

Transporter l'énergie sous forme électrique

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Électricité | Transport et distribution de l'énergie

Objectifs du chapitre

- Décrire le schéma simplifié du réseau de distribution d'énergie électrique
- Justifier l'intérêt du transport de l'énergie sous haute tension
- Connaître le rôle d'un transformateur (élévateur ou abaisseur de tension)
- Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans les lignes de transport
- Comprendre pourquoi les pertes en ligne diminuent quand la tension augmente

Situation professionnelle

Mehdi, technicien chauffagiste en stage chez *ÉnergiePlus*, accompagne son tuteur sur un chantier de raccordement d'une pompe à chaleur (PAC) géothermique dans un lotissement neuf. En arrivant sur le site, il observe un poste de transformation Enedis au bout de la rue.

Son tuteur lui explique que l'électricité qui arrive à la maison a parcouru des centaines de kilomètres depuis la centrale. Mehdi se demande :

1. Pourquoi transporte-t-on l'électricité en haute tension (225 000 V ou 400 000 V) alors que les appareils fonctionnent en 230 V ?
2. Que se passe-t-il dans le transformateur du quartier ?
3. Pourquoi les câbles chauffent-ils et est-ce un problème ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

1. Le réseau de distribution d'énergie électrique

1.1 De la centrale à la prise

L'énergie électrique est produite dans des **centrales** (nucléaires, hydrauliques, éoliennes, solaires, thermiques) puis transportée jusqu'aux utilisateurs. Le réseau comporte plusieurs étapes :

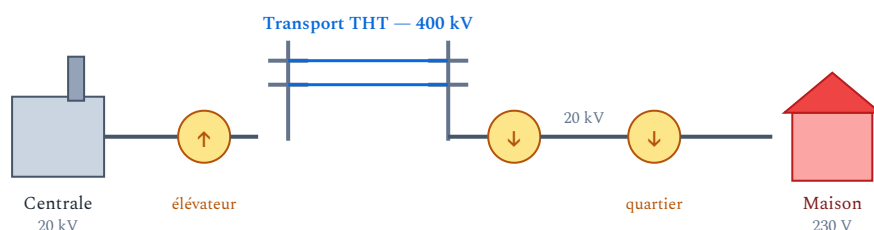
DÉFINITION Le **réseau de distribution d'énergie électrique** est l'ensemble des lignes et postes de transformation qui relient les centrales de production aux consommateurs. Il se décompose en :

- **Transport** (très haute tension : 225 kV et 400 kV) : grandes distances
- **Répartition** (haute tension : 63 kV et 90 kV) : alimentation des régions
- **Distribution** (moyenne tension : 20 kV) : alimentation des quartiers
- **Livraison** (basse tension : 230 V / 400 V) : alimentation des habitations et petits locaux professionnels

1.2 Schéma simplifié du réseau

Le schéma du réseau peut être résumé ainsi :

Centrale (10-20 kV) → *Transformateur élévateur* → Transport THT (225-400 kV) → *Transformateur abaisseur* → Répartition HT (63-90 kV) → *Transformateur abaisseur* → Distribution MT (20 kV) → *Transformateur abaisseur* → Livraison BT (230/400 V) → Utilisateur



La tension est élevée pour le transport (400 kV), puis abaissée par étapes jusqu'à 230 V chez l'utilisateur.

ATTENTION La tension est élevée en sortie de centrale pour le transport, puis abaissée par étapes jusqu'à l'utilisateur. Chaque changement de tension est réalisé par un transformateur.

APPLICATION

Un installateur thermique relève sur un site industriel les niveaux de tension suivants : 400 kV (transport THT), 20 kV (distribution MT), 400 V (livraison BT). À quel niveau de tension la PAC de 3 000 W sera-t-elle raccordée ? Justifier.

2. L'effet Joule et les pertes en ligne

2.1 Qu'est-ce que l'effet Joule ?

DÉFINITION L'effet Joule est l'échauffement d'un conducteur lorsqu'il est traversé par un courant électrique. L'énergie électrique est partiellement convertie en énergie thermique (chaleur).



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

l'énergie électrique « perdue » devient de la chaleur

Tout conducteur parcouru par un courant s'échauffe : c'est l'effet Joule. La puissance perdue en chaleur vaut $P_J = R \times I^2$.

Tout conducteur possède une résistance R (en ohms, Ω). Lorsqu'un courant I le traverse, une puissance est dissipée sous forme de chaleur :

PROPRIÉTÉ La puissance dissipée par effet Joule dans un conducteur de résistance R traversé par un courant d'intensité I est :

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

avec : P_J en watts (W), R en ohms (Ω), I en ampères (A)

Exemple 1 : Un câble d'alimentation a une résistance totale de $0,5 \Omega$. Il est traversé par un courant de 20 A. Calculer la puissance dissipée par effet Joule.

$$P_J = R \times I^2 = 0,5 \times 20^2 = 0,5 \times 400 = 200 \text{ W}$$

Le câble dissipe 200 W sous forme de chaleur : c'est de l'énergie perdue.

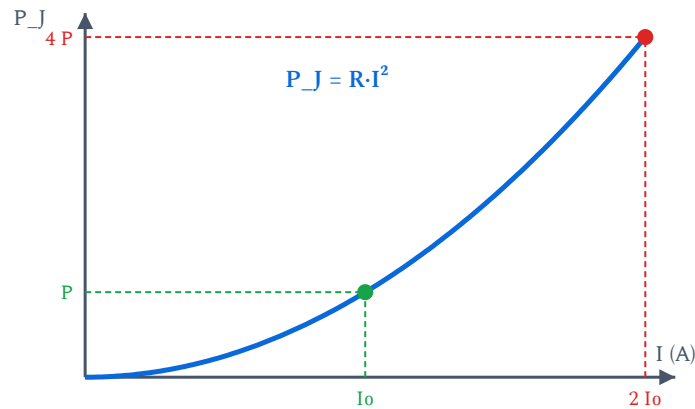
2.2 Les pertes en ligne

DÉFINITION Les **pertes en ligne** (ou pertes Joule) sont l'énergie dissipée sous forme de chaleur dans les câbles du réseau de transport et de distribution. Elles représentent environ 2 à 3 % de l'énergie totale transportée en France.

L'énergie perdue par effet Joule pendant une durée t est :

$$E_J = P_J \times t = R \times I^2 \times t$$

ATTENTION La formule $P_J = R \times I^2$ montre que les pertes dépendent du **carré** de l'intensité. Si le courant double, les pertes sont multipliées par 4. C'est un point essentiel pour comprendre l'intérêt du transport en haute tension.



Les pertes croissent comme le carré de l'intensité : doubler le courant ($I_0 \rightarrow 2I_0$) multiplie les pertes par 4. D'où l'intérêt de transporter à courant faible (haute tension).

APPLICATION

Un câble d'alimentation d'une chaudière a une résistance de $0,8 \Omega$. Le courant qui le traverse est de 10 A . Calculer la puissance dissipée par effet Joule. Que se passe-t-il si le courant passe à 20 A ?

3. Pourquoi transporter en haute tension ?

3.1 Raisonnement à puissance constante

La puissance transportée est $P = U \times I$. Pour transporter une même puissance P , on peut :

- Utiliser une **faible tension** avec un **fort courant** : $I = \frac{P}{U}$ est grand
- Utiliser une **haute tension** avec un **faible courant** : $I = \frac{P}{U}$ est petit

PROPRIÉTÉ À puissance transportée égale, **plus la tension est élevée, plus le courant est faible**, et donc **plus les pertes Joule sont réduites**.

Exemple 2 : On doit transporter une puissance de 10 MW sur une ligne de résistance $R = 5 \Omega$. Comparons deux cas :

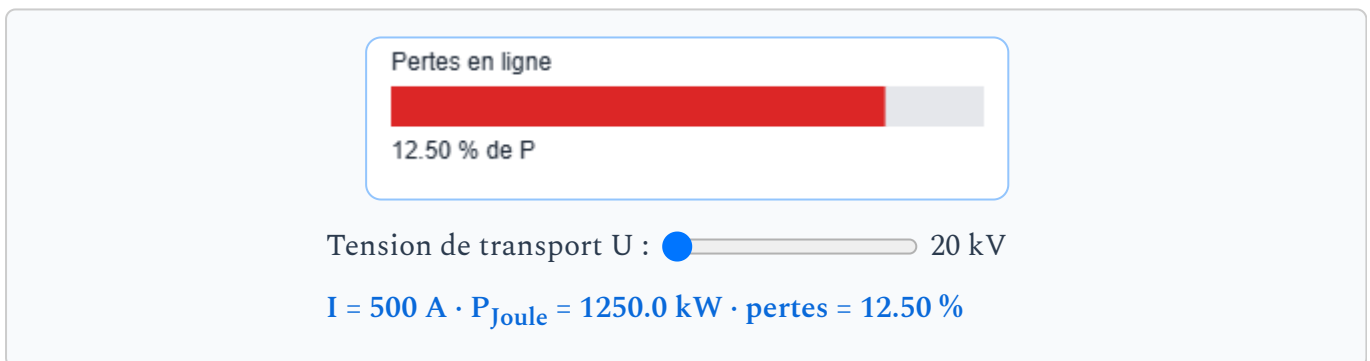
	Basse tension (20 kV)	Haute tension (400 kV)
$I = \frac{P}{U}$	$\frac{10\,000\,000}{20\,000} = 500 \text{ A}$	$\frac{10\,000\,000}{400\,000} = 25 \text{ A}$
$P_J = R \times I^2$	$5 \times 500^2 = 1\,250\,000 \text{ W}$	$5 \times 25^2 = 3\,125 \text{ W}$
Pertes (% de P)	$\frac{1\,250\,000}{10\,000\,000} = 12,5 \%$	$\frac{3\,125}{10\,000\,000} = 0,03 \%$

Conclusion

En multipliant la tension par 20 (de 20 kV à 400 kV), le courant est divisé par 20 et les pertes Joule sont divisées par $20^2 = 400$. C'est pourquoi on transporte l'électricité en **très haute tension**.

3.2 Animation — la haute tension réduit les pertes

Pour une même puissance transportée ($P = 10 \text{ MW}$, ligne $R = 5 \Omega$), augmente la tension et observe la chute des pertes Joule.



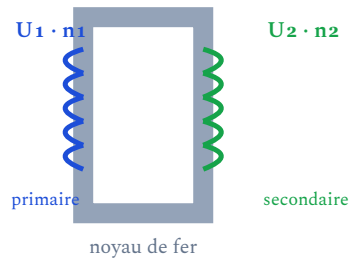
4. Le transformateur

4.1 Rôle du transformateur

DÉFINITION Un **transformateur** est un appareil électrique qui permet de modifier la valeur d'une tension alternative. Il est constitué de deux bobinages (primaire et secondaire) enroulés autour d'un noyau de fer.

Il existe deux types de transformateurs :

- **Transformateur élévateur** : la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée. Utilisé en sortie de centrale pour augmenter la tension de transport.
- **Transformateur abaisseur** : la tension de sortie est inférieure à la tension d'entrée. Utilisé dans les postes de transformation pour réduire la tension jusqu'à 230 V.



Deux bobinages autour d'un noyau de fer : selon le nombre de spires, le transformateur élève ($U_2 > U_1$) ou abaisse ($U_2 < U_1$) la tension.

4.2 Rapport de transformation (pour aller plus loin)

Hors programme — pour aller plus loin Le programme demande seulement de connaître le **rôle qualitatif** du transformateur (élévateur ou abaisseur). L'étude quantitative des paragraphes 4.2 et 4.3 est proposée en complément : les formules seront toujours fournies en évaluation.

PROPRIÉTÉ Le rapport de transformation m est le rapport entre la tension de sortie U_2 et la tension d'entrée U_1 :

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

avec : n_1 = nombre de spires au primaire, n_2 = nombre de spires au secondaire

Si $m > 1$: transformateur **élévateur**. Si $m < 1$: transformateur **abaisseur**.

4.3 Conservation de la puissance (transformateur idéal — pour aller plus loin)

PROPRIÉTÉ Pour un transformateur idéal (sans pertes), la puissance est conservée :

$$P_1 = P_2 \implies U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$$

Si la tension augmente, le courant diminue proportionnellement (et inversement).

Exemple 3 : Un transformateur élévateur reçoit une tension de 20 kV et la porte à 400 kV. Le courant au primaire est de 500 A. Calculer le courant au secondaire.

$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$$

$$I_2 = \frac{U_1 \times I_1}{U_2} = \frac{20\,000 \times 500}{400\,000} = 25 \text{ A}$$

La tension a été multipliée par 20, le courant a bien été divisé par 20.

Exemple 4 — Contexte professionnel : Un installateur thermique raccorde un système de ventilation dans un bâtiment industriel. Le poste de transformation du site abaisse la tension de 20 000 V à 400 V.

$$\text{Le rapport de transformation est : } m = \frac{400}{20\,000} = 0,02$$

Comme $m < 1$, c'est bien un transformateur **abaisseur**.

APPLICATION

Un transformateur alimentant un immeuble reçoit une tension de 20 000 V au primaire et délivre 230 V au secondaire. Calculer le rapport de transformation et préciser s'il s'agit d'un transformateur élévateur ou abaisseur. Si le courant au secondaire est de 40 A, quel est le courant au primaire ?

5. Applications professionnelles

5.1 Câbles de raccordement et échauffement

En installation thermique, le choix de la **section de câble** est essentiel. Un câble de section trop faible a une résistance élevée, ce qui provoque :

- Des **pertes Joule** importantes (gaspillage d'énergie)
- Un **échauffement** du câble (risque d'incendie)
- Une **chute de tension** (l'appareil ne reçoit pas la tension nominale)

Exemple 5 : Un technicien CVC raccorde une PAC de 3 000 W sous 230 V avec un câble de 20 m (aller-retour 40 m) de section 2,5 mm². La résistivité du cuivre est $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

$$\text{Résistance du câble : } R = \rho \times \frac{L}{S} = 1,7 \times 10^{-8} \times \frac{40}{2,5 \times 10^{-6}} = 0,27 \Omega$$

$$\text{Courant : } I = \frac{P}{U} = \frac{3\,000}{230} \approx 13 \text{ A}$$

$$\text{Pertes Joule : } P_J = R \times I^2 = 0,27 \times 13^2 = 0,27 \times 169 \approx 45,6 \text{ W}$$

5.2 Impact environnemental

Les pertes en ligne du réseau français représentent environ 11 TWh par an (environ 2,5 % de la production). Réduire ces pertes contribue à :

- Diminuer la production d'énergie nécessaire
- Réduire les émissions de CO₂ associées
- Limiter les coûts pour le consommateur

À retenir

- L'énergie électrique est transportée de la centrale à l'utilisateur via un réseau à plusieurs niveaux de tension.
- L'**effet Joule** $P_J = R \times I^2$ provoque des pertes de chaleur dans les câbles (*formule fournie en évaluation*).
- Les pertes dépendent du **carré du courant** : si I double, les pertes quadruplent.
- On transporte en **haute tension** pour réduire le courant et donc les pertes.
- Les **transformateurs** élèvent la tension en sortie de centrale et l'abaissent avant distribution.
- Pour un transformateur idéal : $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$ (*complément : formule fournie en évaluation*).

6. Erreurs fréquentes

ERREUR

1

Confondre

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

et

$$P = U \times I$$

La formule $P = U \times I$ donne la puissance fournie à un appareil (ou la puissance totale transportée). La formule $P_J = R \times I^2$ donne la puissance *perdue* sous forme de chaleur dans un conducteur. Ces deux formules s'utilisent dans des contextes différents.

ERREUR

2

Penser que

doubler la

tension double

les pertes Joule

C'est l'inverse : doubler la tension permet de réduire le courant de moitié (à puissance transportée constante), et comme les pertes dépendent de I^2 , elles sont divisées par 4. La haute tension *réduit* les pertes.

ERREUR

3

Inverser U_1 et

U_2 dans le

rapport de

transformation

Par convention, $m = \frac{U_2}{U_1}$ avec U_1 la tension au primaire (entrée) et U_2 la tension au secondaire (sortie). Si $m > 1$:

transformateur élévateur ; si $m < 1$: abaisseur. Ne pas confondre primaire et secondaire.

ERREUR
4

Croire que le transformateur fonctionne en courant continu

Un transformateur classique ne fonctionne qu'en **courant alternatif**. Il exploite les variations du champ magnétique créé par le courant alternatif. En courant continu (continu parfait), il n'y a pas de variation et donc pas de transfert d'énergie entre primaire et secondaire.

Première Bac Pro ICCER – Groupement 1 | Physique-Chimie – Chapitre 2 | maths-sciences-pro.fr

Simulations interactives

[Transformateur et transport d'énergie](#)

[Effet Joule](#)

Transporter l'énergie sous forme électrique

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Effet Joule, pertes en ligne, transformateur

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)[Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

- **Pertes Joule** : $P_J = R \times I^2$ (en W)
- **Énergie dissipée** : $E_J = R \times I^2 \times t$
- **Transport** : à puissance P constante, $I = \frac{P}{U}$. Plus U est grand, plus I est petit, moins il y a de pertes.
- **Transformateur idéal** : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$ et $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Le réseau électrique

SOCLE

Compléter le schéma du réseau avec les mots : *élévateur, abaisseur, 400 kV, 20 kV, 230 V, centrale, utilisateur.*

..... → Transformateur → Transport → Transformateur
..... → Distribution → Transformateur → (.....)

Mes calculs :

EXERCICE 2 Vrai ou Faux

SOCLE

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse. Corriger les affirmations fausses.

1. L'effet Joule est la production de chaleur par un conducteur traversé par un courant.
2. Les pertes en ligne sont proportionnelles au courant.
3. On transporte l'électricité en haute tension pour réduire les pertes.
4. Un transformateur abaisseur augmente la tension.
5. Dans un transformateur idéal, la puissance est conservée.

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 3 Pertes Joule dans un câble : calcul guidé

Un câble électrique de résistance $R = 2 \Omega$ est traversé par un courant $I = 10 \text{ A}$.

1. Quelle est la formule de la puissance dissipée par effet Joule ?

2. Compléter le calcul :

$$P_J = R \times I^2 = \dots \times \dots^2 = \dots \times \dots = \dots \text{ W}$$

3. Le câble fonctionne pendant 5 heures. Calculer l'énergie dissipée :

$$E_J = P_J \times t = \dots \times \dots = \dots \text{ Wh} = \dots \text{ kWh}$$

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 4 Transformateur : calcul guidé

Un transformateur abaisseur reçoit une tension $U_1 = 20\,000\text{ V}$ et délivre une tension $U_2 = 400\text{ V}$. Le courant au primaire est $I_1 = 5\text{ A}$.

1. Le transformateur est-il élévateur ou abaisseur ? Justifier.
2. Calculer le rapport de transformation :

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

3. En utilisant la conservation de la puissance, compléter :

$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$$

$$I_2 = \frac{U_1 \times I_1}{U_2} = \frac{\dots\dots\dots \times \dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots\text{ A}$$

4. Calculer la puissance transmise :

$$P = U_2 \times I_2 = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots\text{ W} = \dots\dots\dots\text{ kW}$$

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 5 Comparer deux tensions de transport**

On transporte une puissance $P = 100\,000\text{ W}$. La résistance de la ligne est $R = 4\ \Omega$.

Compléter le tableau :

	Tension = 1 000 V	Tension = 10 000 V
$I = \frac{P}{U}$	$\frac{100\,000}{1\,000} = \dots\dots\dots\text{ A}$	$\frac{100\,000}{10\,000} = \dots\dots\dots\text{ A}$
$P_J = R \times I^2$	$4 \times \dots\dots\dots^2 = \dots\dots\dots\text{ W}$	$4 \times \dots\dots\dots^2 = \dots\dots\dots\text{ W}$

Conclusion : en multipliant la tension par, les pertes sont divisées par

Mes calculs :

Exercices d'application

STANDARD

EXERCICE 6 Raccordement d'une PAC

Un technicien chauffagiste raccorde une pompe à chaleur de 4 500 W sous 230 V. Le câble mesure 25 m (aller-retour : 50 m) et a une résistance de $0,35 \Omega$.

1. Calculer l'intensité du courant dans le câble.
2. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le câble.
3. Exprimer cette perte en pourcentage de la puissance transportée.
4. Calculer l'énergie perdue en un mois (30 jours) si la PAC fonctionne 8 h par jour.
Donner le résultat en kWh.
5. Calculer le coût annuel de ces pertes au tarif de $0,22 \text{ €/kWh}$ (365 jours).

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 7 Poste de transformation d'un lotissement

Le poste de transformation d'un lotissement reçoit une tension de 20 000 V et délivre 230 V. Il alimente 30 maisons qui consomment en moyenne 5 kW chacune.

1. Calculer la puissance totale appelée par le lotissement.
2. Calculer le courant au secondaire (côté 230 V).
3. Calculer le courant au primaire (côté 20 kV).
4. Calculer le rapport de transformation. Est-il élévateur ou abaisseur ?
5. Le primaire est alimenté par un câble de résistance $1,2 \Omega$. Calculer les pertes Joule dans ce câble.

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 8 Section de câble et échauffement

Un installateur thermique doit choisir la section d'un câble en cuivre de 30 m (aller-retour 60 m) pour alimenter un système de climatisation de 3 500 W sous 230 V. La résistivité du cuivre est $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Il hésite entre deux sections :

- Câble de $2,5 \text{ mm}^2$ ($S = 2,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$)
- Câble de 4 mm^2 ($S = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$)

1. Calculer la résistance de chaque câble avec $R = \rho \times \frac{L}{S}$.
2. Calculer l'intensité du courant.
3. Calculer les pertes Joule pour chaque câble.
4. Quel câble conseillez-vous ? Justifier.

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 9 Alimentation d'un site isolé

Un technicien en énergies renouvelables doit alimenter un refuge de montagne situé à 2 km d'un poste de transformation. Le refuge consomme une puissance maximale de 8 kW. Le câble en cuivre a une section de 16 mm^2 et une résistivité de $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Deux options sont envisagées :

- **Option A** : Transport en basse tension 230 V
 - **Option B** : Transport en 20 kV avec un transformateur abaisseur au refuge
1. Calculer la résistance totale du câble (aller-retour = 4 km).
 2. Pour l'option A, calculer le courant, les pertes Joule et le pourcentage de pertes.
 3. Pour l'option B, calculer le courant, les pertes Joule et le pourcentage de pertes.
 4. Comparer les deux options. Laquelle est viable ? Justifier.
 5. Si le refuge fonctionne en moyenne 12 h/jour pendant 200 jours par an, calculer le coût annuel des pertes pour chaque option (tarif 0,22 €/kWh).

Mes calculs :

EXERCICE 10 Problème ouvert : choix d'un transformateur (type BTS) **HP**

Hors-programme (HP) — poursuite d'études. Le programme de Première Bac Pro (BO 2020) ne couvre que les pertes par effet Joule, l'intérêt de la haute tension et le rôle du transformateur. Les notions de *puissance apparente en kVA*, de *coefficient de simultanéité* et de *courant en triphasé* ($I = \frac{P}{\sqrt{3}U}$) relèvent de la poursuite d'études (BTS) et ne sont pas exigibles à l'examen.

Une entreprise d'installation thermique doit équiper un bâtiment neuf. Les besoins sont :

- Chauffage PAC : 12 kW
- Ventilation : 3 kW
- Éclairage et prises : 8 kW
- Chauffe-eau solaire (appoint électrique) : 2 kW

Le bâtiment est raccordé au réseau 20 kV. Un poste de transformation dédié doit être installé.

1. Calculer la puissance totale nécessaire.
2. Le coefficient de simultanéité est de 0,7 (tous les appareils ne fonctionnent pas en même temps). Calculer la puissance appelée.
3. Déterminer la puissance normalisée du transformateur à installer (les puissances normalisées sont : 25 kVA, 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA).
4. Calculer le courant au primaire et au secondaire du transformateur choisi.
5. Le câble entre le réseau et le transformateur mesure 150 m (aller-retour 300 m) en cuivre de section 10 mm^2 . Calculer les pertes Joule. Conclure.

Mes calculs :

Transporter l'énergie sous forme électrique

Devoir surveillé | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Effet Joule, pertes en ligne, transformateur

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

CONSIGNES Durée : 1 heure. Calculatrice autorisée. Pour chaque calcul : écrire la formule, remplacer par les valeurs, calculer et indiquer l'unité.

SOCLE Exercice 1 – Effet Joule dans un câble (6 points)

Un câble de résistance $R = 0,8 \Omega$ est traversé par un courant de 15 A pendant 3 heures.

1. Compléter avec les mots : *chaleur, résistance, courant, effet Joule*.

Lorsqu'un traverse un conducteur qui possède une, le conducteur s'échauffe. Ce phénomène s'appelle l'..... : l'énergie électrique est transformée en

2. Compléter le calcul de la puissance dissipée :

$$P_J = R \times I^2 = \dots \times \dots^2 = \dots \times \dots = \dots \text{ W}$$

3. Calculer l'énergie dissipée en 3 heures :

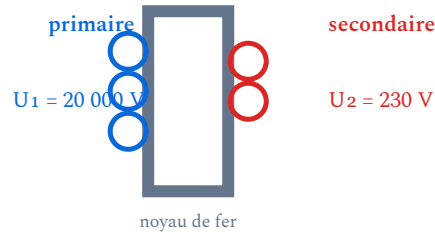
$$E_J = P_J \times t = \dots \times \dots = \dots \text{ Wh} = \dots \text{ kWh}$$

4. Cette énergie perdue est-elle utile ? Pourquoi ?

SOCLE Exercice 2 – Transformateur : lecture guidée (4 points)

Un transformateur a les caractéristiques suivantes :

- Tension au primaire : $U_1 = 20\,000\text{ V}$
- Tension au secondaire : $U_2 = 230\text{ V}$



1. Ce transformateur est-il élévateur ou abaisseur ? Entourer la bonne réponse et justifier.

2. Calculer le rapport de transformation : $m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$

3. Le courant au primaire est $I_1 = 3\text{ A}$. Calculer la puissance au primaire :

$$P_1 = U_1 \times I_1 = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ W}$$

4. En admettant que le transformateur est idéal ($P_1 = P_2$), calculer le courant au secondaire :

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \text{ A}$$

SOCLE Exercice 3 – Réseau électrique (4 points)

Relier chaque élément du réseau à sa tension :

Élément	Tension
Transport longue distance	230 V
Distribution dans les quartiers	400 kV
Alimentation d'une maison	20 kV

Expliquer en une phrase pourquoi on utilise la haute tension pour le transport.

STANDARD Exercice 1 – Alimentation d'un atelier (7 points)

Un plombier chauffagiste possède un atelier alimenté par un câble de 40 m (aller-retour 80 m) en cuivre de section 6 mm^2 . La résistivité du cuivre est $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

L'atelier consomme une puissance de 6 000 W sous 230 V.

1. Calculer la résistance du câble. (1,5 pt)
2. Calculer l'intensité du courant. (1 pt)
3. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le câble. (1,5 pt)
4. Exprimer les pertes en pourcentage de la puissance totale. (1 pt)
5. L'atelier fonctionne 8 h par jour, 250 jours par an. Calculer le coût annuel des pertes au tarif de 0,22 €/kWh. (2 pts)

STANDARD Exercice 2 – Transformateur d'un bâtiment industriel (7 points)

Un bâtiment industriel est équipé d'un poste de transformation qui reçoit 20 000 V et délivre 400 V. Le bâtiment comporte :

- 3 pompes à chaleur de 5 kW chacune
- Un système de ventilation de 4 kW
- Éclairage et prises : 6 kW

1. Calculer la puissance totale demandée. (1 pt)
2. Calculer le courant au secondaire (côté 400 V). (1,5 pt)
3. Calculer le courant au primaire (côté 20 kV) pour un transformateur idéal. (1,5 pt)
4. Si le courant était transporté en 400 V depuis le réseau (sans transformateur) sur un câble de résistance 2Ω , calculer les pertes Joule. (1,5 pt)
5. Comparer avec les pertes en 20 kV sur le même câble. Conclure. (1,5 pt)

APPROFONDISSEMENT Exercice 1 – Étude complète d'un réseau local (14 points)

Un technicien de maintenance énergétique étudie l'alimentation électrique d'un petit centre commercial composé de 5 boutiques. Le poste de transformation reçoit 20 kV du réseau et délivre 230 V.

Partie A – Le transformateur (4 points)

Le transformateur a 4 000 spires au primaire et 46 spires au secondaire.

1. Calculer le rapport de transformation. Vérifier qu'il correspond bien au rapport des tensions. (1 pt)
2. La puissance totale appelée est de 45 kW. Calculer les courants au primaire et au secondaire. (2 pts)
3. En réalité, le transformateur a un rendement de 97%. Calculer la puissance perdue dans le transformateur. (1 pt)

Partie B – Les pertes en ligne (5 points)

Le câble entre le réseau 20 kV et le transformateur mesure 500 m (aller-retour 1 km) en aluminium de section 50 mm^2 . La résistivité de l'aluminium est $\rho = 2,8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

4. Calculer la résistance du câble. (1,5 pt)
5. Calculer les pertes Joule dans ce câble. (1,5 pt)
6. Calculer l'énergie perdue en un an (fonctionnement 12 h/jour, 310 jours/an) et son coût au tarif de 0,19 €/kWh. (2 pts)

Partie C – Réflexion (5 points)

7. Si le centre commercial était alimenté directement en 230 V (sans transformateur), calculer le courant et les pertes Joule dans le même câble. (2 pts)
8. Comparer les pertes des deux situations. Calculer le facteur de réduction. (1,5 pt)
9. Proposer deux mesures pour réduire encore les pertes en ligne (hors changement de tension). (1,5 pt)

