BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Obligatoire

SESSION 2003

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 - Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 1 exercice de PHYSIQUE et 2 exercices de CHIMIE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte deux annexes.

Le candidat doit traiter les 3 exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

I. Les ondes sismiques
II. La pile à combustible. (**Annexe à rendre avec la copie**)
III. Réactions acido-basiques (**Annexe à rendre avec la copie**)

3PYOSG11

Exercice n°1 : (9,5 points)

LES ONDES SISMIQUES

Les parties A et B sont indépendantes.

Partie A: Étude d'un séisme .

Lors d'un séisme, la Terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures, qui occasionnent des secousses plus ou moins violentes et destructrices en surface.
On distingue:
- les **ondes P**, les plus rapides, se propageant dans les solides et les liquides.
- les **ondes S**, moins rapides, ne se propageant que dans les solides.

L'enregistrement de ces ondes par des sismographes à la surface de la Terre permettent de déterminer l'épicentre du séisme (lieu de naissance de la perturbation).
Les schémas A et B modélisent la progression des ondes sismiques dans une couche terrestre.

A.1. Les ondes P, appelées aussi ondes de compression, sont des ondes longitudinales.
Les ondes S, appelées aussi ondes de cisaillement, sont des ondes transversales.

A.1.1 Définir une onde transversale.
A.1.2 Indiquer le schéma correspondant à chaque type d'onde.

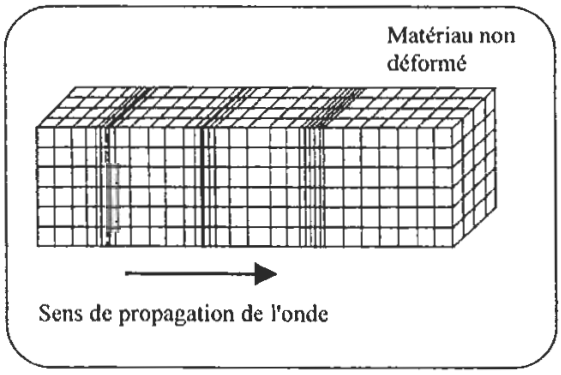


Schéma A

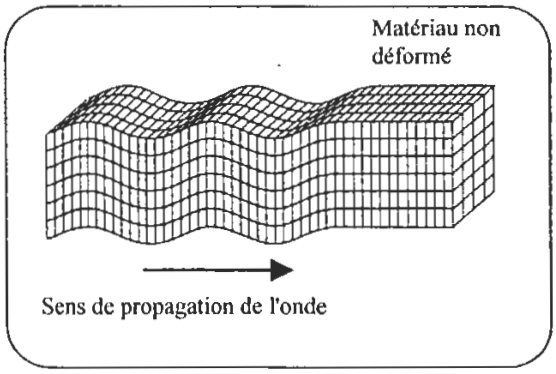
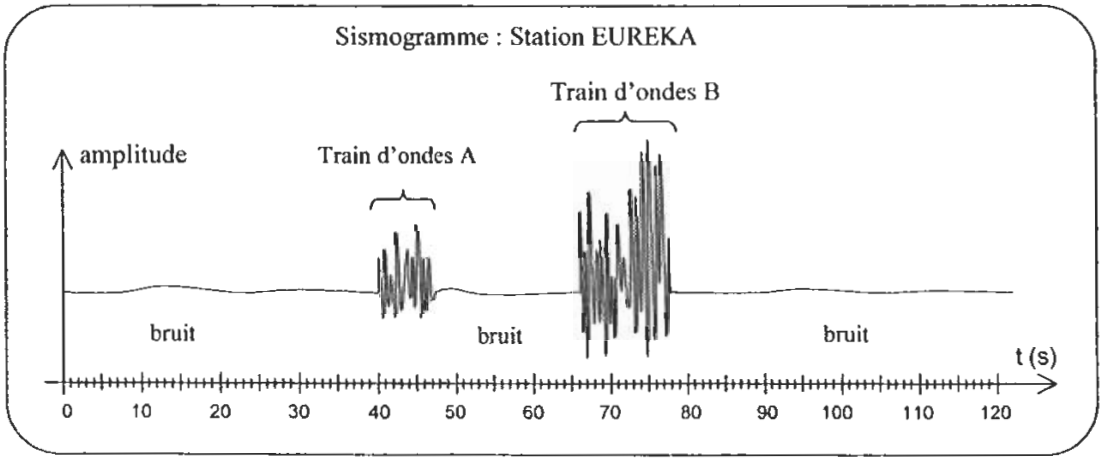


Schéma B

A.2. Un séisme s'est produit à San Francisco (Californie) en 1989.

Le document ci-dessous présente le sismogramme obtenu, lors de ce séisme à la station EUREKA



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Le sismogramme a été enregistré à Eureka, station sismique située au nord de la Californie. L'origine du repère (t = 0 s) a été choisie à la date du début du séisme à San Francisco.

Le sismogramme présente deux trains d'ondes repérés par A et B.

A.2.1 À quel type d'onde (S ou P) correspond chaque train ?
Justifier votre réponse à l'aide du texte d'introduction.

A.2.2 Sachant que le début du séisme a été détecté à Eureka à 8 h 15 min 20 s TU (Temps Universel), déterminer l'heure TU (h ; min ; s) à laquelle le séisme s'est déclenché à l'épicentre.

A.2.3 Sachant que les ondes P se propagent à une célérité moyenne de 10 $km.s^{-1}$, calculer la distance séparant l'épicentre du séisme de la station Eureka.

A.2.4 Calculer la célérité moyenne des ondes S.

Partie B : oscillateur mécanique susceptible d'être excité par une onde sismique longitudinale.

L'onde sismique longitudinale est modélisée par une onde sinusoïdale d'amplitude A_s et de période T_s qui se propage suivant une direction horizontale.
On peut considérer que cette onde agit sur un oscillateur mécanique horizontal et provoque des oscillations horizontales d'amplitude A et de période T.
On cherche à savoir comment l'amplitude A_s et la période T_s de l'onde sinusoïdale vont agir sur l'amplitude et la période des oscillations de l'oscillateur mécanique.

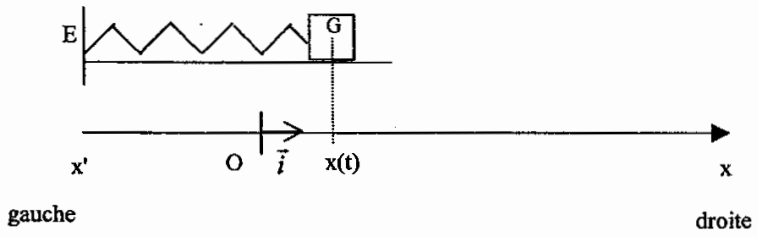
On étudie le comportement de l'oscillateur horizontal dans différentes situations.

B.1 Oscillateur libre :

L'oscillateur mécanique horizontal est constitué d'un ressort de constante de raideur k et d'un solide de masse m. La masse du ressort est négligeable devant la masse m du solide.

L'extrémité E du ressort est fixe. L'autre extrémité est accrochée au solide.
L'ensemble se déplace sur une surface plane et horizontale comme schématisé ci- dessous :

Schéma de l'oscillateur horizontal en mouvement.



Le centre d'inertie G du solide est repéré sur un axe horizontal x'x d'origine O par l'abscisse x(t).
Le point d'origine O correspond à la projection de la position de G à l'équilibre du système solide – ressort au repos.
Tous les frottements sont négligés.
Dans ces conditions, on détermine le mouvement du solide.

B.1.1 Donner le nom des forces qui s'exercent sur le solide lorsqu'il occupe sa position d'équilibre. Faire un schéma illustrant la réponse.

B.1.2 Le système étant mis en oscillation, donner le nom des forces qui s'exercent sur le solide à un instant t, date à laquelle l'élongation du centre d'inertie est x(t). Faire un schéma illustrant la réponse en considérant $x(t) > 0$.

B.1.3 En appliquant la deuxième loi de Newton au solide, écrire l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

La solution de l'équation différentielle est de la forme : $x(t) = x_{max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \phi_0\right)$ et correspond au mouvement du centre d'inertie de l'oscillateur.

B.1.4 Donner le nom, la signification et l'unité des grandeurs dans le système d'unités internationales (SI) qui interviennent dans cette équation : x_{max}, T_0, t et ϕ_0 .

B.1.5 Donner l'expression de la période propre de l'oscillateur en fonction de la constante de raideur k et de la masse m.

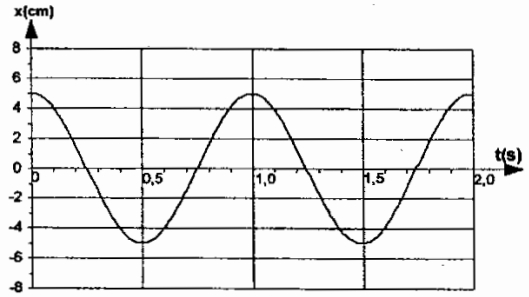
B.2 Pour étudier les facteurs qui pourraient influer sur la période de l'oscillateur, on réalise plusieurs expériences.

Expérience 1 : m = 250 g et k = 10 $N.m^{-1}$
On écarte l'oscillateur de 5 cm vers la droite et à l'instant t = 0, on le lâche sans vitesse initiale. Un système d'acquisition permet d'enregistrer la courbe x(t). Celle-ci est reportée sur le graphe 1.

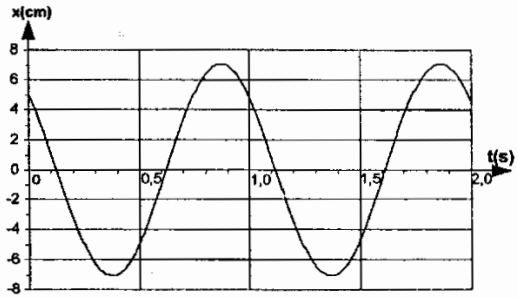
Expérience 2 : m = 250 g et k = 10 $N.m^{-1}$
On écarte l'oscillateur de 5 cm vers la droite et à l'instant t = 0, on le lance vers la gauche avec une vitesse initiale non nulle. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe x(t). Celle-ci est reportée sur le graphe 2.

Expérience 3 : m = 250 g et k = 10 $N.m^{-1}$
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant t = 0, on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe x(t).
Celle-ci est reportée sur le graphe 3.

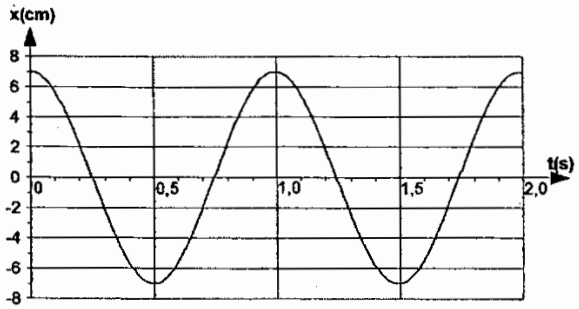
Graphe 1
$x_0(1) = 5$ cm, $v_0(1) = 0$



Graphe 2
$x_0(2) = 5$ cm, $v_0(2) < 0$



Graphe 3
$x_0(3)$, $v_0(3)$ à déterminer



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Questions :

B.2.1 La période des oscillations déterminée graphiquement pour les expériences 1, 2 et 3 est d'environ 1 s. Vérifier par le calcul la valeur de T_0.

B.2.2 Les conditions initiales (x_0 et v_0) pour les expériences 1 et 2 étant données, déterminer celles de l'expérience 3, notées $x_0(3)$ et $v_0(3)$.

B.2.3 La période de l'oscillateur dépend-elle des conditions initiales de mise en oscillation ? Justifier votre réponse avec les graphes.

B.2.4 Pour chacune des expériences 1, 2 et 3 précédentes, déterminer graphiquement l'amplitude des oscillations.

En utilisant les conditions initiales indiquées ou déterminées à la question B.2.2. pour ces 3 expériences :

B.2.4.1 Préciser si l'amplitude dépend de la vitesse initiale.

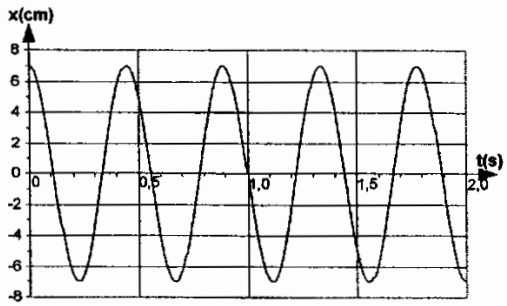
B.2.4.2 Préciser si l'amplitude dépend de l'élongation initiale.

B.3. Pour étudier les facteurs qui pourraient influer sur l'amplitude du mouvement de l'oscillateur, on réalise de nouvelles expériences.

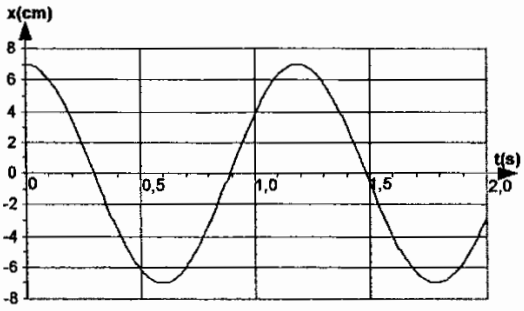
Expérience 4 : On modifie la masse, m = 50 g et k = 10 $N.m^{-1}$
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant t = 0, on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe x(t).
Celle-ci est reportée sur le graphe 4.

Expérience 5 : m = 250 g , on modifie la constante de raideur k = 7 $N.m^{-1}$
On écarte l'oscillateur de 7 cm vers la droite et à l'instant t = 0, on le lâche sans vitesse initiale. Le système d'acquisition permet d'enregistrer une nouvelle courbe x(t).
Celle-ci est reportée sur le graphe 5.

Graphe 4



Graphe 5



Question :

Pour chacune des expériences 4 et 5 l'amplitude des oscillations est de 7 cm. Déterminer graphiquement la valeur de la période de l'oscillateur pour chaque expérience.
L'amplitude des oscillations dépend-elle de la période de l'oscillateur ?

B.4 Oscillateur élastique soumis à des oscillations forcées :

L'oscillateur élastique est soumis à des oscillations provoquées par un système extérieur appelé excitateur. L'excitateur oscille avec une période T_E et une amplitude A_E .

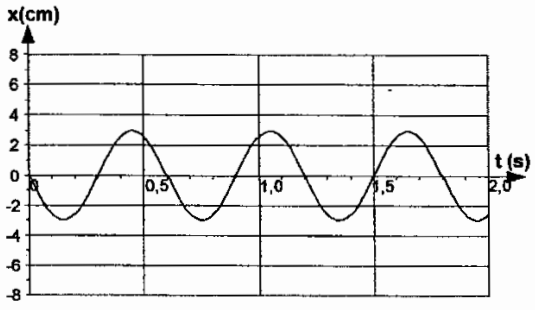
On considère l'oscillateur élastique constitué du solide de masse m = 250 g et du ressort de constante de raideur $k = 10\ N.m^{-1}$.
Après un régime transitoire, l'oscillateur atteint un régime d'oscillations sinusoïdales de période T.
Pour étudier les facteurs qui influent sur la période et l'amplitude on réalise trois autres expériences.

Expérience 6 : période de l'excitateur $T_E = 0{,}60$ s , amplitude de l'excitateur $A_E = 5$ cm.
Après le régime transitoire, le système d'acquisition permet d'enregistrer pour l'oscillateur élastique une nouvelle courbe x(t). Celle-ci est reportée sur le graphe 6.

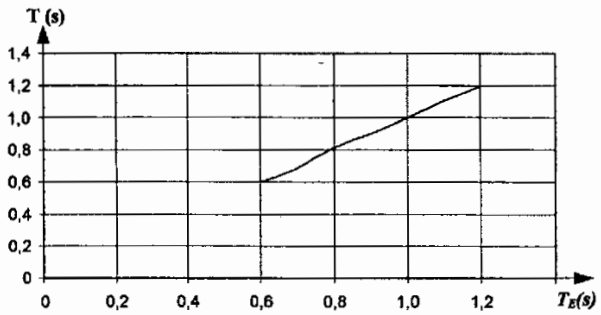
Expérience 7 : On modifie la période de l'excitateur ; on conserve l'amplitude A_E . Après le régime transitoire on mesure la période de l'oscillateur élastique en fonction de la période de l'excitateur. On obtient le graphe 7 : $T = f(T_E)$.

Expérience 8 : On modifie la période de l'excitateur , on conserve l'amplitude A_E. On mesure l'amplitude de l'oscillateur élastique en fonction de la période de l'excitateur.
On obtient le graphe 8 : $x_{max} = f(T_E)$.

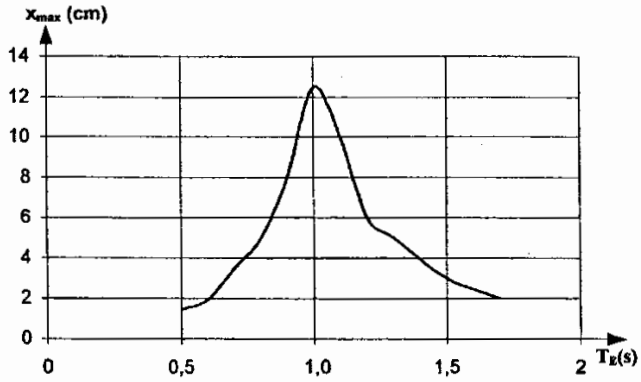
Graphe 6



Graphe 7



Graphe 8



Questions :

B.4.1 En utilisant le graphe 6, déterminer l'amplitude x_{max} et la période T de l'oscillateur élastique. Comparer ces valeurs respectivement à A_E et T_E .

B.4.2 Quel renseignement sur la période de l'oscillateur élastique nous donne le graphe de l'expérience 7 ? Justifier en utilisant ce graphe.

B.4.3 Quel phénomène le graphe de l'expérience 8 met-il en évidence ? Évaluer graphiquement la période caractéristique T_R de ce phénomène. Comparer à la période propre T_0 de l'oscillateur élastique calculée à la question 2.1.

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

B.5. Oscillateur soumis à une onde sismique longitudinale.

L'onde sismique longitudinale est assimilée à une excitation sinusoïdale de période constante T_S et d'amplitude constante A_S.

B.5.1. L'oscillateur est dans le plan horizontal. Pour que l'excitation de l'oscillateur soit maximale, quelle doit être la direction privilégiée de l'onde sismique longitudinale ?

B.5.2 L'oscillateur est soumis à l'onde sismique de période T_S et d'amplitude A_S.

B.5.2.1 Après le régime transitoire, quelle sera la période T des oscillations de l'oscillateur soumis à l'onde sismique de période T_S ?

B.5.2.2. En utilisant le graphe de l'expérience 8, que peut-on dire de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur pour une même amplitude A_S de l'onde sismique :

a) si la période de l'onde sismique est égale à la période propre de l'oscillateur ?

b) si la période de l'onde sismique est supérieure ou inférieure à la période propre de l'oscillateur ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice n°2 : (2,5 points)

LA PILE À COMBUSTIBLE

Le principe des piles à combustible a été découvert par l'électrochimiste William Grove en 1839, mais leur utilisation réelle ne date que des années 1960, à l'occasion des programmes spatiaux de la NASA.

Ces piles alimentaient en électricité les ordinateurs de bord des vaisseaux Gemini et Appolo et fournissaient l'eau de consommation.

En effet, par comparaison aux piles salines et alcalines, les piles à combustible, type hydrogène-oxygène, présentent deux avantages : faire appel à des réactifs (dioxygène de l'air et dihydrogène) disponibles en grande quantité et être non polluantes car libérant de l'eau.

Le principe de fonctionnement est simple : la cellule de réaction est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte (exemple : l'acide phosphorique H_3PO_4). Elle est alimentée en dihydrogène et en dioxygène en continu.

Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau des électrodes.

Données:

Masses molaires atomiques : $M(H) = 1,0\ g.mol^{-1}$
$M(O) = 16,0\ g.mol^{-1}$

Constante d'Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}\ C$

Faraday: $1\ F = 96500\ C.mol^{-1}$

1. Schéma de la pile à combustible

1.1 Quelle est la nature des porteurs de charges à l'extérieur de la pile ?

1.2 Légender le schéma de la pile (voir annexe N°1) en indiquant le sens conventionnel de circulation du courant électrique I et le sens de circulation des porteurs de charges, à l'extérieur de la pile (en ajoutant des flèches bien orientées). **(L'annexe complétée sera rendue avec la copie)**

2. Les couples d'oxydoréduction mis en jeu dans la réaction sont : $H^+_{(aq)}$ / $H_{2(g)}$ et $O_{2(g)}$/ $H_2O_{(l)}$

2.1 Écrire les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu, quand la pile débite.

2.2 En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu dans la cellule de réaction.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 8 / 13

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

3. Le réactif qui est réduit est appelé le "combustible" de la pile.

3.1 Parmi les espèces chimiques présentes dans les couples, laquelle constitue le combustible ? Justifier la réponse en définissant la réaction de réduction.

3.2 Préciser le nom de l'électrode où se produit la réduction. Cette électrode est-elle le pôle positif ou négatif de la pile ?

4. Dans un véhicule motorisé fonctionnant grâce à une pile à combustible, on estime à 1,5 kg la masse de dihydrogène nécessaire pour parcourir 250 km.

4.1 Calculer la quantité de matière de dihydrogène $n(H_2)$ correspondant à cette masse, puis le volume de dihydrogène $V(H_2)$ en mètre-cube (m^3), dans les conditions où le volume molaire V_m est égal à 24 $L.mol^{-1}$.

4.2 Justifier le fait que les piles à combustible ne soient pas encore utilisées dans les voitures, en utilisant la réponse à la question 4.1.

4.3 Rappelons la loi des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$ avec :

P (pression du gaz) ; V (volume du gaz) ; n (quantité de matière de gaz) ;

R (constante des gaz parfaits) ; T (température du gaz) .

Proposer un moyen de réduire l'espace occupé par ce gaz, à température ambiante, pour la quantité de matière n de gaz calculée précédemment. Justifier la réponse à l'aide de la loi précédente.

5. Dans la navette spatiale, les piles à combustible débitent un courant d'intensité I = 200 A.

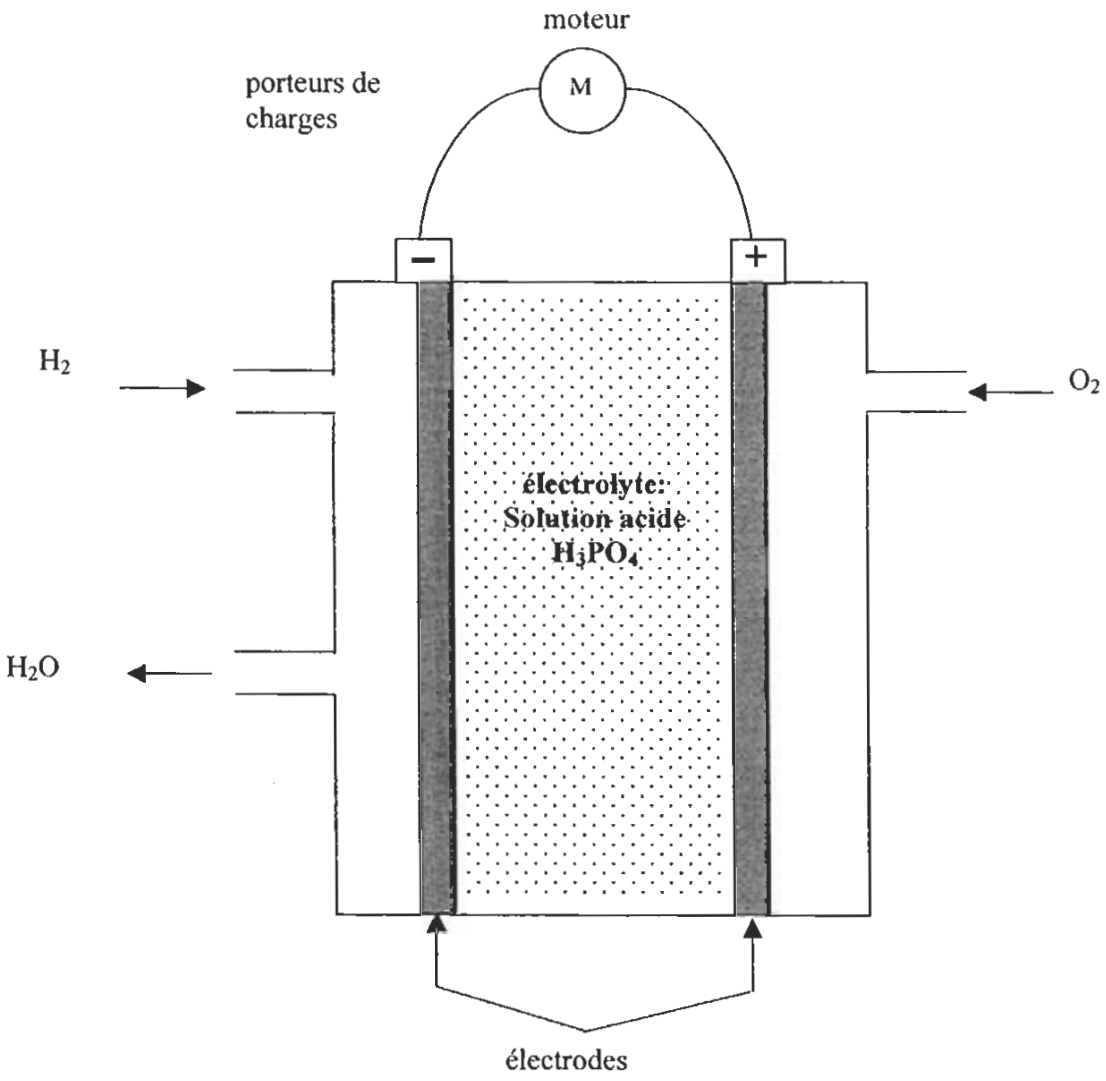
5.1 Calculer la charge électrique Q libérée en 24 heures.

5.1 En déduire la quantité de matière n_p des porteurs de charge, ayant circulé dans le circuit de la navette, pendant 24 heures et la quantité de matière $n(H_2)$ de dihydrogène consommée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Annexe 1 : À rendre avec la copie

Schéma de la pile à combustible.



3PYOSG11

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

Exercice n°3 (4 points)

RÉACTIONS ACIDO-BASIQUES

1. Identification d'un indicateur coloré.

On dispose d'un flacon d'indicateur coloré avec comme seule indication sa concentration molaire :
$C_0 = 2{,}90.10^{-4}$ mol.L^{-1}
On mesure son pH : 4,18.
On en déduit la concentration molaire en ions oxonium $[H_3O^+] = 6{,}6.10^{-5}$ mol.L^{-1}.
Le couple acide/base présent dans cet indicateur coloré sera noté HInd/Ind$^-$.
La solution d'indicateur coloré a été préparée à partir de la forme acide de l'indicateur : HInd.

L'équation de la réaction entre HInd et l'eau est : $HInd + H_2O = Ind^- + H_3O^+$

1.1 En considérant un volume V=100 mL de solution d'indicateur, déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HInd avec l'eau.
Cet acide est-il totalement dissocié dans l'eau ? Justifier votre réponse.

1.2 Donner l'expression littérale de la constante d'acidité K_A de la réaction de l'acide HInd sur l'eau.

1.3 Les concentrations à l'équilibre permettent de calculer la constante d'acidité de la réaction :
$K_A = 1{,}9.10^{-5}$.
Sachant que $pK_A = -\log K_A$, calculer le pK_A du couple HInd/Ind$^-$ et identifier l'indicateur à l'aide des données du tableau suivant :

Indicateur	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique	pK_A
Hélianthine	Jaune orangé	3,1 – 4,4	rouge	3,7
Vert de Bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu	4,7
Bleu de Bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu	7,0
Phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	fuschia	9,4

2. Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée.

Dans le laboratoire d'un lycée, on dispose d'un flacon d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée où est notée sur l'étiquette l'indication suivante :

33% minimum en masse d'acide chlorhydrique.

On appellera cette solution S_0.
On veut connaître la concentration molaire c_0 de cette solution.

Première étape :
On dilue 1000 fois la solution S_0. On obtient alors une solution S_1 de concentration C_1.

Deuxième étape :
On prélève précisément un volume V_1=100,0 mL de solution S_1.
On dose par conductimétrie la solution S_1 par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1{,}00.10^{-1}$mol.L^{-1}. La représentation graphique de la conductance de la solution en fonction du volume V de solution titrante versé est donnée dans l'annexe 2, document n°1.

2.1 On ajoute la solution d'hydroxyde de sodium pour doser la solution S_1.
Écrire l'équation de la réaction acido-basique.

2.2 Déterminer graphiquement, sur le document n°1 de l'annexe 2, le volume versé V_E à l'équivalence.

2.3 A l'équivalence, écrire la relation existant entre C_1, C_B, V_E et V_1 et calculer la concentration molaire C_1 de la solution d'acide chlorhydrique diluée S_1.

2.4 En déduire la concentration molaire C_0 de la solution d'acide chlorhydrique concentrée S_0.

2.5 Calculer la masse m_0 d'acide chlorhydrique HCl dissous dans un litre de solution.
On donne la masse molaire de l'acide chlorhydrique $M(HCl) = 36,5\ g.mol^{-1}$.

La solution S_0 a une masse volumique $\rho_0 = 1160\ g.L^{-1}$.
Le pourcentage massique de la solution S_0 représente la masse d'acide chlorhydrique dissous dans 100 g de solution.

2.6 Quelle est la masse m d'un litre de solution S_0 ?

2.7 Calculer le pourcentage massique de la solution S_0. L'indication de l'étiquette du flacon de solution d'acide chlorhydrique concentrée est-elle correcte ?

Une simulation du dosage par suivi pH-métrique de la solution S_1 est donnée dans l'annexe 2, document n°2.

2.8 Sur le document n°2, indiquer la zone de virage de l'indicateur identifié à la question 1.3. En utilisant cet indicateur pour le dosage de la solution S_1, décrire le changement de couleur observé.

2.9 Dans la liste donnée à la question 1.3, y-a-t-il un indicateur coloré mieux adapté pour repérer l'équivalence du dosage ? Justifiez votre réponse.

Attention : L'annexe 2 est à rendre avec votre copie.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

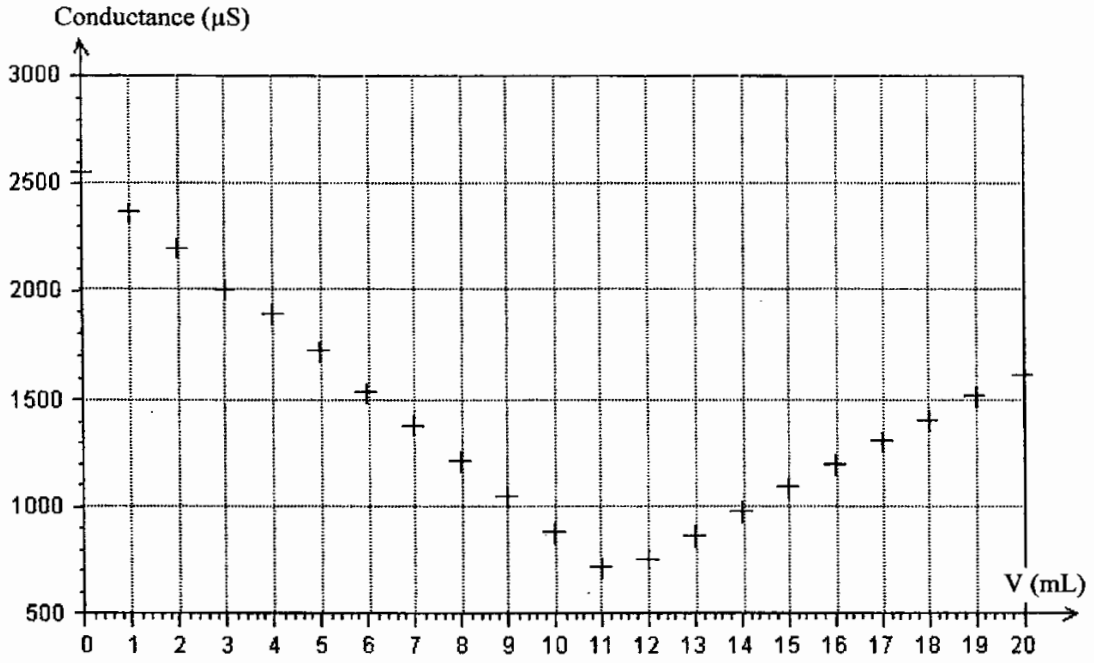
Page 12 / 13

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

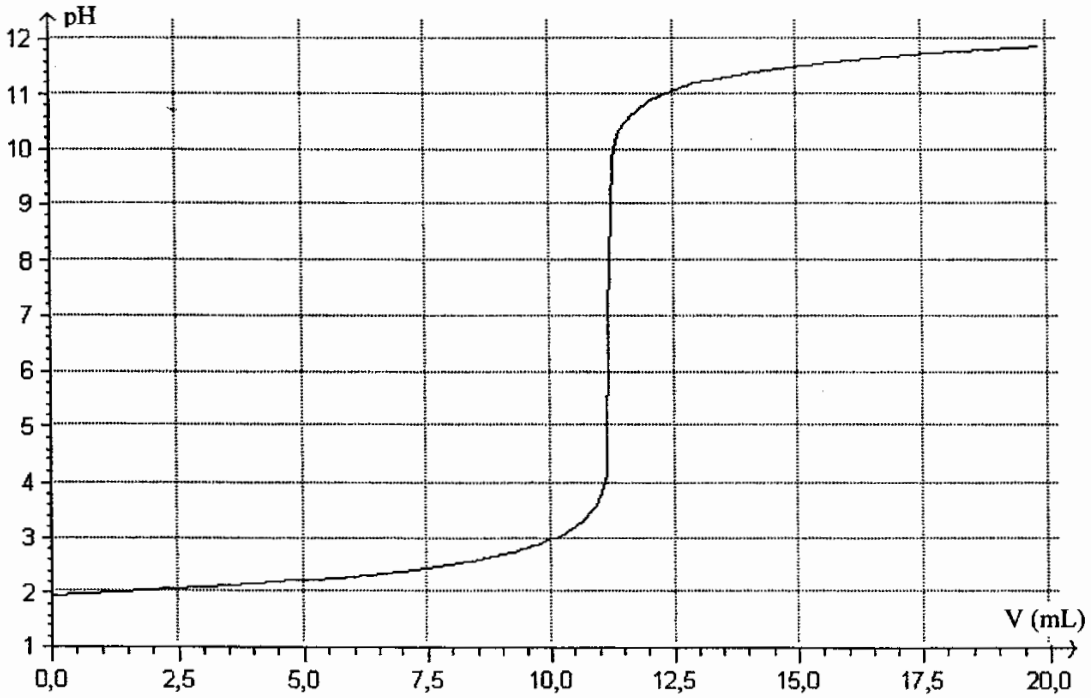
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Annexe 2 : À rendre avec la copie

Document n°1 : Dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique S_1 par conductimétrie



Document n°2 : Simulation du dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique S_1 par pH-métrie



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 13 / 13

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer