

Haute tension



But : Comprendre l'intérêt de l'utilisation de la haute tension dans les lignes électriques.

Compétences : APP – REA – VAL

Travail évalué réalisé en binôme.

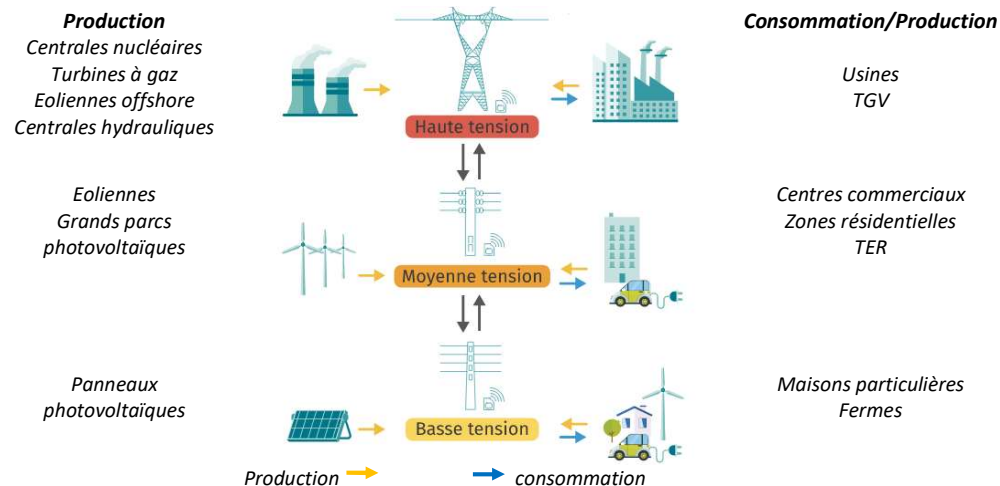
L'activité s'appuie sur les documents suivants ainsi que sur l'étude de l'activité précédente à propos de l'effet Joule. Un compte-rendu pour deux sera établi.

Au cours de cette séance, il est possible d'appeler le professeur pour obtenir de l'aide mais la communication entre binôme n'est pas autorisée.

De la centrale au consommateur : le réseau électrique

En France, les producteurs d'électricité sont reliés aux consommateurs par un vaste réseau de transport, constitué de lignes électriques. A la sortie de la centrale, la tension est d'abord élevée pour que le courant électrique soit acheminé sur de longues distances par des lignes à très haute tension (THT : 225 et 400 kV) et haute tension (HT 63 kV et 90 kV) vers des postes de transformation en moyenne tension (MT de 15 kV à 30 kV) pour une distribution au niveau régional puis en basse tension (BT : 400 et 230 V) au niveau local. Ce sont des transformateurs qui permettent d'augmenter ou d'abaisser la tension entre deux types de lignes.

Ce réseau est organisé à la manière d'un réseau routier avec des lignes THT ou HT qui sont des autoroutes, et des lignes MT et BT, qui sont des routes secondaires. Les transformateurs et les répartiteurs (pylônes) jouent le rôle d'échangeurs. La consommation en électricité varie au cours d'une journée et impose de gérer le réseau électrique pour répondre à chaque instant à la demande car l'énergie électrique ne peut pas être stockée.



La question à laquelle tente de répondre cette activité est :

« Pourquoi élever la tension pour transporter l'électricité ? »

Document 1 : L'effet Joule dans les lignes électriques

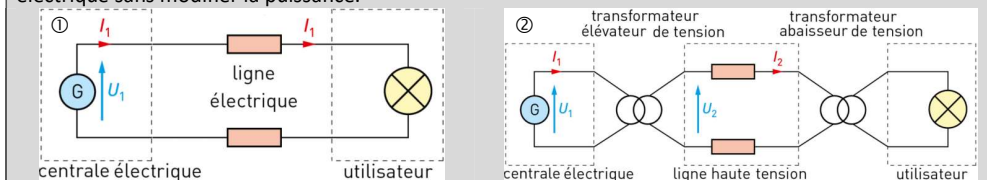
Tout matériau conducteur traversé par un courant électrique s'échauffe : c'est l'effet Joule. Une partie de l'énergie électrique se dissipe ainsi sous forme d'énergie thermique. Dans la distribution de l'énergie électrique par câbles, la dissipation par effet Joule crée des « pertes en ligne ».

Document 2 : Lois de l'électricité en courant alternatif

On admet que toutes les lois de l'électricité vues en courant continu restent valables en alternatif tout comme la symbolique déjà utilisée pour les grandeurs électriques.

Document 3 : Transformateurs et haute tension de la haute tension

Le premier schéma de circuit ① ce que pourrait être le transport de l'électricité de la centrale électrique (qui produit) à l'utilisateur (qui consomme). Les lignes sont représentées par des résistances. Leur résistance totale est R. Le second schéma circuit ② illustre le principe de transport de l'électricité par la haute tension. On considère que les transformateurs permettent d'augmenter ou d'abaisser la tension électrique sans modifier la puissance.



Document 4 : Câbles pour la haute tension

Pour les lignes aériennes, des pylônes, généralement réalisés en treillis d'acier supportent et maintiennent les conducteurs à une distance suffisante du sol et des obstacles : ceci permet de garantir la sécurité et l'isolement par rapport à la terre, les câbles étant nus (non isolés) pour en limiter le poids et le coût. L'inconvénient est leur exposition aux intempéries (embruns salés, tempêtes, poids de la glace qui peut les endommager).

Les conducteurs en cuivre sont de moins en moins utilisés car ce matériau est de plus en plus cher et à conductibilité égale, deux fois plus lourd qu'un conducteur d'aluminium. On utilise en général des conducteurs en alliage d'aluminium, ou en combinaison aluminium-acier pour les câbles plus anciens ; ce sont des conducteurs composés d'une âme centrale en acier sur laquelle sont tressés des brins d'aluminium. Les conducteurs sont nus, c'est-à-dire non revêtus d'un isolant.

Source : Wikipédia
ci-contre : section d'un câble électrique THT avec une âme en cuivre de surface 2 500 mm²



Document 5 : Le matériau des câbles électriques

Matériau	cuivre	aluminium	fer
Résistivité (Ω.m)	1,7×10 ⁻⁸	2,8×10 ⁻⁸	10,0×10 ⁻⁸
Masse volumique (g.cm ⁻³)	8,96	2,70	7,87
Prix en €/kg	5,707	1,535	0,102

📺 Vidéo d'une expérience (Moodle) : Le transport de l'électricité en très haute tension

Matériel : Générateur 6 V ~ – lampe (6 V - 0,5 W) – transformateurs 220V/9V et 9V/220V – conducteurs ohmiques de 22 Ω.

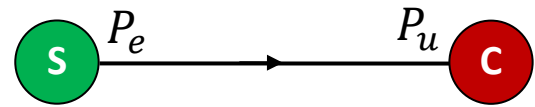
Haute tension - Questions



1. Puissance utilisable en « bout de ligne »

On schématise une ligne électrique transportant un courant électrique d'intensité I entre une source S et un consommateur (ou une cible) C .

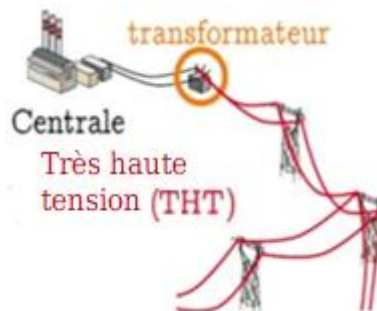
La source fournit une puissance électrique P_e et le consommateur dispose d'une puissance utilisable P_u .



- ✍ 1.1. Pourquoi parle-t-on de « pertes en ligne » lorsqu'une ligne électrique est traversée par un courant ?
- ✍ 1.2. Quelle est la conséquence si on compare P_u et P_e ?
- ✍ 1.3. Justifier qu'une ligne électrique peut être représentée schématiquement par une résistance.
- ✍ 1.4. Justifier que lors du transport de l'électricité, la perte par effet Joule serait plus grande sur de longues distances qu'au niveau d'un réseau de distribution local ?
- 1.5. Dans le document 4 issu de Wikipédia, par quel terme plus approprié devrait-on remplacer le terme « conductibilité » pour comparer les lignes en cuivre et en aluminium ?
- ✍ 1.6. Montrer que la résistance d'une ligne à très haute tension avec une âme en aluminium de section 500 mm^2 pour transporter le courant électrique sur 50 km est égale à $2,8 \Omega$.

2. Le transport de l'électricité sur de longues distances

2.1. Etude théorique



- ✗ Schématiser la portion de circuit de distribution représenté ci-contre et indiquer les tensions U_1 au niveau de la centrale et U_2 au niveau de la ligne THT.
- ✍ 2.1.1. Rappeler l'expression de la puissance électrique fournie par un générateur P_e .
- ✍ 2.1.2. Rappeler l'expression caractéristique de P_J la puissance Joule dissipée par une résistance.
- ✍ 2.1.3. Exploiter les expressions précédentes pour justifier que pour une puissance électrique P_e fournie constante, la puissance Joule diminue si on augmente la tension de U_1 à U_2 .

2.2. Etude quantitative

La tension à la sortie de la centrale électrique étant de $U_1 = 20 \text{ kV}$ pour une puissance fournie considérée constante $P_e = 900 \text{ MW}$. La tension de la ligne THT est $U_2 = 400 \text{ kV}$.

- ✍ 2.2.1. Calculer les intensités des courants d'intensité I_1 produit par la centrale et d'intensité I_2 circulant dans la ligne à très haute tension de 50 km.
- ✍ 2.2.2. En déduire la valeur du rapport entre les puissances Joule dissipées P_{J2} et P_{J1} et interpréter le résultat en quelques mots.

3. Conclusion

- ✍ Donner les arguments pour expliquer en quoi la haute ou très haute tension est nécessaire pour transporter le courant électrique.