

CLASSES DE PREMIERESSCIENCES PHYSIQUES**THEME : TRANSFORMATIONS D'ÉNERGIE****TEXTE INTRODUCTIF.**

L'énergie est indispensable à la plupart des activités humaines. Elle est utilisée principalement sous trois différentes formes finales : la chaleur (pour l'industrie et le chauffage des locaux), la force électromotrice fixe ou variable (l'électricité pour l'éclairage, le froid, l'électroménager, les moteurs et certains procédés industriels), la force motrice mobile (pour les transports : automobiles, trains, avions ...). Plusieurs sources énergétiques peuvent être utilisées : les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon), l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables (éolienne, solaire, hydraulique, géothermique, biomasse). Elles présentent des caractéristiques propres qui les rendent plus ou moins aptes à remplir les différents services qu'on attend de l'énergie. Par exemple, si le pétrole fournit aisément de la chaleur, de l'électricité et du carburant, il n'en est pas de même pour le charbon qui ne fournit pas de carburant. De même dans l'état actuel des connaissances et des techniques, le nucléaire, l'éolien ou le photovoltaïque ne fournissent que des services électriques...

Dans la plupart des pays en voie de développement l'accès aux services énergétiques les plus élémentaires (éclairage, cuisson, conservation des aliments, chauffage...) n'est pas assuré.

L'accès aux services énergétiques est un enjeu majeur dans le développement des sociétés. Or, la croissance des activités dévoreuses d'énergie au Nord et dans les pays émergents, et le gaspillage dans les pays riches, posent deux problèmes majeurs : l'épuisement des ressources énergétiques les plus faciles d'accès et les plus faciles à transformer (en particulier le pétrole) et corrélativement, le problème de l'équilibre environnemental, menacé par l'accroissement rapide des émissions de gaz à effet de serre, (GES) : gaz carbonique, méthane, et oxydes d'azote etc.. majoritairement responsables du renforcement de cet effet et donc du réchauffement climatique.

Dans les années 70, la crise pétrolière a mis en lumière la vulnérabilité des pays industrialisés dont le développement est essentiellement basé sur les énergies fossiles, notamment le pétrole.

La crainte de la pénurie a poussé les pays industrialisés à mettre en place des programmes de production d'énergie nucléaire. Cependant, l'utilisation du nucléaire suscite des inquiétudes et fait l'objet de débats, relancés depuis 2011 suite à l'accident nucléaire de Fukushima au Japon.

Les Etats-Unis et le Canada exploitent également des hydrocarbures non conventionnels (huiles lourdes issues de gisements de sable asphaltique, de schistes bitumeux, gaz de schiste) qui suscitent de nombreuses critiques. Ce type d'extraction qui tend à se répandre depuis les années 2000 dans les pays industrialisés, se fait au prix d'un important impact sur l'environnement. Ces procédés utilisent beaucoup d'énergie et de l'eau et occasionnent des rejets importants des Gaz à Effet de Serre (GES) et des risques de pollution des sols, des nappes phréatiques...).

Ces constatations ont conduit à un accroissement des recherches vers les énergies dites renouvelables qui utilisent des flux quasi inépuisables d'énergie d'origine naturelle et qui sont peu polluantes.

Partie A. Questions sur le texte

1.1 Quelles sont les sources énergétiques qui sont responsables majoritairement de l'émission de gaz à effet de serre (GES) ?

Quels sont les impacts sur l'environnement de ces gaz ?

1.2 Citer trois domaines prioritaires d'utilisation d'énergie dans les pays en développement.

1.3 Quelles sont les différentes formes finales de l'énergie ?

1.4 Quels sont les problèmes qui ont encouragé l'exploitation des énergies renouvelables. Citer deux sources d'énergie renouvelable.

1.5 Comment sont appelés les hydrocarbures non conventionnels utilisés par les Etats-Unis et le Canada ?

Partie B : Energie mécanique**B.1 Energie cinétique**

B.1.1 Donner l'expression, de l'énergie cinétique d'un corps de masse m et se déplaçant à une vitesse v . L'exprimer en fonction de la quantité de mouvement d'une particule.

B.1.2 Un corps A ponctuel de masse $m = 100$ g se déplace à la vitesse $v = 2$ m.s⁻¹ dans un référentiel (R), ce même référentiel est en translation rectiligne uniforme avec une vitesse $u = 1$ m/s par rapport à un référentiel (R₀). Les deux vecteurs vitesses ont même direction et même sens.

B.1.2.1 Calculer l'énergie cinétique de A dans le référentiel (R).

- B.1.2.2 calculer l'énergie cinétique de A dans le référentiel (R_0).
- B.1.2.3 Peut-on dire que l'énergie cinétique d'un corps est indépendante du référentiel d'étude ?
- B.1.3 On s'intéresse maintenant au mouvement du corps A se déplaçant dans le référentiel (R) à la vitesse $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$. Il remonte une pente rectiligne de 10%.
- B.1.3.1 Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le corps et les représentés sur un schéma.
- B.1.3.2 La pente du plan incliné est lisse, déterminer la hauteur maximale de remonter de A.
- B.1.3.3 Déterminer la hauteur maximale de remonter de A si on suppose que le corps A est soumis à une force de frottement d'intensité f constante = 1 N.
- B.1.4 Un cylindre homogène de masse μ et de rayon R, est mis en rotation uniforme autour d'un axe (Δ) passant par son axe principal de symétrie (figure 1), avec une vitesse angulaire ω .
- B.1.4.1 Donner l'expression de l'énergie cinétique du cylindre par rapport à l'axe puis définir les paramètres qui interviennent dans cette expression.
- B.1.4.2 Le cylindre est freiné par un couple de force et s'immobilise au bout de 3 tours. Donner l'expression du moment du couple de force en fonction des différents paramètres définis à la question précédente. Calculer sa valeur sachant que $\omega = 5 \text{ rad/s}$; $\mu = 1,5 \text{ Kg}$ et $R = 75 \text{ cm}$
- B.1.5 Dans un corps gazeux, l'énergie cinétique moyenne des particules peut être reliée à la température T du gaz en kelvin par la relation $E_C = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}nRT$ où $R = 8,31 \text{ SI}$, est la constante d'état des gaz parfaits ; m est la masse du gaz et v la vitesse moyenne des molécules de gaz.
- B.1.5.1 Pour une demi-mole de gaz d'argon, à la température de 100°C , déterminer la vitesse moyenne des atomes d'argon. Données : masse molaire atomique $M(\text{Ar}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$.
- B.1.5.2 Le gaz est dans une enceinte fermée de volume $V = 4 \text{ L}$, calculer en Pascal, la pression de ce gaz sur les parois intérieures de cette enceinte.
- B.1.5.3 On augmente la température de 20°C en maintenant le volume constant. Déterminer la nouvelle valeur de la pression.



Figure 1

B2 Bilan énergétique d'une voiture automobile

- B.2.1 Lors d'un essai de 15 Km, une voiture automobile a consommé 844 L d'essence.
- B.2.1.1 Calculer la consommation de la voiture en litres de carburant aux 100 Km. La masse volumique du carburant est $0,750 \text{ g/cm}^3$.
- B.2.1.2 Calculer l'énergie chimique Q_0 absorbée au cours de cet essai sachant que le pouvoir calorifique du carburant est $35,5 \text{ MJ/L}$.
- B.2.1.3 Le rendement effectif du moteur est de 30%. Calculer l'énergie mécanique W_0 reçue par la boîte à vitesse.
- B.2.1.4 Le rendement mécanique est égal à 80%. Calculer le travail des forces exercées par les gaz brûlés sur le piston
- B.2.1.5 Le rendement global est égal à 40%. Calculer l'énergie chimique effectivement reçue par le moteur sous forme de chaleur Q_1 lors de la combustion du carburant.
- B.2.1.6 Déterminer les pertes dues au mauvais remplissage de la chambre de combustion et à une combustion incomplète du carburant.
- B.2.1.7 Déterminer l'énergie cédée par chaleur à l'environnement.
- B.2.2 La voiture automobile roule avec une vitesse constante de 100 Km/h sur une pente de 3% sur 15 Km. La masse totale du système est égale à une tonne.
- B.2.2.1 Déterminer l'accroissement d'énergie potentielle du système (voiture +terre) au cours de cet essai de 15 Km.
- B.2.2.2 Déterminer l'énergie transférée par chaleur à l'environnement à cause des divers phénomènes dissipatifs liés au déplacement

Partie C : Energie renouvelable**C.1 Energie hydroélectrique**

L'eau qui dévale des montagnes transporte avec elle l'énergie que la gravité lui a fournie. Une énergie "gratuite" qui peut être utilisée pour faire tourner des turbines et produire de l'électricité : c'est le principe d'une centrale hydroélectrique. Ces centrales utilisent parfois directement l'énergie fournie par le déplacement d'eau de la rivière, mais la puissance disponible dépend alors du débit. La construction d'un barrage permet en revanche d'adapter la production d'électricité à la demande.

CLASSES DE PREMIERES

Le barrage hydroélectrique de Manantali a été construit sur le Bafing, à 90 km au sud-est de Bafoulabé, dans la région de Kayes au Mali. Il est géré par l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS). La production annuelle d'électricité du barrage est de 800 Gwh. Elle est répartie entre le Sénégal (33%), la Mauritanie (15%) et le Mali (52%).

Un lac artificiel de montagne contient $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ d'eau à une altitude $Z_1 = 1\ 250 \text{ m}$. Au pied du barrage à une altitude $Z_2 = 1020 \text{ m}$, une usine hydroélectrique est alimentée par une retenue d'eau. Le débit de l'eau est de $D = 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. On néglige les pertes d'énergie mécanique par les frottements dans les conduites et les turbines.

- C.1.1 Quelle est en joules (J) la production annuelle d'électricité du barrage Manantali.
- C.1.2 Déterminer l'énergie mécanique de l'eau en réserve dans le lac.
- C.1.3 Calculer la variation d'énergie potentielle de la masse m d'eau s'écoulant pendant une seconde dans l'installation entre son départ du barrage à l'altitude Z_1 et son arrivée à l'usine.
- C.1.4 On admet que l'eau ressort des turbines avec une vitesse négligeable par rapport à sa vitesse d'introduction. Calculer la puissance mécanique reçue par l'usine.
- C.1.5 La station hydroélectrique transforme 90% de cette puissance reçue en puissance électrique. Calculer la puissance électrique Pél ainsi transformée.
- C.1.6 Calculer la puissance électrique moyenne du barrage.
- C.1.7 Si le rendement de la station est de 90%, quelle serait la puissance mécanique reçue par l'usine ?

C2 Energie éolienne

Une éolienne est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, laquelle est ensuite transformée en énergie électrique. Les éoliennes produisant de l'électricité sont appelées « aérogénérateurs » (figure 2)

Les hypothèses d'étude sont les suivantes : le vent est assimilé à un écoulement d'air à vitesse constante V en amont de l'éolienne. L'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire M , de composition molaire approximative : 80 % de N_2 ; 20 % de O_2 . La température est supposée constante et égale à T (K).

On souhaite estimer la puissance maximale que l'on peut espérer convertir en puissance électrique avec un aérogénérateur dont la longueur des pales est L .

C.2.1 Rappeler la relation entre la pression P , le volume V , la quantité de matière n , la température T et la constante des gaz parfaits $R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. Comment nomme-t-on cette relation ?

- C.2.2. Déterminer la masse molaire M_{air} de l'air.
- C.2.3 Etablir l'expression de la masse volumique ρ d'un gaz parfait en fonction de P , T , M et R .

Déterminer sa valeur numérique dans le cas de l'air.

$P = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $T = 300 \text{ K}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$; $M(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$

C.2.4 On cherche à exprimer l'énergie cinétique associée au vent, considéré comme un écoulement d'air. Ce dernier étant considéré comme un fluide incompressible c'est-à-dire que sa masse volumique demeure constante et vaut $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

C.2.4.1 Pour cette hypothèse la célérité du son dans l'air a pour expression $C = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$; calculer sa valeur ainsi que celle du nombre de Mach, défini comme $M_{\text{ac}} = \frac{V}{C}$ pour un vent de vitesse $V = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à $T = 300 \text{ K}$. Conclure .On peut supposer qu'un fluide est incompressible si $M_{\text{ac}} \ll 1$.

C.2.4.2 Considérons le disque de rayon L balayé par les pales sur un tour (Figure 3) où la perspective rend le disque ellipsoïdal. Exprimer son aire S .

Si l'on fait abstraction de la modification de l'écoulement due à l'éolienne, exprimer la masse m d'air qui traverse S pendant une durée Δt en fonction de la vitesse v , de ρ , S et Δt . En déduire l'expression du débit massique

$D_m = \frac{m}{\Delta t}$ en fonction de v , S et ρ .



figure 2 : photo d'éoliennes

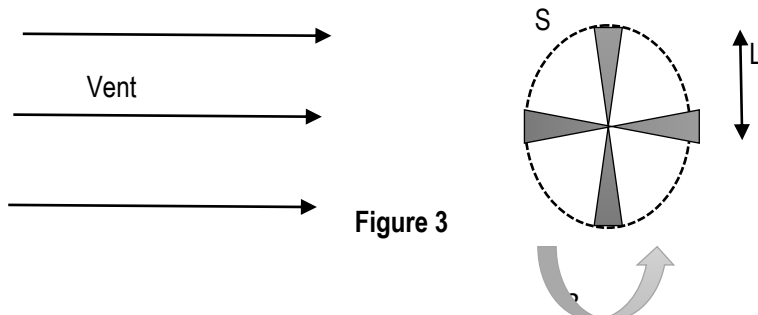


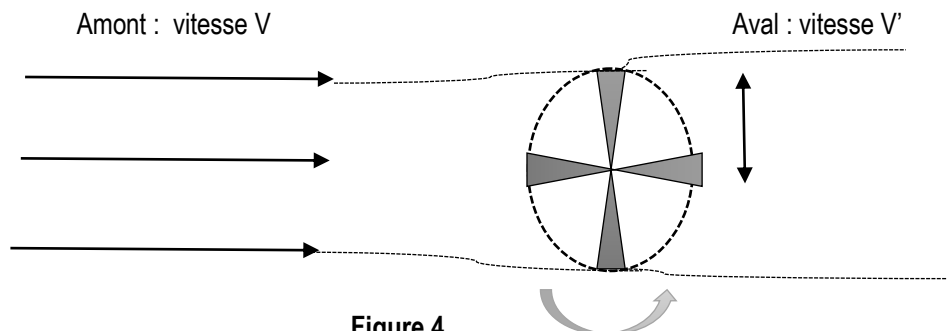
Figure 3

CLASSES DE PREMIERES

C.2.4.3 Donner l'expression de l'énergie cinétique E_c de la masse d'air qui s'écoule à la vitesse V à travers l'éolienne. En déduire l'expression de la puissance moyenne de l'éolienne $P_m = \frac{E_c}{\Delta t}$.

C.2.4.4 Pour les valeurs $L = 39$ m et $V = 10$ m.s⁻¹, calculer la puissance P_m dans le cas de l'air pour les conditions données ci-dessus.

C.2.4.5 En pratique, cette puissance n'est pas récupérable intégralement, puisqu'il y a nécessairement interaction de l'aérogénérateur avec le vent. On examine un modèle simple illustrant ce fait (Voir figure 4) et prenant en compte la déviation des lignes de courant par l'hélice. Si l'on note V' la vitesse du vent en aval de l'éolienne, on peut considérer que toute l'énergie cinétique E_c calculée ci-dessus n'est pas convertie ; l'écoulement de l'air conserve une certaine énergie cinétique E'_c en aval.

**Figure 4**

C.2.4.5.1 Pour une durée Δt , la masse d'air m mise en jeu se conserve entre l'amont et l'aval. Exprimer la différence d'énergie cinétique $\Delta E_c = E'_c - E_c$ en fonction de m , V et V' .

C.2.4.5.2 Le débit d'air D_m est également affecté par la présence de l'éolienne. La relation déterminée ci-dessus entre m , Δt , S et V doit être modifiée. On considérera qu'il suffit de remplacer v par $\frac{V+V'}{2}$: vitesse moyenne entre amont et aval (Hypothèse de Betz).

Etablir alors la relation donnant la puissance P disponible pour la conversion par l'éolienne, en fonction du rapport des vitesses $r = \frac{V'}{V}$ sous la forme : $P = P_m (1 - r^2) (1 + r)$

C.2.4.5.3 Tracer le graphe de P / P_m en fonction de r pour r variant de 0 à 1.

C.2.4.5.4 Déterminer la (ou les) valeur(s) de r donnant P / P_m maximal et la (ou les) valeur(s) correspondante(s) de P / P_m .

C.3 Energie solaire

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire.

La cellule photovoltaïque est un composant électrique qui est la base des installations produisant cette énergie. Elle fonctionne sur un principe analogue à celui de l'effet photoélectrique. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles sur un module solaire photovoltaïque, plusieurs modules sont regroupés pour former une installation solaire. Cette installation produit de l'électricité qui peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution.

Le terme photovoltaïque désigne selon le contexte le phénomène physique - l'effet photovoltaïque - ou la technique associée.

C.3.1 On se propose de calculer la surface de capteurs adaptés à une utilisation. Pour cela, on admet un éclairement de 350 W/m² et un rendement de conversion de l'énergie rayonnante en énergie électrique de 17%.

C.3.1 -1 Calculer la surface minimale des capteurs afin de disposer une puissance suffisante pour faire fonctionner un poste téléviseur de 100 W.

C.3.1 -2 Pourquoi il est nécessaire de stocker l'énergie dans les accumulateurs ?

C.3.1 3 Quelle devrait être la surface d'un tel capteur pour fournir une puissance 900 MW égale à celle d'une centrale nucléaire ? Commenter.

On utilise dans certaines zones l'énergie solaire pour le pompage d'eau d'un puits ou d'un forage. Le système associe le générateur photovoltaïque (conversion de l'énergie solaire en énergie électrique) à une pompe spécialement conçue à cet effet. Le fonctionnement s'effectue grâce au soleil sans batterie. L'eau ainsi pompée peut-être directement utilisée ou stockée dans un réservoir. Le volume journalier d'eau obtenu dépend de l'éclairement du générateur photovoltaïque, de sa surface, de la hauteur de relèvement (profondeur du puits ou du forage) et des caractéristiques du moteur de la pompe.

C.3.1 3 Le débit de la pompe est de 345 L d'eau par heure et l'eau est relevée à une profondeur 61 m.

Calculer dans ce cas la puissance mécanique utile fournie à la pompe.

C.3.1 4 Dans cet état de fonctionnement la tension délivrée à la pompe est de 24 V et l'intensité du courant traversant le circuit

de la pompe est de 3,8 A, Calculer la puissance électrique consommée par la pompe.

C.3.1 5 Calculer le rendement de la pompe.

C.3.1 6 Sachant que le rendement du panneau est l'ordre de 14%, déterminer le rendement global de la chaîne.

Partie D : Energie électrique

D.1 Energie électrique et chimique

L'histoire de l'homme a été marquée par l'évolution des sources d'énergie. En maîtrisant le feu pour chauffer, cuire, éclairer ou travailler les métaux, il a franchi la première marche du contrôle énergétique. L'utilisation de l'énergie animale domestiquée, thermique, chimique, électrique, nucléaire, solaire, éolienne, hydraulique, etc... a permis à la société humaine d'avancer considérablement.

La réalisation des piles ou les batteries constituent une étape importante dans la conquête de l'énergie. La batterie au plomb est un accumulateur d'énergie c'est-à-dire après utilisation de l'énergie stockée dans la batterie, on peut la recharger à nouveau pour une nouvelle utilisation. Ainsi nous avons lors de son fonctionnement, une succession de charges et de décharges qui constitue un cycle. Le nombre de cycles correspond à la durée de vie de la batterie.

Les couples oxydant/réducteur utilisés dans un élément de batterie au plomb sont : PbO_2/Pb^{2+} et Pb^{2+}/Pb de potentiels d'oxydoréduction respectifs $E_1 = 1,87 V$ et $E_2 = - 0,13 V$. Chaque couple constitue un compartiment. Les deux compartiments sont séparés par une paroi poreuse. L'électrolyte dans les deux compartiments est une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 . La batterie de 12 V comporte six éléments de 2 V montés en série.

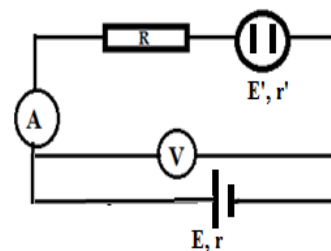


Figure 5

D.1.1 On s'intéresse au fonctionnement d'un élément de la batterie lors de sa décharge.

D.1.1.1 La décharge de la batterie est une réaction spontanée. Justifier.

D.1.1.2 Quel est le rôle de la paroi poreuse ?

D.1.1.3 A la cathode, il se produit une réaction de réduction en milieu acide ; en plus des ions Pb^{2+} , il se forme de l'eau. Ecrire les demi-équations électroniques pour la décharge.

D.1.1.4 Ecrire l'équation-bilan de la décharge de la batterie au Plomb.

D.1.1.5 Calculer la fem de la pile.

D.1.2 Une batterie au plomb, de f.é.m. $E = 12 V$ et de résistance interne $r = 10 \Omega$, est utilisée pour réaliser une électrolyse de l'eau. Pour cela on réalise le montage de la figure 5 comportant un résistor de résistance $R = 6 \Omega$, un électrolyseur de f.c.é.m. $E' = 4 V$ et de résistance interne r' , un ampèremètre A et un voltmètre V.

En plus de l'eau, on ajoute dans l'électrolyseur de l'acide sulfurique. Au bout d'une durée $t = 5 \text{ min}$ de fonctionnement, on recueille aux niveaux des électrodes un volume $V(H_2)$ de 15,6 mL de dihydrogène et un volume $V(O_2)$ de dioxygène. On prendra le volume molaire des gaz $V_M = 25 \text{ L.mol}^{-1}$.

D.1.2.1 Ecrire les demi-équations électroniques à l'anode et à la cathode de l'électrolyseur où on recueille respectivement les gaz dihydrogène et dioxygène.

D.1.2.2 Déterminer la quantité d'électricité qui a circulé dans le circuit pendant la durée de fonctionnement.

D.1.2.3 Déduire de la question précédente l'intensité du courant fourni par le générateur.

D.1.2.4 Calculer la valeur de la résistance interne r' de l'électrolyseur.

D.1.2.5 Déterminer l'énergie fournie par le générateur, celle reçue et transformée en énergie chimique par l'électrolyseur et l'énergie totale dissipée par effet joule lors de son fonctionnement.

D.1.2.6 Traduire l'équation de conservation de l'énergie lors du fonctionnement du circuit.

D.2 Production de dihydrogène

Une pile à combustible doit être alimentée en continu par du combustible, la plupart du temps du dihydrogène, et par un comburant, le plus souvent du dioxygène présent dans l'air ambiant. Le dihydrogène n'est pas une source naturelle. On peut le produire par électrolyse en milieu acide d'une saumure (figure 6), c'est-à-dire d'une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium ($Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$).

On obtient du dichlore à une électrode et du dihydrogène à l'autre.

Données : Couples rédox : $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$ et $Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}$;

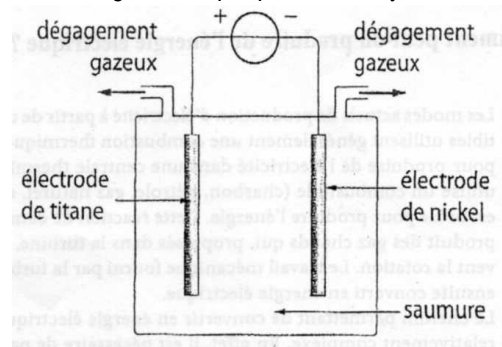


FIGURE 6

CLASSES DE PREMIERES

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $V_m = 30,0 \text{ L.mol}^{-1}$; $\rho (\text{H}_2) = 0,0899 \text{ kg.m}^{-3}$

D.2.1 Reproduire le schéma de la figure 6 et indiquer le sens de circulation du courant électrique et celui des porteurs de charges.

D.2.2 Préciser, pour chaque électrode, si elle est le siège d'une réduction ou d'une oxydation.

D.2.3 Écrire les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu lors de l'électrolyse.

En déduire l'équation-bilan de la réaction modélisant la transformation.

D.2.4 Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement la présence de dihydrogène ?

D.2.5 Donner une relation liant la quantité de matière d'électrons échangés n_e et la quantité de dihydrogène formé $n(\text{H}_2)$.

D.2.6 Montrer que, pour une intensité I du courant et une durée de temps Δt données, le volume V de dihydrogène

$$\text{produit s'écrit } V = 30,0 \times \frac{I \times \Delta t}{2 N_A \times e}$$

D.2.7 Calculer le volume V de dihydrogène produit en une heure de fonctionnement. On donnera le résultat en m^3 .

L'intensité du courant vaut $I = 5,00 \times 10^4 \text{ A}$.

D.2.8 Une voiture fonctionnant au dihydrogène consomme, en moyenne, 1,0 kg de H_2 tous les 100 km. Calculer la distance qu'elle peut parcourir avec une pile à combustible alimentée par le dihydrogène produit en une heure par le dispositif étudié.

D.3 Stockage de l'énergie électrique

L'énergie électrique E_e produite est stockée dans un dipôle condensateur caractérisé par sa capacité C .

D.3 .1. Donner la définition d'un condensateur ainsi que sa représentation symbolique.

D.3 .2. Donner l'expression de la capacité C d'un condensateur plan constitué de deux armatures métalliques A et B de surfaces en regard S séparées par une épaisseur d'air $e = 10 \text{ mm}$, puis calculer sa valeur.

Données : $\epsilon_0 = 8,85.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$; $S = 20 \text{ cm}^2$.

D.3 .3. On désire obtenir un condensateur équivalent de capacité $C_{\text{éq}} = 10 \text{ C}$. Quel type d'association de condensateurs faut-il réaliser ? Faire un schéma.

D.3 .4. Une pile électrochimique de f.é.m. $E = 7,0 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 0,41 \Omega$ alimente le condensateur équivalent en série avec un résistor de résistance $R = 24,59 \Omega$.

D.3 .4.1. Faire le schéma de ce circuit électrique.

D.3 .4.2. En appliquant la loi d'additivité des tensions on a : $E = (R + r) i + u_C$ avec $i = du_C / dt$, calculer la valeur de l'intensité i_0 à la date $t_0 = 0 \text{ s}$ lorsque le condensateur est déchargé.

D.3 .4.3. Un dispositif approprié permet de mesure u_C en fonction du temps. Les valeurs obtenues sont consignées dans le tableau ci-après

t (ms)	0	τ	2 τ	3 τ	4 τ	5 τ	6 τ	7 τ
u_C (V)	0	4,4	6,0	6,7	6,9	6,95	7,0	7,0

D.3.4.3.1 Tracer le graphe $u_C(t) = f(t)$:

Echelles : En abscisse : 1 cm $\longleftrightarrow \tau$; En ordonnée : 1 cm $\longleftrightarrow 1,0 \text{ V}$.

D.3.4.3.2 Donner l'expression de l'énergie $E_{\text{élec}}$ électrique stockée par le condensateur équivalent en fonction de $C_{\text{éq}}$ et u_C puis calculer sa valeur aux dates $t_1 = \tau$ et $t_2 = 6\tau$.

FIN DU SUJET