



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE DU BUDGET, DES COMPTES
PUBLICS, DE LA FONCTION PUBLIQUE
ET DE LA RÉFORME DE L'ÉTAT

**CONCOURS INTERNE
POUR LE RECRUTEMENT
DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS
DE L'INDUSTRIE ET DES MINES
SESSION 2010**

ÉPREUVE ÉCRITE n°3
du mercredi 10 mars 2010
PHYSIQUE

(Durée : 3 heures – coefficient : 2)

L'usage d'une calculatrice de poche est autorisé (standard, programmable ou alphanumérique) à condition qu'elle soit autonome et qu'elle ne comporte ni dispositif d'impression, ni dispositif externe de stockage d'information (cassette, bandes magnétiques, etc.).

Les notices de fonctionnement ne sont pas autorisées.

Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction ; si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

REMARQUES IMPORTANTES :

- Les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- Le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet.

TOUTE NOTE INFÉRIEURE À 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE.

Les différents exercices de ce problème sont largement indépendants et dans chaque exercice de nombreuses questions sont indépendantes.

Exercice I : Rendement d'une centrale thermique

Dans une centrale thermique, on trouve trois convertisseurs en série :

- la chaudière de rendement η_c ;
- le circuit vapeur de rendement thermique η_t ;
- le groupe turboalternateur de rendement η_0 .

Pour évaluer le rendement de la chaudière, on détermine en une heure de fonctionnement en régime permanent :

- la masse de charbon consommée (400 tonnes)
- le débit massique horaire de la vapeur produite ($D = 4500$ tonnes par heure).

Sachant que :

- 1 tonne de charbon libère par combustion $3,35 \cdot 10^{10}$ J ;
- Il faut $2,22 \cdot 10^9$ J pour produire une tonne de vapeur dans les conditions indiquées,

I.1. Déterminer au bout d'une heure de fonctionnement :

- I.1.a. la quantité de chaleur Q_1 fournie par la chaudière au circuit vapeur.
- I.1.b. la quantité de chaleur Q délivrée par la combustion
- I.1.c. le rendement de la chaudière η_c .

I.2. Pour évaluer le rendement thermique du circuit vapeur, on mesure le travail cédé par cette vapeur à la turbine en une heure de fonctionnement en régime permanent. On trouve la valeur absolue de $W = 3,9 \cdot 10^{12}$ J.

- I.2.a. Déterminer le rendement η_t .
- I.2.b. Comparer ce rendement au rendement d'une machine de Carnot idéale fonctionnant avec des sources aux températures $\theta_1 = 260^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 27^\circ\text{C}$.

I.3. On mesure la puissance électrique disponible à la sortie du groupe turboalternateur : $P_{el} = 1000$ MW. Déterminer le rendement du groupe turboalternateur η_0 .

I.4. Déterminer le rendement global de la centrale.

Donnée : Température absolue (en K) : $T = \theta + 273$

Exercice II : La fusion nucléaire : deutérium-tritium

L'objectif du projet ITER est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. A côté de l'énergie de fission, l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXI^e siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue d'ici 50 ans, il est d'une importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie.

Le principe consiste à faire fusionner des noyaux de deutérium et de tritium, deux isotopes de l'hydrogène en les chauffant à des températures très élevées, de l'ordre de 100 millions de degrés. C'est donc sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.



Données :

	deutérium	tritium	hélium	neutron
Symbole	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^1_0\text{n}$
Masse du noyau en u	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

$$1\text{u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J.}$$

$$\text{célérité de la lumière dans le vide : } c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}.$$

II.1. Calculer la variation de masse au cours de la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium. Donner sa valeur en kilogramme et commenter son signe.

II.2. Déterminer l'énergie produite par cette réaction de fusion, donner le résultat en MeV.

II.3.a. Vérifier que le nombre de noyaux présents dans 1,0 g de noyaux de deutérium est $3,0 \times 10^{23}$ noyaux.

II.3.b. Vérifier qu'il en est de même dans 1,5 g de noyaux de tritium.

II.4. En déduire l'énergie, en MeV puis en Joule, que l'on pourrait espérer obtenir si on réalisait la réaction de fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium dans le réacteur ITER.

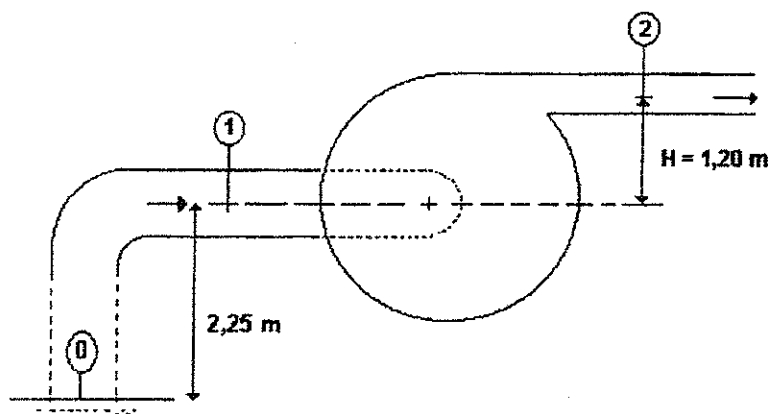
II.5. La Tonne d'Equivalent pétrole (TEP) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes. 1 TEP représente $4,2 \times 10^{10} \text{ J}$, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.

II.5.a. Calculer, en tep, l'énergie libérée par la fusion de 1,0 g de deutérium et de 1,5 g de tritium.

II.5.b. Sachant que dans une centrale nucléaire classique, la fission d'1,0 g d'uranium libère une énergie de 1,8 tep, expliquer en quoi le projet ITER est un progrès et un espoir pour la production d'énergie.

Exercice III: Pompe d'un circuit de refroidissement

Une pompe hydraulique débite $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ d'eau froide. Sa conduite d'aspiration a un diamètre $d_1 = 200 \text{ mm}$. Sa conduite de refoulement a un diamètre $d_2 = 100 \text{ mm}$.



On négligera toutes les pertes de charge dans cette étude.

Données :

- la masse volumique de l'eau est $\rho_0 = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.
- l'accélération de la pesanteur est $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.
- la pression atmosphérique est $p_0 = 1,00.10^5 \text{ Pa}$
- pour un fluide en écoulement permanent entre deux points 1 et 2, recevant d'une machine une puissance P , l'équation de Bernoulli est :

$$(p_2 - p_1) + \rho g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \frac{P}{Q_v} \text{ où } Q_v \text{ est le débit volumique}$$

III.1. Calculer la vitesse d'écoulement v_1 dans la conduite d'aspiration.

III.2. Calculer la vitesse d'écoulement v_2 dans la conduite de refoulement.

III.3. La pompe aspire l'eau stagnante d'un bassin ouvert situé 2,25 m au dessous du niveau (1), d'entrée de la pompe. Calculer la pression p_1 à l'entrée de la pompe en (1).

III.4. Calculer le débit massique Q_m de la pompe en kg.s^{-1} .

III.5. Sachant que la pression de l'eau à la sortie de la pompe en (2) est $p_2 = 1,60.10^5 \text{ Pa}$, calculer la puissance mécanique de la pompe P pour assurer ce débit.

III.6. Cette pompe est actionnée par un moteur électrique. Le rendement global du groupe est de 80%. Calculer la puissance électrique P_e consommée.

Exercice IV : Electrolyse de l'alumine

L'aluminium est obtenu par électrolyse de l'alumine dissoute dans de la cryolite fondue à 950°C. Une unité de production est formée de 250 cellules électrolytiques branchées en série sous une tension de 1000 V. Elles sont parcourues par un courant électrique d'intensité $I = 300 \text{ kA}$. La force « contre électromotrice » d'une cellule est 2,8 V. La fabrication de 1 tonne d'aluminium nécessite 2 tonnes d'alumine et une énergie de 12 MWh.

IV.1. Calculer la puissance électrique mise en jeu par une unité de production.

IV.2. Calculer la valeur de la tension aux bornes de chaque cellule électrolytique.

IV.3. Calculer la puissance perdue par effet Joule.

IV.4. En déduire la puissance électrique transformée en puissance chimique.

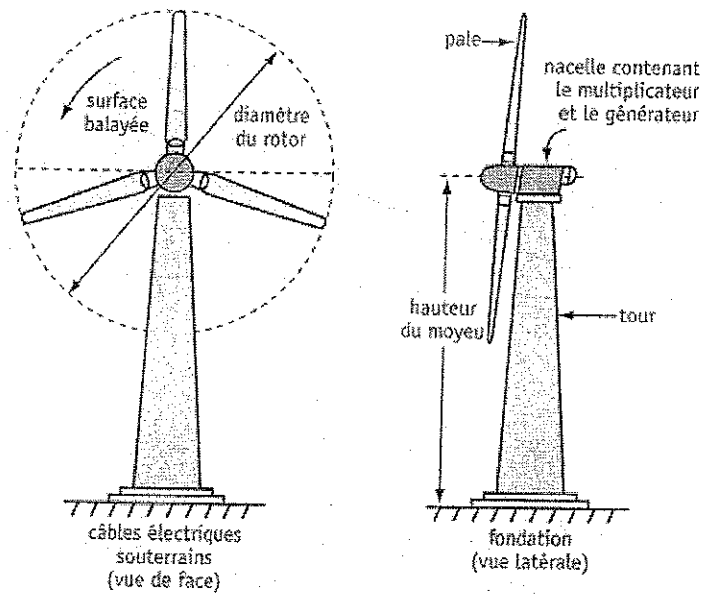
IV.5. Calculer la durée nécessaire à une unité de production pour élaborer 1 tonne d'aluminium.

Exercice V : Eolienne

Une éolienne est constituée de trois parties :

- le rotor, « l'hélice », composé des pales et du moyeu ;
- la nacelle, la « caisse », au sommet de la tour ;
- le mât, la tour qui supporte les deux groupes précédents.

La vitesse de rotation varie évidemment selon la force du vent. Pour un rotor de 70 m de diamètre (éoliennes installées dans les Pyrénées-Orientales), la vitesse maximale de rotation des pales est de 20 tours par minute.



- V.1. Calculer, dans ce cas, la fréquence de rotation des pales. En déduire la période T de rotation.
- V.2. Quelle est sa vitesse angulaire ?
- V.3. Calculer la vitesse (en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) atteinte au bout des pales.