

Activité : Transport et distribution de l'énergie électrique

<u>Thème du programme</u> : Habitat	<u>Sous-thème</u> : Gestion de l'énergie dans l'habitat
<u>Type d'activités</u> : Activité documentaire, Activité expérimentale, Point cours	<u>Pré-requis</u> : – Mesurer une intensité et une tension – Calcul d'une puissance
<u>Extrait BOEN</u> : – Transport et distribution de l'énergie électrique. – Protection contre les risques du courant électrique.	<u>Compétences attendues</u> : – Citer les caractéristiques essentielles du réseau de distribution électrique européen ; représenter le schéma simplifié de l'organisation du transport et la distribution de l'énergie électrique. – Citer le rôle d'un transformateur de tension. – Citer les principaux effets physiologiques du courant électrique. – Citer des dispositifs de protection contre les risques du courant électrique et l'ordre de grandeur du seuil de dangerosité des tensions.

I. Transport de l'énergie électrique

1. Origine de l'électricité

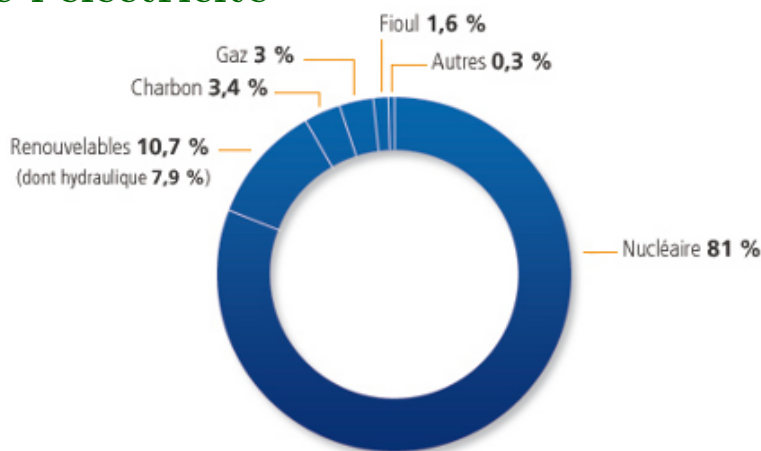


FIGURE 1 – Répartition entre les différentes sources d'énergie utilisées pour fournir l'électricité en 2010 (EDF.com)

2. Organisation du réseau de distribution

a) L'énergie électrique transportée par une ligne électrique

Une ligne de transport d'énergie électrique est formée de deux câbles dont la résistance vaut $1 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$. Cette ligne a une longueur de 33 km. On modélise chaque câble par une résistance $R = 33 \Omega$.

Expérience n°1 : Quelle est l'influence de la résistance de la ligne ?

- Réaliser le circuit électrique (a) de la figure 1 ci-dessous.
- Observer l'éclat de la lampe.

• Mesurer l'intensité efficace I_1 parcourant la ligne électrique en se plaçant sur le calibre AC de l'ampèremètre.

$I_1 =$

• Mesurer la tension efficace U_1 aux bornes de la lampe en se plaçant sur le calibre AC du voltmètre. $U_1 =$

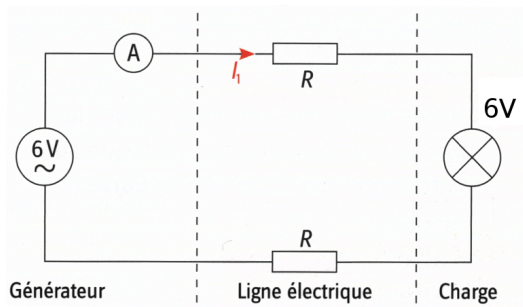
• Calculer la puissance P_1 perdue par effet Joule dans la ligne. $P_1 =$

Expérience n°2 : Peut-on réduire l'influence de la résistance de la ligne ?

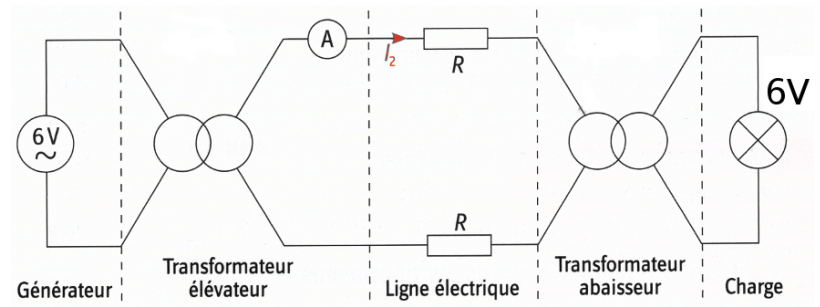
• Le circuit électrique (b) de la figure 2 est réalisé sur le bureau professeur. On a intercalé deux transformateurs T_1 et T_2 .

• Observer l'éclat de la lampe.

- Relever l'intensité efficace I_2 parcourant la ligne électrique. $I_2 =$
- Relever la tension efficace U_2 aux bornes de la lampe. $U_2 =$
- Calculer la puissance P_2 perdue par effet Joule dans la ligne. $P_2 =$



(a) Montage expérience n°1



(b) Montage expérience n°2

FIGURE 2 – Montages réalisés

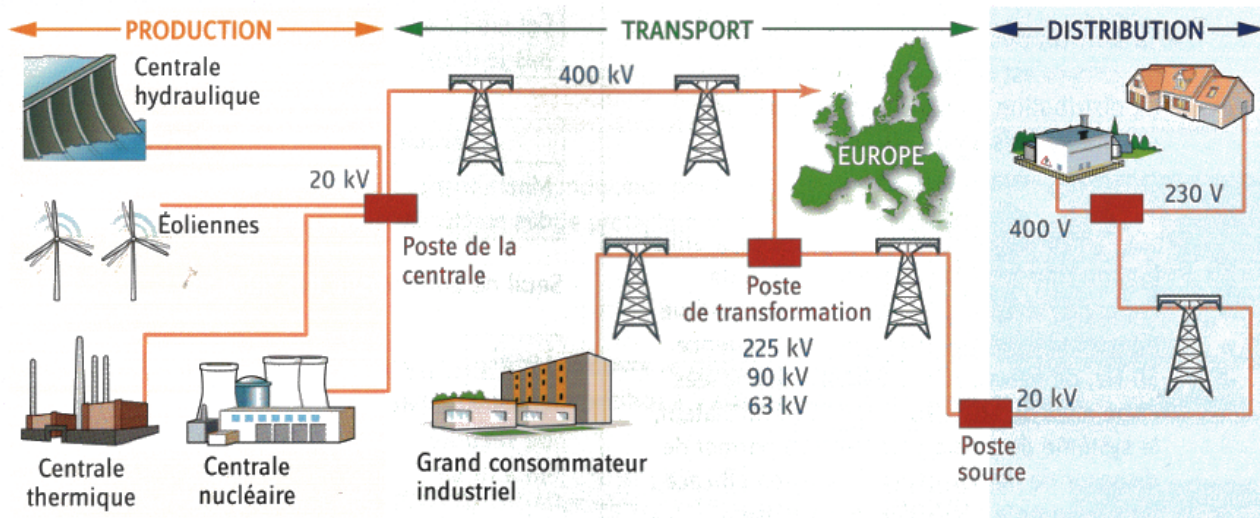
1. Dans quel cas la lampe fonctionne-t-elle normalement ?
2. Comparer les deux puissances calculées et conclure sur l'utilité des transformateurs dans le réseau de distribution de l'énergie électrique.

b) Les chemins de l'électricité à plus grande échelle

Répondre aux questions suivantes grâce au document de la figure 3.

1. Quel est le dispositif qui permet de convertir un mouvement tournant en électricité ?
2. Quel est l'appareil qui permet d'élever ou d'abaisser la tension ?
3. Que vaut la tension utilisée sur le réseau électrique connecté aux pays voisins ?
4. Quelles sont les tensions utilisées dans le réseau de distribution ?

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.



- **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

FIGURE 3 – Les chemins de l'électricité

En Europe, le transport de l'énergie électrique se fait à l'aide de tensions et de courants alternatifs sinusoïdaux de fréquence 50 Hz. Le courant I circule dans des câbles conducteurs et dissipe de l'énergie par effet Joule entraînant des **pertes en ligne**.

Pour diminuer ces pertes :

- on diminue la résistance des lignes en utilisant un alliage d'aluminium ($0,1 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$) ;
- on diminue l'intensité des courants de ligne en augmentant la tension tout en transportant la même puissance $P = UI$.

Le transport se fait donc sous haute tension.

Domaine de tension	Valeurs efficaces des tensions
TBT (Très Basse Tension)	$U \leq 50V$
BTA (Basse Tension A)	$50 V < U \leq 500 V$
BTB (Basse tension B)	$500 V < U \leq 1000 V$
HTA (Haute Tension A)	$1000 V < U \leq 50 kV$
HTB (Haute Tension B)	$U > 50 kV$

FIGURE 4 – Les domaines de tensions

II. Le transformateur électrique

Un transformateur électrique est constitué d'un circuit magnétique fermé sur lequel sont enroulés deux enroulements électriquement indépendants (bobines) : le **primaire** et le **secondaire**.

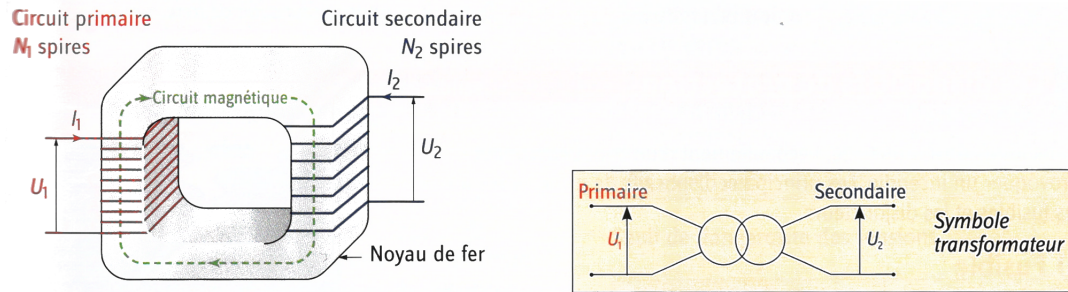


FIGURE 5 – Le transformateur et sa schématisation

Le primaire est alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace U_1 . On obtient au secondaire une tension sinusoïdale de valeur efficace U_2 .

Remarque importante : un transformateur ne fonctionne pas pour des tensions continues.

Rôle du transformateur : réaliser le montage suivant :

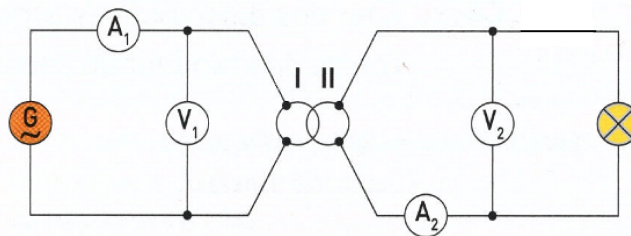


FIGURE 6 – Rôle du transformateur

Visualiser l'oscillogramme des tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$. Grâce à vos observations compléter la phrase suivante :

Un transformateur modifie d'une tension sinusoïdale tout en conservant sa et sa

On définit le **rapport de transformation** par

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Si $N_2 > N_1$ alors $U_2 > U_1$: le transformateur est un élévateur.

Si $N_2 < N_1$ alors $U_2 < U_1$: le transformateur est un abaisseur.

Calculer le rapport de transformation du transformateur utilisé. Est-il élévateur ou abaisseur de tension ?

Lorsque le transformateur est en charge, il débite un courant d'intensité efficace I_2 dans le secondaire. On a alors

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Vérifier cette relation grâce à vos mesures.

III. Les dangers de l'électricité

1. Effets physiologiques du courant électrique

Lorsqu'un courant électrique circule à travers le corps humain, il provoque des effets physiologiques qui dépendent de son intensité et qui peuvent être très dangereux pour la santé d'un individu.

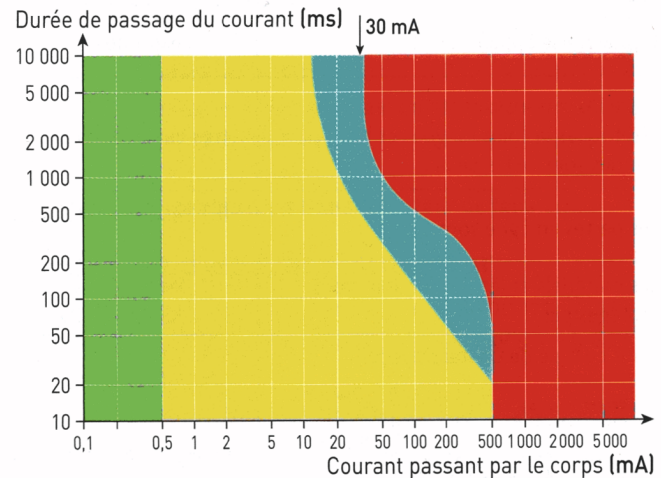
1. Électrisé ou électrocuté

Lors d'un accident d'origine électrique, il arrive qu'une personne soit **électrisée**, c'est-à-dire que le courant électrique traverse son corps. Si la personne décède après le passage de ce courant, on dit alors qu'elle est morte par **électrocution**.

2. Seuils de risque

Le risque d'électrisation ou d'électrocution est principalement lié au temps de contact et à l'intensité du courant circulant dans le corps. Le schéma ci-dessus permet de déterminer le risque électrique en fonction de ces deux paramètres :

- zone verte : pas de perception ;
- zone jaune : perception sans risque ;
- zone bleu : effets non mortels (contractions musculaires, difficultés respiratoires) ;
- zone rouge : risque de brûlures graves et de décès (électrocution).



3. Principaux effets du courant électrique sur l'homme

Le passage d'un courant électrique dans le corps peut avoir les effets suivant :

- perturbation des phénomènes électriques dans les cellules : contractions musculaires, téτανisation, fibrillation ventriculaire qui peuvent entraîner un arrêt circulatoire et/ou respiratoire ;
- brûlures de la peau et des yeux (en cas d'arc électrique) mais aussi des organes internes (nécrose des muscles, thrombose...)



Brûlure électrique.

FIGURE 7 – Effets physiologiques du courant électrique

1. À partir de quelle intensité les effets d'un courant sont-ils ressentis ? Sont-ils dangereux ?
2. À partir de quelle durée un courant de 200 mA est-il dangereux ?
3. Une personne court-elle un risque si elle est soumise à :
 - un courant de 50 mA durant 500 ms ?
 - un courant de 400 mA durant 50 ms ?
 - un courant de 1 A durant 20 ms ?
4. Une personne électrisée peut-elle souffrir de brûlures ?

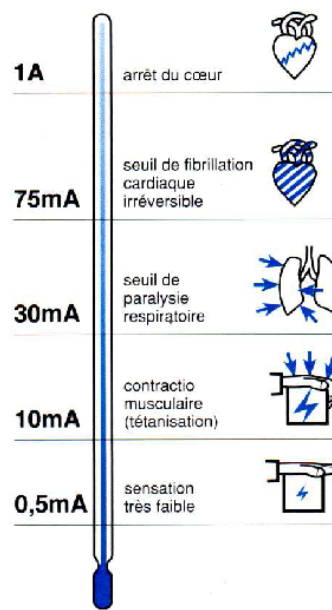


FIGURE 8 – Effets du passage du courant alternatif dans le corps humain

Définitions de quelques termes :

Électrisation : corps humain en contact électrique qui n'entraîne pas le décès.

Tétanisation : contraction violente des muscles (membres ou cage thoracique).

Fibrillation cardiaque : contractions rapides et désordonnées des muscles cardiaques. Le retour à la normale nécessite une intervention (massage cardiaque, ventilation artificielle, défibrillateur ...).

Électrocution : contact électrique sur le corps humain entraînant le décès de la victime

2. Seuil de dangerosité des tensions

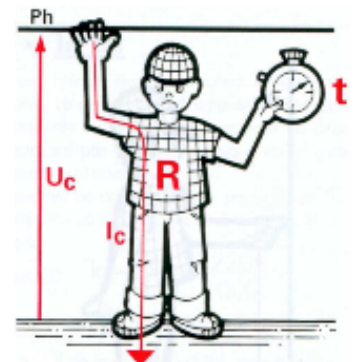
Lorsqu'une personne est en contact avec un conducteur électrique, le courant I_C qui la traverse dépend de la tension U_C entre le conducteur et la terre et de la résistance R de la partie du corps humain en contact avec le conducteur.

L'intensité vaut alors $I_C = \frac{U_C}{R}$.

La tension U_C devient dangereuse si elle dépasse la tension limite de sécurité

U_L définie réglementairement comme :

Endroit	sec	humide	immergé
U_L (V)	50	25	12



Dans le cas de dépassement de cette valeur limite, un dispositif de protection est installé pour protéger les personnes. Il doit couper l'alimentation électrique avant une certaine durée.

IV. Les dispositifs de protection

On se protège des **surtensions** provoquées par la foudre à l'aide de parafoudres obligatoires dans les régions où les chocs de foudre sont importants.

On se protège des **surintensités** provoquées par des courts-circuits ou par des surcharges à l'aide de coupe-circuits :

- **fusible** : il est constitué d'une partie conductrice qui fond et ouvre le circuit lorsque l'intensité du courant dépasse une valeur spécifique (calibre) qui caractérise le fusible.
- **disjoncteur** : c'est un dispositif électromécanique ou électronique dont la fonction est d'interrompre le courant en cas de surintensité. Il est réutilisable.
- **disjoncteur de branchement** : il protège l'installation et les personnes. Il remplit 3 fonctions : sert d'interrupteur général, limite l'intensité du courant provenant du réseau en dessous de son calibre et coupe l'installation du réseau s'il détecte un courant de défaut (ou courant de fuite).