



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE
DU BUDGET, DES COMPTES PUBLICS
ET DE LA FONCTION PUBLIQUE

CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT DE TECHNICIENS SUPERIEURS DE L'INDUSTRIE ET DES MINES

SESSION 2008

EPREUVE ECRITE n°3 du mercredi 6 février 2008

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 pas de dispositif d'impression, ni de 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.

TOUTE NOTE INFÉRIEURE A 6 SUR 20 EST ELIMINATOIRE.

Autour de l'énergie

Le problème est composé de 5 parties indépendantes, à l'intérieur desquelles de nombreuses questions peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

Partie I : Energie éolienne

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique du vent que l'on transforme en énergie électrique. On veut à partir de l'observation d'une grande éolienne de 70 m de diamètre, déterminer la puissance délivrée par celle-ci.

1. On filme l'éolienne, on numérise le film et à l'aide d'un logiciel adapté, on pointe la position M_1 de l'extrémité d'une pale pour tous les intervalles de temps $\Delta t = 0,1$ s (**figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie**).

1.1. Quelle est la nature du mouvement du point M ? Justifier.

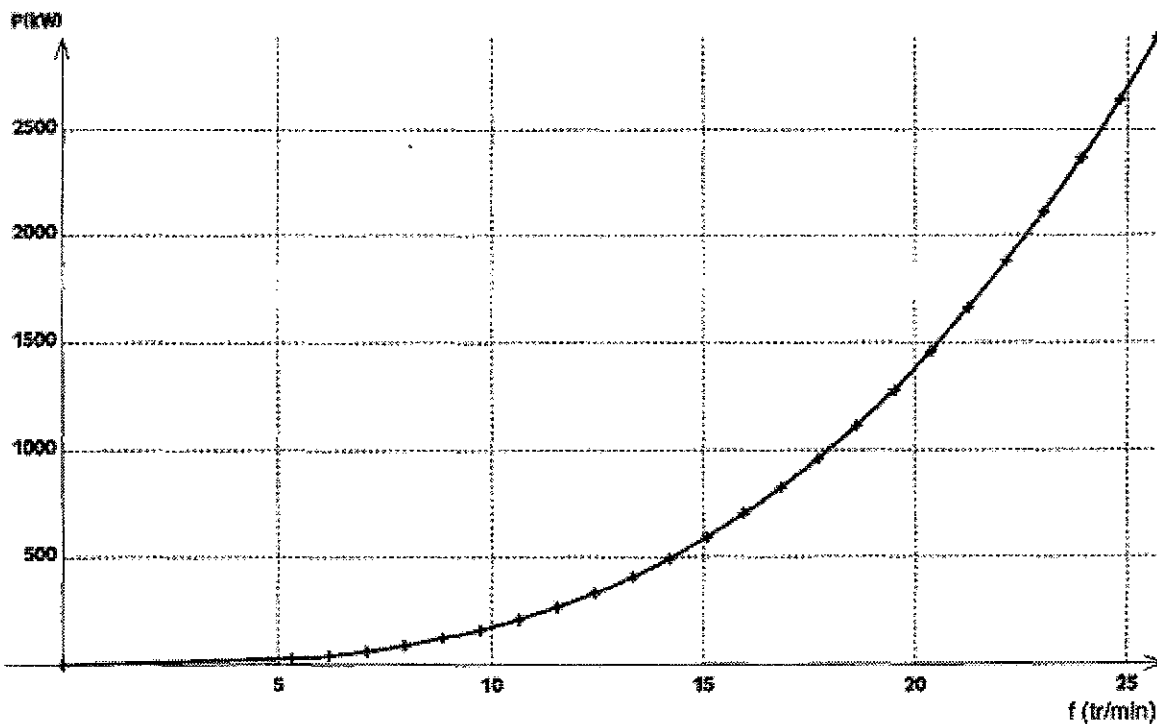
1.2. Déterminer la valeur v_2 de la vitesse instantanée réelle au point M_2 .

1.3. Construire le vecteur vitesse \vec{v}_2 sur la **figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie**, à l'échelle 1 cm pour $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1.4. Quelle est la durée d'un tour ?

2. En déduire la fréquence de rotation de la pale de l'éolienne, c'est-à-dire le nombre de tours effectués en une minute.

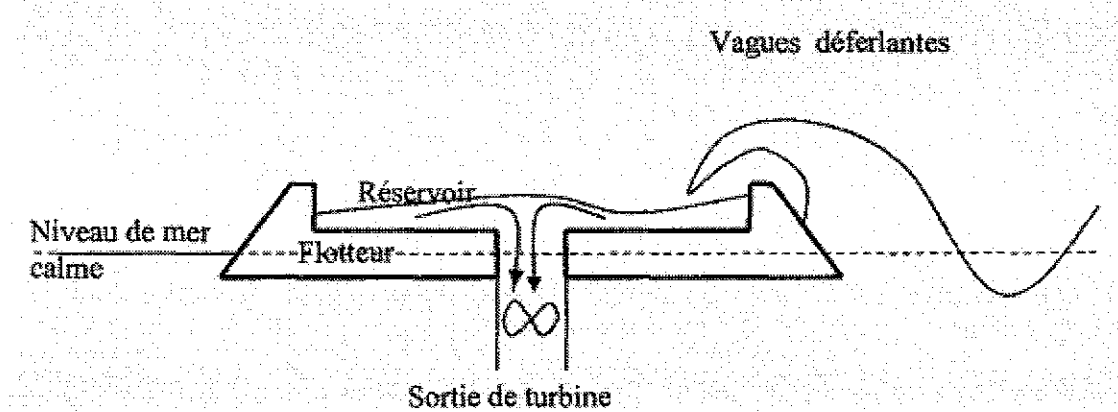
3. Le constructeur donne la courbe représentant la puissance P en fonction de la fréquence de rotation f de l'éolienne. Déterminer la puissance délivrée par cette éolienne dans les conditions de rotation décrites précédemment.



Partie II : Energie de la houle

On va étudier un prototype d'usine houlomotrice. Une plate-forme amarrée au fond et pesant 237 tonnes, récupère l'énergie produite par les vagues "déferlantes". Elle possède un réservoir central qui se remplit en brisant la houle. Ce réservoir se vide partiellement, à travers une conduite, dans une turbine qui génère de l'électricité. On peut ainsi espérer une puissance d'environ 7 MW.

La figure ci-dessous montre un plan en coupe.



On modélise la houle par une onde transversale. Sur la figure 2 de l'annexe à rendre avec la copie, on a représenté à deux instants $t = 0$ s et $t = 1,0$ s, cette houle se propageant vers la droite.

1.1. Décrire qualitativement le mouvement du bout de bois représenté sur la figure 2.

1.2. Sur la figure 2 dessiner la position du bout de bois à $t = 1,0$ s.

1.3. Décrire en quelques lignes le principe de fonctionnement de cette usine houlomotrice. On pourra analyser les différents types d'énergies mis en jeu.

2.1. À l'aide de la figure 2 de l'annexe, calculer la célérité v de l'onde.

2.2. Définir la longueur d'onde λ de la houle puis la déterminer à l'aide de la figure 2 de l'annexe.

2.3. Définir la période T de l'onde puis calculer sa valeur.

3. Une série de mesures effectuées au large montre que le carré de la célérité est proportionnel à la longueur d'onde: $v^2 = a \times \lambda$.

3.1. Déterminer la dimension de a .

3.2. On propose les 2 relations suivantes :

$$(1) \quad v^2 = \frac{g}{2\pi} \times \lambda$$

$$(2) \quad v^2 = g \times \lambda$$

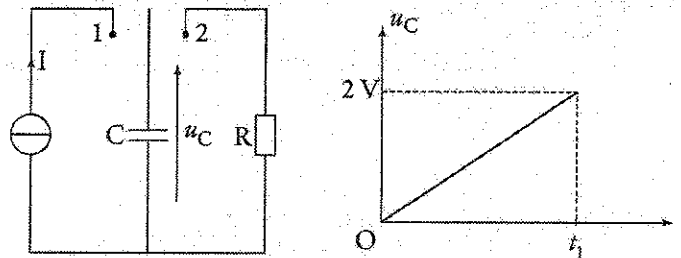
À l'aide des résultats de la question 2, déterminer la bonne relation entre v^2 et λ .

On prendra $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

Partie III : Energie électrique

Le but de cette partie est d'étudier les composants nommés *Ultra Caps*, en français « super condensateurs » : il s'agit de condensateurs à très forte capacité. Les condensateurs usuels ont en effet une capacité qui se chiffre en micro ou millifarads. Les « super condensateurs » ont une capacité qui peut dépasser le millier de farads ! Il s'agit en fait de composants intermédiaires entre des condensateurs et des accumulateurs électrochimiques.

Le supercondensateur étudié a une capacité $C = 1800 \text{ F}$. A l'instant $t = 0$, on place l'interrupteur en position 1. On charge alors le condensateur à l'aide d'un générateur de courant qui permet de délivrer une intensité constante $I = 100 \text{ A}$. On obtient la courbe de charge ci-dessous :



1. A quel instant t_1 la tension aux bornes du condensateur atteint-elle $U_1 = 2 \text{ V}$?
2. Quelle est l'énergie E_{c1} emmagasinée par ce condensateur à cet instant t_1 ?
3. A l'instant $t = t_1$, on place l'interrupteur en position 2. On décharge ce condensateur à travers une résistance $R = 2 \Omega$ jusqu'à l'instant t_2 où $u_C(t_2) = U_2 = 1,5 \text{ V}$. L'équation donnant la tension aux bornes du condensateur durant cette décharge est :

$$u_C = A + B \cdot \exp(-(t-t_1)/\tau)$$

Déterminer A, B et τ .

4. A quel instant t_2 la tension aux bornes du condensateur atteint-elle $U_2 = 1,5 \text{ V}$?
5. En supposant que la décharge du condensateur se passe sans pertes d'énergie, quelle est l'énergie E_R dissipée par effet Joule dans la résistance R entre t_1 et t_2 ? En déduire la puissance moyenne P_R dissipée par effet Joule dans la résistance R entre t_1 et t_2 .
6. On définit le rendement comme le rapport entre l'énergie restituée lors de la décharge et l'énergie emmagasinée lors de la charge. Les accumulateurs traditionnels du type batterie de voiture ont un rendement de l'ordre de 50%. On mesure la puissance moyenne dissipée par R entre t_1 et t_2 . On obtient 1,4 watt. Calculer le rendement de ce supercondensateur. Comparer et conclure.

Partie IV : Energie hydraulique

Un lac artificiel, créé par un barrage, contient un volume $V = 1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ d'eau à l'altitude moyenne $z_1 = 1250 \text{ m}$. Au pied du barrage, à une altitude $z_2 = 1020 \text{ m}$, une usine hydro-électrique est alimentée par cette retenue d'eau. Le débit de l'eau alimentant les turbines est $D = 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. On néglige les pertes d'énergie par frottement dans les conduites. Les altitudes z sont comptées à partir du niveau de la mer pris comme référence pour l'énergie potentielle.

1. Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur moyenne de l'eau en réserve dans le lac.
2. Quelle masse d'eau M arrive aux turbines pendant 10 s ?
3. Calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur de cette masse d'eau entre son départ du barrage et son arrivée à l'usine.
4. Justifier que, pour la masse d'eau considérée, la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur $E_c + E_p$ est égale à une constante.
5. On admet que l'énergie cinétique de l'eau à l'altitude z_1 est nulle. Déterminer l'énergie cinétique de la masse M de l'eau à l'entrée de la turbine à l'altitude z_2 . En déduire la vitesse de cette masse d'eau.
6. En considérant que la vitesse de l'eau à la sortie de la turbine est négligeable devant sa vitesse d'introduction, calculer le travail fourni par la masse d'eau à la turbine. Quelle est sa puissance ?
7. L'usine hydro-électrique transforme 90% de cette puissance en puissance électrique. Calculer la puissance électrique ainsi fournie au réseau.

Données : Masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Partie V : Energie thermique

En France, une partie de l'acier est fabriquée directement à partir de ferraille de récupération. Cette ferraille est traitée dans des fours électriques à arc. Chaque convertisseur contient 310 tonnes de fer. Le fer fond à 1535°C sous la pression atmosphérique normale. Sa chaleur latente massique de fusion est de $270 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; sa capacité thermique massique est de $448 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ à l'état solide.

1. Calculer la quantité de chaleur nécessaire pour que le fer du convertisseur passe de 20°C à 1535°C tout en restant à l'état solide.
2. Calculer la quantité de chaleur nécessaire à la fusion du fer à la température de 1535°C .
3. Calculer en $\text{kW} \cdot \text{h}$, l'énergie électrique minimale qu'il faut fournir au four électrique pour faire fondre le fer du convertisseur.

Annexe à rendre avec la copie

Figure 1

$\Delta t = 0,1 \text{ s}$

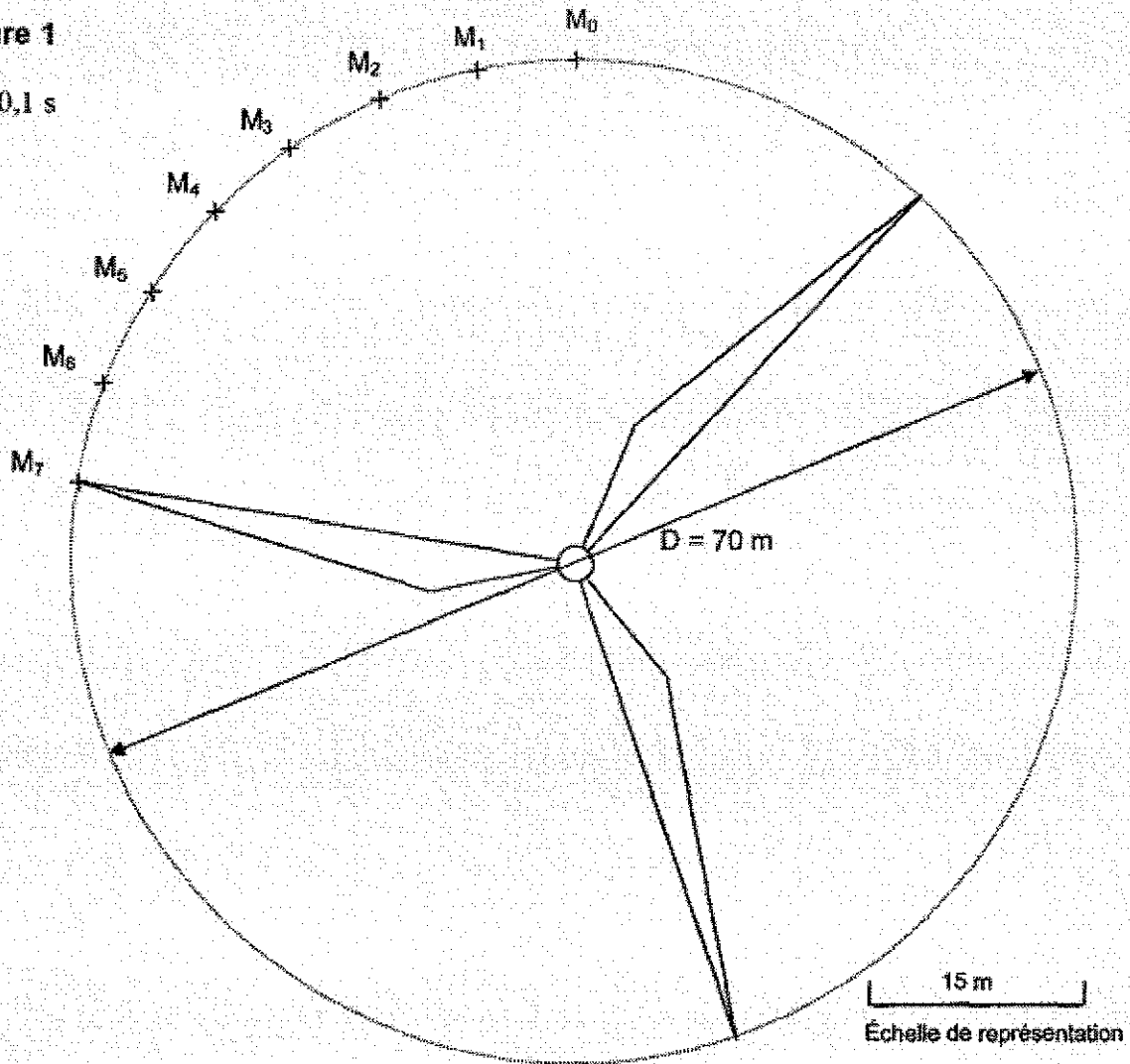


Figure 2

