



RÉSEAU DE TRANSPORT ET DISTRIBUTION

CONDUCTION ÉLECTRIQUE

DÉFI DU RENOUVELABLE

RÉSEAU DE TRANSPORT ET DISTRIBUTION

Les **centrales** qui produisent l'électricité sont **implantées selon des contraintes géographiques** (barrages, éoliennes), selon des **contraintes d'approvisionnement en combustible**, ou selon des **contraintes de refroidissement** (à proximité de la mer ou d'un cours d'eau).

Les **consommateurs** quant à eux sont **répartis sur tout le territoire**, parfois dans des zones difficilement accessibles (îles, montagne), mais en général **éloignés des grands centres de production**.

Le réseau de transport et de distribution assure la connexion entre centres de production et consommateurs.

Sachant que l'électricité ne se stocke pas à grande échelle, **l'électricité qui est produite et acheminée doit correspondre à chaque instant à la demande des consommateurs**. ... faute de quoi on risque le **blackout** (panne généralisée).

Voyons comment cela marche :

Réseau de transport

Le transport

L'énergie électrique produite par les centrales est **transportée en haute et très haute tension**, ce qui permet d'acheminer de **fortes puissances** sur de **longues distances**, en **minimisant les pertes**. RTE est chargé du transport de l'électricité

La production et le transport de l'énergie électrique se font généralement en régime alternatif triphasé. L'**avantage du courant alternatif** par rapport au courant continu est qu'il permet **d'élever et d'abaisser facilement la tension**, grâce à des transformateurs. Cela permet, pour une même puissance transportée, de réduire les pertes par effet Joule.

La tension fournie par les alternateurs des centrales est le plus souvent de 20 kV. Elle est élevée en sortie de centrale pour rejoindre le réseau de transport.

Les lignes peuvent être **aériennes** ou **souterraines**, voire **sous-marines**.





Les lignes aériennes souffrent d'opposition de la population, et elles sont remplacées peu à peu par des lignes souterraines. Cependant, celles-ci posent davantage de problèmes techniques, de maintenance, et le coût en est beaucoup plus élevé.

Les lignes sous-marines servent à acheminer l'électricité produite par les parcs éoliens off-shore, ou les interconnexions avec les îles (Royaume-Uni par exemple). Dans ce cas, le **courant continu haute tension** (lignes HVDC) est préférable.

A infrastructure équivalente, ces lignes permettent de transporter **jusqu'à trois fois plus de puissance** que les lignes haute tension en courant alternatif, tout en **minimisant les pertes**. Elles permettent de parcourir une distance plus grande, sans poste intermédiaire.

Réseau de distribution

Le réseau de distribution, géré en France par ERDF, a pour but d'**alimenter l'ensemble des consommateurs**. En France, ce réseau est constitué d' 1,3 millions de kilomètres de lignes électriques. Si le réseau de transport peut représenter le réseau autoroutier acheminant l'électricité, le réseau de distribution en représenterait les routes. Le réseau de distribution utilise deux niveaux de tension :

- le réseau **HTA** qui assure l'acheminement de l'électricité au niveau régional, et alimente directement les industriels
- le réseau **BT**, qui alimente les particuliers, après abaissement de la tension dans un transformateur.

Infrastructure du réseau

Le réseau est constitué de lignes électriques aux **niveaux de tensions normalisés**, et de postes électriques :

Les lignes HTB

Ce sont des lignes **haute et très haute tension**, de 225 kV à 400 kV (THT) ou 63 kV à 90 kV (HT) pour les **longues distances** : **transport national** et **interconnexions avec les autres pays européens**.

Les lignes HTA

Ce sont des lignes de **moyenne tension** pour la **répartition régionale** et **interrégionale**, de 15 kV à 33 kV.

Les Lignes BT

Les lignes basse tension (de 230 V ou 400 V) pour la **répartition locale** (distribution et consommation).

Les particuliers sont livrés en 220 V (BT), les gros consommateurs (industrie, réseau ferré) peuvent être alimentés en HTA.





Les postes de connexion

Les postes électriques sont les nœuds du réseau. Leur rôle est de :

- **interconnecter** des lignes de **même niveau de tension**, et répartir l'énergie sur les différentes lignes qui partent ou arrivent au poste
- **transformer la tension** : des transformateurs **abaisseurs et/ou éleveurs** de tension permettent de passer d'un niveau de tension à un autre
- **veiller à la sécurité du réseau** : surveillance des niveaux de tension, protection (disjoncteurs)

CONDUCTION ÉLECTRIQUE

Effet joule

L'effet Joule est dû à la **transformation de l'électricité en chaleur dans un conducteur**. Lorsqu'on fait passer du courant dans un câble conducteur, les électrons libres (charges électriques) circulent en se frayant un chemin parmi les atomes des matériaux qui composent les fils, et heurtent ces atomes, qui se mettent à vibrer. Sous l'effet des chocs, une partie de l'énergie électrique se transforme en chaleur.

Ce phénomène se produit presque toujours, mais il est surtout visible lorsque le courant (ou plus précisément son intensité) est important. C'est pour cette raison que les appareils électriques chauffent au bout d'un certain temps d'utilisation, ou qu'une surintensité peut déclencher un incendie.

Tous les matériaux offrent une résistance au courant : plus la résistance est grande, plus les électrons ont de mal à circuler et dégagent de la chaleur : c'est l'effet Joule. C'est cet effet qui est utilisé dans les ampoules à incandescence, ou dans les résistances chauffantes par exemple. En effet, lorsqu'on chauffe un objet, il devient incandescent et émet de la lumière : le filament en tungstène des ampoules oppose une résistance au passage du courant, et s'échauffe, produisant la lumière.

Les métaux, par contre, sont bons conducteurs du courant en général : la résistance est faible, et si l'effet Joule se produit, il reste invisible.





Pertes en ligne par effet joule

L'effet Joule correspond à l'énergie dissipée sous forme de chaleur lorsqu'un courant circule dans un conducteur. Si trop d'électrons circulent (intensité) et se bousculent, ou si le conducteur n'est pas suffisamment conducteur (résistance), il y a échauffement : l'électricité transformée en chaleur n'est plus utilisable en tant que telle, on parle de pertes par effet Joule.

Les **pertes en ligne** sont donc dues principalement à l'**effet Joule**, qui dépend essentiellement de l'**intensité** et de la **résistance** : plus celles-ci sont élevées, plus l'effet Joule, et les pertes qui en découlent, sont importants. Ce que traduit la formule : **Pertes Joules = $R \cdot I^2$**

On voit avec cette formule que les pertes par effet Joule sont proportionnelles au **carré de l'intensité**, on comprend facilement l'intérêt de la diminuer.

L'**utilisation de la haute tension** permet, à puissance transportée égale, de **diminuer l'intensité** ($P = U \cdot I$), et donc de réduire les pertes.

C'est donc pour minimiser les pertes en ligne que le transport de grandes quantités d'électricité se fait en haute et très haute tension.

Par ailleurs, pour diminuer la résistance, on peut agir sur trois facteurs : la résistivité des matériaux utilisés pour fabriquer les câbles de transport, la longueur et la section de ces câbles (la résistance diminue avec l'augmentation de la section).

La résistance d'un fil conducteur se formule ainsi

$$R = R_0 \times L / S$$

(avec R la résistance en ohm, R_0 la résistivité en $\Omega \cdot m$, L la longueur du conducteur en m et S sa section en mm^2)

- Plus un fil est long, plus sa résistance est grande
- Plus un fil est fin, plus sa résistance est grande
- Plus la résistivité du matériau est grande, plus la résistance est grande

Les pertes sur le réseau sont inévitables, on peut s'efforcer de les réduire au maximum, mais pas de les supprimer totalement. En France, elles représentent 2,5 % sur le réseau de transport, soit 11,5 TWh (TeraWatt-heure) par an selon RTE, et s'élèvent à 6 % sur le réseau de distribution (28 TWh).

→ Pour tenir compte de ces pertes, la production doit être supérieure de 8,5% à la consommation.





DÉFI DU RENOUELABLE

Les productions renouvelables intermittentes, telles que le solaire ou l'éolien, ne sont pas pilotables, elles peuvent rompre l'équilibre production/demande et compromettre la sécurité du réseau. Surtout qu'aujourd'hui, ce réseau n'est pas prévu pour intégrer de telles variables de production, mais pour une production centralisée autour de grosses unités de production qui alimentent tout le pays.

Le **réseau est prévu pour fonctionner à sens unique**, depuis les grosses unités de production vers les consommateurs. Pour **intégrer des flux d'énergie intermittente, ou provenant de multiples unités de production locales, sans compromettre la fiabilité et la sécurité de la fourniture**, il faut **un réseau pouvant fonctionner à double sens**.

Un **réseau intelligent**, aussi appelé « smart grid » est plus adapté pour gérer ce genre de situation. **S'appuyant sur des technologies numériques**, à l'image du réseau internet, il permettra de **mieux gérer la production et la distribution**, en **mettant en relation producteurs et consommateurs**.

Un tel réseau permettra également :

- d'**intégrer plus facilement les productions renouvelables intermittentes à grande échelle**
- de **réduire les pics de consommation**
- de **lutter contre le réchauffement climatique**

Tout en faisant des économies d'énergie !

