



SESSION 2010

CLASSES DE TERMINALE

SCIENCE S P H Y S I Q U E S**THEME : L'ENERGIE ET SES TRANSFORMATIONS**

Les sous thèmes SI à SVII de l'épreuve sont indépendants ainsi que les différentes parties A, B, C, D,E,F,G,H,I

Données

Unité de masse atomique : $1u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$	Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,00055 \text{ u}$	Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Masse du neutron : $m_n = 1,00866 \text{ u}$	Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Masse du proton : $m_p = 1,00728 \text{ u}$	Célérité de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	

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. Tout ce qui fonctionne ou évolue nécessite de l'énergie : l'Homme, l'animal, les végétaux, les mouvements des eaux, les courants des gaz, les machines...

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. On peut transformer l'énergie et la transférer par travail (transfert ordonné avec déplacement de matière), par rayonnement électromagnétique (transfert ordonné sans déplacement de matière) ou par la chaleur (transfert désordonné).

Les transformations et les transferts d'énergie se font au sein des chaînes énergétiques. Une chaîne énergétique comprend un réservoir d'énergie initial, un ou plusieurs convertisseurs (dispositifs permettant la transformation d'une forme d'énergie à une autre) et un réservoir final (c'est souvent l'environnement).

On convient de représenter les réservoirs d'énergie par des rectangles et les convertisseurs par des cercles. Les transferts entre les réservoirs et les convertisseurs sont représentés par des flèches

Parmi les formes d'énergie, on relève les énergies d'origine solaire, chimique, thermique, hydraulique, éolienne, nucléaire, électrique... L'analyse de ces diverses formes d'énergie montre qu'elles se ramènent toutes à deux formes fondamentales d'énergie : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

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 d'énergie utiles pour l'activité humaine, notamment en électricité, en chaleur ou en biomasse. L'énergie solaire est indispensable à la Vie : le règne végétal, dont dépend le règne animal, l'utilise en la transformant en énergie chimique via la photosynthèse.

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. Il existe des centrales thermiques, éoliennes et nucléaires.

Dans les machines thermiques, quel qu'en soit le type (locomotives à vapeur, centrales thermiques ou unités industrielles de production d'électricité, voitures automobiles, bateaux à moteur, pompe à chaleur,...), il y a un fluide (gaz ou liquide) qui reçoit de l'énergie thermique d'un réservoir d'énergie chimique. Les forces pressantes exercées par le fluide sur un système mécanique le mettent en mouvement ou l'entretiennent. Ainsi la combustion d'un mélange d'essence et d'air dans les cylindres d'un moteur d'automobile fait tourner ce moteur entraînant le déplacement du véhicule.

SI : QUESTIONS SUR LE TEXTE (10 points)

Lire attentivement le texte ci-dessus puis répondre aux questions suivantes.

I-1 Donner quatre exemples de formes d'énergie.**I-2** La phrase « Dans l'univers l'énergie ne peut ni se créer, ni se perdre.....en quantités équivalentes » est l'énoncé d'un principe général de la physique. Nommer ce principe.**I-3** Après avoir cité les trois modes de transfert d'énergie, préciser le mode principal de transfert d'énergie entre le Soleil et la Terre.**I-4** Quels sont les principaux types de centrales électriques cités dans le texte ? Préciser la forme d'énergie transformée en énergie électrique dans les centrales nucléaires.**I-5** Une lampe de poche est constituée d'une pile électrochimique et d'une ampoule à filament.**I-5-1** Que se produit-il au sein de la pile pour qu'elle fournisse de l'énergie électrique ? Sous quel mode est transférée cette énergie de la pile à l'ampoule ? Toute l'énergie produite par la pile est-elle intégralement transférée à l'ampoule ?
.../... 2

I-5-2 Sous quelles formes d'énergie l'ampoule convertit-elle l'énergie reçue de la pile ? Dans quel milieu l'ampoule restitue-t-elle cette énergie ?

I-5-3 L'ampoule est-elle une source d'énergie ou un convertisseur d'énergie ?

I-5-4 En utilisant les conventions citées dans le texte, représenter la chaîne énergétique correspondant à la lampe torche. On précisera les modes de transfert d'énergie.

S II : ENERGETIQUE DE L'EFFORT (08 points)

Les sucres sont des produits naturels. Ils sont appelés **glucides** ou **hydrates de carbone** car leur formule brute peut être mise sous la forme $C_m(H_2O)_n$. Ils sont synthétisés par les plantes à partir du dioxyde de carbone et de l'eau présents dans l'atmosphère et de l'eau emmagasinée par la plante ; la chlorophylle permettant d'absorber l'énergie solaire nécessaire : c'est la photosynthèse. Les sucres constituent l'infrastructure des végétaux. Ils sont consommés par les animaux qui les utilisent comme réserve d'énergie (sous forme de glycogène).

II-1 Le glucose est un glucide simple de formule semi développée $CH_2OH-(CHOH)_4-CHO$ qui constitue une source principale d'énergie pour l'Homme.

-Montrer que la formule du glucose peut être écrite sous la forme $C_m(H_2O)_n$. Déterminer m et n.

-Ecrire l'équation de la réaction de la photosynthèse produisant le glucose à partir du CO_2 et H_2O et identifier le deuxième corps formé.

II-2 La métabolisation ou métabolisme du glucose dans l'organisme correspond à une combustion totale du glucose

-Ecrire l'équation-bilan de combustion totale du glucose.

-sachant que cette combustion fournit 3000 kJ par mole de glucose « brûlé », calculer l'énergie produite par la consommation d'un gramme de glucose.

II-3 Un sportif dépense par seconde une énergie égale à 400 J lors d'une course à pied.

Quelle masse de sucre devra-t-il consommer pour assurer cette dépense énergétique pendant 15 min ? On précise que 25% seulement de l'énergie produite par la combustion est effectivement utilisée par les muscles.

II-4 Un coureur participe à un marathon de 42 km dans l'espoir d'améliorer son record. Il veut réaliser un temps de 2h30 min. Ce record correspond à une dépense d'énergie moyenne de 4000 kJ par heure Cette énergie provient principalement de l'oxydation du glucose dont le bilan peut se résumer en sa combustion dégageant 3000 kJ par mole.

L'athlète est bien entraîné et possède un foie de 1,8 kg qui renferme 10% de glycogène .De plus, 2 heures avant l'effort, il a pris au cours d'un repas, l'équivalent de 180 g de glucose.

Pendant 1h30 min, il est en forme et court sur la base de son record (16,8 km.h⁻¹) Il néglige son ravitaillement. Au bout de 1h30 min, sa foulée se raccourcit ; il a un « coup de pompe » (c'est dire qu'il se sent brusquement épuisé). Expliquer ce fait par le calcul.

On donne les masses molaires atomiques : $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$

S III : CENTRALE HYDRAULIQUE (25 points)

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. Le barrage hydroélectrique de Manantali a été construit sur le Bafing, à 90km 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%).

Partie A

Un lac artificiel de montagne contient $1,210^9 \text{ m}^3$ d'eau à une altitude $Z_1 = 1250 \text{ m}$.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 $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

On néglige les pertes d'énergie mécaniques par les frottements dans les conduites et les turbines.

III-1 Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique de l'eau en réserve dans le lac.

III-2 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.

III-3 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.

III-4 La station hydroélectrique transforme 90% de cette puissance reçue en puissance électrique .Calculer la puissance électrique P_{el} ainsi transformée.

III-5 Calculer la puissance électrique moyenne du barrage de Manantali.

III-6 Si le rendement de la station de Manantali était de 90%, quelle serait la puissance mécanique reçue par l'usine ?

Partie B

La centrale hydraulique de type Pelton utilise les chutes d'eau de grande hauteur pouvant se présenter en montagne. La puissance P (en W) mise en jeu par une chute d'eau (de masse volumique $\rho = 10^3 \text{ m}^3/\text{kg}$) de hauteur h (en m) et de débit d (en m^3/s) est égale à :

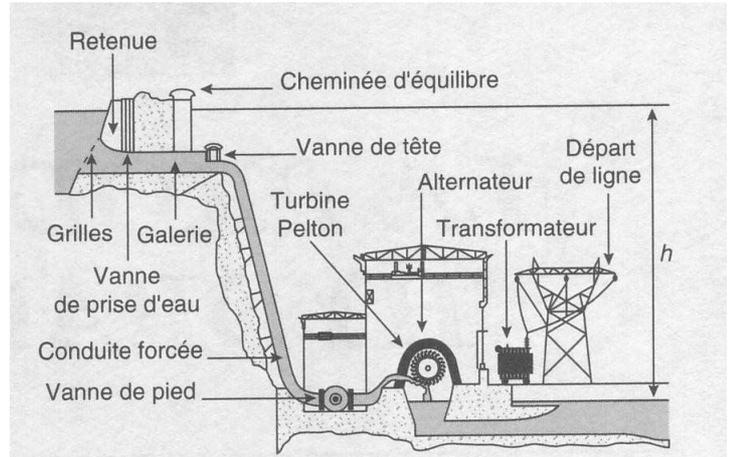
$$P = \rho \cdot g \cdot h \cdot d \quad \text{avec } g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}.$$

L'eau, au bout de sa chute, entraîne une roue à aubes. Celle-ci est accouplée à un alternateur qui fournit de l'énergie au réseau électrique.

La turbine présente un rendement $\eta_T = 88 \%$.
L'alternateur présente un rendement $\eta_A = 95 \%$.

On rappelle que le rendement d'un convertisseur d'énergie est donné par l'expression :

$$\eta = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance reçue}}$$



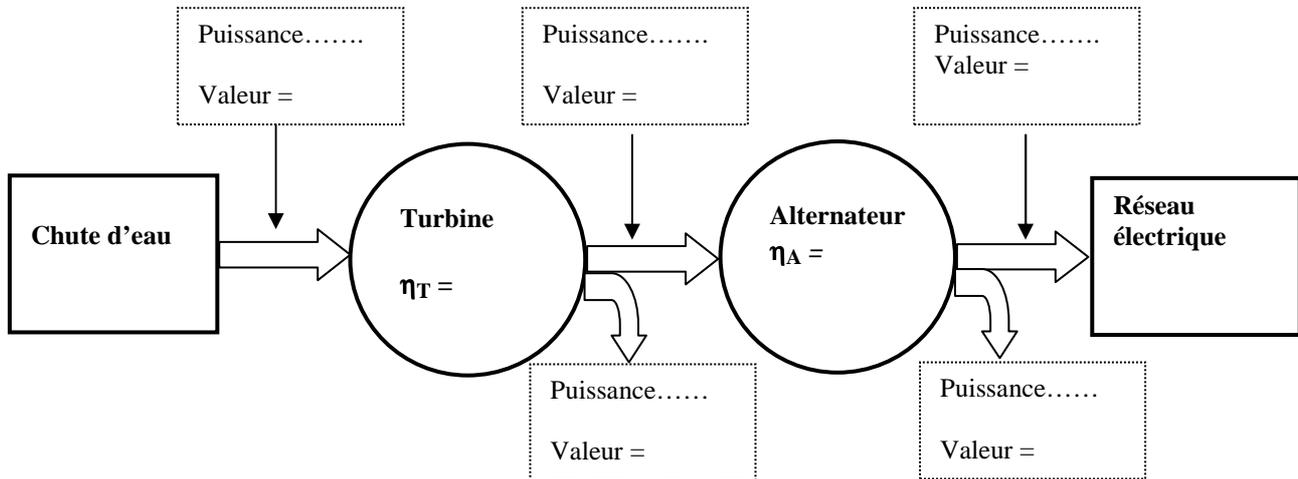
III-7 L'alternateur fournit au réseau une puissance de 1,1 MW. Calculer la puissance reçue par l'alternateur.

III-8 En déduire la puissance perdue par l'alternateur.

III-9 Que vaut la puissance utile de la turbine ? Vérifier que la puissance reçue par la turbine est de 1316 kW.

III-10 En déduire la puissance perdue par la turbine.

III-11 Recopier et compléter le schéma-bloc ci-dessous représentant le bilan de puissance de la centrale, en indiquant la nature des puissances échangées (entrantes et sortantes), la valeur de chacune et le rendement de chacun des deux convertisseurs.

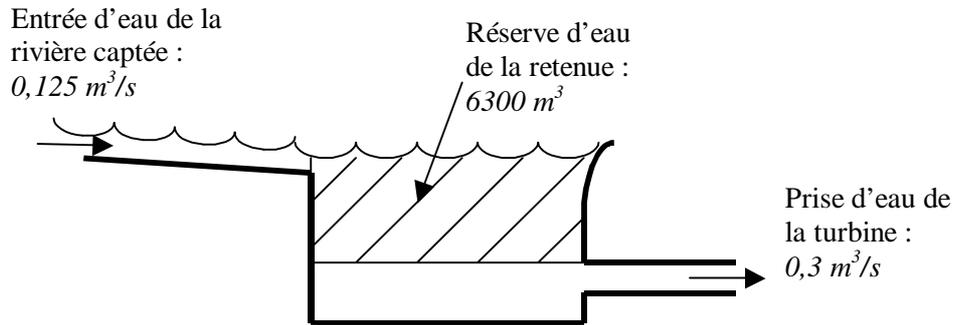


III-12 A partir de la puissance d'entrée de la centrale et de sa puissance de sortie calculer le rendement η total de la centrale hydraulique.

III-13 Démontrer que le rendement η total s'exprime sous la forme : $\eta = \eta_T \cdot \eta_A$. Calculer à nouveau η avec l'expression ainsi établie. Comparer avec la valeur précédemment trouvée. Conclure.

III-14 Calculer la hauteur h de la chute d'eau sachant que son débit est de $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

III-15 La retenue d'eau présente une réserve d'eau telle que l'on puisse turbiner sans arrêt avec un débit de $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant un intervalle de temps de durée t_1 :



- Faire le bilan des quantités d'eau entrant et sortant de la retenue d'eau.
- En déduire la durée t_1 (exprimée en heures) pendant laquelle on peut turbiner sans arrêt avec un débit de $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Si la turbine ne fonctionne pas, calculer le temps t_2 (exprimé en heures) nécessaire pour que la rivière remplisse la réserve d'eau de la retenue.

III-16 Montrer que la centrale électrique ne peut fonctionner que 41,7 % du temps dans les conditions précédentes. Cette centrale peut-elle être utilisée comme outil permanent de production d'énergie électrique ou comme outil temporaire permettant de répondre à la demande des heures de pointes ?

S IV : EOLIENNE (14 points)

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 tout un village.

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.

IV-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 $\dot{m} = \rho_0 V S$

IV-2 Montrer que l'énergie théoriquement récupérable en une seconde (puissance) est :

$$P = E_c/s = \frac{1}{2} (\rho_0 V S) V^2 \quad \text{relation où } \rho_0 \text{ est la masse volumique de l'air dans les conditions considérées.}$$

En déduire qu'une puissance disponible à travers une surface S peut se mettre sous la forme : $P = \frac{1}{2} \rho_0 S V^3$

IV-3 Sous quelle forme d'énergie une éolienne récupère-t-elle l'énergie cinétique du vent ?

IV-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 ?

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

IV-6 Le théorème de Betz montre que le maximum d'énergie récupérable est égale à $\frac{16}{27}$ de l'énergie totale, soit

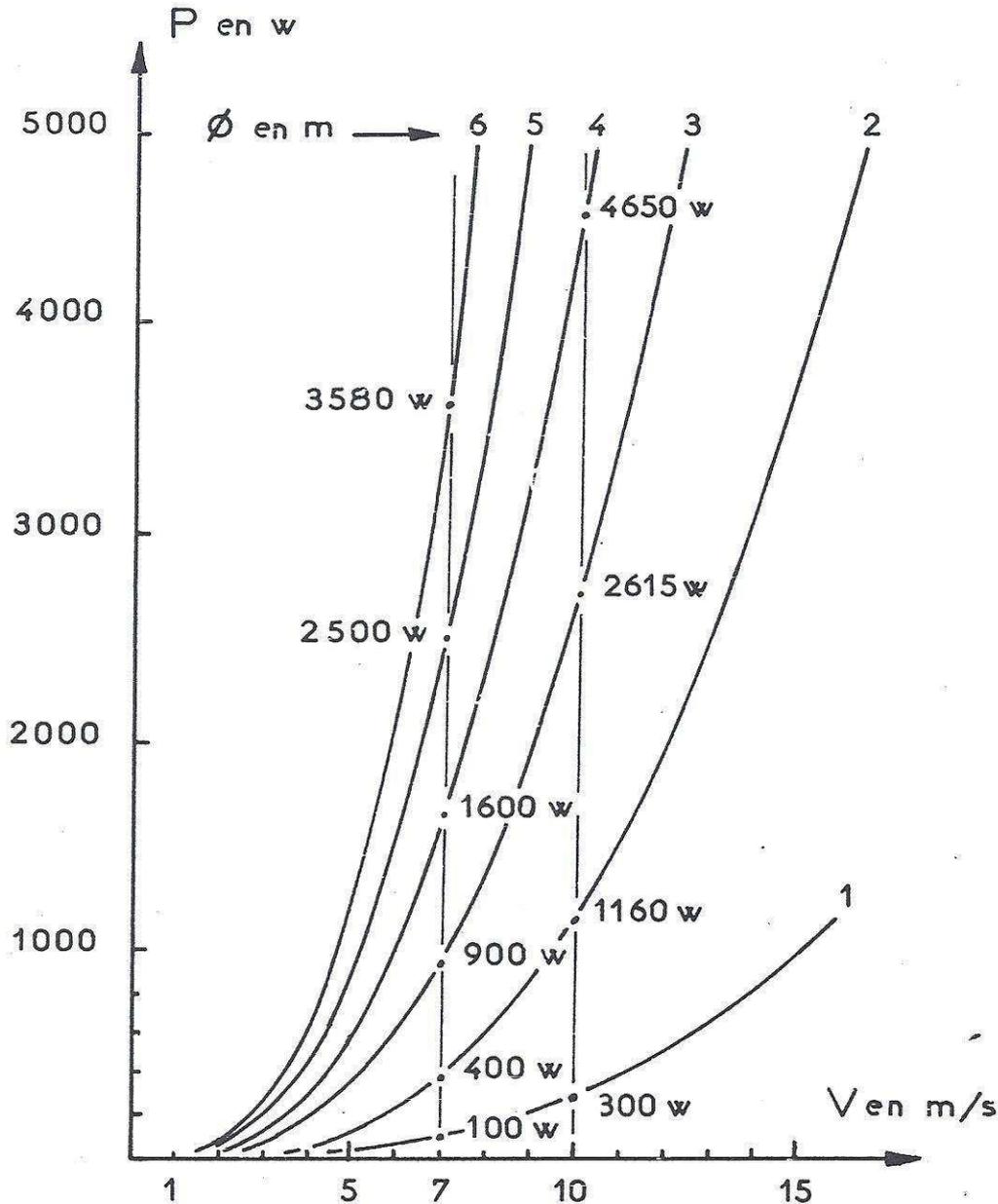
approximativement 60% de l'énergie totale. En prenant $\rho_0 = 1,25 \text{ kg.m}^{-3}$ montrer que la puissance récupérable $P_{\text{Betz}} = 0,37.SV^3$ et que dans le cas d'une hélice de surface balayée S et de diamètre D , on a : $P_{\text{Betz}} = 0,29 D^2 V^3$

IV-7 Pour les vitesses V de vent variant de 0 à 15 m.s^{-1} , les courbes P_{Betz} en fonction de V sont représentées sur un même graphique pour les diamètres D de l'hélice prenant les valeurs 1m, 4m, 5m et 6 m (page 5).

En prenant comme vitesse du vent $V = 6,5 \text{ m.s}^{-1}$, trouver graphiquement les puissances de Betz correspondantes pour chaque diamètre de l'hélice.

IV-8 À partir des courbes peut-on montrer qu'il existe des vitesses minimales du vent pour pouvoir récupérer de l'énergie.

NB : sur le graphe le diamètre est noté \emptyset .



IV-9 La centrale éolienne d'un village comprend dix neuf (19) éoliennes de puissance 300kW chacune.

IV-9-1 On considère qu'elle peut fournir l'électricité à 3200 ménages. Quelle est alors la puissance moyenne nécessaire à chaque ménage?

IV-9-2 La production annuelle estimée est : $6,128 \cdot 10^6$ kWh.

a) Calculer le temps de fonctionnement prévu.

b) Calculer le pourcentage de la durée moyenne de fonctionnement.

S V : CENTRALE NUCLEAIRE (20 points)

Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Elle utilise pour cela la chaleur libérée par l'uranium qui constitue le "combustible nucléaire". L'objectif est de faire chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine, laquelle entraîne un alternateur qui produit de l'électricité.

Lorsqu'un neutron, avec une énergie convenable, heurte un noyau d'uranium 235, différentes réactions de fissions du noyau sont possibles. Les neutrons émis sont susceptibles à leur tour d'engendrer d'autres réactions de fissions. Il en résulte une réaction en chaîne observée pour la première fois en 1939 par F. Joliot Curie.

L'énergie dégagée devient considérable; sans précaution, la réaction en chaîne conduit à une explosion : ce qui a produit la bombe A. Convenablement maîtrisée dans un réacteur nucléaire, cette réaction en chaîne constitue la source d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une centrale électrique.

Partie C

V-1 Dans un réacteur à uranium 235 (${}^{235}_{92}\text{U}$), les 5,6% des fissions donnent naissance à du tellure 135 (${}^{135}_{52}\text{Tl}$) et à 3 neutrons.

Ecrire l'équation de la réaction nucléaire de la fission de l'uranium 235, identifier l'autre produit formé. On donne ci-après un extrait du tableau de classification :

Noyau	${}_{39}\text{Y}$	${}_{40}\text{Zr}$	${}_{41}\text{Nb}$	${}_{42}\text{Mo}$
Nom	Yttrium	Zirconium	Niobium	Molybdène

V-2 Chaque neutron formé a une énergie cinétique de 2 MeV. Mais pour provoquer une nouvelle fission d'un noyau d'uranium, il doit avoir une énergie très faible, de l'ordre de 0,025 eV (neutron thermique). Ce qui est réalisé par collision avec un noyau ralentisseur.

V-2-1) Au cours d'un choc avec un noyau ralentisseur, initialement au repos, de nombre de masse A, un neutron perd une partie de son énergie cinétique.

Exprimer la vitesse du neutron après le choc en fonction de sa vitesse initiale et du nombre de masse A. Les lois de la mécanique classiques sont supposées applicables. On suppose le choc élastique frontal et tous les vecteurs vitesses colinéaires.

V-2-2) Calculer le rapport de l'énergie cinétique du neutron après le choc à son énergie cinétique avant le choc.

Pour quelle valeur de A le rapport est-il minimal ?

Pourquoi ne peut-on utiliser l'hydrogène pour ralentir les neutrons ? (On utilise le deutérium, d'où l'intérêt de l'eau lourde).

V-2-3) Calculer le nombre de chocs n nécessaires pour que l'énergie d'un neutron passe de 2 MeV à 0,025 eV. Le nombre n réel est-il plus grand ou plus petit que celui calculé ?

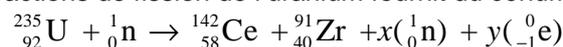
V-3 La plupart des produits de la fission sont radioactifs β^- du fait qu'ils ont un excédent de neutrons. Très souvent plusieurs décroissances radioactives peuvent être observées ; c'est le cas des noyaux intervenant dans la chaîne du xénon 135 : le tellure 135 obtenu lors de la fission de l'uranium 235 (question V-1) est radioactif β^- , le noyau fils iode (I) est également radioactif β^- et conduit au xénon (Xe) lui-même radioactif.

V-3-1) Ecrire les équations correspondant aux désintégrations du tellure 135 et de l'iode.

V-3-2) Le noyau de xénon peut absorber un neutron lent. Ecrire l'équation correspondante. Expliquer pourquoi le xénon est appelé « poison » de réacteur.

Partie D

Le combustible d'une centrale nucléaire REP (réacteur à eau sous pression) est l'oxyde d'uranium UO_2 contenant l'isotope uranium 235. L'une des réactions de fission de l'uranium fournit du cérium (Ce) et du zirconium (Zr):



V-4 En justifiant votre réponse, déterminez le nombre x de neutrons et le nombre y d'électrons produits par cette réaction. Ecrire l'équation complète de cette réaction nucléaire.

V-5 Calculer en MeV l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

En déduire en joules l'énergie produite par la fission d'une mole d'uranium 235 puis celle libérée par 1 gramme du combustible UO_2 . On supposera que toutes les réactions de fission qui se produisent ont un bilan énergétique identique à celui de la réaction donnée plus haut.

V-6 Sachant que le pouvoir calorifique du pétrole est $4,4 \cdot 10^7$ J/kg, calculer la masse de pétrole dont la combustion fournirait une énergie équivalente à celle fournie par la fission d'un gramme de combustible nucléaire UO_2 .

V-7 Les éoliennes les plus récentes et les plus efficaces ont une puissance nominale de 1,5 MW avec une longueur de pale de 35 mètres. L'énergie qu'elles peuvent produire sur un site venté est d'environ 4 GWh / an.

Un parc de centrales nucléaires a été construit en 20 ans pour faire face à la crise pétrolière des années 1970. Ce parc nucléaire compte 58 réacteurs qui ont produit 422 milliards de kWh en 2008.

A partir des données fournies, on se propose d'essayer de comparer grossièrement deux types de production d'énergie électrique : l'éolien et le nucléaire.

CLASSES DE TERMINALE

V-7-1 Calculer, avec les données fournies pour le parc nucléaire de 2008, la production moyenne d'énergie d'un réacteur nucléaire.

V-7-2 Calculer, dans ces conditions, le nombre théorique d'éoliennes nécessaires pour remplacer un réacteur puis pour remplacer l'ensemble des réacteurs nucléaires.

V-7-3 Expliquer pourquoi la solution " tout éolien " est impossible.

Pour cette partie, on utilisera les masses données ci-après :

Noyau	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{40}^{91}\text{Zr}$	${}_{58}^{142}\text{Cr}$	${}_0^1\text{n}$
Masse (u)	235,0439	90,906	141,909	1,008

S VI : ENERGIE SOLAIRE - CELLULE PHOTOVOLTAIQUE ET POMPE SOLAIRE (15 points).

Le Soleil, l'astre du jour comme disent les poètes, est une boule gazeuse de diamètre $d = 1\,391\,000\text{ km}$ (Son volume est 1295000 fois plus grand que celui de la Terre), de masse $M = 2 \cdot 10^{30}\text{ kg}$ (332000 fois celle de la Terre).

La température à la surface est voisine de 6000°C . La température au centre est de l'ordre de $15\,000\,000^\circ\text{C}$.

Le Soleil libère chaque seconde une énergie égale à $16 \cdot 10^{23}\text{ J}$ soit plus d'énergie que ne peuvent en libérer pendant le même temps un million de milliards de centrales nucléaires.

Le rayonnement solaire peut-être utilisé, entre autres, pour produire de l'électricité au travers de cellules photovoltaïques, pour le pompage d'eau à des fins domestiques.

Partie E

Le constituant des étoiles jeunes notamment le Soleil est de l'hydrogène.

Pour expliquer l'origine de l'énergie dégagée par le Soleil, on envisage l'hypothèse d'une succession de réactions

nucléaires dont l'équation-bilan s'écrit : $4\,{}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2\,{}_1^0\text{e}^+$

VI-1 Nommer et définir ce type de réaction.

VI-2 Déterminer la valeur, en unités de masse atomique (u), de la masse transformée en énergie lors de cette réaction-bilan. En déduire la valeur de l'énergie libérée en MeV.

VI-3 La puissance rayonnée actuellement par le Soleil est de l'ordre de $3,9 \cdot 10^{26}\text{ W}$. En admettant que toute l'énergie due à la réaction précédente est intégralement rayonnée par le Soleil, calculer la perte de masse du Soleil en une année.

VI-4 La masse actuelle du Soleil est de l'ordre de $2 \cdot 10^{30}\text{ kg}$. On évalue son âge à 4,6 milliards d'années. Quelle masse a-t-il perdu depuis qu'il rayonne ? Quelle fraction de la masse actuelle cela représente-t-il ? Commenter le résultat.

Données :

Masse des noyaux :

$$1\text{ u} = 931,5\text{ MeV}/c^2$$

Noyau	${}_1^1\text{H}$	${}_2^4\text{He}$	${}_1^0\text{e}^+$
Masse(u)	1,00728	4,00151	$5,49 \cdot 10^{-4}$

Partie F

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.

VI-5 Qu'appelle-t-on effet photoélectrique ? Comment l'interpréter ?

VI-6 On se propose de calculer la surface de capteurs adaptés à une utilisation. Pour cela, on admet un éclairement de $350\text{ W}/\text{m}^2$ et un rendement de conversion de l'énergie rayonnante en énergie électrique de 17%.

VI-6 -1 Calculer la surface minimale des capteurs afin de disposer une puissance suffisante pour faire fonctionner un poste téléviseur de 100W.

VI-6 -2 Pourquoi il est nécessaire de stocker l'énergie dans les accumulateurs ?

VI-6 -3 Quelle devrait être la surface d'un tel capteur pour fournir une puissance 900MW égale ? à celle d'une centrale nucléaire ? Commenter.

Partie G

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.

VI-7 Le débit de la pompe est de 345 L d'eau par heure et l'eau est relevée à une profondeur 61m.

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

VI-8 Dans cet état de fonctionnement la tension délivrée à la pompe est de 24V et l'intensité du courant traversant le circuit de la pompe est de 3,8 A, Calculer la puissance électrique consommée par la pompe.

VI-9 Calculer le rendement de la pompe.

VI-10 Sachant que le rendement du panneau (qu'on explicitera) est l'ordre de 14%, déterminer le rendement global de la chaîne.

S VII : MOTEURS ET MACHINES THERMIQUES (08 points)

Moteurs et machines thermiques constituent des convertisseurs de grande utilité pour l'homme.

Un moteur thermique est un convertisseur d'énergie qui transforme une partie de la chaleur qu'il reçoit en travail mécanique. Les automobiles, les bateaux et les avions sont propulsés par des moteurs thermiques.

Le réfrigérateur est une machine thermique. Pour simplifier, on peut dire que son mode de fonctionnement est de prendre de la chaleur du côté basse température pour en rejeter à l'extérieur. Pour cela le réfrigérateur a besoin d'utiliser une énergie externe et est donc généralement doté d'un moteur électrique qui fait de lui une pompe à chaleur. C'est donc à travers ce principe de fonctionnement que nos réfrigérateurs arrivent à conserver parfaitement nos aliments et à nous offrir les boissons les plus rafraîchissantes.

Partie H

Un moteur thermique reçoit de la chaleur Q_1 d'une source chaude. Son rôle est alors de fournir au milieu extérieur du travail W et en cédant une quantité de chaleur Q_2 au milieu environnant, ici l'air ambiant. Avec les conventions de signes sur les échanges d'énergie, Q_1 est compté positivement (le moteur reçoit) et Q_2 et W sont comptés négativement (le moteur les cède) et il est impossible que Q_2 soit nulle.

Pour un cycle on a : $Q_1 + Q_2 + W = 0$ et le rendement thermique du moteur est donné par : $\eta = \frac{-W}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1}$.

Une automobile se déplace à la vitesse constante de $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ sur une route horizontale, sa consommation est de 7,2 L au 100 km. Le moteur fournit une puissance mécanique P_m de 23 ch.

VII-1 Calculer le rendement de cette machine.

VII-2 Déterminer la puissance transférée à l'environnement sous forme de chaleur (puissance perdue).

La combustion d'un litre d'essence produit une énergie égale à $3,2 \cdot 10^7 \text{ J}$.

Données 1 ch = 735 W (un cheval –vapeur est une unité ancienne utilisée dans certains document automobiles).

Partie I

Le rôle d'un réfrigérateur est d'extraire de la chaleur Q_2 à une source froide et de fournir une quantité Q_1 à une source chaude en recevant un travail (d'un milieu extérieur par le moyen d'un courant électrique par exemple).

Conformément aux conventions de signe sur les échanges d'énergie on a : $Q_2 > 0$, $W > 0$ et $Q_1 < 0$.

On a toujours $W + Q_1 + Q_2 = 0$ pour un cycle. On définit le coefficient d'efficacité $e = \frac{Q_2}{W} = \frac{-Q_2}{Q_1 + Q_2}$

On place dans un réfrigérateur initialement vide une masse m de tomates égale à 2 kg. Les tomates sont initialement à la température $\theta_1 = 22^\circ\text{C}$. Au bout d'une heure, leur température devient $\theta_2 = 6^\circ\text{C}$. Leur capacité calorifique massique est $c = 3,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

On néglige toute fuite thermique. En phase de réfrigération l'appareil consomme une puissance de 0,10 kW.

VII-3 Quelle est la quantité de chaleur absorbée par le circuit de réfrigération pendant une heure ?

VII-4 Quelle est l'énergie totale consommée par l'appareil frigorifique pour une heure de fonctionnement ?

VII-5 Calculer la quantité de chaleur cédée au milieu extérieur pendant une heure par le circuit « radiateur » de l'appareil situé à la face arrière.

VII-6 Evaluer le coefficient d'efficacité.

VII-7 Après avoir sorti la tomate du réfrigérateur, on a oublié de refermer la porte du réfrigérateur. On admet que la puissance électrique absorbée est la même.

Quelle est la quantité totale de chaleur totale reçue par la pièce (milieu environnant) pendant une heure ? Pour y répondre on construira le diagramme énergétique. Conclure.