

L'énergie électrique produite dans les centrales doit être acheminée vers les utilisateurs. Lors du transport, une partie de l'énergie est dissipée dans l'environnement à cause de l'effet Joule.

1 Comment limiter les pertes en ligne ?

a. Transport de l'électricité

En vous aidant du document ci-dessous, répondre aux questions suivantes :

L'électricité ne se stocke pas. Pourtant, elle est toujours disponible, en toute saison et à tout moment de la journée. Elle emprunte un réseau de lignes aériennes et souterraines que l'on peut comparer au réseau routier, avec ses autoroutes et ses voies nationales (lignes à haute tension), ses voies secondaires (lignes moyenne et basse tension) et ses échangeurs.

Le diagramme illustre le processus de transport de l'électricité en France, divisé en trois zones principales : PRODUCTION, TRANSPORT et DISTRIBUTION.

- PRODUCTION :** Inclut la Centrale hydraulique, les Éoliennes, la Centrale thermique et la Centrale nucléaire. L'électricité est produite à 20 kV et envoyée vers un Poste de la centrale.
- TRANSPORT :** Le réseau principal à 400 kV traverse l'Europe. Des postes de transformation abaissent la tension à 225 kV, 90 kV et 63 kV. Un Grand consommateur industriel est également représenté.
- DISTRIBUTION :** Le réseau de distribution passe du 400 kV au 230 V via des postes sources et des lignes à 400 V et 20 kV, alimentant les particuliers et les entreprises.

Source : Réseau de transport d'électricité

- **Production :** l'électricité est, en général, produite grâce à un alternateur qui transforme le mouvement de rotation en énergie électrique. En France, la production d'électricité provient essentiellement des centrales nucléaires.
- **Réseau 400 000 volts :** l'électricité produite est portée à une tension de 400 000 volts, ce qui permet de transporter des grandes quantités d'énergie électrique sur de longues distances avec le minimum de pertes. Ce réseau est interconnecté aux réseaux des pays voisins.
- **Réseau d'alimentation régionale :** le transport à l'échelle régionale ou locale est assuré en 225 000, 90 000 et 63 000 volts. Ce réseau permet d'acheminer l'électricité jusqu'aux grands consommateurs industriels et aux réseaux de distribution. Il constitue, avec le réseau 400 000 volts, le réseau de transport d'électricité.
- **Réseau de distribution :** l'électricité passe du réseau de transport au réseau de distribution grâce aux « postes sources ». Ces échangeurs abaissent la haute tension en moyenne tension (20 000 volts) ou en basse tension (400 et 230 volts). Les réseaux de distribution alimentent les particuliers et les entreprises.
- **Le transformateur :** il permet d'élever la tension, par exemple en sortie de centrale de production, de 20 000 à 400 000 volts pour limiter les pertes en ligne (effet Joule). Il peut également abaisser la tension, par échelons successifs, en fonction des besoins de l'utilisateur.

1. a. Rappeler le nom du dispositif qui permet de convertir un mouvement tournant en électricité.

b. Que vaut la tension utilisée sur le réseau électrique connecté aux pays voisins ?

c. Sous quelle tension est alimentée l'ensemble de la population française ? À quelle fréquence ? Faire une recherche et comparer à la tension du secteur aux Etats-Unis.

b. Effet Joule

☞ Lire les documents et regarder la vidéo associée avant de répondre aux questions.

Doc. 1. Avantages et inconvénients de l'effet Joule

Lorsqu'un conducteur de résistance électrique R (en Ω) est traversé par un courant d'intensité I (en A), la tension U (en V) à ses bornes vaut $U = R \cdot I$ (loi d'Ohm). La puissance P (en W) dissipée par la résistance vaut alors : $P = U \cdot I = R \cdot I^2$.

Dans certains cas, l'effet Joule est intéressant : l'énergie dégagée peut être utilisée, par exemple, pour faire chauffer l'eau dans une bouilloire ou l'air dans une pièce. L'intégralité de l'énergie électrique est transformée en chaleur, utilisée dans un dispositif de chauffage.

Dans d'autres cas, l'effet Joule est un inconvénient : l'énergie dégagée est perdue et se dissipe dans l'environnement sans possibilité de la récupérer. Les appareils électriques s'échauffent, ce qui peut provoquer des brûlures ou des incendies.

Doc. 2. La résistance électrique dans les câbles

La résistance d'un câble électrique est directement liée à sa section S (en m^2), sa longueur L (en m) et sa résistivité ρ (en $\Omega \cdot m$) liée à sa nature.

En effet, la résistance est définie par la relation :

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

Les câbles électriques qui transportent l'électricité sont réalisés généralement en cuivre, mais peuvent aussi contenir de l'aluminium.

Matériau	Cuivre	Aluminium
Résistivité ($\Omega \cdot m$)	$1,7 \times 10^{-8}$	$2,8 \times 10^{-8}$

▶ Le cuivre et l'aluminium ont des résistivités très proches.

Doc. 3. L'effet Joule expliqué aux enfants...

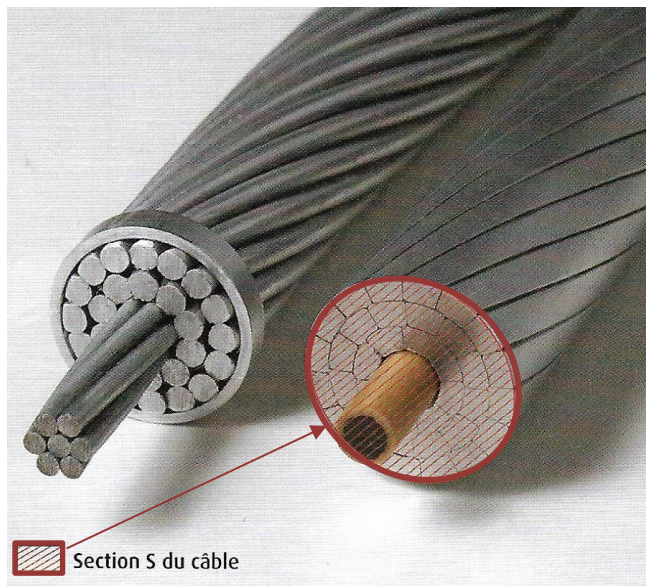


Voyage en électricité
- Épisode 6
Série éducative de
Jacques Rouxel, avec
les Shadoks. 1981

<http://bit.ly/VeEepis6>

Doc. 4. Conducteurs électriques à haute tension

À la différence d'un câble électrique, les conducteurs aériens haute tension ne comportent pas d'isolation. C'est l'air autour qui assure ce rôle. Le ou les tubes au centre assure(nt) les propriétés mécaniques. L'aluminium autour assure les propriétés électriques du conducteur.



☒ 2.a. Expliquer ce qu'est l'effet Joule et pourquoi c'est un problème dans le transport de l'électricité.

b. Comment évolue la puissance perdue par effet Joule lorsque l'intensité I du courant augmente ? lorsque la résistance R du câble augmente ? lorsque la section S du câble augmente ? Bien justifier.

☒ 3. Déterminer la valeur de la résistance d'un câble électrique long de 10 km en aluminium de 3 mm de diamètre.

☒ 4. On imagine 2 habitations proches l'une de l'autre et consommant la même puissance active $P = 9,0$ kW sous une tension de 230 V, la première ayant un facteur de puissance $k = 0,95$ et la seconde un facteur de puissance plus faible $k = 0,85$. Déterminer, pour chaque habitation :

- la valeur du courant efficace appelé
- les pertes en ligne dans le câble électrique de 10 km de la question 3. Conclure.

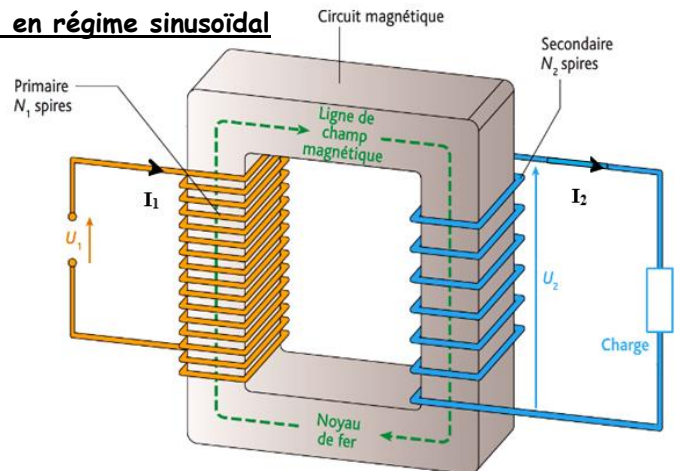
☒ 5. Expliquer enfin, en plus d'avoir un facteur de puissance proche de 1, l'intérêt des très hautes tensions pour le transport de l'électricité. Rappeler le rôle du transformateur.

Le transformateur étudié est un transformateur démontable de démonstration. On cherche à déterminer son rendement.

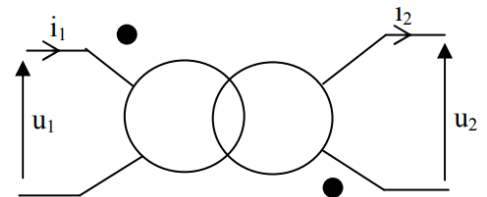
a. Caractéristique d'un transformateur parfait en régime sinusoïdal

Un transformateur est une machine statique, constituée d'un circuit magnétique fermé sur lequel sont enroulés deux enroulements électriques indépendants : le **primaire** et le **secondaire**. Le transformateur ne fonctionne pas que pour des tensions/courants alternatifs !

La tension sinusoïdale u_1 au primaire crée un champ magnétique variable qui, guidé par le noyau de fer doux (qui s'aimante et se désaimante facilement), traverse l'enroulement secondaire. Celui-ci est donc le siège d'une tension induite u_2 .



L'enroulement primaire comporte N_1 spires et le secondaire N_2 . Le primaire reçoit de la puissance du réseau : il se comporte comme un récepteur (convention récepteur). Le secondaire fournit de la puissance à la charge : il se comporte comme un générateur (convention générateur). Le symbole du transformateur est :



Dans le cas d'un **transformateur parfait**, toute la puissance reçue par le primaire se retrouve dans le **secondaire**. Il n'y a aucune perte. C'est un cas idéal mais qui n'existe pas en réalité ; on a donc $P_1 = P_2$.

On peut montrer également qu'il existe une relation entre les tensions (et les intensités) du primaire et du secondaire en lien avec le nombre de spires de chaque bobinage :

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} = m \quad m \text{ étant appelé le rapport de transformation}$$

Si $m > 1$ alors le transformateur est dit **élévateur de tension** ($u_1 < u_2$), si $m < 1$ le transformateur est **abaisseur de tension** ($u_1 > u_2$).

Sur le transformateur d'étude, le primaire comporte **1000 spires** et le secondaire **500 spires**. La tension d'alimentation sinusoïdale a une fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ et une valeur efficace U_1 fixées tout au long de l'étude.

☞ Brancher le générateur aux bornes du primaire du transformateur. Relier les bornes du secondaire aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance **$R = 200 \Omega$** .

☞ Visualiser la tension u_1 aux bornes du générateur (tension sinusoïdale) sur la voie 1 de l'oscilloscope et la tension u_2 aux bornes du conducteur ohmique sur la voie 2 de l'oscilloscope.

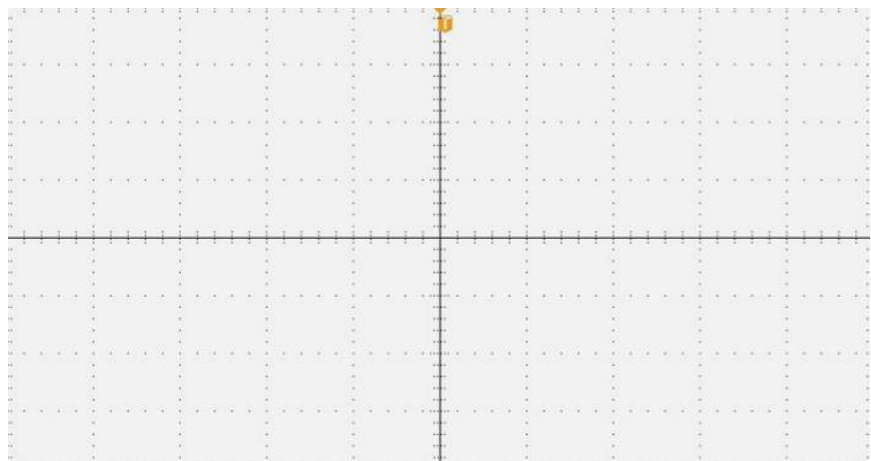
✂ 6. Représenter les 2 signaux observés. Déterminer le rapport $\frac{u_2}{u_1}$. Comparer au rapport de transformation m .

Réglages oscillo :

Voie 1 : V/div

Voie 2 : V/div

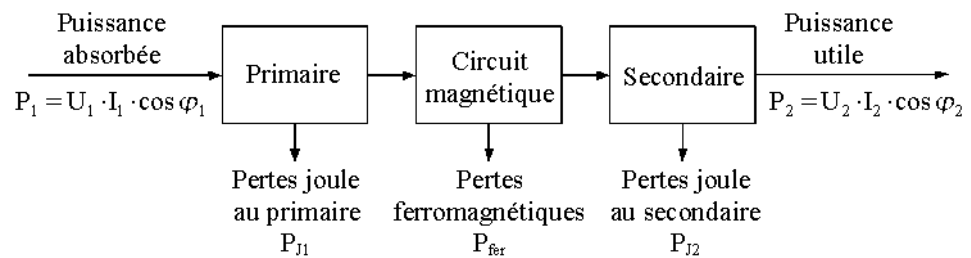
Base de temps : s/div



☞ Retirer les branchements de l'oscilloscope et couper l'alimentation.

b. Détermination du rendement d'un transformateur réel

✂ 7. Définir puis exprimer le rendement de ce transformateur, en considérant qu'il n'est pas idéal. S'aider du diagramme ci-dessous :



✂ 8. Comment peut-on mesurer les puissances P_1 et P_2 ?

☞ Finaliser la réalisation du montage électrique en ajoutant les appareils de mesure de P_1 et de P_2 .

Appeler le professeur pour qu'il vérifie votre montage puis allumer l'alimentation.

☞ Noter les valeurs (en mW) des puissances mesurées : $P_1 = \dots\dots\dots$ et $P_2 = \dots\dots\dots$

✂ 9. En déduire le rendement du transformateur lorsqu'il est branché sur une charge de valeur $R = 200 \Omega$.

Pour les plus rapides :

On modifie la valeur R de la résistance de charge, sans modifier la tension U_1 . Le rendement déterminé précédemment reste-t-il le même ?

Pour vous aider, utiliser les valeurs de R du tableau suivant et exploiter les mesures réalisées dans un tableur. Tracer la courbe représentant l'évolution du rendement en fonction de R sur une échelle logarithmique (les valeurs de R variant de 10 à 10000 Ω). Ajouter d'autres mesures si besoin pour lisser la courbe au mieux.

R	10 Ω	100 Ω	150 Ω	200 Ω	300 Ω	500 Ω	800 Ω	1 k Ω	2 k Ω	5 k Ω	10 k Ω
P_1 (mW)											
P_2 (mW)											
Rendement											