

# Minimisation des pertes par effet Joule

Enseignement scientifique Terminale

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

Dans le sud de la France, un immeuble et une maison sont alimentés la journée par des éoliennes et des panneaux solaires distribuant respectivement des courants d'intensité  $I_1$  et  $I_2$ . On veut minimiser les pertes par effet Joule dans ce réseau de distribution électrique.

## Partie 1 : Dissipation de l'énergie

### Document 1 : transport de l'énergie électrique

L'électricité lors de son transport entre les lieux de production et les lieux de consommation subit des pertes en ligne dont le volume dépend de la distance de transport des caractéristiques du réseau. 80 % de ses pertes le sont par effet Joule dans les câbles électriques, soit pour la France, l'équivalent de deux unités de production nucléaires électriques.



### Pertes sur le réseau de transport de l'électricité en France en 2019 :

Energie électrique transportée en France en 2019 :  $495 \times 10^9$  kWh 2,22 % : taux de perte d'énergie en France en 2019 pendant le transport de l'électricité

Source: <https://www.actu-environnement.com>

1- Calculer les pertes d'énergie en kWh en France en 2019 dues au transport de l'énergie électrique.

Calculons les pertes d'énergie en kWh en France en 2019 dues au transport de l'énergie électrique.

D'après le Document 1 : Energie électrique transportée en France en 2019 :  $495 \times 10^9$  kWh

2,22 % : taux de perte d'énergie en France en 2019 pendant le transport de l'électricité

$$E_{\text{perdue}} = 2,22\% E_{\text{électrique}}$$

$$E_{\text{perdue}} = 2,22/100 \times 495 \times 10^9$$

$$E_{\text{perdue}} = 1,10 \times 10^{10} \text{ kWh}$$

En France en 2019, un énergie de  $1,10 \times 10^{10}$  kWh est perdue lors du transport de l'énergie électrique.

2- Calculer en 2019 en France, l'énergie électrique en kWh à disposition des consommateurs.

L'énergie électrique en kWh à disposition des consommateurs :

$$E_{\text{électrique à disposition des consommateurs}} = E_{\text{électrique}} - E_{\text{perdue}}$$

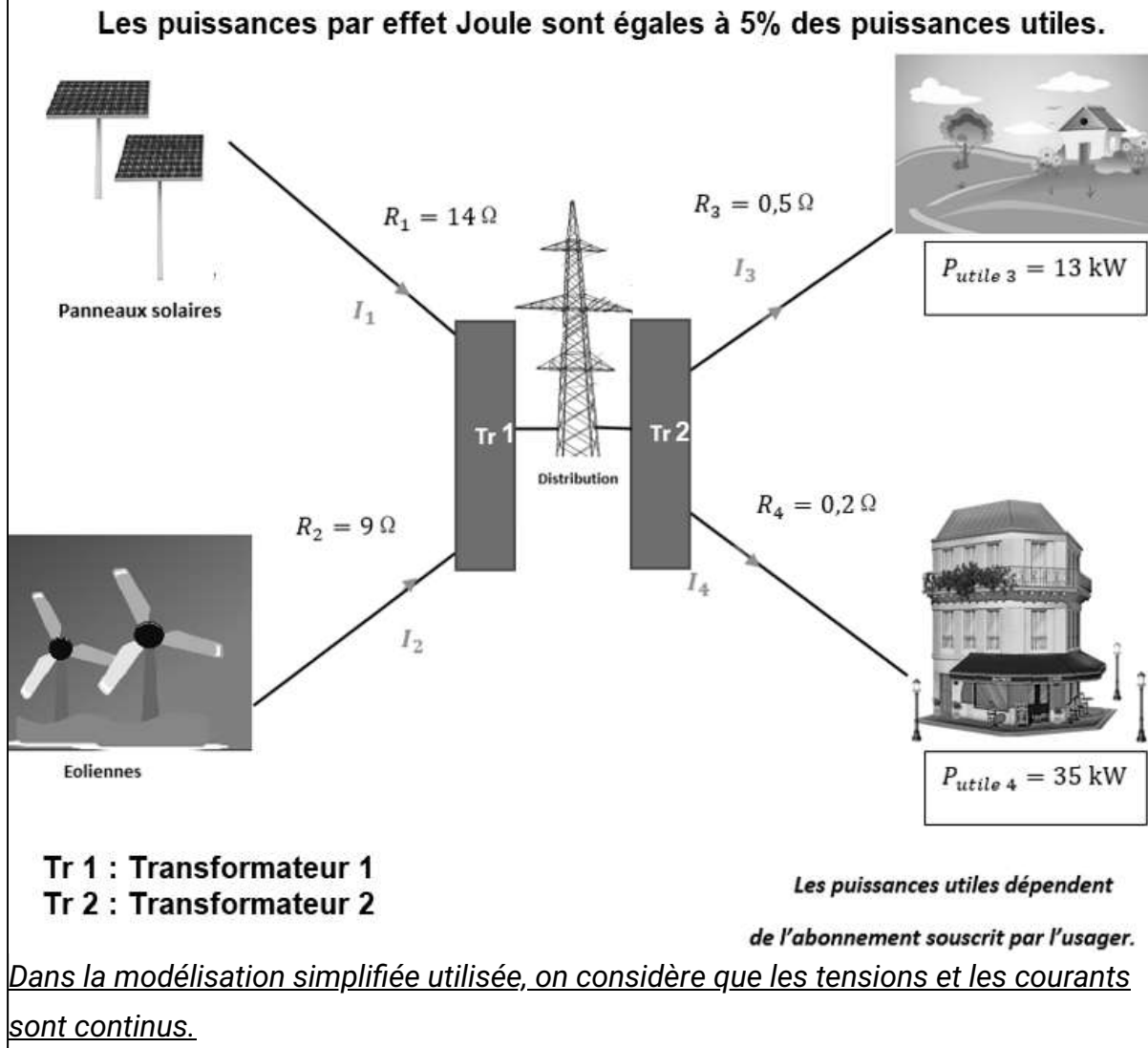
$$E_{\text{électrique à disposition des consommateurs}} = 495 \times 10^9 - 1,10 \times 10^{10}$$

$$E_{\text{électrique à disposition des consommateurs}} = 4,84 \times 10^{11} \text{ kWh}$$

En 2019 en France, l'énergie électrique à disposition des consommateurs à pour valeur  $4,84 \times 10^{11}$  kWh.

## **Partie 2 : modélisation du réseau électrique**

## Document 2 : schéma du réseau électrique



3- Identifier les cibles destinataires et les sources distributrices du réseau du document 2.

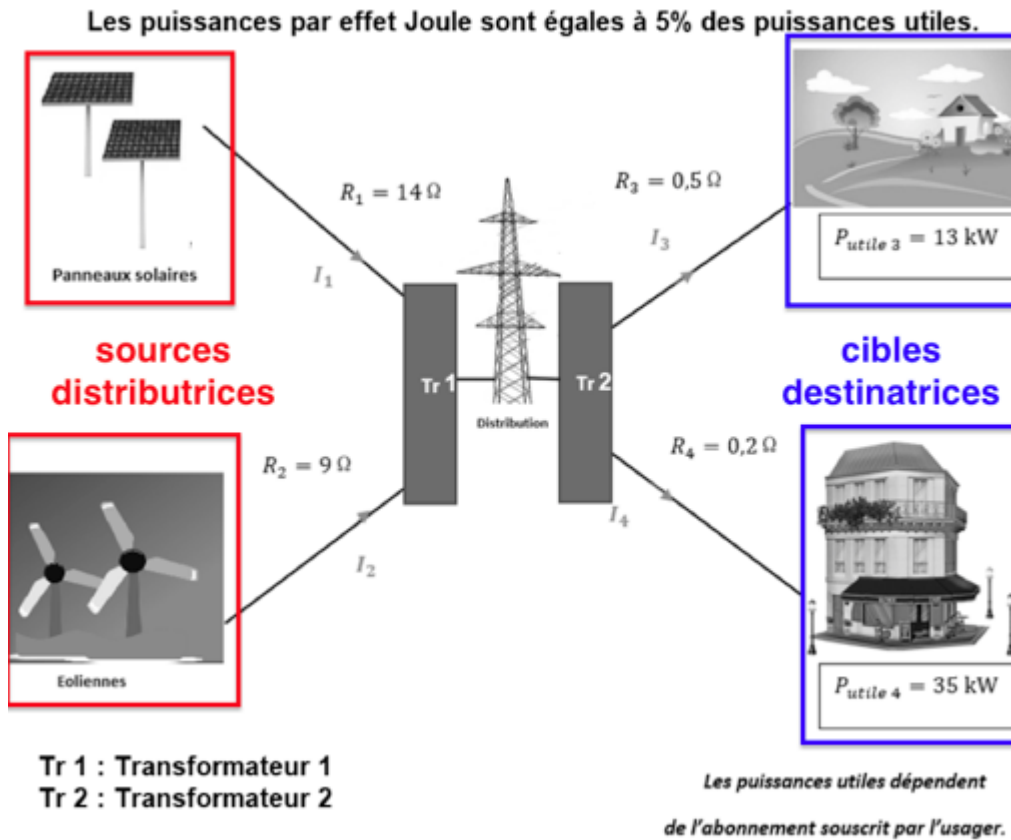
Les sources distributrices du réseau du document 2 sont :

- Panneaux solaires
- Eoliennes

Les cibles destinataires du réseau du document 2 sont :

- Les maisons

- Les appartements



4- La tension du réseau de distribution étant fixée, expliquer pourquoi les intensités  $I_3$  et  $I_4$  sont fixées.

D'après la loi d'ohm :  $U=R \times I$

$$R \times I = U$$

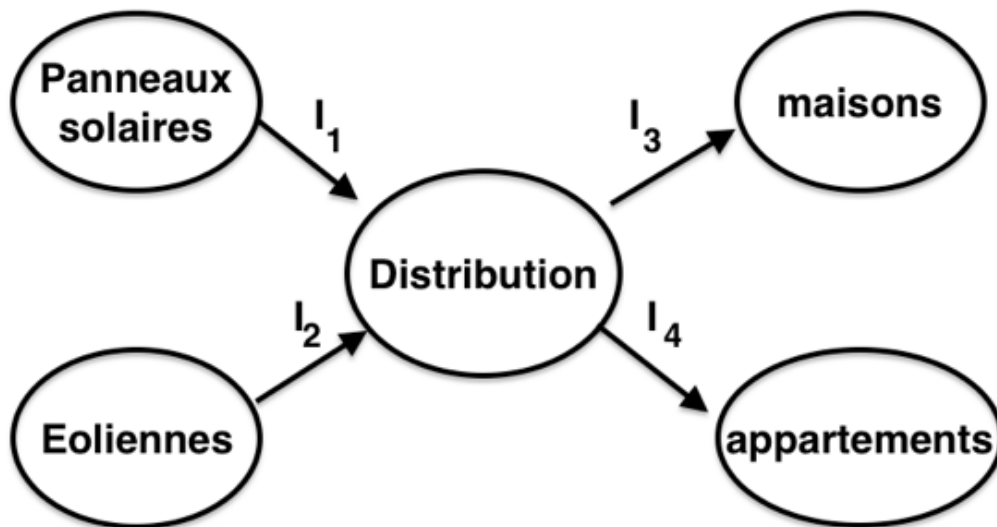
$$I = U / R$$

$$I_3 = U / R_3$$

$$I_4 = U / R_4$$

La tension  $U$  étant fixée,  $R_3$  et  $R_4$  ont des valeurs fixe également. Ainsi, les intensités  $I_3$  et  $I_4$  sont fixées.

5- Modéliser le réseau électrique du document 2 par un graphe orienté.



6- Justifier que  $I_3$  est environ égale à 36 A et  $I_4$  à 94 A en sachant que les puissances par effet Joule correspondent à 5 % des puissances utiles.

On admet que les intensités vérifient la relation  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

Les puissances par effet Joule correspondent à 5 % des puissances utiles.

$$P_J = 5\% P$$

$$P_{J3} = 5/100 \times P_3$$

$$P_{J3} = 5/100 \times 13 \times 10^3$$

$$P_{J3} = 650 \text{ W}$$

$$P_{J4} = 5/100 \times P_4$$

$$P_{J4} = 5/100 \times 35 \times 10^3$$

$$P_{J4} = 1750 \text{ W}$$

Puissance par effet Joule :

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

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

$$I^2 = \frac{P_J}{R}$$

$$I = \sqrt{\frac{P_J}{R}}$$

$$I_3 = \sqrt{\frac{P_{J3}}{R_3}}$$

$$I_3 = \sqrt{\frac{650}{0,5}} = 35A$$

$$I_4 = \sqrt{\frac{P_{J4}}{R_4}}$$

$$I_4 = \sqrt{\frac{1750}{0,2}} = 93,5A$$

Ainsi,  $I_3$  est environ égale à 36 A et  $I_4$  à 94 A

7- Donner l'expression de la puissance dissipée par effet Joule  $P_J$  à minimiser en fonction de  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  et  $I_4$ . Exprimer la valeur de  $I_2$  en ampères en fonction de  $I_1$ .

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

$$P_J = R_1 \times I_1^2 + R_2 \times I_2^2 + R_3 \times I_3^2 + R_4 \times I_4^2$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

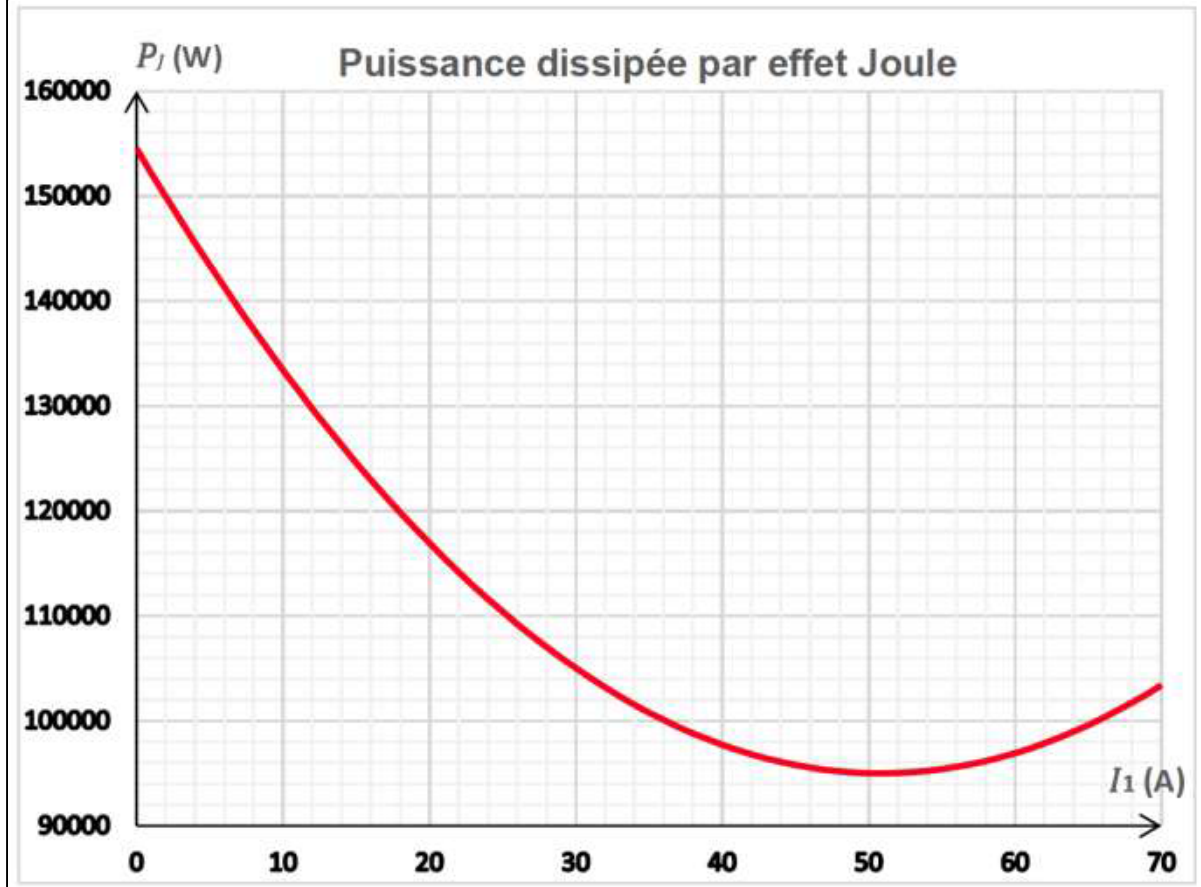
$$I_2 = I_3 + I_4 - I_1$$

$$I_2 = 36 + 94 - I_1$$

$$I_2 = 130 - I_1$$

Les intensités  $I_3$  et  $I_4$  étant connues et  $I_2$  pouvant s'exprimer en fonction de  $I_1$ , la puissance  $P_J$  peut s'exprimer en fonction de  $I_1$  seulement. La représentation graphique de la fonction  $P_J(I_1)$  est donnée dans le document 3.

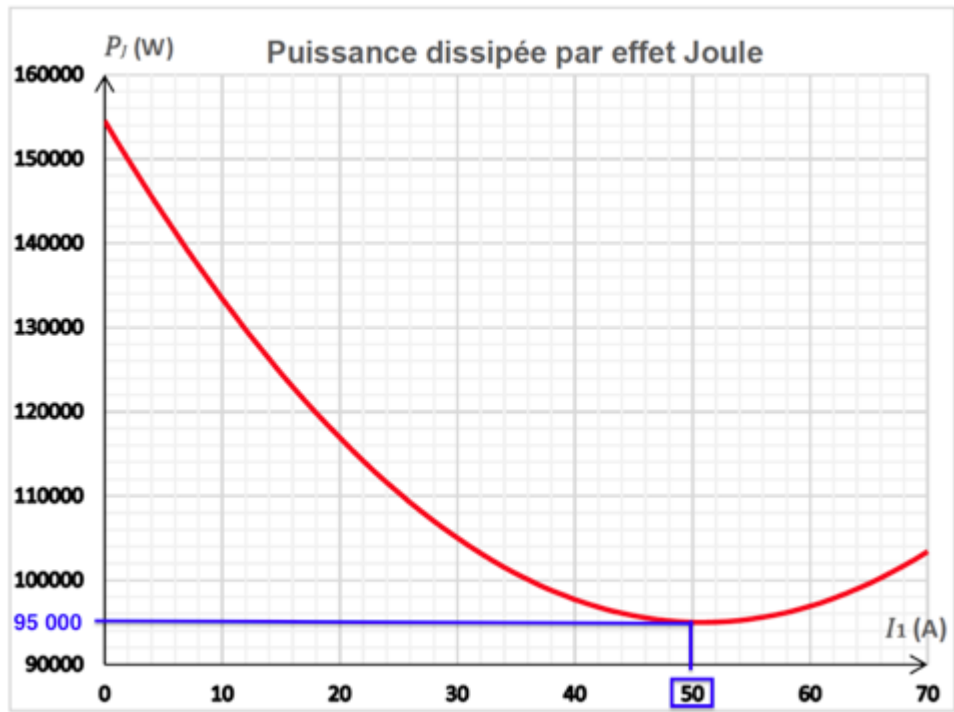
Document 3 : représentation graphique de  $P_J$  en fonction de  $I_1$



8- La contrainte sur les intensités délivrées par les sources impose que  
peut prendre une valeur comprise dans l'intervalle  
 $0 ; 70]$  en ampères.

Déterminer les valeurs de  $I_1$  et de  $I_2$  pour lesquelles les pertes par effet Joule sont minimales.

Les pertes par effet Joule sont minimales lorsque  $P_J$  est minimal. Graphiquement, au minimum  $P_J = 95\ 000$  W pour  $I_1 = 50$  A



$$I_2 = 130 - I_1$$

$$I_2 = 130 - 50$$

$$I_2 = 80 \text{ A}$$