

**SCIENCES PHYSIQUES****SESSION 2018****CLASSES DE PREMIERES****THEME : ENERGIE – FORMES ET TRANSFORMATIONS****Données numériques**Chaleur massique de l'eau :  $4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1 \text{ kg.L}^{-1}$ Chaleur latente de fusion de la glace :  $L = 333,55 \text{ kJ.kg}^{-1}$  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$ Charge élémentaire :  $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$ Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,022. 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Célérité de la lumière dans le vide:  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

NB : les données complémentaires sont fournies dans l'énoncé.

**TEXTE INTRODUCTIF**

L'énergie d'un système est la capacité de ce système à produire un travail entraînant un mouvement, de la lumière ou de la chaleur. Dans l'univers l'énergie ne peut ni se créer, ni se perdre, seules sont possibles des transformations de formes d'énergie en d'autres formes d'énergie et toujours en quantités équivalentes. Parmi les formes d'énergie on relève les énergies solaire, chimique, thermique, hydraulique, éolienne, nucléaire, électrique.....L'analyse de ces diverses formes d'énergie montre qu'elles se ramènent toutes à deux composantes fondamentales : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

La problématique de la production d'énergie électrique à partir d'autres formes d'énergie est d'une importance capitale pour l'homme sur terre dans la mesure où ce dernier ne peut pas se départir de l'usage du courant électrique et des appareils qui fonctionnent avec. L'électricité est devenue une nécessité dans l'exécution des tâches domestiques voire même indispensable dans le bien-être social de tout individu au-delà de son usage industriel.

Dans une centrale hydraulique, l'énergie correspondant à la chute de l'eau initialement retenue au niveau du barrage est utilisée pour faire tourner les roues d'une turbine laquelle actionne un alternateur permettant de produire de l'énergie électrique.

Une centrale nucléaire est une usine utilisant la chaleur libérée par la réaction de noyaux d'uranium (qui constituent le combustible nucléaire) pour chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner les roues d'une turbine, laquelle entraîne un alternateur qui produit l'électricité.

Une éolienne est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent (déplacement d'une masse d'air) en énergie mécanique ou électrique. L'énergie éolienne implique de nombreuses applications allant du chargeur de batteries d'un phare ou d'une habitation isolée à des machines de taille industrielle capables d'alimenter en électricité toute une agglomération.

L'énergie solaire est l'énergie provenant du Soleil, grâce à son rayonnement direct ou diffus. A travers divers procédés, elle peut être transformée en d'autres formes utiles pour l'activité humaine, notamment en électricité, en chaleur ou en biomasse.

Lorsqu'une pile électrochimique alimente un circuit les réactions d'électrodes libèrent de l'énergie chimique laquelle est transformée en énergie électrique.

**PARTIE A - QUESTIONS SUR LE TEXTE ( points)****Lire attentivement le texte ci-dessus puis répondre aux questions suivantes.****A.1** Proposer un titre pour le texte.**A.2** Citer les formes d'énergie évoquées dans le texte ;**A.3** En quoi la production d'énergie électrique est d'une importance capitale de l'homme sur terre ?**A.4** Préciser deux types de centrales permettant de produire de l'électricité et préciser pour chacune la forme d'énergie transformée en énergie électrique.**A.5** Quelle est la forme d'énergie transformée en énergie électrique ou mécanique au niveau d'une éolienne ?

De quels paramètres ou grandeurs physiques dépend cette forme d'énergie ?

.../... 2

**PARTIE B - HYDROELECTRICITE ( points)**

On prendra l'intensité du champ de pesanteur  $g = 10\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**B.1** Rappeler l'expression de l'énergie cinétique d'un objet ponctuel de masse  $m$  et de vitesse  $V$ .

**B.2** Un corps ponctuel de masse  $m$  est situé à l'altitude  $h$  de la terre. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur, l'état de référence étant pris sur le sol.

**B.3** L'une des solutions pour palier au déficit énergétique est l'exploitation de l'énergie hydro-électrique.

Dans le cadre de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS), un barrage hydro-électrique est construit sur le fleuve Sénégal à Manantali. Un bassin est construit en altitude ; l'eau y est retenue (vitesse nulle).

Par l'intermédiaire de vanne, l'eau du bassin chute pour faire tourner les hélices liées à un turbo-alternateur. La dénivellation entre l'entrée de vanne au niveau du bassin et la sortie de vanne au niveau du turbo-alternateur est

$h = 30\text{m}$ . En hivernage, avec les phénomènes de crue et de pluies, le bassin est rempli d'un volume d'eau

$V_e = 450 \cdot 10^6 \text{m}^3$ . La masse volumique de l'eau est  $\rho_e = 1\text{Kg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**B.3.1** Sous quelle forme est stockée l'énergie au niveau du bassin en hivernage ? Evaluer la quantité d'énergie correspondante, en mégajoules (MJ).

**B.3.2** Précise la conversion d'énergie qui a lieu lors de la chute de l'eau permettant de faire tourner les hélices de la turbine.

**B.3.3** Sachant que le rendement de la transformation d'énergie au niveau du turbo-alternateur est de 80% évaluer la quantité d'énergie électrique produite.

**B.3.4** Pendant combien de jour peut-on estimer l'autonomie énergétique de la centrale si la puissance électrique moyenne est de 10 MW.

Donnée : L'état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur est pris au niveau du turbo-alternateur.

On néglige toutes les pertes d'énergie au cours de la chute de l'eau.

**PARTIE C ENERGIE SOLAIRE ( points)**

*La lumière du Soleil peut être utilisée pour produire de l'électricité. On utilise pour cela des panneaux composés de cellules électroniques qui réagissent aux rayons du Soleil. On parle alors d'énergie solaire photovoltaïque.*

*Ces installations sont de plus en plus répandues dans le monde.*

*Tout comme la chaleur du Soleil peut être utilisée de manière directe pour chauffer un réservoir d'eau, sécher du linge (évaporation) ou tempérer les parois d'une maison. C'est le principe utilisé par les panneaux solaires thermiques qui sont placés sur les toits ou les façades des maisons. En transitant par les panneaux solaires, l'eau est réchauffée par le Soleil, puis utilisée sur place, pour le chauffage ou l'eau sanitaire du bâtiment*

**C1 - Capteurs photovoltaïques**

On se propose de calculer la surface de capteurs photovoltaïques adaptée à différentes utilisations. On admet un éclairement moyen du rayonnement solaire à la surface du sol de  $350\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  et un rendement de 17% en travail électrique. L'éclairement moyen du rayonnement correspond à la puissance reçue par  $\text{m}^2$  de surface.

**C.1.1** Calculer la surface minimale des capteurs afin de disposer une puissance suffisante pour faire fonctionner directement :

a- Un poste de télévision de puissance 100 W

b- Un lave-vaisselle de puissance 3kW

**C.1.2** Donner l'utilité, en le justifiant, de stocker l'énergie électrique dans les accumulateurs.

**C.1.3** Quelle devrait être la surface d'un tel capteur pour fournir une puissance de 900 MW, puissance égale à celle d'une centrale nucléaire. Conclure

.../... “

**C.2 Capteurs thermique solaires.**

Des essais de chauffage d'eau par un capteur solaire ont donné les résultats suivants, un jour par ciel dégagé et vent calme :

Heures	Débit d'eau (L.h <sup>-1</sup> )	Température d'entrée de l'eau ( °C)	Température de sortie de l'eau ( °C)	Puissance solaire (W)
9h51	20	14	27,2	700
10h25	20	14,5	32,1	810
10h36	20	14,6	33,3	820
11h01	20	14,9	25,2	830
11h25	20	15,1	36,4	830
12h01	20	15,4	39,2	790
12h31	20	15,4	40,5	800

**C.2.1** Calculer pour chaque heure indiquée la puissance thermique du capteur, c'est-à-dire la quantité de chaleur fournie à l'eau pendant une seconde

**C.2.2** Tracer, dans le même repère, les graphiques représentant la puissance solaire et la puissance thermique du capteur en fonction de l'heure

**C.2.3** Calculer pour chaque heure indiquée, le rendement  $\eta$  de la conversion. Représenter graphiquement  $\eta$  en fonction de l'heure.

On donne la chaleur massique de l'eau  $c=4180J.kg.^{\circ}C^{-1}$  et la masse volumique de l'eau est  $1000 kg.m^{-3}$

**PARTIE D : ENERGIE EOLIENNE ( points)**

*Jusqu'au début des années 1970, la conversion de l'énergie éolienne visait essentiellement la production d'énergie mécanique sur des sites isolés équipés de « moulins à vent » plus ou moins sophistiqués. Il s'agissait alors d'assurer la rotation d'arbres moteurs (minoteries, ateliers textiles) ou de pompes hydrauliques (pompage de l'eau, irrigation). Depuis une quarantaine d'années, l'énergie éolienne sert avant tout à la production industrielle d'électricité grâce à la mise en œuvre de turbines de plus en plus puissantes et performantes.*

L'énergie fournie par le vent est une énergie cinétique, elle est fonction de la masse et de la vitesse de l'air. Si on considère que la masse volumique d'air est constante, on peut dire que l'énergie fournie par le vent est fonction de sa vitesse.

L'énergie cinétique de la masse  $m$  d'air est :  $E_c = \frac{1}{2} m V^2$ , dans cette relation  $V$  est la vitesse du vent et  $m$  est la masse du volume d'air en kg.

**D-1** Considérons un dispositif de récupération de cette énergie quel qu'il soit de surface  $S$  et dans l'hypothèse d'une vitesse du vent constante ; montrer que la masse d'air récupérée par seconde sur la surface  $S$  est  $m = \rho_0 V.S$ , relation où  $\rho_0$  est la masse volumique de l'air dans les conditions considérées.

**D.2** Montrer que l'énergie théoriquement récupérable en une seconde (puissance) est :  $P = \frac{1}{2} (\rho_0 V.S) V^2$

**D-3.** Sous quelle forme d'énergie une éolienne récupère-t-elle l'énergie du vent ?

**D-4** On utilise directement l'éolienne pour l'exhaure de l'eau d'un puits ; sous quelle forme l'énergie récupérée par l'éolienne est-elle transformée ?

**D-5** Justifier que toute cette énergie que possède l'air arrivant sur le dispositif ne peut être captée par celui-ci intégralement.

**D-6** Le théorème de Betz montre que le maximum d'énergie récupérable est égale à  $\frac{16}{27}$  de l'énergie totale, soit approximativement 60% de l'énergie totale. En prenant  $\rho_0 = 1,25 kg.m^{-3}$  montrer que la puissance récupérable  $P_{Betz} = 0,37.SV^3$  et que dans le cas d'une hélice de surface balayée  $S$  et de diamètre  $D$ , on a :  $P_{Betz} = 0,29 D^2 V^3$

**D.7** La centrale éolienne d'un village comprend dix-neuf (19) éoliennes de puissance 300 kW chacune.

On considère qu'elle peut fournir l'électricité à 3200 ménages.

**D.7.1** Quelle est alors la puissance moyenne nécessaire à chaque ménage ?

**D.7.2** La production annuelle estimée est :  $6,128.10^6 kWh$ . Calculer le temps de fonctionnement prévu.

.../... 4

**PARTIE E : ECHANGES THERMIQUES ( points)**

Les matériaux dans tous leurs états physiques (solide, liquide ou gazeux) peuvent échanger de la chaleur avec l'extérieur. Différentes modes d'échange de chaleur sont notées : le rayonnement, la convection et la conduction. Les échanges de chaleur ont lieu avec changement d'état physique ou sans changement d'état physique. Ainsi, la chaleur latente notée  $L$  et la chaleur massique notée  $c$ , sont des coefficients qui permettent d'évaluer les quantités de chaleur mises en jeu lors des échanges thermiques. La chaleur massique d'un corps pur est une grandeur caractéristique de ce corps.

**E.1** On s'intéresse au changement d'état physique de la matière.

**E.1.1** Donner le nom de la transformation physique qui corresponde au passage de l'état solide à l'état gazeux.

**E.1.2** La température d'un matériau lors d'un changement d'état physique varie-t-elle?

**E.1.3** Sous contraintes de canicule, un paysan introduit dans une glacière une masse  $m = 500$  g de glace à  $-2^\circ\text{C}$  et y ajoute un volume  $V_e$  d'eau à  $30^\circ\text{C}$ . Pour boire 15 minutes après, il se rend compte de la présence d'un morceau de glace de 100 g dans la glacière. Calculer le volume  $V_e$  d'eau qu'il a initialement ajouté.

**E.2** On dispose d'une masse  $m = 200$  g d'un bloc métallique à la température ambiante  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ . On l'introduit dans un calorimètre contenant 0,5 L d'eau à la température  $\theta = 60^\circ\text{C}$ . L'équilibre thermique est atteint à la température  $\theta_e = 58,6^\circ\text{C}$ .

**E.2.1** Déterminer la nature du bloc métallique.

**E.2.2** Quelle serait la température d'équilibre si le bloc métallique était de l'or pur ?

**Données** : Capacité thermique de l'eau :  $4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; chaleur latente de fusion de la glace :  $L = 333,5 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

Substance	Phase	Capacité thermique massique $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Aluminium	Solide	897
Fer	Solide	444
Lithium	Solide	3582
Or	Solide	129

**PARTIE F : CHALEUR DE REACTION ( points)**

On peut se demander d'où provient l'énergie libérée par la combustion des alcanes et des alcools, il s'agit en fait de l'énergie solaire "stockée" par les plantes lors de la photosynthèse et qui est restituée lors de la combustion. Les alcanes (et plus généralement les hydrocarbures) et les alcools constituent des stocks d'énergie chimique.

Lors des combustions, l'énergie chimique stockée est transformée en d'autres formes d'énergie. L'énergie thermique dégagée peut ensuite être transformée en d'autres formes d'énergie comme de l'énergie mécanique (ou de mouvement) dans un moteur à explosion par exemple. Le tableau qui renseigne l'énergie de combustion de quelques combustibles.

Combustible	Famille	Formule	Etat Physique	Energie de combustion ( $10^3 \text{ kJ/kg}$ )	Energie de combustion (kJ/L)	Energie de combustion (kJ/mol)
Méthanol	Alcool	$\text{CH}_4\text{O}$	Liquide	19,9	15800	636
Méthane	Alcane	$\text{CH}_4$	Gaz	50	33,3	800
Ethanol	Alcool	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	Liquide	28,8	22000	1326
Ethane	Alcane	$\text{C}_2\text{H}_6$	Gaz	47,7	59,9	1438
Butane	Alcane	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	Gaz	46,4	112	2691
Butan-1-ol	Alcool	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	Liquide	33,1	26000	2447

**F.1** Dans toute réaction chimique, l'état énergétique des produits est différent de celui des réactifs : il y aura donc absorption ou dégagement d'énergie lors de la transformation des réactifs en produits. Lorsqu'il s'agit d'énergie thermique, on dit que la **réaction** est soit **exothermique**, soit **endothermique**.

Que signifie réaction exothermique et réaction endothermique ? Laquelle est favorable à une transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique dans les moteurs thermiques ?

**F.2** Donner les formules semi-développées des différents alcools cités dans le tableau.

**F.3** Ecrire les réactions de combustion du butan-2-ol et du butane dans le dioxygène.

**F.4** Pour chacune de ces deux réactions déterminer la quantité d'énergie thermique récupérable au plus par unité de mole de dioxyde de carbone dégagée.

.../... 5

**PARTIE G PILES ELECTROCHIMIQUES ( points)**

*L'histoire de l'homme a été substantiellement marquée par l'évolution des sources d'énergie libre qu'il a su ou pu utiliser. 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 charge et de décharge qui constitue un cycle. Le nombre de cycle correspond à la durée de vie de la batterie.

Les couples oxydant/réducteur utilisés dans un élément de batterie au plomb sont :  $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  de potentiels d'oxydoréduction respectifs  $E_1=1,87\text{V}$  et  $E_2=-0,13\text{V}$ . Les éléments de chaque couple constituent un compartiment ; les deux compartiments sont séparés par une paroi poreuse. L'électrolyte dans les deux compartiments est une solution d'eau pure et d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . La batterie de 12V comporte six éléments de 2V montés en série.

**G.1** On s'intéresse au fonctionnement d'un élément de la batterie lors de sa décharge.

**G.1.1** La décharge de la batterie est une réaction spontanée. Justifier ce fait. Il n'est pas demandé à ce niveau d'écrire des équations de réaction.

**G.1.2** Quel est le rôle de la paroi poreuse ?

**G.1.3** Comment évalue-t-on la durée de vie des batteries ?

**G.1.4** A la cathode (borne positive), il se produit une réaction de réduction en milieu acide ; en plus des ions  $\text{Pb}^{2+}$ , il se forme de l'eau.

a) Quelle est la réaction qui se produit à l'anode (borne négative) ? Justifier la réponse.

b) Ecrire les équations des réactions d'électrodes pour la décharge. En déduire l'équation-bilan de la décharge de la batterie au Plomb.

**G.2** Une batterie au plomb, de fém  $E = 12 \text{ V}$  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 ci-contre comportant un résistor de résistance  $R = 6 \Omega$ , un électrolyseur de f.c.é.m.  $E' = 4\text{V}$  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 et dans les conditions tel que une mole de gaz occupe  $25\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ , un volume de 15,6 mL de dihydrogène et un volume  $V(\text{O}_2)$  de dioxygène.

**G.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. Donner le volume de dioxygène recueilli.

**G.2.2** Déterminer la quantité d'électricité qui a circulé dans le circuit pendant la durée de fonctionnement.

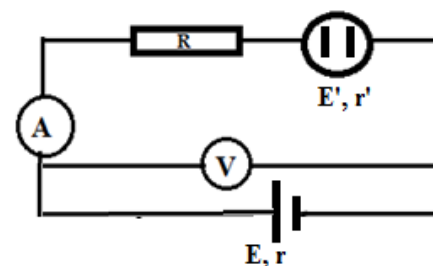
**G.2.3** Déduire de la question précédente l'intensité du courant fourni par le générateur.

**G.2.4** Calculer la valeur de la résistance interne  $r'$  de l'électrolyseur.

**G.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.

**G.2.6** Traduire l'équation de conservation de l'énergie lors du fonctionnement du circuit.

**Données :** charge élémentaire  $e = 1,6\cdot 10^{-19}\text{C}$  ; nombre d'Avogadro  $N = 6,02\cdot 10^{23}\cdot\text{mol}^{-1}$ .



**PARTIE H ENERGIE NUCLEAIRE**

L'uranium naturel est un mélange de deux types de noyaux : les noyaux d'uranium-238 ( ${}_{92}^{238}\text{U}$ ) et les noyaux d'uranium-235 ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) de pourcentage respectif 99,3% et 0,7%

**H-1** Comment nomme-t-on de tels noyaux ? Donner la composition de chaque noyau.

**H-2** Peut-on séparer ces deux types de noyaux par des méthodes chimiques ? Justifier la réponse.

**H-3** Sous l'impact de neutrons lents, le noyau  ${}_{92}^{235}\text{U}$  subit une réaction dite nucléaire avec production d'autres neutrons qui à leur tour engendrent d'autres réactions nucléaires. Il en résulte une réaction en chaîne.

L'énergie dégagée est considérable ; sans précaution la réaction en chaîne conduit à une explosion : ce qui a produit la bombe atomique. Bien maîtrisée dans un réacteur nucléaire, cette réaction en chaîne constitue la source de production d'énergie électrique. Elle produit une quantité d'énergie de 200 MeV par noyau d'uranium – 235

**H-3-1** Calculer, en MeV puis en joule, la quantité d'énergie produite par 5 g d'uranium-235 sachant que la masse d'un noyau d'uranium-235 vaut 235,044 u. Le symbole u représente l'unité de masse atomique.

**Dionnes** : 1 MeV =  $10^6$  eV; 1 eV =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J; la valeur de l'unité de masse atomique est : 1u =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg

**H-3-2** Calculer la masse de charbon qui produirait la même quantité d'énergie que celle libérée par 5g d'uranium-235. Commenter. On donne le pouvoir calorifique du charbon : 8,9 kWh /kg : 1 kWh = 3600 kJ.