

Conversion et transport de l'énergie électrique

Une même ligne peut transporter cent mégawatts sans difficulté, ou se révéler totalement incapable de le faire. Rien n'a changé dans le câble : seule la **tension** diffère. Comprendre pourquoi, c'est comprendre pourquoi le paysage est traversé de pylônes à très haute tension plutôt que de gros câbles.

1 Le rendement d'une conversion

DÉFINITION

Le **rendement** d'une conversion est le rapport entre l'énergie **utile** obtenue et l'énergie **fournie**. Il est toujours inférieur à 1, et cette limite n'est pas un défaut de fabrication : une machine thermique ne peut pas convertir toute la chaleur reçue en travail. L'énergie manquante n'est pas détruite — elle est évacuée sous forme de chaleur, inutilisable à ce niveau de température.

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}}$$

2 Pourquoi la haute tension

PROPRIÉTÉ

Une ligne possède une **résistance**, et le passage du courant l'échauffe : c'est l'**effet Joule**. La puissance perdue vaut la résistance multipliée par le **carré** de l'**intensité**. Or pour une puissance donnée, l'intensité est le quotient de cette puissance par la **tension** : élever la tension divise l'intensité d'autant, et les pertes du carré de ce facteur.

$$P_{\text{perdue}} = R \times I^2 \quad \text{avec} \quad I = P \div U$$

RÈGLE

Les **pertes** en ligne valent la **résistance** fois le **carré** de l'**intensité** : c'est l'intensité qu'il faut réduire, donc la **tension** qu'il faut élever. Diviser l'intensité par dix divise les pertes par cent — le carré fait tout le travail.

$$I \div 10 \Rightarrow P_{\text{perdue}} \div 100$$

DÉFINITION

Le **transformateur** est ce qui rend la haute tension praticable. Il élève la **tension** à la sortie de la centrale et l'abaisse à l'approche des usages, en conservant approximativement la puissance : le rapport des tensions est celui des nombres de spires. Il ne fonctionne qu'en courant **alternatif** — c'est l'une des raisons historiques pour lesquelles le réseau l'est.

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Calculer les pertes en ligne à partir de la puissance transportée plutôt qu'à partir de l'intensité. — La puissance transportée ne dit rien à elle seule des pertes : la même puissance peut passer sous une intensité forte ou faible selon la **tension** choisie. Comme les pertes dépendent du **carré** de l'intensité, tout se joue là. Sauter l'étape de l'intensité, c'est manquer le seul raisonnement que l'exercice demande.

Le réflexe : Toujours calculer l'**intensité** d'abord, en divisant la puissance par la tension.

3 Stocker

PROPRIÉTÉ

Le **stockage** de l'électricité passe toujours par une autre forme d'énergie, donc par deux conversions : une station de pompage remonte de l'eau dans un bassin haut puis la turbine ; une batterie passe par la chimie. Chaque aller-retour a son **rendement**, inférieur à 1. Stocker coûte donc une part de ce qu'on stocke, et cette part est irréductible.

TRAITER UN CALCUL DE RENDEMENT OU DE PERTES

- ① Écrire chaque grandeur avec son **unité**, et vérifier l'homogénéité.
- ② Calculer l'**intensité** avant toute chose, en divisant la puissance par la tension.
- ③ Élever l'intensité au **carré**, puis multiplier par la résistance.
Diviser l'intensité par dix divise les pertes par cent : le carré fait tout.
- ④ Rapporter les pertes à la puissance transportée pour juger de la **plausibilité**.
- ⑤ Conclure par une phrase, jamais par un nombre seul.

À VÉRIFIER

- Ai-je calculé l'**intensité** avant les **pertes** ?
- Ai-je bien élevé l'intensité au **carré** ?
- Ai-je rapporté les pertes à la puissance transportée ?
- Ai-je dit pourquoi le **rendement** est inférieur à 1 ?
- Ai-je expliqué le rôle du **transformateur** ?
- Ai-je rappelé que **stocker** coûte une part de ce qu'on stocke ?

À RETENIR

- **Rendement** = utile ÷ fourni, toujours inférieur à 1.
- L'énergie manquante part en chaleur, elle n'est pas détruite.
- **Effet Joule** : pertes = $R \times I^2$, le **carré** de l'intensité.
- $I = P \div U$: calculer l'intensité **avant** les pertes.
- Élever la **tension** divise l'intensité, et les pertes au carré.
- Intensité ÷ 10 → pertes ÷ 100.
- Le **transformateur** élève puis abaisse la tension ; il exige l'alternatif.
- **Stocker** = deux conversions, donc un coût irréductible.