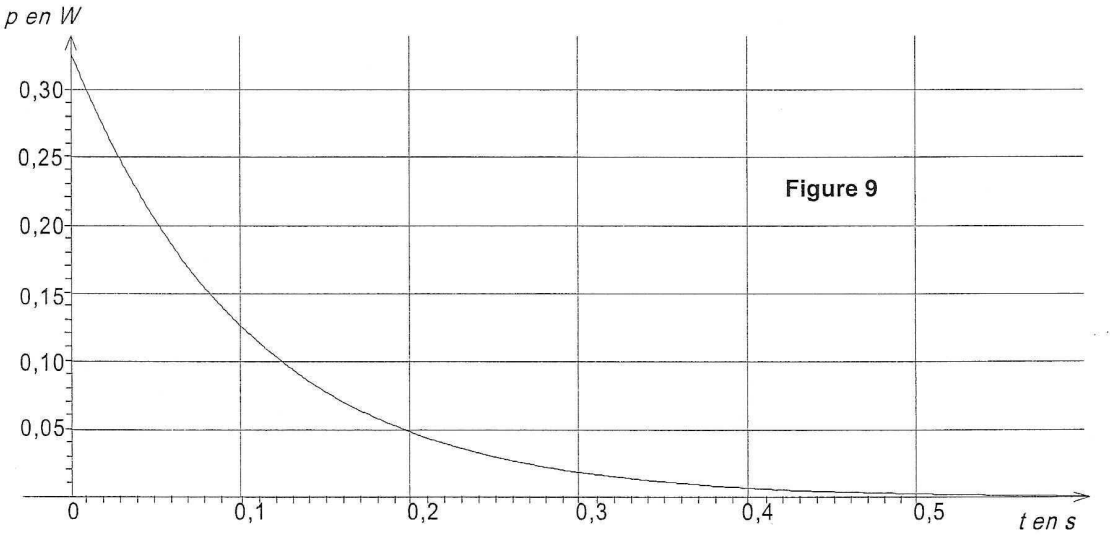


Figure 9

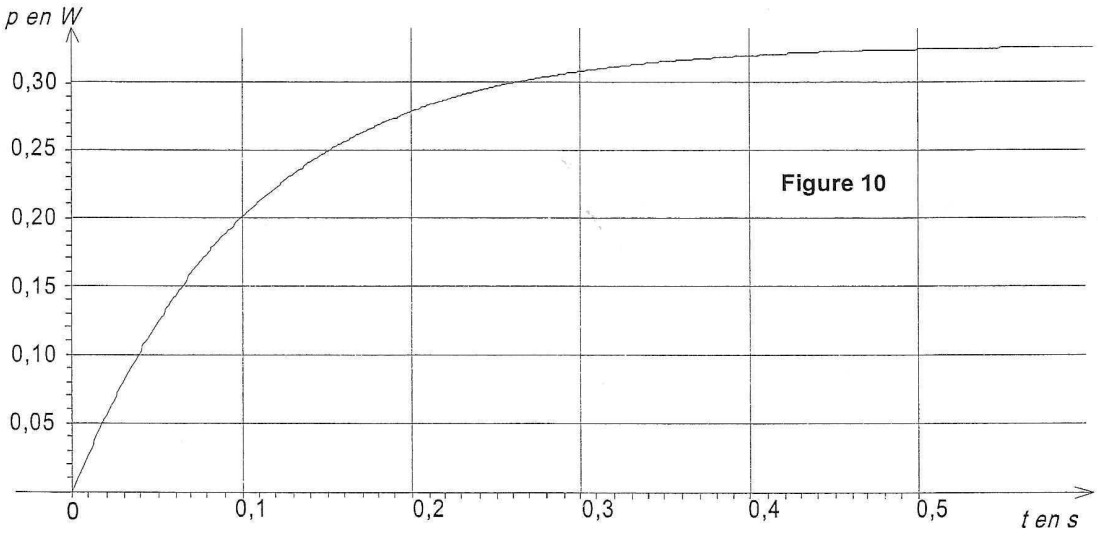


Figure 10

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. UNE ASTUCE CULINAIRE (4 points)

«Quoi, il est pas frais mon poisson ?» Cetautomatix, le forgeron du village d'Astérix et d'Obélix, adore mettre en cause la fraîcheur des produits du poissonnier Ordralfabetix. La raison ? Une odeur. Mais pas n'importe laquelle. L'odeur de poisson avarié fait partie de ces effluves nauséabonds et tenaces que l'on frémit de rencontrer.
Les substances chimiques responsables de la mauvaise odeur du poisson sont des composés azotés, les amines, comme la triméthylamine de formule $(CH_3)_3N$. Celle-ci est produite à la mort du poisson lors de la décomposition des protéines de l'animal par des bactéries.
Les « recettes de grand-mère » ne manquent pas pour atténuer ou se débarrasser des odeurs de poisson. La plupart d'entre elles tournent autour d'ajout de citron ou de vinaigre dans la poêle, la casserole ou sur les mains.

Extraits de « Histoires de Savoir » 27 février 2008
Figaro.fr / Sciences

Dans cet exercice, on s'intéresse tout d'abord au dosage d'un vinaigre à usage culinaire puis au comportement de la triméthylamine dans l'eau et enfin à l'intérêt d'ajouter du vinaigre dans l'eau de cuisson d'un poisson. On admet que l'odeur nauséabonde du poisson ne provient que de la triméthylamine.

Les trois parties sont indépendantes.

Données :
- produit ionique de l'eau à 25 °C : $Ke = 1{,}0 \times 10^{-14}$;
- pKa du couple CH_3COOH (aq) / CH_3COO^- (aq) à 25 °C : $pKa_1 = 4{,}8$;
- ion triméthylammonium / triméthylamine : $(CH_3)_3NH^+$(aq) / $(CH_3)_3N$(aq), qu'on peut noter BH^+(aq) /B(aq) ;
- pKa du couple $(CH_3)_3NH^+$ (aq) / $(CH_3)_3N$ (aq) à 25 °C : $pKa_2 = 9{,}8$.

1. Dosage du vinaigre utilisé en cuisine
Le vinaigre est une solution aqueuse diluée contenant essentiellement de l'acide éthanoïque de formule CH_3COOH.
La solution de vinaigre commerciale, notée S_0, étant trop concentrée, on la dilue 20 fois pour obtenir une solution de vinaigre diluée notée S_1.
On prélève précisément un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de solution diluée S_1 de concentration C_1.
On réalise un dosage conductimétrique de la solution S_1 par une solution titrante d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de concentration $C_b = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

La **figure 12 en page 10** représente la variation de la conductivité de la solution en fonction du volume V_b de solution titrante versé.

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

1.2. Déterminer graphiquement le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

1.3. Définir l'équivalence. En déduire la concentration molaire C_1 en acide éthanoïque dans la solution S_1.
On pourra s'aider éventuellement d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.

1.4. En déduire la concentration molaire C_0 en acide éthanoïque dans la solution commerciale S_0.

2. Comportement de la triméthylamine dans l'eau
On dispose d'un volume $V = 50$ mL d'une solution aqueuse de triméthylamine de concentration molaire apportée $C = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. On mesure le pH de cette solution. Le pH-mètre indique 10,9.
L'équation de la réaction entre la triméthylamine et l'eau est :

$$(CH_3)_3N\ (aq) + H_2O\ (\ell) = (CH_3)_3NH^+\ (aq) + HO^-\ (aq)$$

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. Déterminer, à l'équilibre, la concentration $[H_3O^+]_{éq}$ en ions oxonium dans la solution à 25°C.
En déduire, à l'équilibre, la concentration $[HO^-]_{éq}$ et la quantité de matière $n(HO^-)_{éq}$ des ions hydroxyde dans la solution.

2.2. Calculer la quantité de matière n_0 apportée en triméthylamine.

2.3. Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système donné sur la **FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 11.**

2.4. En déduire l'avancement final x_f et l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

2.5. Calculer le taux d'avancement final τ de la réaction. La transformation est-elle totale ?

2.6. Montrer que le rapport $\dfrac{[(CH_3)_3NH^+]_{éq}}{[(CH_3)_3N]_{éq}}$ est égal à $\dfrac{x_f}{n_0 - x_f}$ et le calculer.

3. Intérêt d'ajouter du vinaigre à l'eau de cuisson du poisson

On ajoute du vinaigre à la solution aqueuse de triméthylamine. Le pH de la solution vaut alors 6,5.
L'équation de la réaction entre la triméthylamine et l'acide éthanoïque s'écrit :

$$(CH_3)_3N\ (aq) + CH_3COOH\ (aq) = (CH_3)_3NH^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$$

3.1. Donner l'expression littérale de la constante d'acidité Ka_2 du couple $(CH_3)_3NH^+$ (aq) / $(CH_3)_3N$ (aq).
En déduire l'expression du rapport $\dfrac{[(CH_3)_3NH^+]_{éq}}{[(CH_3)_3N]_{éq}}$ en fonction de pKa_2 et de pH.

3.2. Calculer la valeur de ce rapport.

3.3. Quel intérêt présente l'ajout de vinaigre à l'eau de cuisson d'un poisson ?

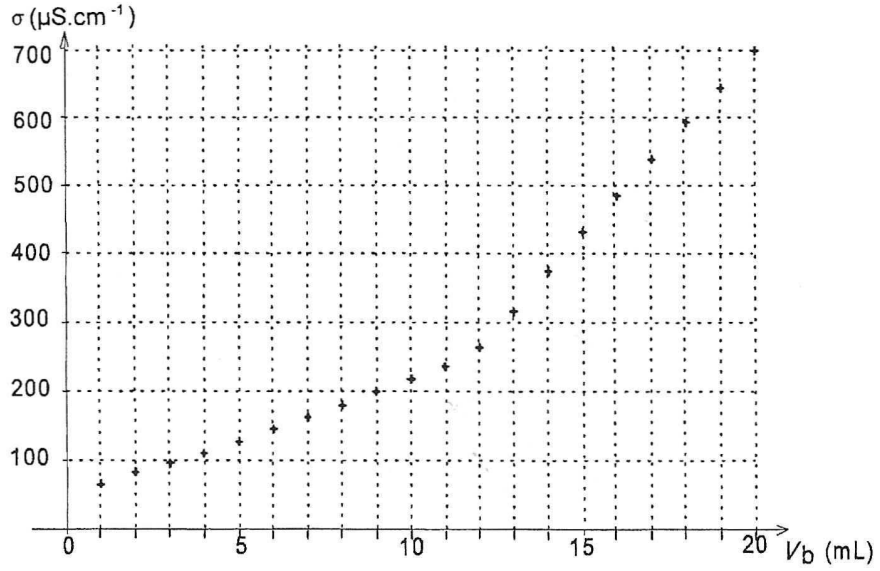


Figure 12. Variation de la conductivité de la solution en fonction du volume V_b de solution titrante versée

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

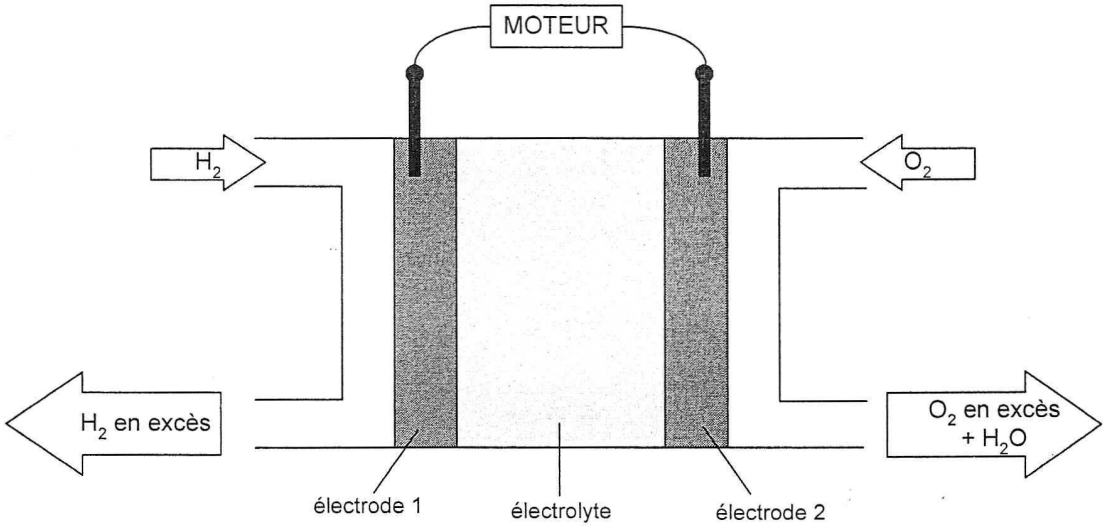


Figure 2. Schéma de la pile

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Équation de la réaction		$(CH_3)_3N$ (aq) + H_2O (ℓ) = $(CH_3)_3NH^+$(aq) + HO^-(aq)			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0				
Au cours de la transformation	x				
État final	x_f				
État final en supposant la transformation totale	x_{max}				

Figure 13. Tableau descriptif de l'évolution du système

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer