ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE
DEVOIR MAISON - SCIENCES PHYSIQUES

Terminales A, B, et C

Lycée d'Adultes de la Ville de Paris
<< Philippe Leclerc de Hauteclocque >>

Dans tous les exercices suivants, on veillera à bien convertir les données en recourant aux unités du système international (USI : m, kg, s, A, K, Cd, mol) et aux ordres de grandeurs (e.g. mili, centi, kilo, mega, giga, etc.), à bien exprimer les grandeurs en notations scientifiques (e.g. 346 = $3{,}46.10^2$), à veiller au bon nombre de chiffres significatifs, et à vérifier la présence et la pertinence des unités. On veillera également à l'homogéinité des expressions et équations utilisées (e.g. TRUC [kg] = MACHIN [cm] → équation inhomogène/fausse, problème de dimension physique ; TRUC [m/s] = MACHIN [m/s] → OK !).

EXERCICE 1 – Valeur énergétique du parc automobile français (20 points)

On cherche dans cet exercice à déterminer l'énergie annuelle consommée par l'ensemble des automobiles du territoire français, puis à l'exprimer en nombre de réacteurs nucléaires nécéssaires à sa production. On considère que le parc automobile français se compose de **46 millions** de véhicules, de **113 ch** de puissance moyenne chacun, fonctionnant en moyenne **20%** de leur temps de vie (facteur d'utilisation : f = 0,2). On admettra que la puissance moyenne délivrée par un réacteur nucléaire est de **1 GW**, et que sa disponibilité annuelle s'élève à **6000 heures**.

On rappelle qu'une unité d'équivalent cheval de puissance mécanique vaut 850W (i.e. **1 ch = 850 W**), qu'une année compte **365.25 jours** en moyenne, et qu'**une heure** compte 60 x 60 = **3600 s**.

1) Exprimer, en Watt puis en unités du système international, la puissance moyenne délivrée par un véhicule du parc automobile français.

2) Exprimer, en unités du système international, la puissance moyenne du parc automobile français.

3) Calculer l'énergie annuelle consommée par le parc automobile français, en tenant compte d'un facteur d'utilisation.

4) Calculer l'énergie produite annuellement par un réacteur nucléaire.

5) Déterminer le nombre de réacteur nucléaires devant fonctionner sur une année pour produire l'énergie annuelle nécéssaire au fonctionnement du parc automobile français.

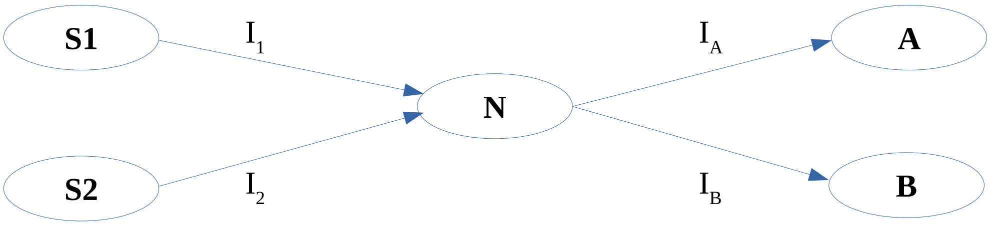
6) Sachant qu'une éolienne de 3.0 MW de puissance moyenne admet une disponibilité annuelle de 2000 heures, combien d'éoliennes seraient nécéssaires à produire l'énergie consommée annuellement par le parc automobile français ?

7) Sachant que le territoire français métropolitain compte actuellement 56 réacteurs nucléaires, quelle serait la taille du parc automobile (en nombre de véhicules) soutenu par la production nucléaire d'électricité actuelle ? *On tiendra compte des données précédentes, incluant le facteur moyen d'utilisation des véhicules individuels.*

8) Sachant que le territoire français compte 6500 éoliennes, quelle serait la taille du parc automobile (en nombre de véhicules) soutenu par la production nucléaire d'électricité actuelle ? *On tiendra compte des données précédentes, incluant le facteur moyen d'utilisation des véhicules individuels.*

EXERCICE 2 – Optimisation du transport d'électricité (20 points)

On considère dans cet exercice un réseau de transport d'électricité, provenant de deux sources distinctes **S1** et **S2**. Des courants électriques I_1 et I_2 affèrent depuis chaque source à un noeud de répartition **N**, avant d'être distribués chez deux clients distincts **A** et **B** :



On ne s'intéresse ici qu'à l'optimisation du transport électriques depuis les sources jusqu'au noeud de répartition. La délivrance des courants I_A et I_B aux clients constituant une exigence contractuelle, ces deux grandeurs seront considérés fixées. On pourra même poser la constante : $I_C = I_A + I_B$. Les seules variables de ce problème d'optimisation sont donc les courants électriques produits I_1 et I_2.

On rappelle que la "loi des noeuds" (cf. cours sur les circuits électriques) impose : $I_1 + I_2 = I_A + I_B$ i.e. $I_1 + I_2 = I_C$.

1) Rappeler l'expression de la puissance électrique P d'un système traversé par un courant électrique I (en Ampères) et aux bornes duquel est appliquée une tension électrique U (en Volt). Dans quelle unité a-t-on l'usage de l'exprimer (hors USI) ?

2) En considérant que les lignes électriques délivrant les courants I_1 et I_2 depuis les sources **S1** et **S2** se comportent physiquement comme des conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 et R_2, déterminer les tensions électrique U_1 et U_2 mesurées à leurs bornes respectives.

3) A l'aide des deux premières questions, exprimer les puissances électriques p_1 et p_2 déperdues par effet Joule lors du transports de l'électricité depuis les sources **S1** et **S2** jusqu'au noeud de répartition **N**. Donner la puissance électrique totale $P_J = p_1 + p_2$ déperdue par effet Joule lors de ce transport.

4) A l'aide de la loi des noeuds, exprimer le courant I_2 en fonction du courant I_1 et de termes constants.

5) Remplacer I_2 dans la formule de la puissance électrique dissipée P_J par sa nouvelle expression (obtenue à la question 4 précédente).

6) Montrer que la puissance électrique totale P_J peut s'exprimer comme une fonction polynômiale d'ordre 2 (représentée graphiquement par une courbe parabolique) de la seule variable I_1. C'est-à-dire, montrer que :

$P_J = P_J(I_1) = a.I_1^2 + b.I_1 + c$; où les coefficients constants a, b, et c sont à déterminer.

7) Justifier qu'il existe un courant $\mathbf{I_1^*}$ optimal minimisant la puissance électrique P_J perdue par effet Joule lors du transport. C'est-à-dire, déterminer que la parabole $P_J(I_1)$ admet un minimum, et non pas un maximum. Justifier votre réponse, soit mathématiquement (eu égard au signe du premier coefficient "a"), soit physiquement par un argument raisonné et intelligible.

8) Exprimer le courant optimal $\mathbf{I_1^*}$ minimisant la puissance électrique P_J perdue par effet Joule lors du transport. *On rappelle ici que l'extremum (minimum ou maximum) d'une parabole (de type $a.x^2 + b.x + c$) est obtenu à l'abscisse : $x = -b/2a$.*