

TermEnergie – Corrigé

Minimisation des pertes par effet Joule

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 : 495×10^9 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.

L'énergie électrique transportée en 2019 est de 495×10^9 kWh, il y a 2,22% de pertes, soit :

$$495 \times 10^9 \times \frac{2,22}{100} = 1,089 \times 10^{10} \text{ kWh} = 11,0 \times 10^9 \text{ kWh}$$

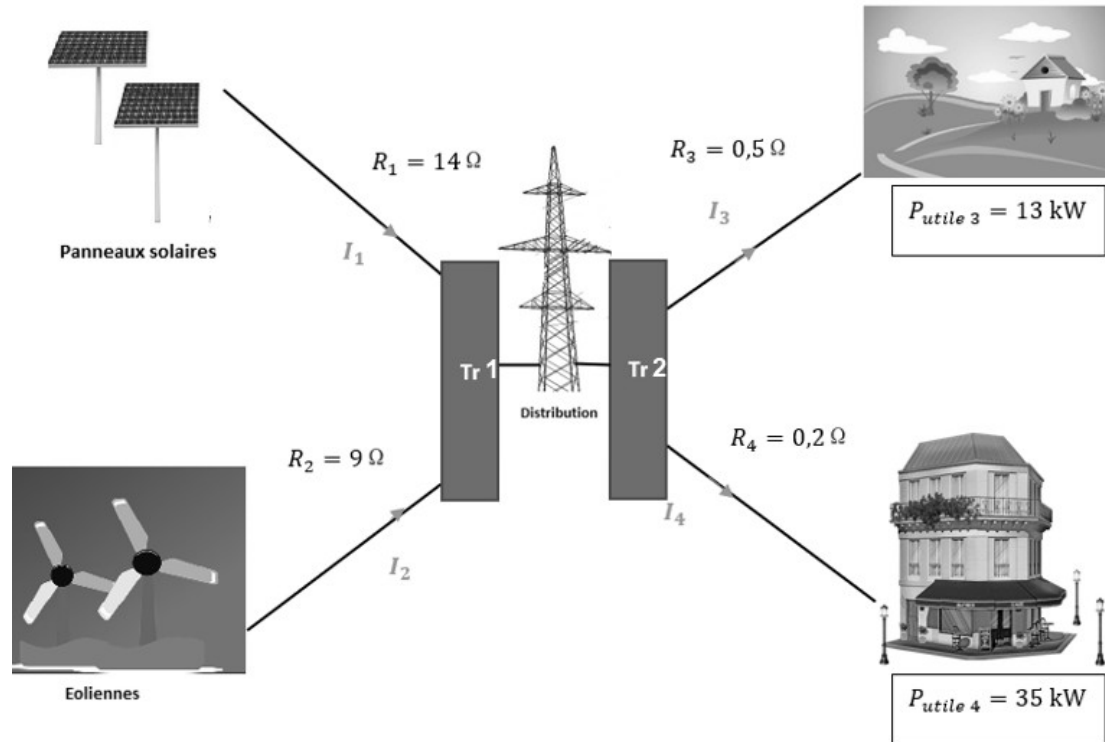
2- Calculer en 2019 en France, l'énergie électrique en kWh à disposition des consommateurs.

L'énergie électrique à la disposition des consommateurs correspond à la différence entre l'énergie transportée et les pertes : $495 \times 10^9 - 11,0 \times 10^9 = 484 \times 10^9$ kWh

Partie 2 : modélisation du réseau électrique

Document 2 : schéma du réseau électrique

Les puissances par effet Joule sont égales à 5% des puissances utiles.



Tr 1 : Transformateur 1

Tr 2 : Transformateur 2

Les puissances utiles dépendent

de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.

Dans la modélisation simplifiée utilisée, on considère que les tensions et les courants sont continus.

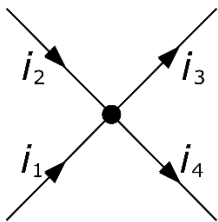
3- Identifier les cibles destinataires et les sources distributrices du réseau du document 2.

Les cibles destinataires sont les usagers (maison individuelle ou immeuble) et les sources distributrices sont les panneaux solaires et les éoliennes.

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 on a $U_3 = R_3 \cdot I_3$ et $U_4 = R_4 \cdot I_4$. Les tensions sont constantes et les résistances également, alors les intensités I_3 et I_4 sont donc 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.

La puissance par effet Joule $P_{3J}=R_3.I_3^2$ correspond à 5% de la puissance utile P_3 .

$$P_{3J} = \frac{5}{100} P_3$$

$$R_3.I_3^2 = \frac{5}{100} P_3$$

$$I_3^2 = \frac{0,05 \times P_3}{R_3} \quad I_3 = \sqrt{\frac{0,05 \times P_3}{R_3}}$$

$$I_3 = \sqrt{\frac{0,05 \times 13 \times 10^3 \text{ W}}{0,5 \Omega}} = 36 \text{ A}$$

De même $I_4 = \sqrt{\frac{0,05 \times P_4}{R_4}} \quad I_4 = \sqrt{\frac{0,05 \times 35 \times 10^3}{0,2}} = 93,5 \text{ A} = 94 \text{ A}$

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

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 .

Puissance dissipée par effet Joule $P_J = R_1.I_1^2 + R_2.I_2^2 + R_3.I_3^2 + R_4.I_4^2$

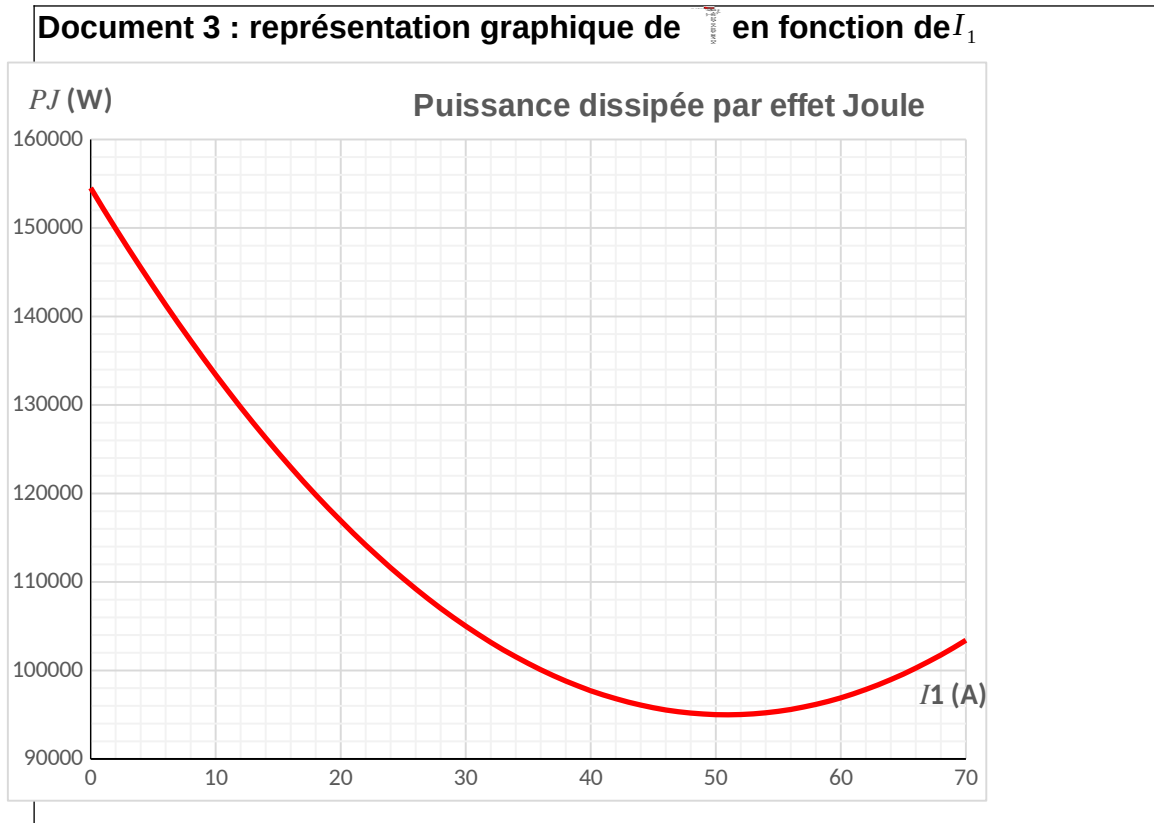
$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

$$I_2 = I_3 + I_4 - I_1$$

$$I_2 = 36 + 94 - I_1$$

$$I_2 = 130 - I_1$$

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.



8- La contrainte sur les intensités délivrées par les sources impose que I_1 peut prendre une valeur comprise dans l'intervalle $]0 ; 70]$.

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 pour $I_1 = 50$ A (lecture graphique)

Soit $I_2 = 130 - 50 = 80$ A