

COMPORTEMENT GLOBAL D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

1. DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE.

1.1. L'ENERGIE FOURNIE ET LES ENERGIES RECUES.

Dispositif.

On réalise le schéma schématisé ci-contre.

On lit les indications de l'ampèremètre et des voltmètres, le circuit étant fermé.

Observations.

Les indications de l'ampèremètre et des voltmètres permettent de calculer:

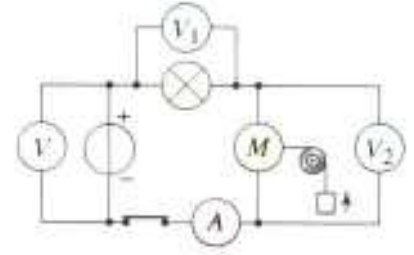
- la puissance électrique P fournie par le générateur au circuit extérieur;
- ainsi que les puissances électriques P₁ et P₂ reçues par les deux récepteurs.

Conclusion.

Pendant la durée t, la somme des énergies électriques reçues par les deux récepteurs est égale à l'énergie électrique fournie par le générateur:

$$P \cdot t = P_1 \Delta t + P_2 \Delta t \quad W_{el(\text{générateur})} = W_{el(\text{Récepteur})}$$

Dans un "circuit série", l'énergie électrique est intégralement transférée du générateur vers le récepteur.



Intensité : I = 0,34 A	
U = 8,96 V	P = 3,05 W
U ₁ = 1,98 V	P ₁ = 0,67 W
U ₂ = 7,01 V	P ₂ = 2,38 W

1.2. DIPOLES EN SERIE: ADDITIVITE DES TENSION.

Dispositif. Cf fiche Tp.

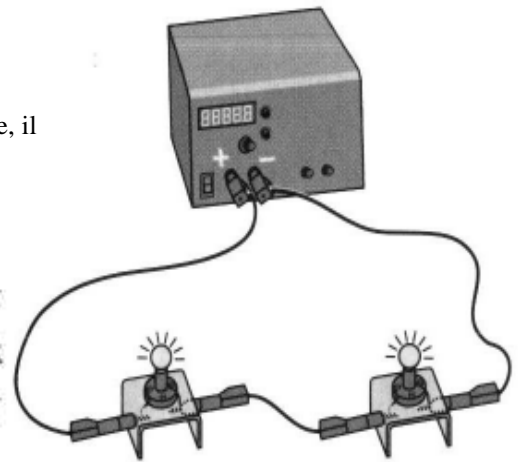
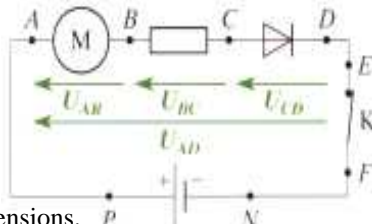
Conclusion.

Les mesures des tensions permettent de vérifier que pour des dipôles associés en série, il y a additivité des tensions:

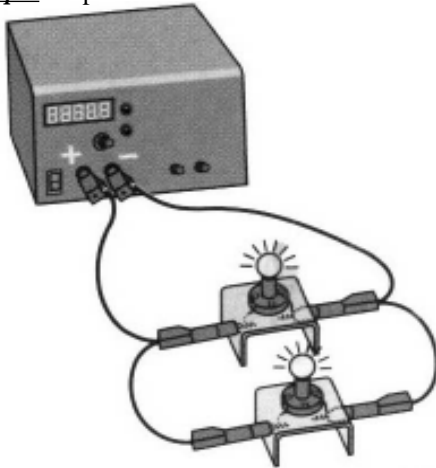
$$U_G = U_{L1} + U_{L2}$$

Exemple

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}$$



Rappel: Dipôles en dérivation: Loi d'unicité des tensions.



Dispositif. Cf fiche Tp.

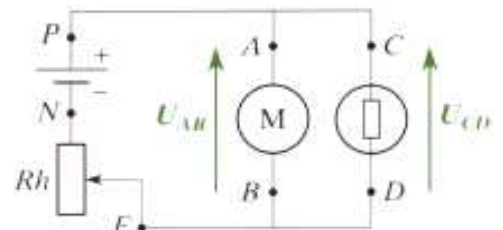
Conclusion.

Les mesures des tensions permettent de vérifier que pour des dipôles associés en dérivation, ou en parallèle, il y a unicité des tensions.

$$U_G = U_{L1} = U_{L2}$$

Exemple

$$U_{AB} = U_{CD} = - U_{DC}$$



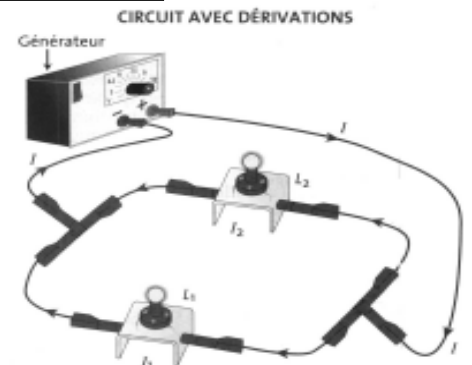
1.3. INTENSITE DANS UN CIRCUIT DERIVATION: LOI D'ADDITIVITE.

DANS UN CIRCUIT DERIVATION.

LOI DES NOEUDS.

$$I = I_1 + I_2$$

Dans un circuit avec dérivation, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la somme des intensités dans chaque branche dérivée.



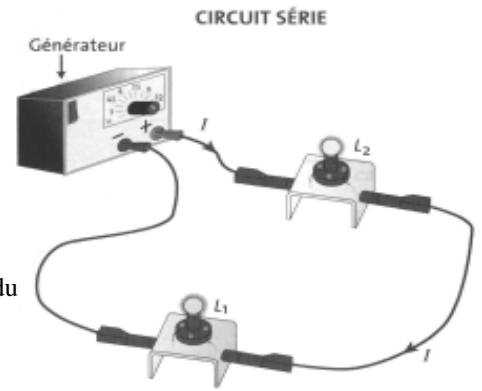
Rappel: Intensité dans un circuit série: Loi d'unicité.

DANS UN CIRCUIT SERIE.
LOI D'UNICITE.

$$I_1 = I_2 = I_3$$

Dans un circuit série, l'intensité du courant est la même dans tous les dipôles et en tous points du circuit.

En particulier, l'intensité du courant qui entre dans le générateur est égale à l'intensité du courant qui en sort.



1.4. UN CIRCUIT ELECTRIQUE ET UNE RIVIERE: UNE ANALOGIE.

Au travers des différentes lois que le cours nous a permis de découvrir, nous avons fait connaissance avec deux grandeurs électriques nouvelles: l'intensité et la tension. Il nous est maintenant possible d'illustrer par une analogie la comparaison entre ces deux grandeurs.

L'intensité.

Le débit de la rivière se mesure en m³/s. | Le "débit" en courant électrique est son intensité.

La tension.

L'eau coule dans la rivière parce qu'il existe une différence de niveau H entre deux points de la rivière. | C'est parce qu'il existe une différence de "niveau électrique": U, appelée tension, entre l'entrée et la sortie d'un dipôle, que le courant y circule.

Intensité dans un circuit série.

Le débit de la rivière sous les ponts a et b sont identiques $D_a = D_b$ | Les intensités dans les dipôles en série sont égales: $I_1 = I_2$.

Additivité des tensions pour des dipôles en série.

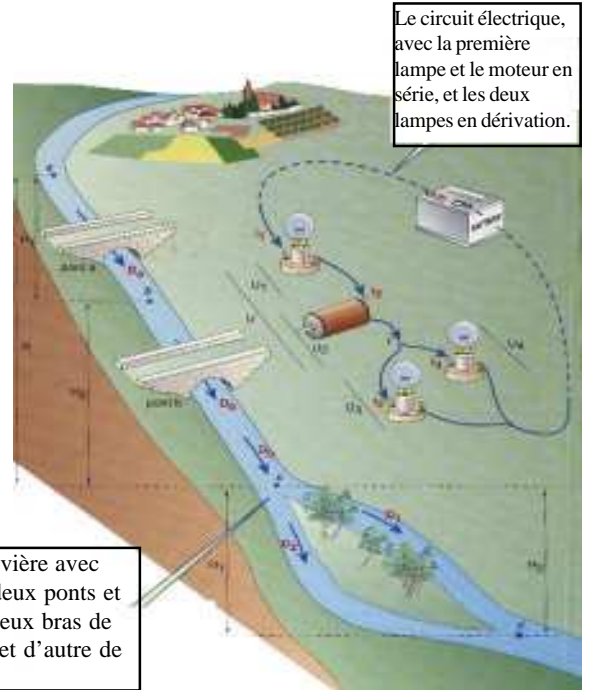
Les différences d'altitude entre a, b et c sont telles que $H = H_1 + H_2$. | Pour les dipôles 1 et 2: $U = U_1 + U_2$.

Additivité des intensités pour les dérivation.

D est le débit du courant principal de la rivière, D₁ et D₂ les débits de part et d'autre de l'île: $D = D_1 + D_2$. | Pour les dipôles montés en parallèle, I est l'intensité du courant principal: $I = I_1 + I_2$.

Egalité des tensions.

La différence d'altitude est la même que l'on passe à gauche ou à droite de l'île: $H_1 = H_2$. | Pour les dipôles montés en parallèle: $U_1 = U_2$.



2. ASSOCIATION DE PLUSIEURS CONDUCTEURS OHMIQUES.

Les valeurs normalisées des résistances ne correspondent pas toujours aux besoins de l'utilisateur. On obtient les valeurs recherchées en associant plusieurs conducteurs ohmiques judicieusement choisis.

2.1. ASSOCIATION EN SERIE.

Etude expérimentale.

La résistance R équivalente de l'association en série de deux conducteurs ohmiques est égale à la somme de leurs résistances R_1 et R_2 :

$$R = R_1 + R_2.$$

Etude théorique.

Les conducteurs ohmiques, de résistance R_1 et R_2 , associés en série sont traversés par le même courant d'intensité I .

On applique la loi d'Ohm à chacun de ces dipôles:

$$U_{AB} = R_1 \times I \quad \text{et} \quad U_{BC} = R_2 \times I.$$

On applique la loi d'additivité des tensions:

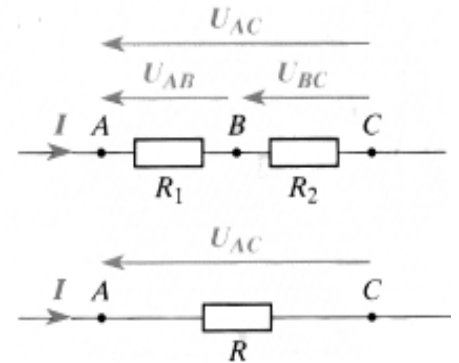
$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC},$$

soit:

$$U_{AC} = R_1 \times I + R_2 \times I = (R_1 + R_2) \times I.$$

d'où

$$U_{AC} = R \times I, \quad \text{avec} \quad R = R_1 + R_2.$$



Exemple.

Si $R_1 = 2,18$ et $R_2 = 0,46$ alors $R = R_1 + R_2 = 2,18 + 0,46 = 2,64$

2.2. ASSOCIATION EN PARALLELE.

Etude expérimentale.

La résistance R équivalente de l'association en parallèle de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 est telle que:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Etude théorique.

Associés en parallèle, les conducteurs ohmiques sont soumis à la même tension U_{AB} (parallèle).

Appliquons la loi d'Ohm à chacun des conducteurs ohmiques:

$$U_{AB} = R_1 \times I_1 \quad \text{et} \quad U_{AB} = R_2 \times I_2.$$

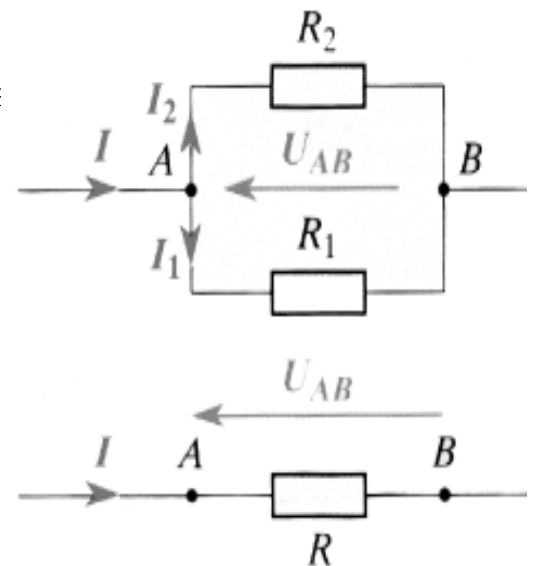
soit $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$ et $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$

Appliquons la loi des noeuds en A:

$$I = I_1 + I_2.$$

soit: $I = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_{AB}$

En posant: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \implies I = \frac{1}{R} U_{AB}$ ou $U_{AB} = R \times I.$



Exemple.

Si $R_1 = 4,7 \text{ k}$ et $R_2 = 2,2 \text{ k}$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4,7} + \frac{1}{2,2} = \frac{2,2}{4,7 \times 2,2} + \frac{4,7}{4,7 \times 2,2} = \frac{2,2 + 4,7}{4,7 \times 2,2} = \frac{6,9}{10,34} \quad \text{soit} \quad R = \frac{10,34}{6,9} = 1,48 \text{ k}$$

2.3. CONDUCTANCE EQUIVALENTE.

1

On appelle **conductance** G d'un conducteur résistif l'inverse de sa résistance: $G = \frac{1}{R}$ dont l'unité est le Siemens.

R

La relation entre résistances de conducteurs résistifs en dérivation établie au paragraphe précédent, permet d'écrire, en fonction des conductances des conducteurs:

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$$

3. CIRCUIT ELECTRIQUE RESISTIF.

3.1. INTENSITE DU COURANT DANS LE CIRCUIT.

Un générateur de fem E et de résistance interne r est connecté par ses bornes positive P et négative N à un dipôle résistif AB .

Le dipôle AB peut être constitué d'une seule résistance, ou de plusieurs dipôles, associés en série ou en parallèle. On appelle R_{eq} sa résistance équivalente.

On aura: $U_{PN} = E - rI$ et $U_{AB} = R_{eq} I$

Comme $U_{PN} = U_{AB}$, alors $E - rI = R_{eq} I$, soit $I = \frac{E}{r + R_{eq}}$

Dans un circuit série comportant un générateur, de fem E et de résistance interne r , et un dipôle de résistance équivalente R_{eq} , l'intensité du courant dans le circuit orienté du pôle P vers le pôle N à l'extérieur du générateur est égale à :

$$I = \frac{E}{R_{eq} + r}$$

Remarque: $I_{cc} = \frac{E}{r}$ est l'intensité du court-circuit. Elle est obtenue lorsque $R_{eq} = 0$.

3.2. INFLUENCE DE LA fem E DU GENERATEUR.

La puissance P_{eg} fournie par le générateur au récepteur vaut $P_{eg} = R_{eq} I^2$, soit

$$P_{eg} = \frac{R_{eq} \times E^2}{(r + R_{eq})^2}$$

La puissance P_{eg} est donc proportionnelle au carré de la fem E .

Certains générateurs, appelés "alimentation continue" ou "alimentation stabilisée", sont capable de fournir une tension stabilisée au circuit, à partir du secteur. La tension U_{PN} aux bornes d'un tel générateur est alors constante quelle que soit l'intensité I du courant qui le traverse, dans la mesure où celle-ci reste inférieure à une valeur limite.

Si U_{PN} ne dépend pas de I , alors nécessairement la résistance interne du générateur est nulle et la puissance transférée vaut

$$P_{eg} = \frac{E^2}{R_{eq}}$$

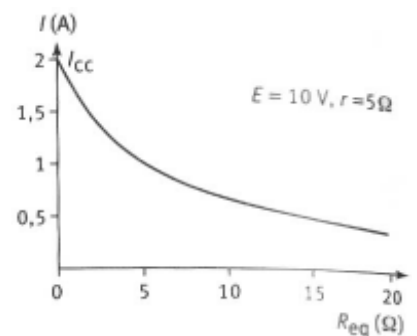
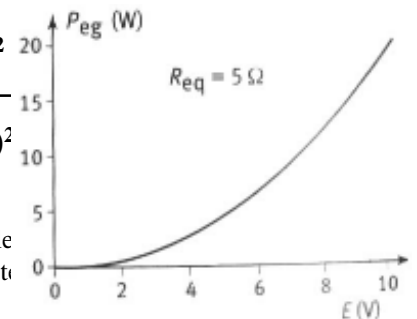
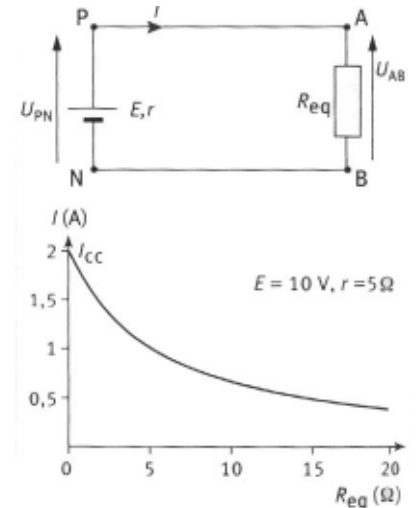
3.3. INFLUENCE DE LA RESISTANCE DU RECEPTEUR SUR LA PUISSANCE ELECTRIQUE QU'IL RECOIT.

La puissance P_{eg} transférée par une alimentation continue au récepteur est égale à

$$P_{eg} = \frac{E^2}{R_{eq}}$$

; la puissance transférée est inversement proportionnelle à R_{eq}

La puissance dissipée par effet Joule est donc d'autant plus importante que la résistance est faible. C'est le cas des résistances chauffantes et des filaments d'ampoules, dont la résistance est de l'ordre de l'Ohm ou inférieure.



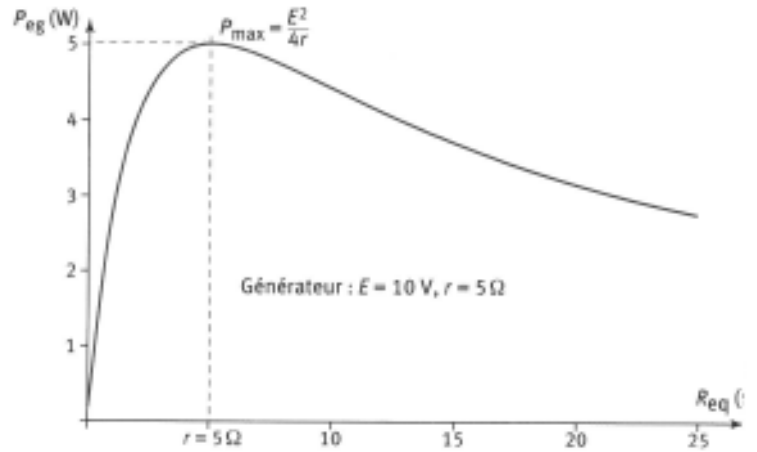
3.4. PUISSANCE ELECTRIQUE MAXIMALE DISPONIBLE AUX BORNES D'UN GENERATEUR.

On a donc la relation
$$P_{eg} = \frac{R_{eq} E^2}{(r + R_{eq})^2}$$

La puissance P_{eg} est donc fonction de la valeur de R_{eq} .

On a représenté ci-contre la variation de P_{eg} en fonction de R_{eq} . Cette courbe passe par un maximum lorsque $R_{eq} = r$.

La puissance disponible aux bornes d'un générateur de résistance interne r , connecté à un circuit résistif de résistance équivalente R_{eq} , est maximale lorsque $R_{eq} = r$.

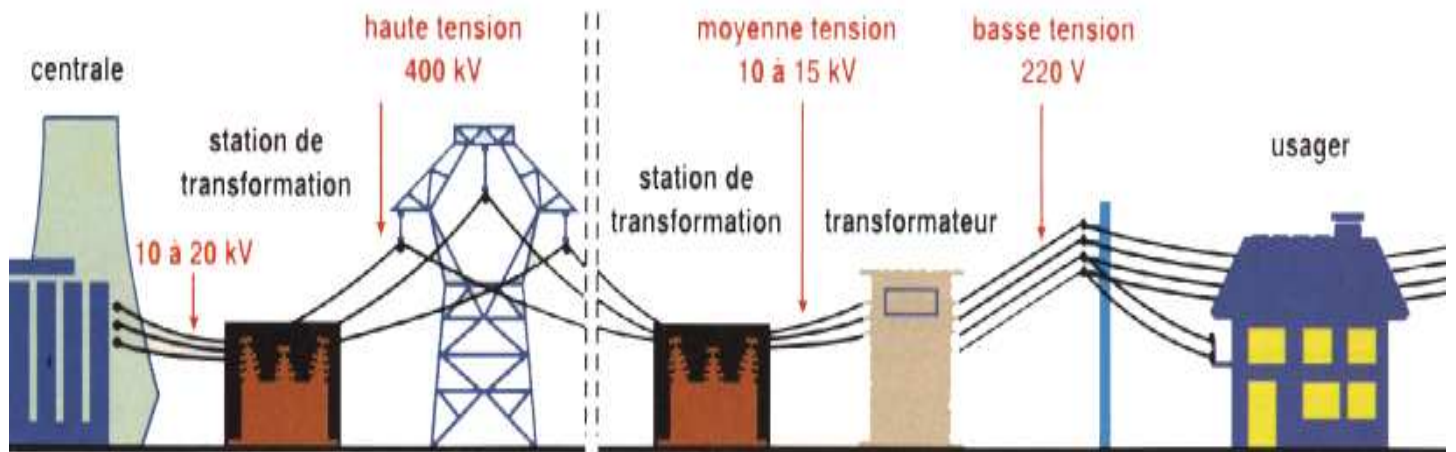


4. TRANSPORT DE L'ELECTRICITE.

L'énergie électrique n'est généralement pas produite sur le lieu de l'utilisation. Il faut donc la transporter sur des distances parfois très grandes. Dans ces conditions, la résistance des lignes de transport n'est plus négligeable et une partie de l'énergie électrique fournie par la centrale est perdue par effet Joule dans ces lignes.

Pour une même puissance électrique reçue par le récepteur, la puissance perdue par effet Joule dans la ligne est d'autant plus petite que la tension est plus grande. On cherche donc à transporter l'énergie électrique sous les tensions les plus élevées possibles.

Sur les grandes distances, l'énergie électrique est transportée sous très haute tension THT (400 kV). elle est ensuite distribuée dans chaque région sous haute tension HT (90 kV ou 63 kV). A partir des transformateurs de quartier, où elle arrive sous une tension de 20 kV (moyenne tension MT), l'énergie électrique est distribuée dans les habitations sous une tension de 220 V.



Pour élever la tension.

Pour limiter les pertes par échauffement, EDF procède à une très forte élévation de tension, le but recherché étant de faire passer la plus faible intensité possible dans les conducteurs. Malgré cette précaution, une ligne de 400 kV ne dépasse pas 500 km de portée et les pertes représentent plus de 5 % de la production totale d'énergie électrique. Dans une centrale électrique, la tension est de 20 kV. Des transformateurs élèvent la tension jusqu'à 400 kV.

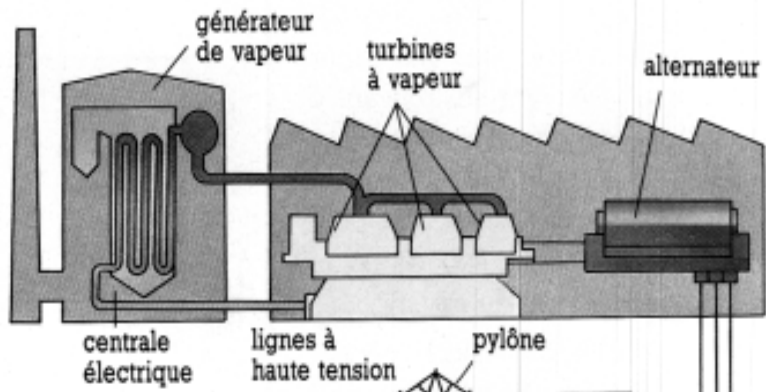
Pour abaisser la tension.

Plus près de nous, d'autres postes de transformation abaissent par paliers la tension du courant jusqu'à la valeur familière de 220V. La haute tension est d'abord abaissée en moyenne tension (de l'ordre de 15 kV), puis, le plus près possible du lieu de consommation, en basse tension.

1^{ère} étape.

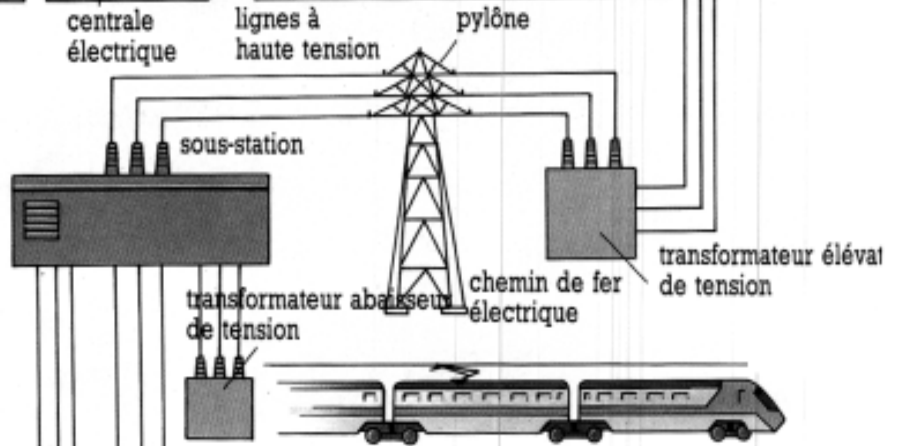
L'électricité du réseau est souvent produite dans des centrales thermiques à fioul, à charbon ou nucléaires.

La chaleur sert à produire de la vapeur qui entraîne des turbines couplées à des alternateurs producteurs d'électricité.



2^{nde} étape.

Le voltage du courant électrique est d'abord relevé avant d'être envoyé dans les sous-stations par des câbles à haute tension portés par des pylônes.



3^{ème} étape.

Le voltage du courant électrique est ensuite abaissé avant d'être envoyé vers les diverses activités humaines où l'électricité est nécessaire.

