

Comment distribuer l'énergie électrique ?

Activité : Les dangers de l'énergie électrique et comment s'en protéger ?

Les dangers de l'énergie électrique

Electrisation : désigne les différentes manifestations physiopathologiques dues au passage du courant électrique à travers le corps humain.

Electrocution : désigne la mort consécutive à l'électrisation.

L'électrocution représente 200 décès par an en France et l'électrisation est la cause de plusieurs milliers de blessures invalidantes (accidents du travail et accidents domestiques)

L'électrisation est un accident domestique et un accident du travail fréquent. Elle peut avoir comme conséquences :

- Des brûlures, soit sur la peau (le courant a longé la peau et provoqué des brûlures superficielles), soit internes, on voit alors sur la peau une brûlure au point d'entrée et une brûlure au point de sortie du courant ;
- Une destruction des cellules à l'intérieur du corps ;
- Une fibrillation ventriculaire, causant un arrêt cardio-circulatoire ;
- Une contraction des muscles (tétanie) pouvant provoquer une asphyxie. Notez que cette contraction est perverse : les muscles étant contractés, le sujet électrisé ne peut plus relâcher le contact (cas d'un fil dans la main ; il est conseillé de toucher les câbles avec l'extérieur de la main).
- Des traumatismes secondaires dus à une chute ou à des mouvements involontaires (plaie, fracture, luxation, entorse).

1. Il vaut mieux ne pas toucher les câbles électriques mais si on est amené le faire, pourquoi vaut-il mieux le faire avec l'extérieur de la main ?

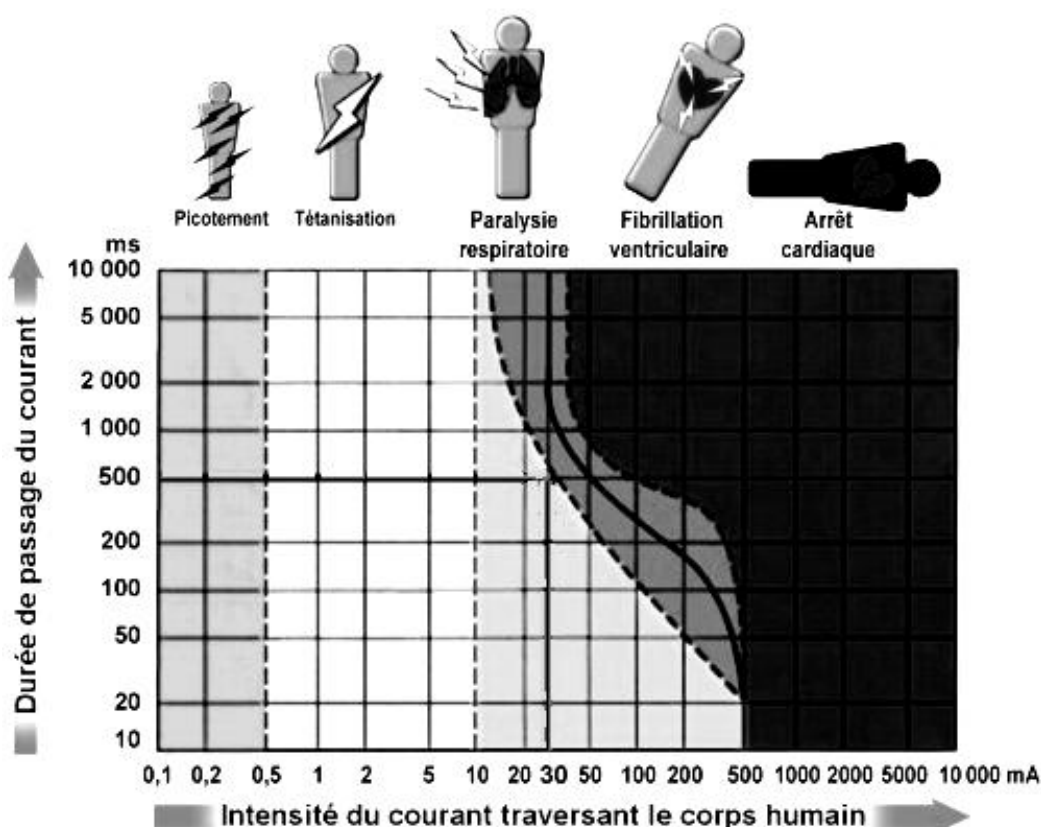
.....

.....

2. De quel phénomène peuvent provenir les brûlures ?

.....

.....



3. Citer les principaux effets physiologiques du passage du courant électrique dans le corps humain

Rappel : La loi d'Ohm

La **loi d'Ohm** est une loi physique qui lie l'intensité du courant électrique I traversant un dipôle électrique à la tension U à ses bornes. Cette loi permet de déterminer la valeur d'une résistance R . La loi d'Ohm a été ainsi nommée en référence au physicien allemand Georg Simon Ohm qui la publie en 1827.

$$U = R \times I$$

U : Tension (Volt V)

R : Résistance (Ohm Ω)

I : Intensité du courant (Ampère A)

La résistance du corps humain en milieu sec est d'environ $R = 50\,000\,\Omega$.

4. Calculer l'intensité du courant I qui traverse une personne debout sur le sol en cas de contact accidentel sous une tension $U_{AB} = 230\,V$.

.....
.....

5. D'après le graphique, quel est le danger encouru ?

.....
.....

La même personne soumise avec les pieds mouillés a une résistance d'environ $R' = 1\,000\,\Omega$.

6. Calculer l'intensité du courant I' qui traverse la personne lorsqu'elle est soumise à une tension $U_{AB} = 230\,V$.

.....
.....

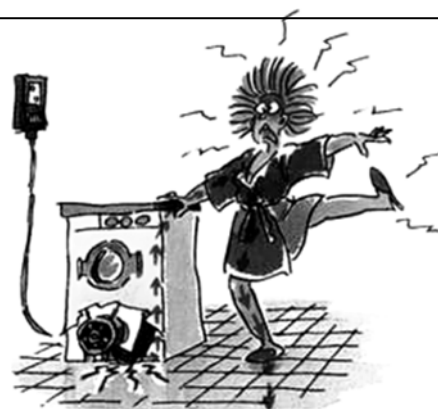
7. D'après le graphique, pour quelle durée de passage du courant est-elle :

a) en danger de mort ?

.....
.....

b) en paralysie respiratoire ?

.....



Utiliser l'électricité en toute sécurité

1. Avoir les bons gestes

Notre corps, en grande partie composé d'eau, est conducteur de l'électricité. Mais il n'est pas fait pour supporter la dose qui circule dans une habitation. Des comportements responsables peuvent éviter des accidents tels que des incendies ou des électrocutions :

Au niveau des installations électriques

- Couper systématiquement le disjoncteur pour effectuer des réparations, même pour changer une ampoule (si on ne peut pas débrancher la lampe).
- Ne jamais toucher à des fils dénudés et les faire réparer immédiatement par un électricien.
- Ne jamais laisser une rallonge branchée à une prise si elle n'est reliée à aucun appareil et ne pas surcharger les multiprises pour éviter les risques d'incendie.
- Débrancher un appareil en tirant sur la prise de l'appareil et non sur son cordon.
- Tous les appareils électroménagers doivent être branchés sur une prise de terre et toutes les pièces humides (salle de bains, cuisine, buanderie, cave) doivent aussi être équipées de prises de terre.

Au niveau des appareils électriques

- Ne jamais utiliser d'appareils électriques les mains mouillées ou les pieds mouillés et éviter de poser un appareil électrique près de la baignoire ou de la douche. L'eau est un conducteur d'électricité et les risques d'électrocution sont plus importants. Lors de l'achat d'un appareil électrique, mieux vaut choisir un appareil qui porte le logo « CE » ou « NF », qui garantit sa conformité aux normes de sécurité européennes.
- Éteindre ou débrancher les appareils qui produisent de l'énergie thermique (fer à repasser, plaques électriques...) dès qu'on ne les surveille pas.
- Débrancher systématiquement un appareil électrique pour le nettoyer.
- Ne pas poser de jouets ou de vêtements sur un chauffage électrique, sauf s'il est prévu pour cela (comme le sèche-serviettes).
- Débrancher et faire réparer tout appareil qui générerait des picotements lors de l'utilisation.

À l'extérieur de la maison

- Ne pas s'approcher d'une ligne électrique tombée au sol.
- En cas d'utilisation d'une canne à pêche, d'un cerf-volant, d'un modèle réduit ou de tout autre objet en hauteur, vérifier qu'il n'y a pas de ligne électrique à proximité. Un objet en contact avec une ligne électrique peut déclencher un arc électrique.
- Ne pas ouvrir ou toucher un coffret électrique.

8. Quelles sont les principales précautions à prendre pour éviter des incendies avec l'énergie électrique dans la maison ?

9. Quelles sont les principales précautions à prendre pour éviter des électrocutions avec l'énergie électrique dans la maison ?

2. Avoir une installation aux normes

Les disjoncteurs

Pour protéger l'installation domestique, On utilisait autrefois des fusibles (que l'on retrouve encore dans certaines habitations qui ne sont plus aux normes).



Chaque prise de courant était reliée à un fusible. Si l'intensité était trop forte le fusible fondait, ouvrant le circuit. Chaque fusible portait une indication qui correspondait à la valeur maximale de l'intensité qui pouvait le traverser sans le faire fondre.

Maintenant les habitations ont des disjoncteurs pour chaque prise, groupement de lumière ... qui sont réglés sur une valeur d'intensité. Lorsque trop d'appareils sont branchés en même temps sur une prise et que l'intensité du courant délivré dépasse cette valeur fixée par le disjoncteur, celui-ci ouvre le circuit.

Son principal intérêt par rapport au [fusible](#) est qu'il est réarmable.



Prise de Terre

Le mode de distribution de l'énergie électrique est dit "TT" car il est caractérisé par les deux propriétés suivantes :

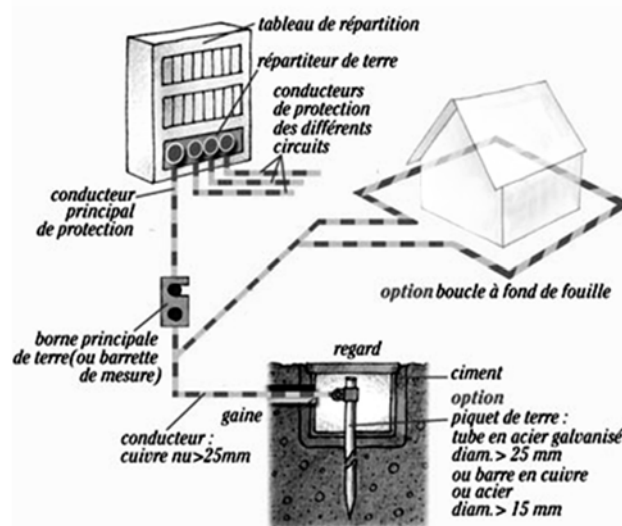
- le conducteur **neutre** est relié à la **Terre** (chez le fournisseur d'énergie),
- les **masses métalliques** des appareils sont reliées à la **Terre**.

La couleur bleue est imposée pour le conducteur "Neutre".

La couleur "vert-jaune" est imposée pour les liaisons à la terre.

La prise de Terre assure tout d'abord une fonction de sécurité par rapport aux risques d'électrocution en cas de défaut d'isolement. Pour que la prise de terre remplisse bien cette fonction, les carcasses métalliques des appareils électriques de classe I doivent être connectées à la terre.

Elle permet également de neutraliser les champs électriques que peuvent rayonner les structures en métal du bâtiment, les carcasses des appareils et machines électriques voire de certains luminaires. Une pollution méconnue mais bien réelle, notamment avec les appareils auprès desquels on passe beaucoup de temps comme les ordinateurs. Sur des installations électriques anciennes, il arrive que la prise de terre soit inexistante. Il est primordial d'y remédier.

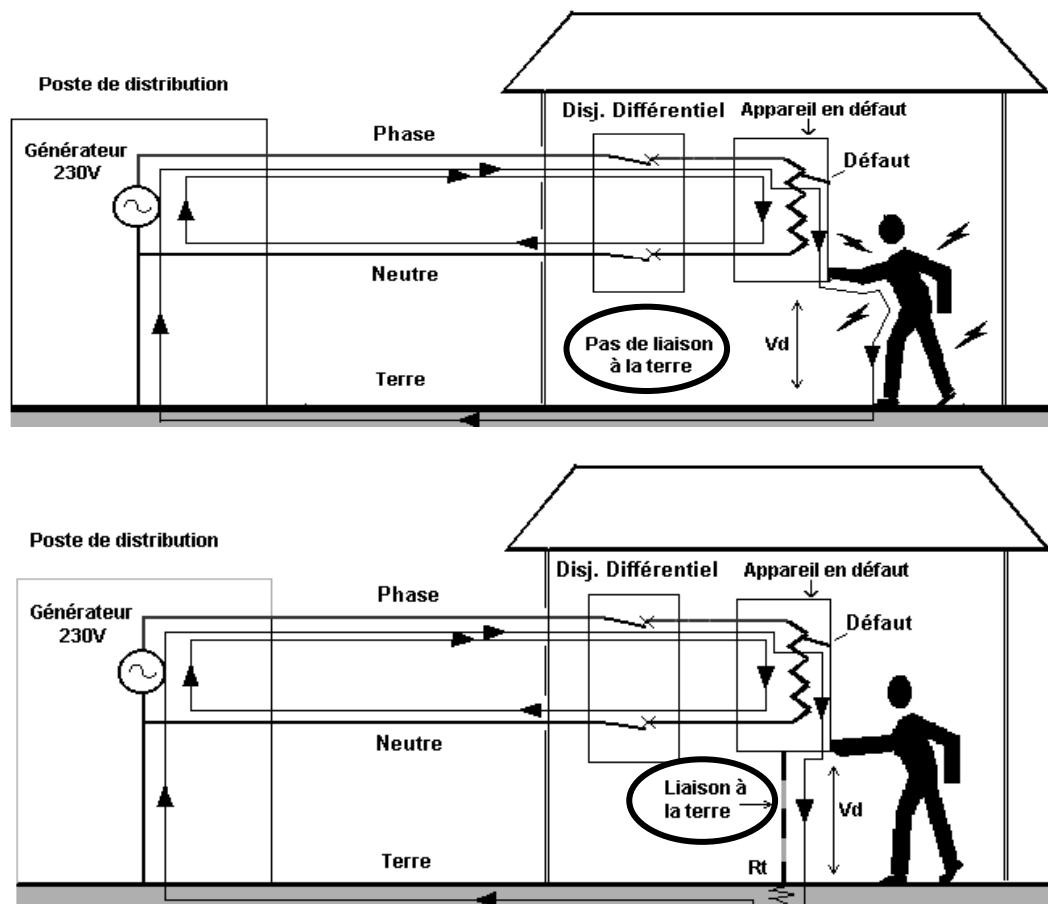


Les appareils de Classe I	Les appareil de Classe II
Appareils avec des parties métalliques pouvant entrer accidentellement en contact avec le circuit électrique : Toutes les parties conductrices accessibles à l'utilisateur doivent être obligatoirement reliées à la terre.	Appareils dont le circuit électrique est confiné dans un boîtier isolant. Aucune partie métallique accessible à l'utilisateur ne peut entrer en contact avec le circuit électrique : Il n'y a pas de liaison à la terre

Un défaut d'isolement se produit dans un équipement électrique, lorsqu'un fil sous tension dénudé vient toucher la carcasse métallique de l'appareil. Il y a ainsi un danger certain d'électrisation voire d'électrocution si une personne entre en contact avec l'appareil :

Lorsqu'un appareil électrique présente un défaut (contact entre le boîtier et le circuit électrique, humidité ...), en plus du courant électrique normal, un "courant de défaut" ou courant de fuite traverse le corps d'une personne touchant l'appareil

La tension V_d peut atteindre 230 V si le défaut se situe près du conducteur Phase : le "courant de défaut" peut être mortel, en particulier sur sol humide



Si l'appareil est relié à une prise de Terre, alors le "courant de défaut" circule par la terre.

Une personne en contact avec l'appareil ne court aucun danger, le conducteur de liaison à la terre assure le passage du courant de défaut sous une tension V_d très faible (la tension V_d n'excède pas 10 V et ne présente donc aucun danger pour l'utilisateur)

Les appareils comportant une carcasse métallique doivent réglementairement être reliés à la terre de l'installation, afin d'engendrer un courant de défaut en cas de problème, on parle alors de « terre de protection » (abréviation PE). Cette disposition permet le déclenchement d'un disjoncteur-différentiel placé en tête de circuit au tableau électrique.

Disjoncteur différentiel

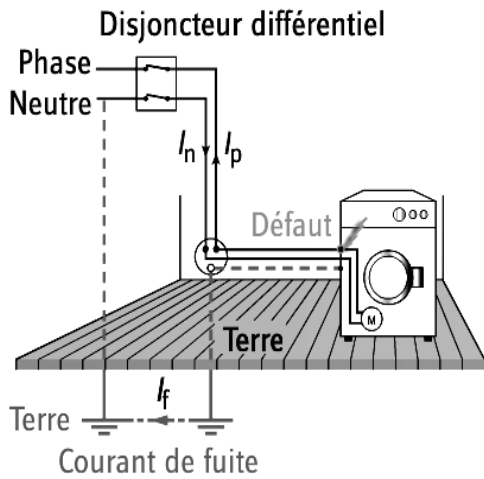
Dans chaque habitation, appartement ou pavillon, l'installation électrique doit être commandée par un disjoncteur général. Son rôle est de permettre de :

- couper le courant sur l'ensemble de l'installation
- couper le courant en cas de court-circuit.

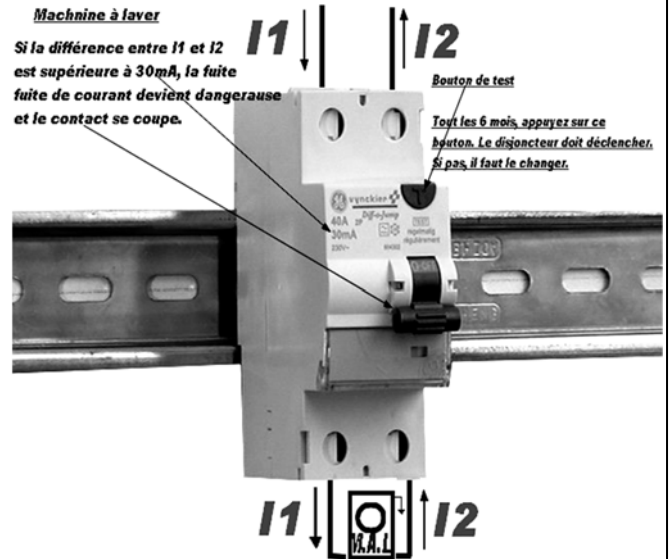
Si ce disjoncteur est différentiel, il joue un rôle supplémentaire de protection si votre installation comporte une bonne prise de terre. Il coupe automatiquement le courant lorsqu'une partie métallique, par exemple la carcasse extérieure d'un appareil électrique raccordé à la terre, est mise accidentellement sous tension.

Lorsque le disjoncteur général n'est pas différentiel, un dispositif différentiel de sensibilité appropriée doit être installé à l'origine de l'installation. On peut aussi placer un disjoncteur différentiel sur les appareils de classe II en plus du disjoncteur général pour éviter les coupures de courant dans toute l'habitation en cas de défaut de l'appareil :





Ici le disjoncteur différentiel placé sur la machine à laver coupe le circuit d'alimentation de la machine à laver si la différence de courant $I_2 - I_1 = 30 \text{ mA}$.



Le disjoncteur **différentiel** général détecte la **différence** entre le courant dans le "Neutre" et le courant dans la "Phase" et coupe le circuit si cette différence (égale au courant de défaut ou courant de fuite) est supérieure à **0,03 A**.

10. Quel est le rôle d'un fusible ou d'un disjoncteur ?

.....

11. Quel est le rôle d'une prise de Terre ?

.....

.....

.....

12. Quel est le rôle d'un disjoncteur différentiel ?

.....

.....

13. Quels sont les principaux dispositifs de protection contre les dangers de l'énergie électrique ?

Comment distribuer l'énergie électrique ?

Activité : Transport et distribution de l'énergie électrique en Europe

Avec en +  Les chemins de l'électricité :

<http://www.cea.fr/comprendre/jeunes/Pages/multimedia-editions/animations/energies/energie-nucleaire/de-la-centrale-a-la-ville.aspx>



Le réseau de transport

Le réseau de transport transporte l'énergie électrique des centres de production, les centrales électriques, aux zones de consommation.

Il est présent à deux échelles :

- A l'échelle nationale, via le **réseau de grand transport et d'interconnexion**, vers :
 - Les grandes zones de consommation
 - Les pays frontaliers : Italie, Espagne, Allemagne, Belgique, Suisse et Royaume-Uni (par le câble sous-marin IFA 2000) afin d'assurer la stabilité du réseau, la sécurité d'approvisionnement, les échanges commerciaux
- A l'échelle régionale et départementale, via le **réseau de répartition**, vers :
 - Les agglomérations
 - Les entreprises fortement consommatrices comme la SNCF, la RATP, ou les industries (chimiques, sidérurgiques et métallurgiques)

Cela représente 105 000 km de lignes Très Haute Tension (THT) et Haute Tension (HT) et 46 lignes transfrontalières exploitées, entretenues et développées par Réseau Transport Électricité (RTE).

Le réseau électrique est divisé en lignes Très Haute, Haute, Moyenne et Basse Tension. Les caractéristiques de ces différentes lignes sont regroupées ci-dessous.

Type de ligne	Tension	Usage
Très Haute Tension (THT)	400 000 volts (400 kV) 225 000 volts (225 kV)	Transport d'énergie électrique à longue distance et international.
Haute Tension (HT)	90 000 volts (90 kV) 63 000 volts (63 kV)	Transport d'énergie électrique distant, industries lourdes, transport ferroviaire.
Moyenne Tension (MT)	30 000 volts (30 kV) 20 000 volts (20 kV) 15 000 volts (15 kV)	Transport d'énergie électrique, local, industries, PME, services, commerces
Basse Tension (BT)	380 volts, 230 volts	Distribution d'énergie électrique, ménages, artisans.

Le réseau THT, est composé de lignes à :

- 400 000 volts (pour le réseau de grand transport)
- 225 000 volts (pour le réseau de répartition)

À 400 000 volts, les lignes THT permettent de limiter les pertes d'énergie pour le transport de quantités très importantes d'électricité sur de longues distances.

En effet, le réseau électrique français s'étendant sur plus d'un million de kilomètres de lignes électriques et ces lignes étant constituées de câbles métalliques très longs (qui sont des conducteurs électriques imparfaits), lorsque des courants électriques de forte intensité traversent ces câbles, une partie de l'énergie transportée est transformée en

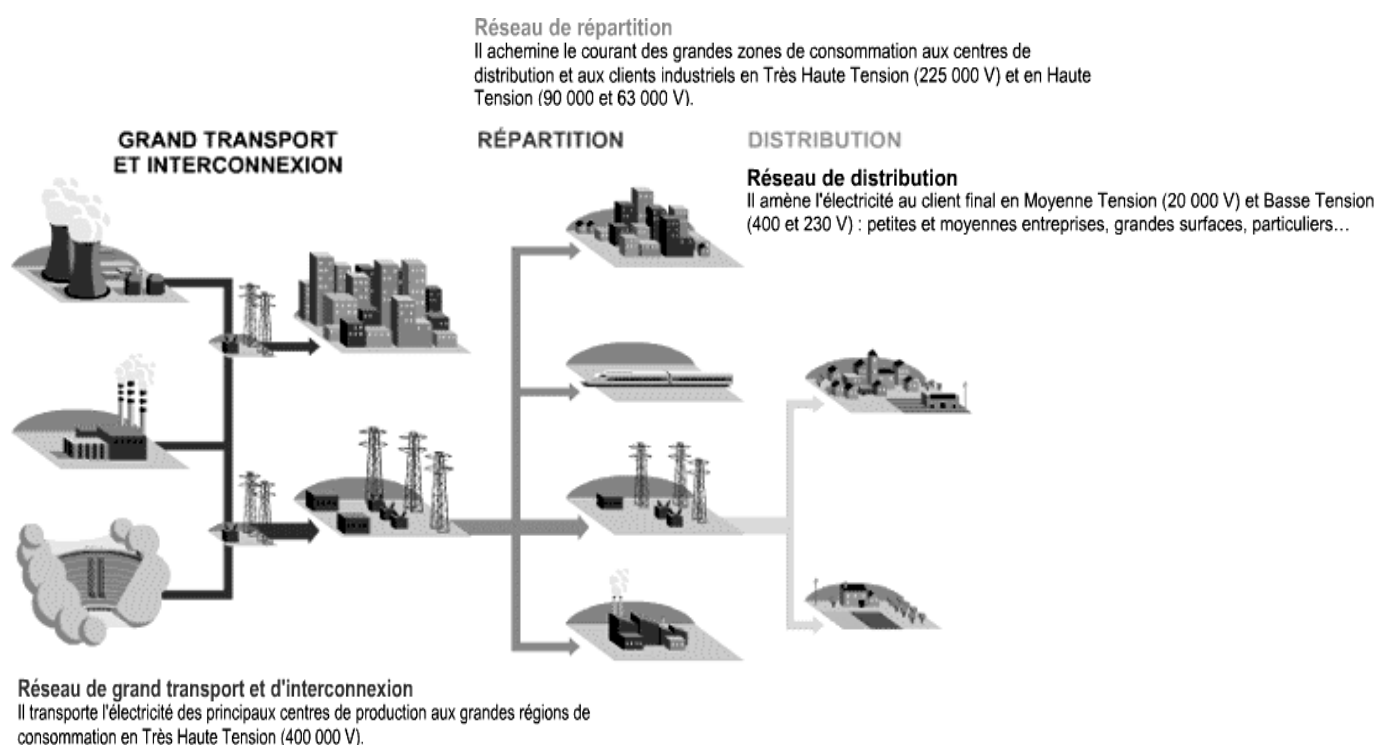
chaleur par effet joule et donc perdue. Afin de limiter ces pertes d'énergie, il est nécessaire de diminuer l'intensité du courant donc d'augmenter la tension aux bornes de la ligne.

La diminution de l'intensité du courant permet également d'utiliser des fils moins lourds donc de réduire le coût de construction d'une ligne électrique. Des câbles moins lourds autorisent la construction de pylônes plus légers, donc plus respectueux du paysage.

C'est pourquoi un transformateur placé à la sortie des principales centrales électriques élève la tension à 400 000 *volts*.

Puis, le long des lignes dans le réseau de transport et de distribution, l'énergie électrique est guidée, répartie et sa tension est abaissée successivement dans des postes de transformation pour être livrée en quantité et en tension adaptées aux besoins des différents consommateurs et pour alimenter les postes sources du réseau de distribution.

Grâce à des postes de transformation, la tension est abaissée à 225 000 (*THT*), 90 000 (*HT*) ou 63 000 *volts* (*HT*) pour acheminer l'électricité en quantité moindre et sur de plus courtes distances.



L'énergie électrique n'a pas la même tension quand elle entre dans le poste et quand elle en sort.

Exemple : un poste 225 kV / 90 kV signifie qu'une tension de 225 000 *volts* entre dans le poste et qu'il en ressort une tension de 90 000 *volts*.

Ces installations électriques sont composées de 3 types d'appareils :

- Des transformateurs qui abaissent la tension
- Des disjoncteurs, capables d'interrompre automatiquement en cas de nécessité.
- Des sectionneurs, qui établissent ou interrompent un circuit à la demande, permettant l'aiguillage de l'énergie électrique

Ce sont des lieux fermés et commandés à distance à partir de postes principaux, appelés Pupitres de Commandes Groupées.



Les dispatchings

La demande en électricité varie constamment au cours d'une journée en fonction des horaires de travail, de la durée du jour ou de la température. D'autres critères entrent également en ligne de compte comme les périodes de congé, les jours de la semaine, la saison en cours et les événements du calendrier.

L'électricité produite par les centrales ne se stocke pas. Aussi, pour ajuster très précisément la production à la demande, le réseau s'appuie sur des dispatchings, des centres de répartition de l'électricité. Des prévisions de consommation définissent les besoins théoriques et des ajustements ont lieu en permanence pendant la journée.

En France, il existe :

- 1 dispatching national qui gère le réseau d'interconnexion à 400 000 *volts* et les échanges avec l'étranger
- 7 dispatching régionaux qui se chargent de la conduite des réseaux régionaux

Lignes aériennes et souterraines

Le parcours d'une ligne électrique aérienne suit rarement une ligne droite car il tient compte de différents paramètres :

- Environnementaux : les forêts, les parcs naturels...
- Humains : les villages, les exploitations agricoles...

Les lignes peuvent aussi être souterraines ou enfouies. La mise en souterrain des lignes de transport présente notamment l'avantage de protéger les lignes des effets du climat (tempêtes, chutes de neige, foudre ...) et de respecter certaines exigences environnementales.

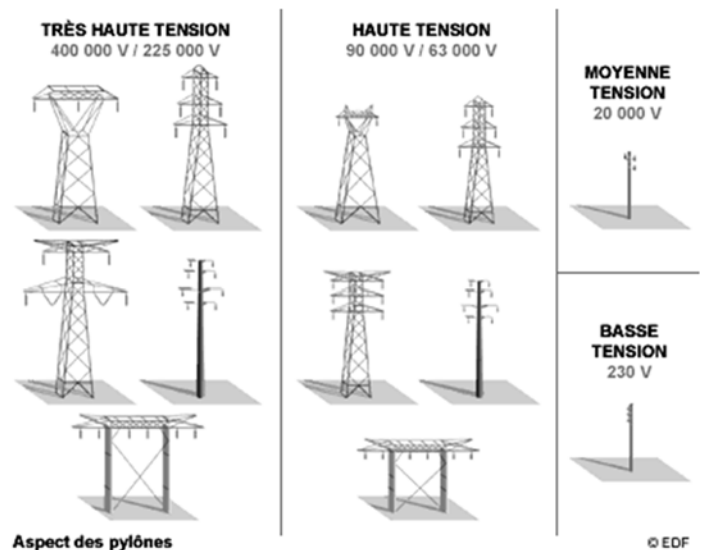
RTE s'est engagé à ne pas augmenter le kilométrage de son réseau aérien. Ainsi, en 2010, 66% des nouvelles lignes haute tension ont été construites en souterrain. Cette technologie n'est cependant pas adaptée à toutes les situations, et est utilisée que plus rarement en très haute tension (17% des nouvelles lignes 225 000 V en 2010, essentiellement en zone urbaine).

Les pylônes

Des pylônes ou supports maintiennent les câbles à une certaine distance du sol, de façon à assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes.

Il existe différentes catégories et modèles de pylônes en fonction de :

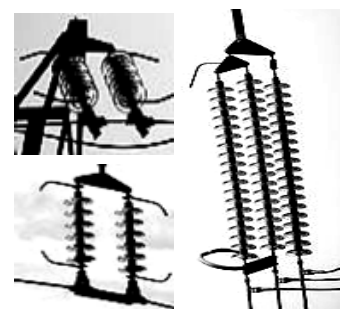
- La tension
- L'aspect des lieux
- Le respect de l'environnement
- Les conditions climatiques



Isolateurs

La fixation et l'isolation entre les conducteurs et les pylônes est assurée par des isolateurs, ils ont un rôle à la fois mécanique et électrique. Ceux-ci sont réalisés en verre, en céramique, ou en matériau synthétique. Les isolateurs en verre ou céramique ont en général la forme d'un empilement d'assiettes. Il en existe deux types : les isolateurs rigides (assiettes collées) et les éléments de chaîne (assiettes emboîtées).

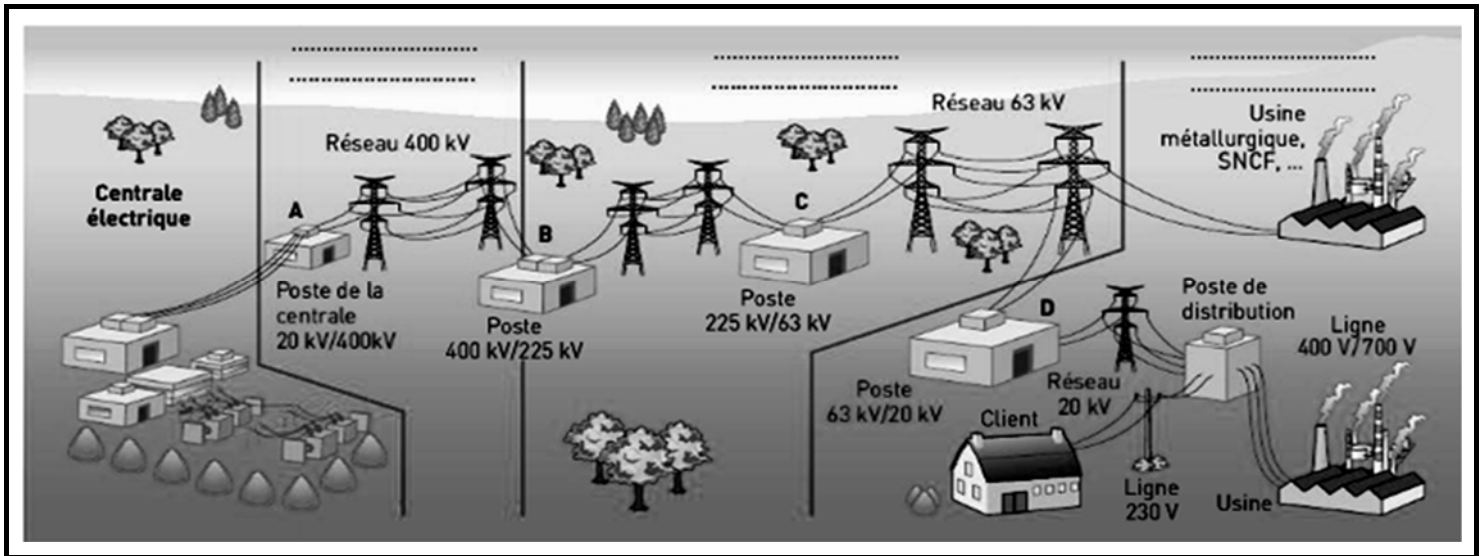
Plus la tension de la ligne est élevée, plus le nombre d'assiettes est important. Les chaînes peuvent être simples (câbles légers en suspension), doubles droites (horizontales pour les câbles en amarrage et verticales pour les câbles lourds en suspension), voire triples (supportant plusieurs câbles).





Compléter le schéma simplifié de l'organisation du transport et de la distribution de l'énergie électrique en indiquant :

- les zones THT, HT et BT/MT
- les zones de réseau « grand transport », de réseau « de répartition » et réseau « de distribution »
- les postes comportant des transformateurs élévateurs de tension :
- les postes comportant des transformateurs abaisseurs de tension :



1. Quel est le but de chacun des trois réseaux principaux du système de transport et distribution de l'énergie électrique ?

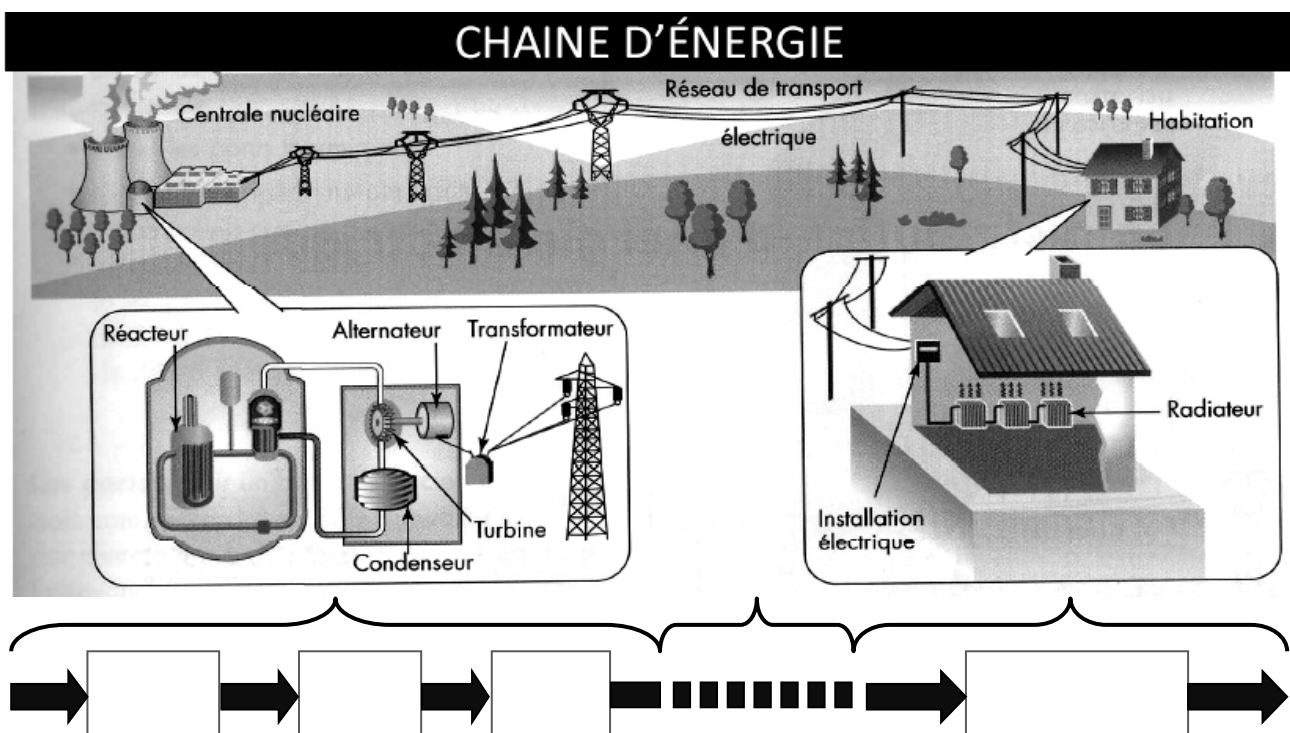
.....

.....

.....



Compléter la chaîne d'énergie suivante, de l'uranium à l'énergie thermique reçue dans l'habitat :



2. Que faut-il faire pour minimiser les pertes d'énergie pendant le transport ?

.....

.....

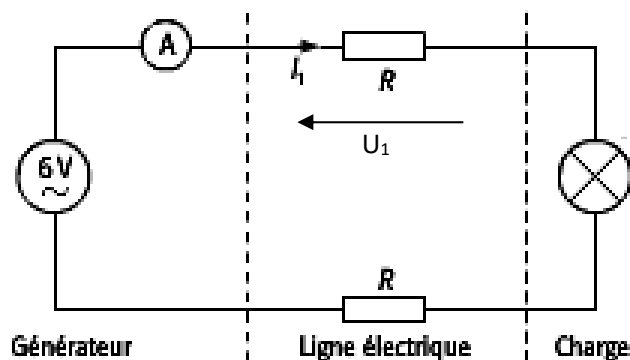
Pour comprendre pourquoi, on mesure la résistance de 10 fils de TP mis en série : $R = \dots\dots\dots$

3. La résistance linéique r des lignes HT est de $0,060 \Omega$ par km de câble. Quelle est la résistance R d'un câble qui relie Paris à Strasbourg, sachant que la distance entre Paris et Strasbourg est $l = 492 \text{ km}$?

.....

.....

On modélise la ligne sans transformateur par le schéma du **DOC. 1** avec $R = 10 \Omega$



DOC. 1 Schéma du montage de l'expérience n° 1.

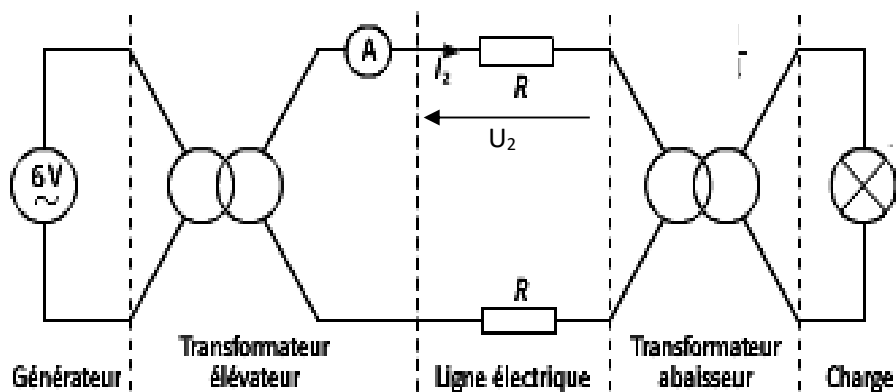
On prend comme charge une lampe $6,5 \text{ V} - 0,7 \text{ W}$.

4. Comment brille la lampe ?

.....

.....

On modélise maintenant la ligne avec des transformateurs par le schéma du **DOC. 2** avec $R = 10 \Omega$



DOC. 2 Schéma du montage de l'expérience n° 2.

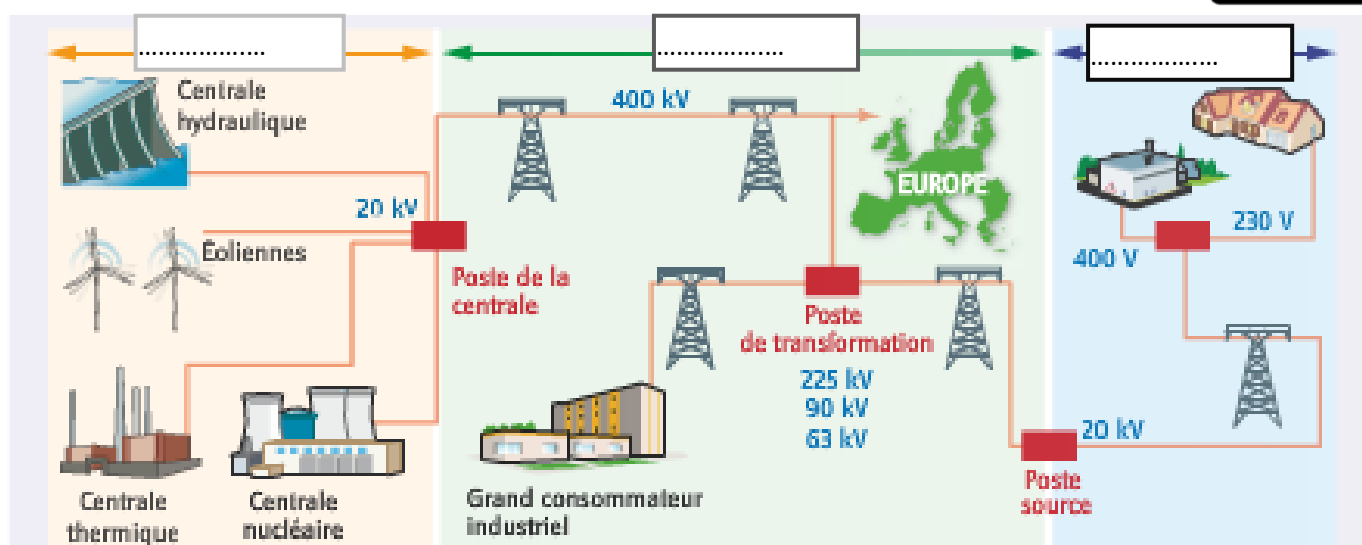
Comment distribuer l'énergie électrique ?

TP : Rôle d'un transformateur dans le transport et la distribution de l'énergie électrique

 Visualiser l'animation :

<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/energies/de-la-centrale-a-la-ville.aspx>

 Compléter le schéma de transport et distribution de l'énergie électrique :



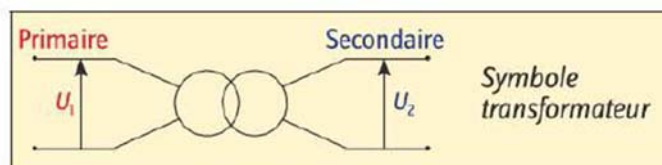
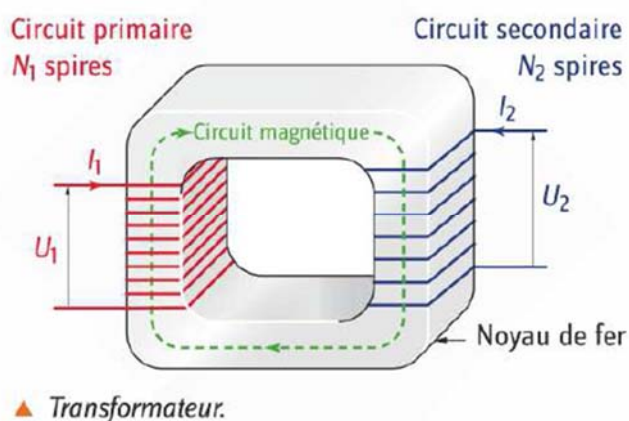
1. Pourquoi est-il nécessaire d'augmenter la tension lors du transport de l'énergie électrique ?

.....

.....

I. Qu'est-ce qu'un transformateur

Un transformateur est constitué d'un **circuit magnétique** en fer et de **deux bobinages** appelés **primaire** (alimenté par le réseau) et **secondaire** (qui fournit une tension à la charge) constitués respectivement de N_1 et N_2 spires.



Le rapport $m = N_2 / N_1$ est appelé rapport de transformation.

Si $m < 1$, le transformateur est dit et si $m > 1$ le transformateur est dit

Le schéma de transport et distribution de l'énergie électrique peut ainsi être représenté ainsi.

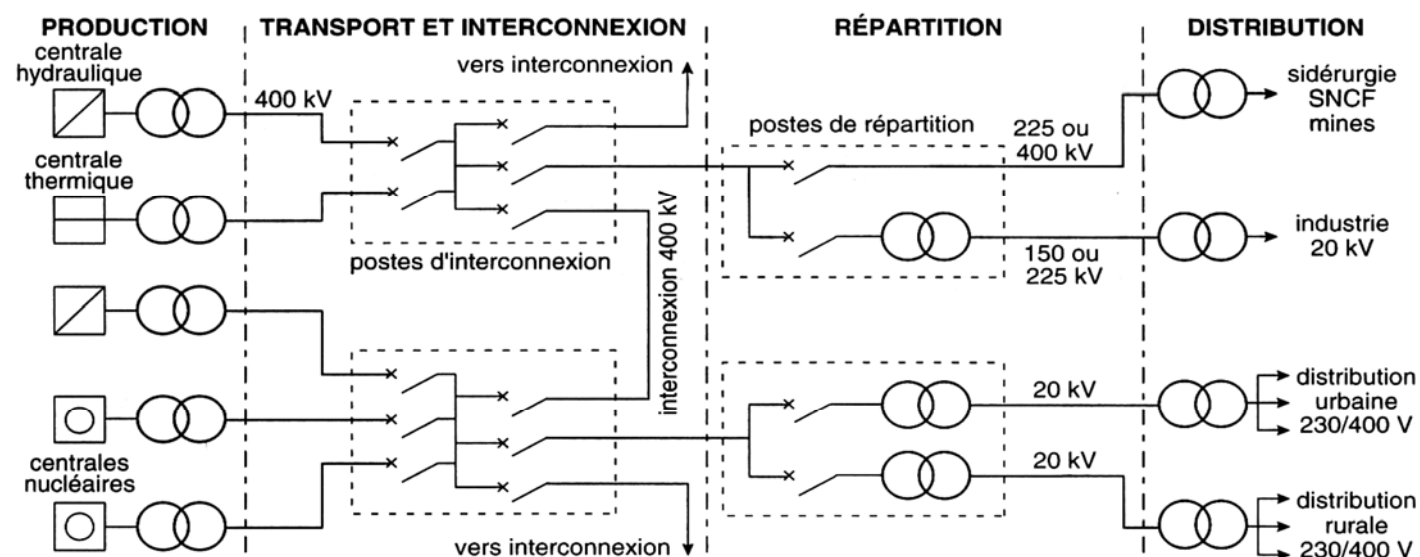


fig. 1. De la production à l'utilisation.

En déduire le symbole d'un transformateur :

II. Etude d'un transformateur

On dispose d'un transformateur démontable permettant de choisir différentes valeurs du rapport de transformation.

On alimente le transformateur avec une tension sinusoïdale générée par un générateur. Sa fréquence est **50 Hz** et sa tension efficace $U_{eff} = 12 \text{ V}$.

1. Etude à vide

C'est-à-dire qu'on ne branche pas de charge à la sortie du secondaire.

On désire avoir un rapport de transformation de $1/2$.

a. Quels nombres de spires N_1 et N_2 peut-on prendre ?

.....

.....

✗ Mesurer $U_1 = \dots\dots\dots$

✗ Mesurer $U_2 = \dots\dots\dots$

b. Calculer le rapport U_2/U_1 . Conclure

.....

.....

.....

.....

2. Etude en charge

La charge reliée aux bornes du secondaire est une résistance R de $33\ \Omega$, modélisant un grille-pain ne nécessitant pas la tension du secteur.

On alimente le transformateur avec une tension sinusoïdale générée par le générateur de fréquence est 50 Hz et sa tension maximale $U_{max} = 12\text{ V}$.

a. Faire un schéma du circuit :

On désire avoir un rapport de transformation de 2.

b. Quels nombres de spires N_1 et N_2 peut-on prendre ?

.....

✂ Mesurer $I_1 =$

✂ Mesurer $I_2 =$

c. Calculer le rapport I_1/I_2 . Conclure

.....

.....

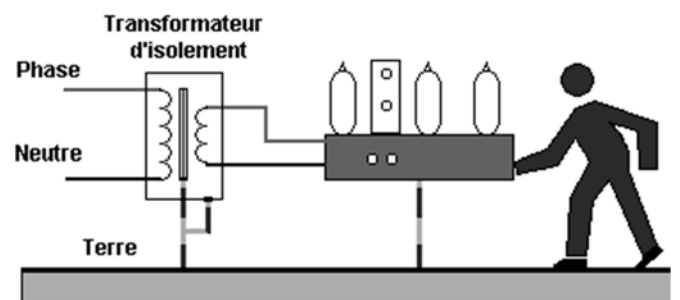
III. Qu'est-ce qu'un transformateur d'isolement ?

Le transformateur d'isolement est uniquement destiné à créer un isolement électrique entre plusieurs circuits pour des raisons bien souvent de sécurité ou de résolution de problèmes techniques.

Ce nom désigne des transformateurs dont la tension de sortie a la même valeur efficace que celle de l'entrée. Le transformateur d'isolement comporte donc deux enroulements presque identiques au primaire et au secondaire : en effet, le nombre de spires du secondaire est souvent très légèrement supérieur au nombre de spires du primaire afin de compenser la faible chute de tension en fonctionnement.

Ils sont, par exemple, largement utilisés dans les blocs opératoires : chaque salle du bloc est équipée de son propre transformateur d'isolement, pour éviter qu'un défaut qui y apparaîtrait n'engendre des dysfonctionnements dans une autre salle.

Comme on le voit sur le schéma ci-contre, l'isolation entre le réseau et le poste interdit toute circulation d'un courant dangereux à travers le corps de l'utilisateur.



1. Quel est le rapport de transformation d'un transformateur d'isolement ?

.....

2. Est-il un abaisseur ou un élévateur de tension ?

.....

3. Quel est son intérêt ?

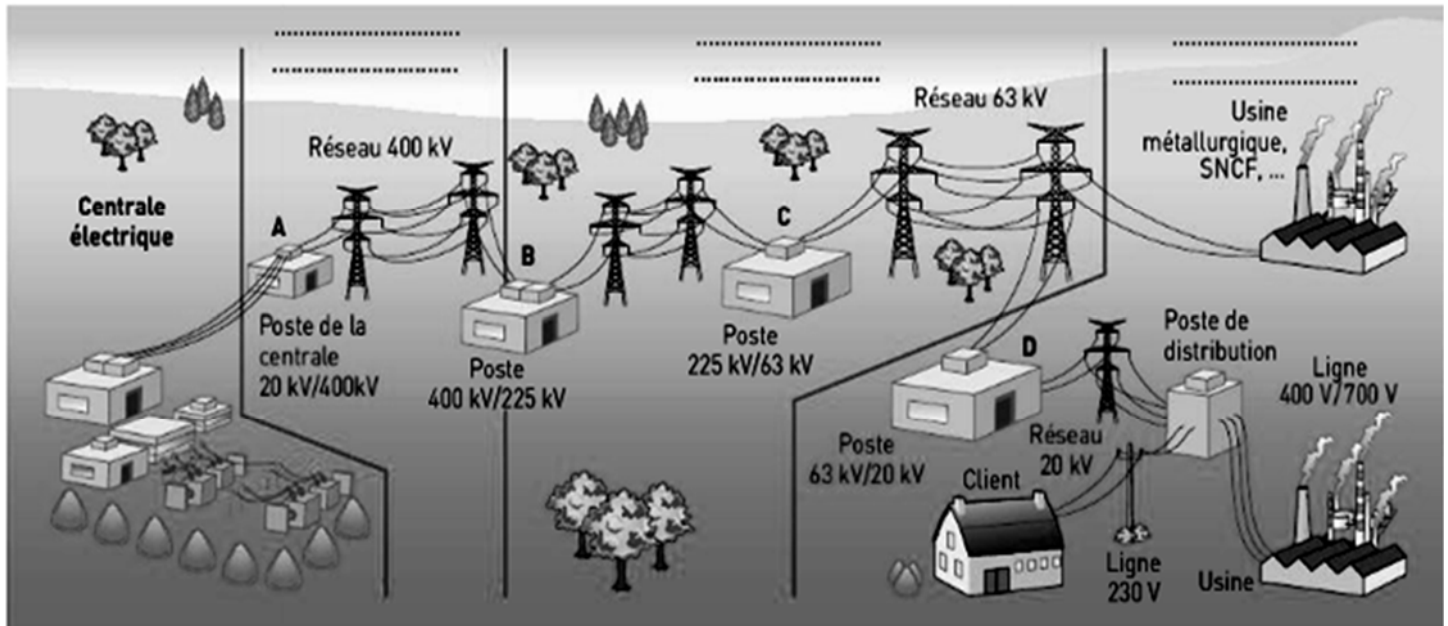
.....

.....

.....

Exercices

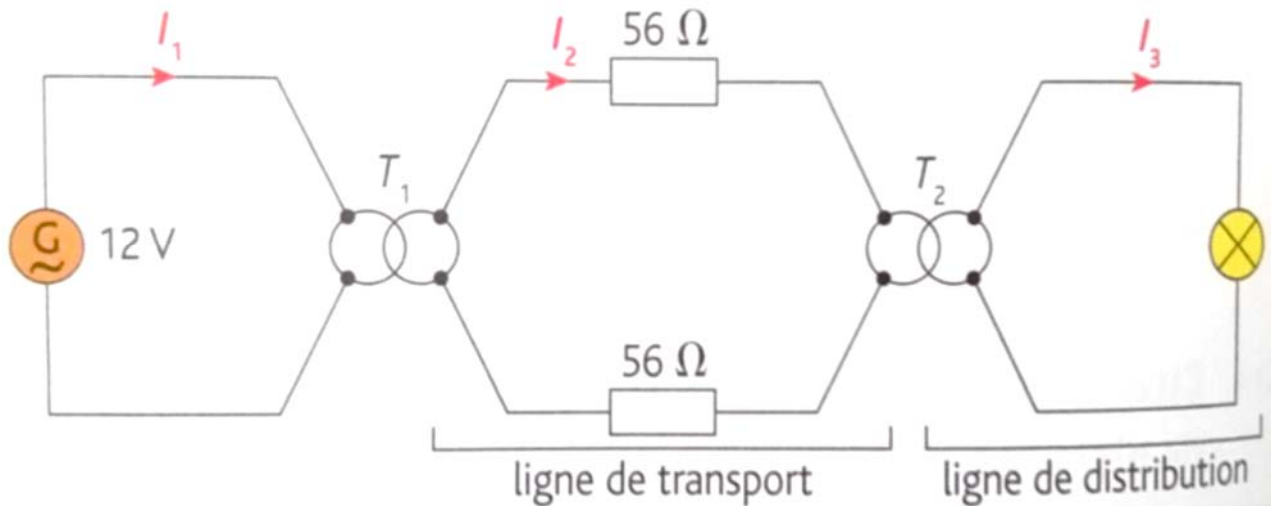
Exercice 1 : Le réseau européen



La plaque signalétique d'un radiateur électrique comporte les indications suivantes : $2\,500\text{ W} - 230\text{ V}$.

1. Quelles valeurs de tension correspondent aux zones THT, HT et BT/MT ?
2. Sur le schéma, indiquer les zones de réseau « grand transport », « de réseau de distribution » et de réseau de « répartition ».
3. Quelles zones relient les transformateurs élévateurs de tension ? Les transformateurs abaisseurs de tension ?

Exercice 2 : Transport et distribution d'électricité



On a réalisé l'expérience schématisée afin de simuler le transport et la distribution d l'énergie électrique. Les deux transformateurs ont un rendement de 96%. Leurs facteurs de transformation sont $T_1 : 12V/48V$ et $T_2 : 48V/12V$.

La résistance R des lignes électriques est égale à $112\ \Omega$.

La lampe utilisée est une lampe $12V - 100\ mA$.

1. Calculer la puissance P_1 transmise au primaire de T_1 si le courant I_1 issu du générateur a une valeur efficace de $100\ mA$. En déduire la puissance transmise au secondaire de T_1 .

2. Calculer I_2 dans les lignes de transport donc dans la résistance R des lignes électriques de $112\ \Omega$.

3. En déduire la puissance perdue P_{perdue} par effet joule dans les lignes.

4. Calculer la puissance transmise $P_{Transmise}$ au primaire de T_2 puis à son secondaire.

5. En déduire l'intensité du courant I_3 traversant la lampe. La lampe utilisée éclaire suffisamment si elle fonctionne sous une intensité de $80\ mA$. Est-ce le cas ?