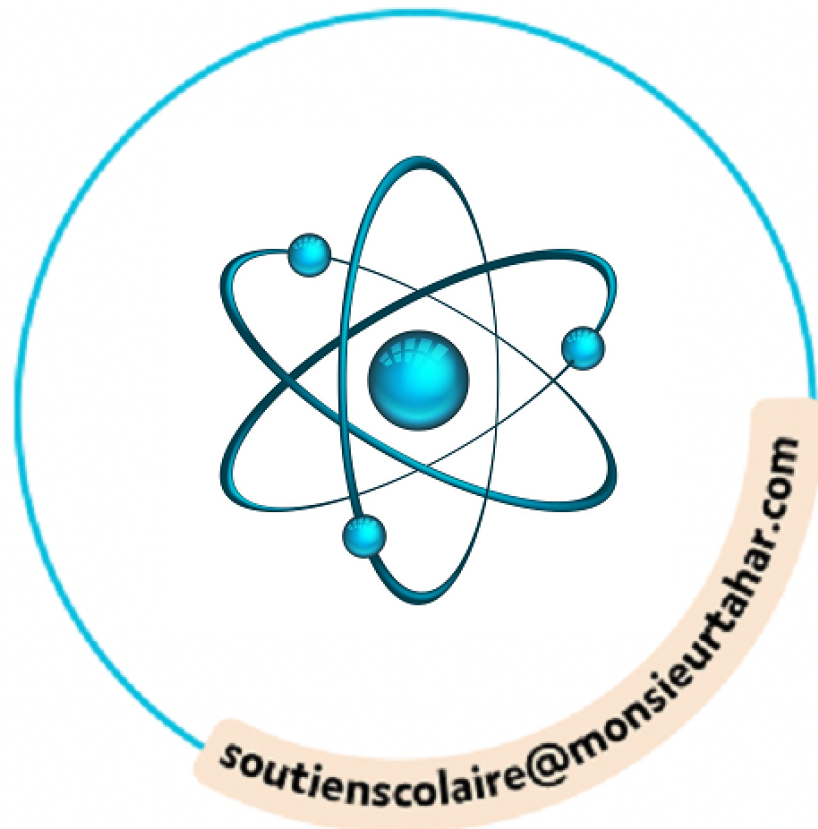
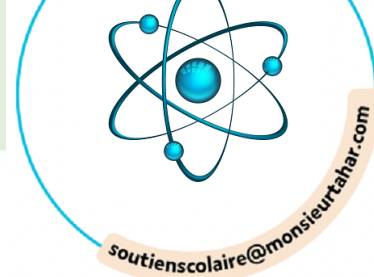


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



PHYSIQUE - CHIMIE

CHAPITRE 3



1. Transporter l'électricité

► Le transport de l'énergie électrique est assuré par un maillage de lignes électriques sur le territoire. Celles-ci sont à basse tension pour l'acheminement final de l'électricité auprès des consommateurs, et à haute ou très haute tension à proximité des sources d'électricité ou pour le transport à longue distance.

► Les câbles électriques utilisés sont des conducteurs ohmiques qui présentent une résistance R qui se calcule selon la première loi d'Ohm $R = \frac{\rho \cdot L}{S}$, où ρ est la **résistivité** du matériau utilisé, L la longueur du conducteur et S sa section. En se rappelant de la seconde loi d'Ohm qui relie tension et courant dans un conducteur ohmique ($U = R \cdot I$) et de la puissance dissipée par un bipôle $P = U \cdot I$, on retrouve les pertes de puissance par **effet Joule** d'un tel conducteur : $P = R \cdot I^2$. Ces pertes ont lieu sous forme de chaleur dissipée. Afin de les minimiser, on réduit le courant qui circule dans les lignes. C'est la raison de l'utilisation d'une très haute tension pour le transport d'une puissance donnée. > **Unité 1**

2. Optimiser le réseau de distribution

► Le réseau de lignes électriques doit être optimisé afin de minimiser les pertes et de mettre en relation les centrales de production et les utilisateurs. Ce réseau se modélise mathématiquement sous la forme de **graphes** orientés dont les sources sont les centrales électriques, les cibles sont les utilisateurs et les nœuds sont les interconnexions entre les lignes. Dans ce modèle, l'objectif est de minimiser les pertes par effet Joule.

► Une première solution consiste à relier les sources, les nœuds et les cibles par un **réseau optimal** dans lequel la résistance et les coûts de construction sont réduits. La construction de ce réseau optimal s'appuie sur des algorithmes.

► Dans un réseau construit de façon optimale, la minimisation des pertes par effet Joule répond à différentes contraintes.

- Chacune des centrales ne peut délivrer plus qu'un courant donné, car la puissance de production des centrales est limitée.
- D'après la **loi des nœuds**, l'intensité totale entrant dans un nœud intermédiaire est égale à l'intensité totale qui en sort.
- L'intensité totale arrivant à chaque cible est imposée par l'intensité utilisée par la cible. En d'autres termes, il faut que l'intensité produite par les sources soit égale à l'intensité utilisée par les cibles du réseau.

Ce problème d'optimisation complexe est résolu par des méthodes numériques.

► Dans la réalité, le réseau électrique se présente sous forme de maillage et non sous forme de graphes. Cela signifie que les nœuds sont reliés par plusieurs arcs. On dit que le réseau est redondant. L'avantage du maillage est de permettre d'avoir un réseau résilient : la redondance du réseau permet de continuer à fournir de l'électricité aux cibles même en cas de problème sur une ligne électrique. > **Unité 2**

Les mots-clés du chapitre

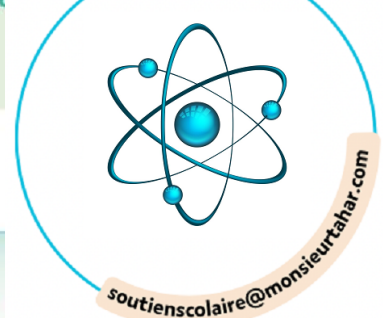
- **Résistivité** : Grandeur qui représente la tendance d'un matériau à résister au passage d'un courant électrique. Désignée usuellement sous le symbole ρ , elle s'exprime en $\Omega \cdot m$.
- **Effet Joule** : Puissance dissipée sous forme de chaleur par un conducteur ohmique.
- **Graphe** : Modèle mathématique utilisé, entre autres, pour modéliser un réseau de transport électrique.
- **Réseau optimal** : Réseau pour lequel la résistance des lignes et le coût de construction sont réduits.
- **Lois des nœuds** : L'intensité entrant dans un nœud d'un circuit électrique est égale à l'intensité sortant de ce nœud.

Ne pas confondre

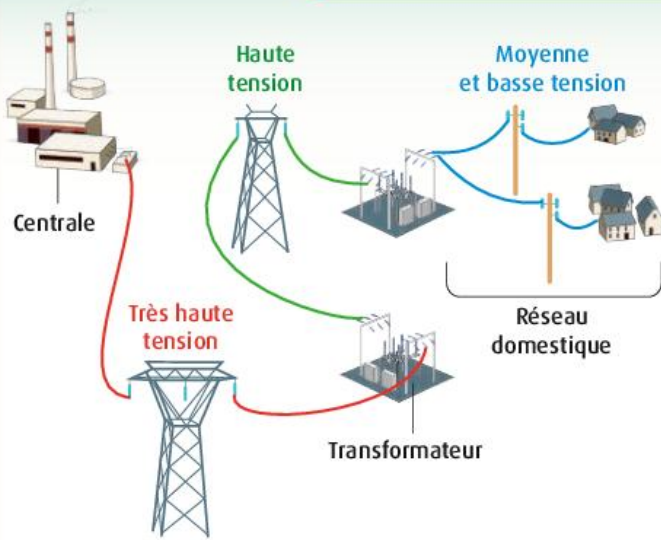
- La première loi d'Ohm qui relie résistance d'un conducteur ohmique à sa résistivité

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$
- La seconde loi d'Ohm qui relie la tension aux bornes d'un conducteur ohmique au courant qui le traverse

$$U = R \cdot I$$



La haute tension pour minimiser les pertes



Résistance en ligne



résistivité en $\Omega \cdot m$

$$R_l = \rho \times \frac{L}{S}$$

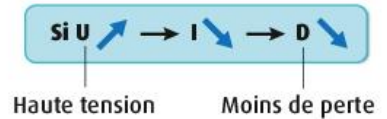
résistance en Ω

Perte par effet Joule

$$D = R \times I^2$$

Dissipation

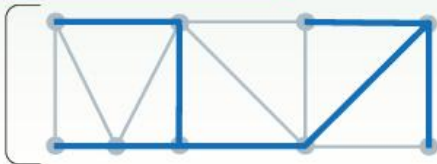
À puissance P constante ($P = U \times I$)



Optimiser le réseau de distribution

1 Construire un réseau optimal

Modélisation mathématique : graphe



Réseau optimal

Résistance minimale

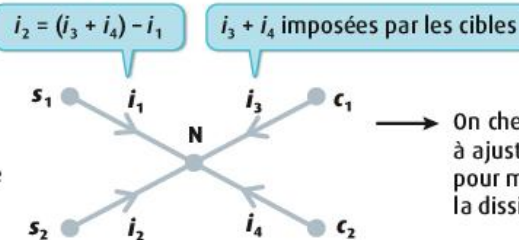
Coût minimal

2 Minimiser les pertes

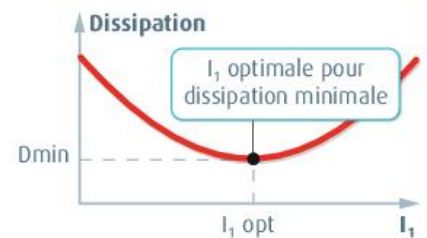
S = source (centrale)

N = nœud intermédiaire

C = cible (utilisateur)



On cherche à ajuster i_1 pour minimiser la dissipation



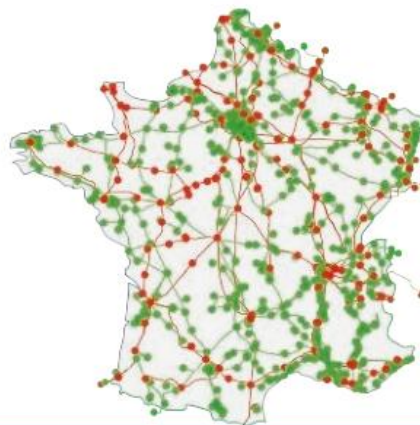
3 Redondance du réseau

Deux nœuds sont reliés par plusieurs arcs

Maillage

Redondance du réseau

Résilience en cas de problème sur une ligne



- 400 kV (Très haute tension)
- 225 kV (Haute tension)