

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. Il est divisé en trois zones principales : PRODUCTION, TRANSPORT et DISTRIBUTION. La PRODUCTION comprend une centrale hydraulique, des éoliennes, une centrale thermique et une centrale nucléaire. L'électricité est transportée à 400 kV vers l'Europe. La DISTRIBUTION est assurée par un poste de la centrale (20 kV), un poste de transformation (225 kV, 90 kV, 63 kV) et un poste source (20 kV) qui alimente le réseau de distribution (400 V, 230 V).

- **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.

Source : Réseau de transport d'électricité

☞ 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  $\Omega$ ) 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. 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>

☒ 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.

### 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  $\rho$  (en  $\Omega \cdot m$ ) liée à sa nature.

En effet, la résistance est définie par la relation :

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

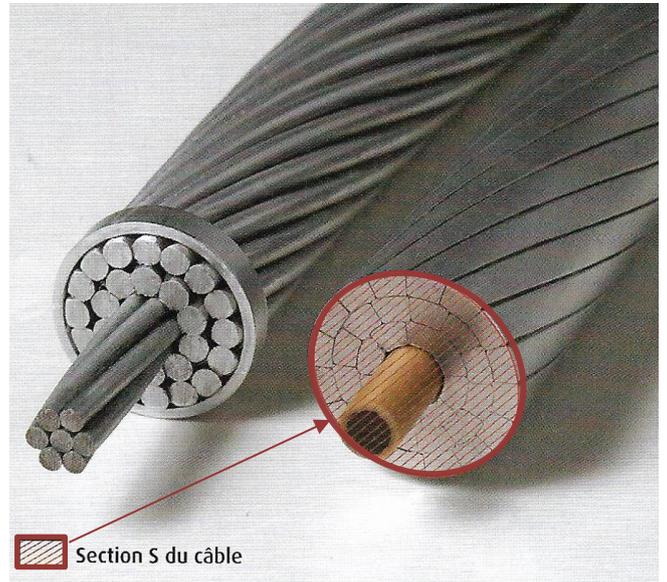
Les câbles électriques qui transportent l'électricité sont réalisés généralement en cuivre, mais peuvent aussi contenir de l'aluminium.

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. 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.



Section  $S$  du câble

## 2 Détermination du rendement d'un transformateur

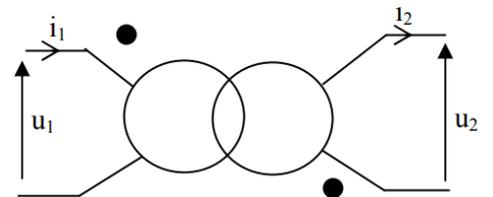
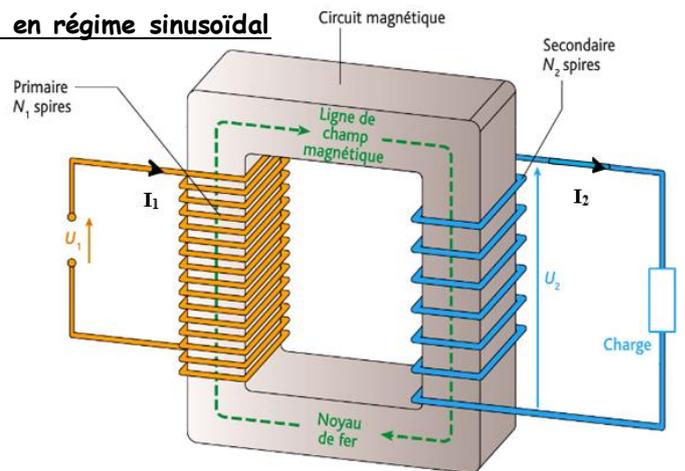
Le transformateur étudié est un transformateur démontable de démonstration. On cherche à déterminer son rendement.

### 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.

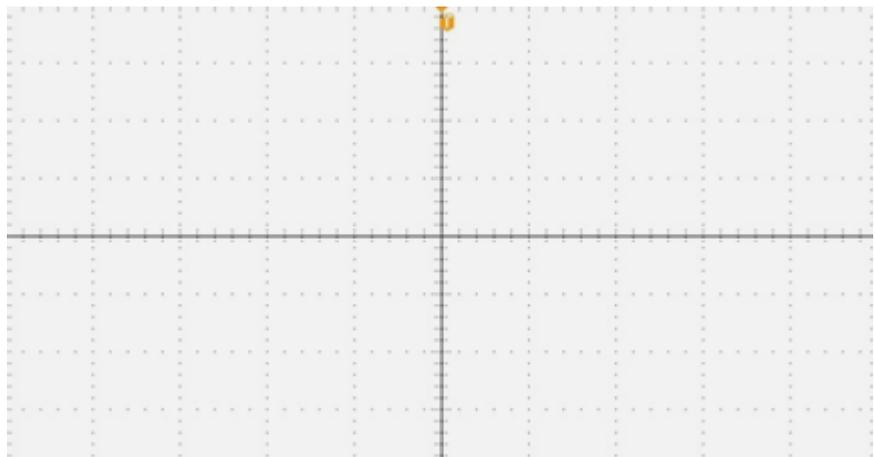
☒ 6. Représenter les 2 signaux observés. Déterminer le rapport  $\frac{u_2}{u_1}$ . Comparer au rapport de transformation  $m$ .

#### Réglages oscillo :

Voie 1 : ..... V/div

Voie 2 : ..... V/div

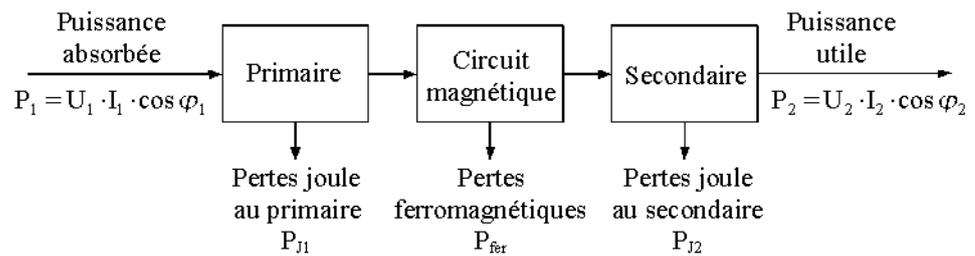
Base de temps : ..... s/div



☞ 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 tableau. 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  $\Omega$ ). Ajouter d'autres mesures si besoin pour lisser la courbe au mieux.

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