

# Transporter de l'énergie coûte de l'énergie !

**Enseignement scientifique Terminale**

**Durée 1h – 10 points – Thème « Le futur des énergies »**

Lors du transport de l'énergie électrique, la préoccupation première est de maximiser la quantité d'énergie transportée en minimisant les pertes.

**L'exercice comporte deux parties indépendantes qui s'intéressent à l'optimisation du transport de l'énergie électrique.**

**Document 1** *Électricité : à combien s'élèvent les pertes en ligne en France ?*

L'énergie électrique ne peut être acheminée jusqu'au consommateur final sans pertes. L'essentiel de ces pertes est lié à la circulation du courant électrique dans les matériaux conducteurs qui lui opposent une résistance : cela provoque une perte d'énergie qui se traduit par un dégagement de chaleur.

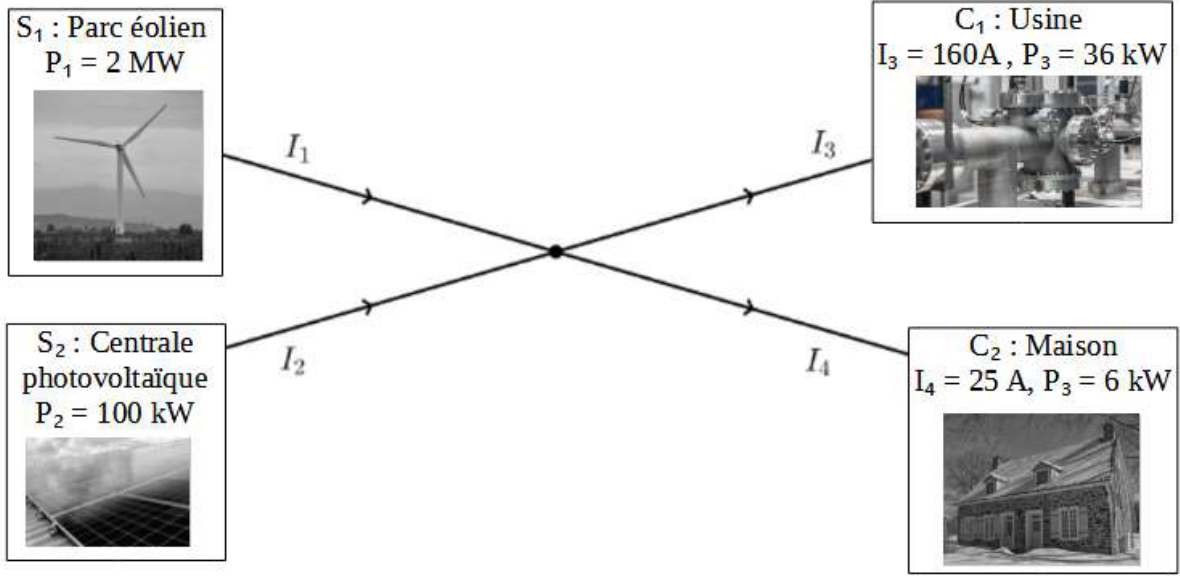
A puissance délivrée égale, plus la tension est élevée et l'intensité réduite, plus les pertes en lignes sont faibles. Le courant circule donc sur les lignes électriques à haute et très haute tension sur le réseau de transport d'électricité français (63 000 à 400 000 volts). Sur les réseaux de distribution, la tension est réduite et les pertes sont donc plus importantes. Sur ces différents réseaux, le courant alternatif est utilisé en partie pour cette raison : il permet d'élever les tensions, de réduire les intensités donc de limiter les pertes.

Sur le réseau de transport d'électricité, le gestionnaire RTE déclare un taux de pertes compris entre 2% et 2,2% depuis 2007. Sur les réseaux de distribution, le gestionnaire ERDF annonce que les pertes s'élèvent au total à près de 6 % de l'énergie acheminée (20 TWh/an).

En incluant l'autoconsommation des postes de transformation et les pertes dites « non techniques » (fraudes, erreurs humaines, etc.), les pertes d'électricité en France entre le lieu de production et de consommation avoisinent 10% en moyenne.

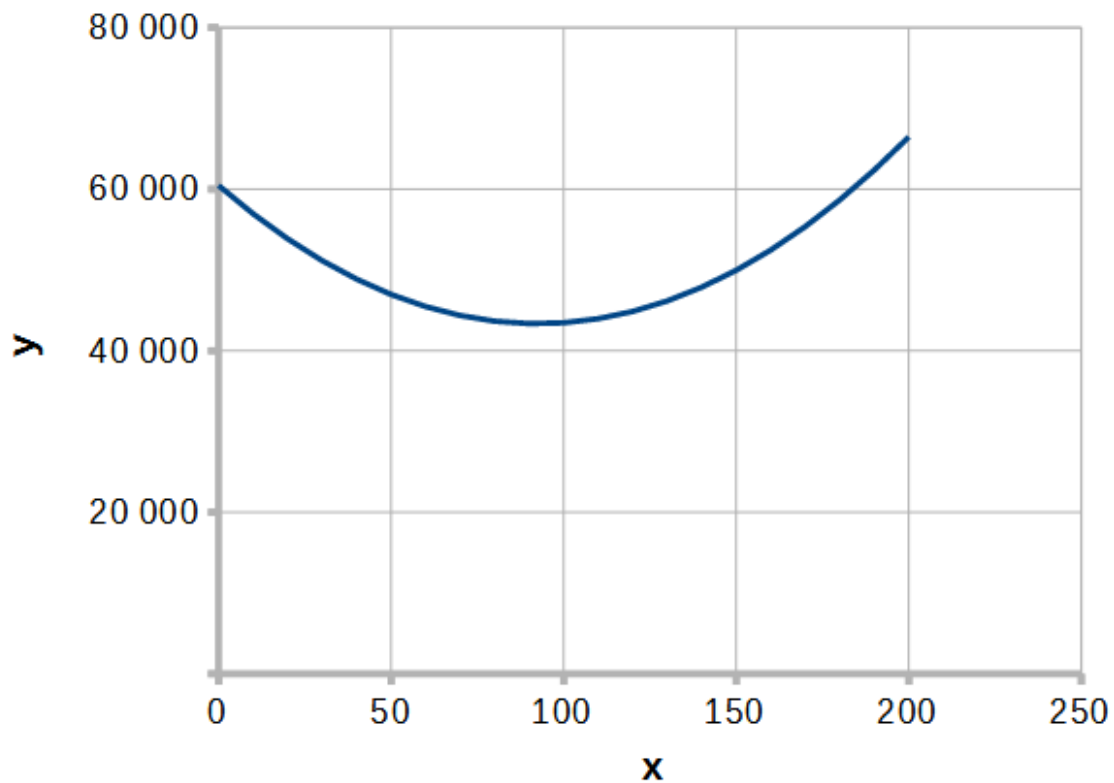
Source : d'après <https://www.connaissancedesenergies.org>

**Document 2** Modélisation simple d'un réseau de distribution électrique par un graphe orienté



**Document 3**

Représentation graphique de la courbe d'équation  $y = 2x^2 - 370x + 60\,450$



## PARTIE A : Transport de l'énergie électrique

1. Indiquer le nom du phénomène correspondant à la dissipation d'énergie par dégagement de chaleur dans un conducteur ohmique.

L'effet joule est le phénomène correspondant à la dissipation d'énergie par dégagement de chaleur dans un conducteur ohmique.

La puissance  $P$  perdue par ce phénomène dans un conducteur ohmique de résistance  $R$  parcouru par un courant d'intensité  $I$  est donnée par la relation :

$$P=R \times I^2$$

La résistance  $R$  d'un fil conducteur est donnée par la formule :

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

avec  $\rho$  la résistivité du conducteur en  $\Omega \cdot m$ ,  $L$  la longueur du fil en m et  $S$  sa section en  $m^2$ .

2. Plus la longueur du câble est grande, plus sa résistance est importante. En vous appuyant sur l'expression de la résistance, proposer deux façons de diminuer la résistance des lignes qui transportent l'énergie électrique.

La résistance  $R$  d'un fil conducteur est donnée par la formule :

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

$R$  est proportionnel à  $\rho$  : pour diminuer la résistance il faut un câble qui possède une résistivité du conducteur  $\rho$  faible.

$R$  est inversement proportionnel à  $S$  : pour diminuer la résistance il faut un câble qui possède une section  $S$  élevé.

Diminuer la résistance n'est pas la seule réponse à apporter pour diminuer les pertes. On peut également agir sur l'intensité.

**3.** Indiquer par combien sont divisées les pertes si on divise l'intensité par deux.

La puissance  $P$  perdue par ce phénomène dans un conducteur ohmique de résistance  $R$  parcouru par un courant d'intensité  $I$  est donnée par la relation :  $P=R \times I^2$

$P$  est proportionnel au carré de l'intensité. Si on divise l'intensité par deux, la puissance perdue est divisée par  $2^2=4$ .

Démo mathématique :

$$P = R \times I^2$$

$$P' = R \times (I')^2$$

Or

$$I' = \frac{I}{2}$$

$$P' = R \times \left(\frac{I}{2}\right)^2$$

$$P' = R \times \frac{I^2}{2^2}$$

$$P' = R \times \frac{I^2}{4}$$

$$P' = \frac{P}{4}$$

**4.** Expliquer l'intérêt des lignes à haute tension.

D'après le résultat de la question 3 : lorsque l'intensité double la puissance perdue est divisée par 4.

Ainsi, plus l'intensité est grande, plus la puissance perdue est faible.

D'où l'intérêt des lignes à haute tension.

5. À l'aide du document 1, citer les deux réseaux transportant de l'énergie électrique en France.

D'après le document 1, deux réseaux transportant de l'énergie électrique en France sont :

- le réseau de transport d'électricité
- les réseaux de distribution

6. Expliquer pourquoi ces deux réseaux n'ont pas les mêmes pourcentages d'énergie perdue.

D'après le document 1 :

Plus la tension est élevée et l'intensité réduite, plus les pertes en lignes sont faibles.

Or Le courant circule donc sur les lignes électriques à haute et très haute tension sur le réseau de transport d'électricité français (63 000 à 400 000 volts). Sur les réseaux de distribution, la tension est réduite et les pertes sont donc plus importantes.

C'est pourquoi ces deux réseaux n'ont pas les mêmes pourcentages d'énergie perdue :

- le réseau de transport d'électricité qui a une tension élevée aura des pertes faibles
- le réseau de transport d'électricité français qui a une tension réduite aura des pertes importantes.

## **PARTIE B : Modélisation d'un réseau**

Considérons un réseau simple représenté de façon symbolique dans le document 2.

Deux sources  $S_1$  et  $S_2$  produisent du courant, que l'on supposera continu, d'intensités respectives  $I_1$  et  $I_2$ . Le courant doit être acheminé vers deux cibles  $C_1$  et  $C_2$  qui attendent des intensités fixées valant respectivement  $I_3$  et  $I_4$ . On note  $R_1, R_2, R_3$  et  $R_4$  les résistances respectives des câbles de transport des lignes 1 à 4.

Le réseau présente un unique nœud.

7. Donner l'expression de la puissance  $P_{JT}$  totale dissipée par effet Joule en fonction des intensités et résistances.

$$P_J = R \times I^2$$

$$P_{JT} = R_1 \times I_1^2 + R_2 \times I_2^2 + R_3 \times I_3^2 + R_4 \times I_4^2$$

8. En utilisant la loi des nœuds, supposée valable, montrer que, si les intensités sont exprimées en ampères, on a  $I_2 = 185 - I_1$ .

Loi des nœuds :

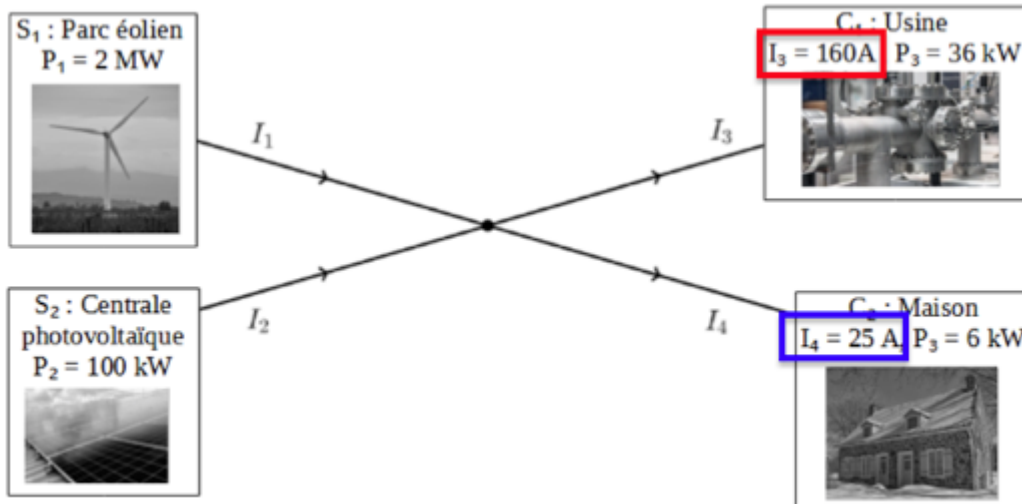
$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

$$I_2 = I_3 + I_4 - I_1$$

Or

$$I_3 = 160$$

$$I_4 = 25$$



$$I_2 = 160 + 25 - I_1$$

$$I_2 = 185 - I_1$$

9. On admet que les valeurs des résistances des câbles de transport sont toutes identiques et égales à  $R$ . Montrer que l'expression de la puissance  $P_{JT}$  (en W) en fonction de  $I_1$  (en A) est :

$$P_{JT} = R(2I_1^2 - 370I_1 + 60450)$$

D'après la question 7 :

$$P_{JT} = R_1 \times I_1^2 + R_2 \times I_2^2 + R_3 \times I_3^2 + R_4 \times I_4^2$$

On admet que les valeurs des résistances des câbles de transport sont toutes identiques et égales à  $R$  :

$$P_{JT} = R \times I_1^2 + R \times I_2^2 + R \times I_3^2 + R \times I_4^2$$

$$P_{JT} = R \times (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2)$$

Or

$$I_3 = 160$$

$$I_4 = 25$$



$$I_2 = 185 - I_1$$

$$P_{JT} = R \times (I_1^2 + (185 - I_1)^2 + 160^2 + 25^2)$$

$$P_{JT} = R \times (I_1^2 + 185^2 - 2 \times 185 \times I_1 + I_1^2 + 25600 + 625)$$

$$P_{JT} = R \times (2 \times I_1^2 - 370 \times I_1 + 60450)$$

**10.** Par lecture graphique, estimer la valeur de l'intensité  $I_1$  qui permet de minimiser l'énergie dissipée lors de l'acheminement de l'énergie.

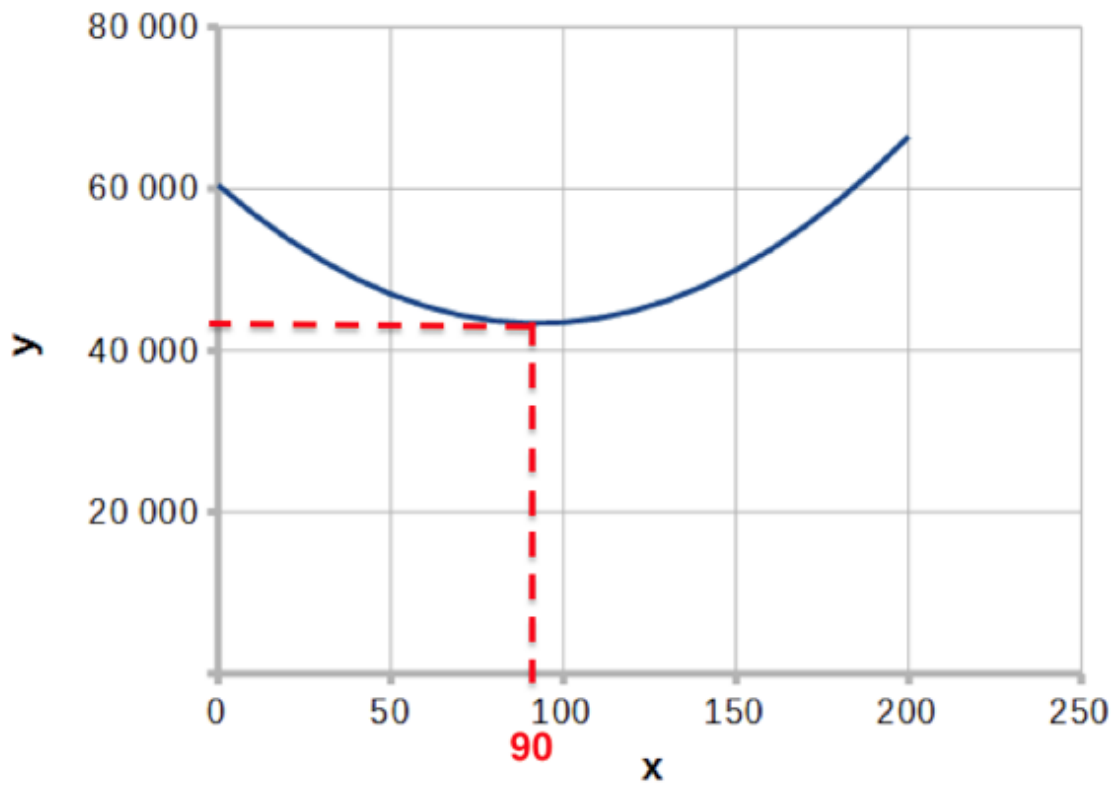
Le document 3 est la représentation graphique de la courbe d'équation  $y = 2x^2 - 370x + 60450$

Par identification avec

$$P_{JT} = R \times (2 \times I_1^2 - 370 \times I_1 + 60450)$$

$x=I_1$

La valeur de l'intensité  $I_1$  qui permet de minimiser l'énergie dissipée lors de l'acheminement de l'énergie est la valeur de  $x=I_1$  pour laquelle  $y$  est minimale :



$$I_1 = 90 \text{ A}$$

11. En déduire  $I_2$ .

$$I_2 = 185 - I_1$$

$$I_2 = 185 - 90$$

$$I_2 = 95 \text{ A}$$