

Transporter l'énergie sous forme électrique

Terminale Bac Pro ERA-MA | Groupement 3 | Physique – Électricité

Objectifs du chapitre

- Schématiser un réseau de distribution d'énergie électrique
- Justifier l'intérêt du transport à grande distance sous haute tension
- Mettre en évidence le rôle d'un transformateur (élevateur / abaisseur)

1. Introduction - L'électricité sur le chantier

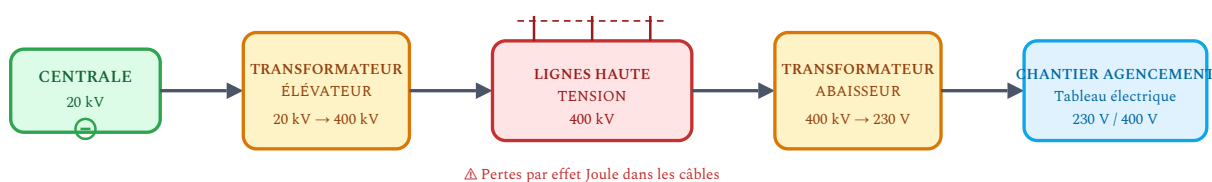
CONTEXTE PROFESSIONNEL

Sur un chantier de construction, de menuiserie ou de métallerie, vous utilisez chaque jour des machines électriques : scie circulaire, perceuse, compresseur, poste à souder... Toute cette énergie vient de loin ! Elle est produite dans des centrales, transportée sur des centaines de kilomètres, puis distribuée jusqu'au tableau électrique du chantier. Comment éviter de perdre de l'énergie en route ? C'est tout l'enjeu de ce chapitre.

En France, l'énergie électrique est produite dans des centrales (nucléaires, hydrauliques, éoliennes...). Elle doit ensuite être transportée jusqu'aux consommateurs. Sur ce trajet, les câbles électriques opposent une **résistance** au passage du courant, et une partie de l'énergie est perdue sous forme de chaleur : c'est l'**effet Joule**.

Pour limiter ces pertes, le réseau électrique utilise la **haute tension**. Les transformateurs jouent un rôle clé pour adapter la tension à chaque étape.

2. Le réseau électrique - De la centrale au consommateur



Le réseau électrique français suit ce parcours :

1. **Centrale** : production à environ 20 kV
2. **Transformateur élévateur** : monte la tension à 400 kV (THT)
3. **Lignes haute tension** : transport sur de longues distances
4. **Transformateurs abaisseurs successifs** : 400 kV → 225 kV → 90 kV → 20 kV → 230 V
5. **Consommateur** : maison, chantier, usine (230 V ou 400 V)

3. Notions essentielles

DÉFINITION - LOI D'OHM

La tension aux bornes d'un conducteur est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse :

$$U = R \times I$$

U en volts (V), R en ohms (Ω), I en ampères (A)

DÉFINITION - PUISSANCE ÉLECTRIQUE

La puissance électrique consommée ou transportée est :

$$P = U \times I$$

P en watts (W), U en volts (V), I en ampères (A)

DÉFINITION - PERTES PAR EFFET JOULE

Lorsque le courant circule dans un câble de résistance R, une puissance est dissipée sous forme de chaleur :

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

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

Ces pertes chauffent les câbles et constituent une perte d'énergie inutile.

APPLICATION

Un câble de résistance $R = 0,5 \Omega$ est parcouru par un courant $I = 20 \text{ A}$. Calculer les pertes par effet Joule.

PROPRIÉTÉ - POURQUOI TRANSPORTER EN HAUTE TENSION ?

Pour une puissance P transportée constante :

$$P = U \times I \Rightarrow I = \frac{P}{U}$$

Si on **augmente** U , alors **I diminue**.

Comme $P_J = R \times I^2$, les pertes sont proportionnelles à **I^2** .

Multiplier la tension par k divise les pertes par k^2 .

Exemple : si $U \times 10 \rightarrow P_J \div 100$!

APPLICATION

Une ligne électrique transporte $P = 5$ MW. On double la tension de transport (de U à $2U$). Par combien les pertes Joule sont-elles divisées ?

$$P_J = R \times I^2 = R \times \left(\frac{P}{U} \right)^2 = \frac{R \times P^2}{U^2}$$

Plus la tension est élevée, plus les pertes sont faibles.

MÉTHODE

Calculer les pertes par effet Joule dans un câble

1. Repérer les données : puissance transportée P (en W), tension de transport U (en V), résistance du câble R (en Ω).
2. Calculer l'intensité du courant : $I = \frac{P}{U}$
3. Calculer les pertes Joule : $P_J = R \times I^2$
4. Calculer le pourcentage de pertes : $\% \text{pertes} = \frac{P_J}{P} \times 100$
5. Conclure : comparer les pertes à la puissance transportée et commenter l'intérêt de la haute tension.

4. Exemples numériques expliqués

EXEMPLE 1 - CALCUL DES PERTES JOULE

Situation : Une ligne électrique de résistance $R = 10 \, \Omega$ transporte une puissance $P = 10$ MW sous une tension $U = 50\,000$ V (50 kV).

Étape 1 : Calculer l'intensité du courant.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{10\,000\,000}{50\,000} = 200 \, \text{A}$$

Étape 2 : Calculer les pertes par effet Joule.

$$P_J = R \times I^2 = 10 \times 200^2 = 10 \times 40\,000 = 400\,000 \, \text{W} = 400 \, \text{kW}$$

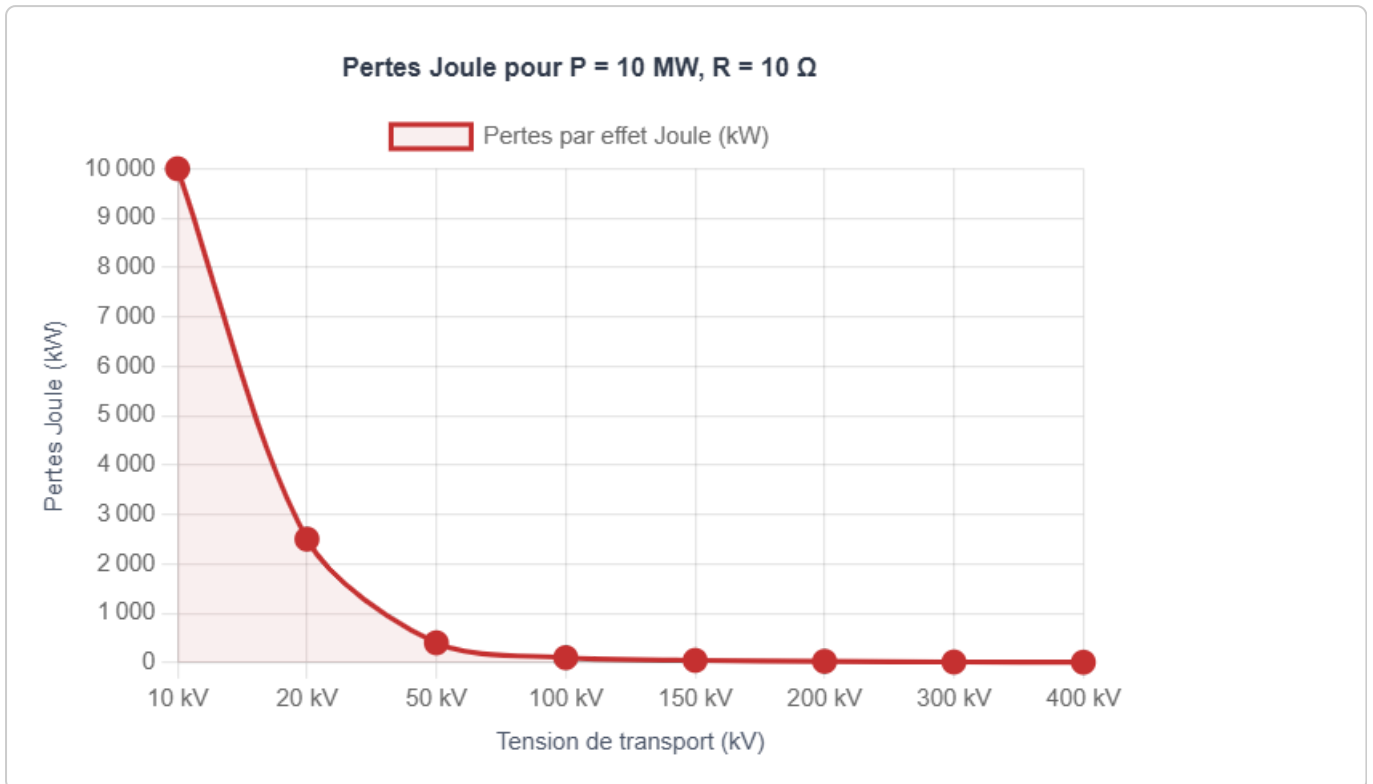
Conclusion : 400 kW sont perdus sous forme de chaleur, soit 4 % de la puissance transportée.

EXEMPLE 2 - COMPARAISON À 10 KV ET 100 KV

Tension U	Intensité $I = P/U$	Pertes $P_J = R \times I^2$	% des pertes
10 kV	1 000 A	10 000 kW = 10 MW	100 % (désastreux !)
50 kV	200 A	400 kW	4 %
100 kV	100 A	100 kW	1 %
400 kV	25 A	6,25 kW	0,06 %

Pour $P = 10$ MW, $R = 10 \, \Omega$. On voit clairement que plus la tension est haute, moins les pertes sont importantes.

5. Graphique - Pertes Joule en fonction de la tension de transport



6. Animation - Comparaison des pertes selon la tension

Pour $P = 10 \text{ MW}$ et $R = 10 \Omega$ — chaque barre représente les pertes en kW à différentes tensions.



Cliquez sur "Lancer l'animation" pour voir les barres apparaître.

7. Le transformateur - Principe et formules

Le transformateur est un appareil qui permet de **modifier la tension** d'un circuit alternatif. Il est composé de deux enroulements (bobines) sur un noyau de fer :

- **Enroulement primaire** : côté alimentation (tension U_1 , N_1 spires)
- **Enroulement secondaire** : côté récepteur (tension U_2 , N_2 spires)



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

PRÉCISION PROGRAMME Le programme demande de connaître le **rôle** (abaisseur ou élévateur) du transformateur et de le mettre en évidence expérimentalement. La relation quantitative $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ est un **complément** : en évaluation, elle est toujours **fournie**.

Rapport de transformation : $U_1/U_2 = N_1/N_2$

TYPES DE TRANSFORMATEURS

Transformateur élévateur : $N_2 > N_1 \rightarrow U_2 > U_1$ (augmente la tension pour le transport)

Transformateur abaisseur : $N_2 < N_1 \rightarrow U_2 < U_1$ (diminue la tension pour l'utilisation)

Un transformateur idéal conserve la puissance : $P_1 = P_2$, donc $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$

MÉTHODE

Déterminer le rapport de transformation et la tension secondaire

1. Identifier les données du transformateur : tension primaire U_1 (en V), nombre de spires primaire N_1 et secondaire N_2 .
2. Calculer le rapport de transformation : $k = \frac{N_2}{N_1}$
3. Calculer la tension secondaire : $U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1} = U_1 \times k$
4. Déterminer le type de transformateur : si $N_2 > N_1$ ($k > 1$) → élévateur ; si $N_2 < N_1$ ($k < 1$) → abaisseur.
5. Pour un transformateur idéal, vérifier la conservation de la puissance :
$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$$

APPLICATION

Un transformateur a $N_1 = 500$ spires et $N_2 = 2\,500$ spires. La tension primaire est $U_1 = 230$ V.

- a) Calculer la tension secondaire U_2 .
- b) S'agit-il d'un transformateur élévateur ou abaisseur ?

EXEMPLE 3 - CALCUL DE TENSION SECONDAIRE

Données : $U_1 = 20\,000$ V, $N_1 = 4\,000$ spires, $N_2 = 46$ spires

Calcul :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1}$$

$$U_2 = 20\,000 \times \frac{46}{4000} = 20\,000 \times 0,0115 = 230 \text{ V}$$

Conclusion : Ce transformateur abaisse la tension de 20 kV à 230 V : c'est le transformateur de votre quartier !

8. Application aux métiers du bâtiment et de l'agencement

APPLICATION CHANTIER - Câbles et Tableaux de chantier

Sur un chantier (bâtiment, menuiserie, métallerie) :

- Le **tableau de chantier** reçoit l'alimentation à 230 V (monophasé) ou 400 V (triphasé)
- Les **machines-outils** (scie circulaire, fraiseuse, poste à souder) consomment de fortes intensités → les câbles doivent avoir une **section suffisante** pour limiter leur résistance et donc les pertes Joule
- Un câble trop fin → résistance trop grande → échauffement → risque d'incendie !
- Les câbles d'alimentation de chantier normalisés (H07RN-F) sont adaptés aux conditions extérieures

Machine	Puissance	Intensité (230 V)	Section câble recommandée
Perceuse portable	700 W	~3 A	1,5 mm ²
Scie circulaire	1 800 W	~8 A	2,5 mm ²
Compresseur	2 500 W	~11 A	2,5 mm ²
Poste à souder	5 000 W	~22 A	4 mm ²

9. À retenir

Formules clés du chapitre :

- Loi d'Ohm : $U = R \times I$
- Puissance électrique : $P = U \times I$
- Pertes Joule : $P_J = R \times I^2$
- Rapport de transformation : $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$

À savoir expliquer :

- Transporter à haute tension réduit l'intensité → les pertes Joule diminuent en proportion du carré de la tension.
- Un transformateur élévateur monte la tension (et diminue l'intensité) avant le transport.
- Un transformateur abaisseur réduit la tension pour la distribution aux utilisateurs.

ATTENTION AUX ERREURS FRÉQUENTES

- Ne pas confondre $P_J = R \times I^2$ et $P = U \times I$. Les pertes Joule dépendent de I^2 , pas de U .
- Si la tension est multipliée par k , les pertes sont divisées par k^2 (et non k).
- Le transformateur ne fonctionne qu'en **courant alternatif** (pas en courant continu).
- Ne pas confondre N_1 (spires primaire) et N_2 (spires secondaire) dans la formule.
- Un transformateur élévateur augmente U mais diminue I (la puissance reste constante dans un transfo idéal).

10. Mini exercices

Exercice 1 – Transformateur de quartier

Un transformateur a $U_1 = 20\,000\text{ V}$, $N_1 = 4\,000$ spires et $N_2 = 46$ spires.

Calculer U_2 .

► Voir la solution

Exercice 2 – Pertes dans un câble de chantier

Un câble d'alimentation d'un tableau de chantier a une résistance $R = 3\,\Omega$. Il est parcouru par un courant $I = 40\text{ A}$.

Calculer la puissance dissipée par effet Joule P_J .

► Voir la solution

Exercice 3 – Intérêt de la haute tension

Si on multiplie la tension de transport par 5, par combien les pertes Joule sont-elles divisées ?

► Voir la solution

Exercice 4 – Identification de transformateur

Un transformateur a $N_1 = 200$ spires et $N_2 = 8\,000$ spires. $U_1 = 230\text{ V}$.

a) Calculer U_2 . b) S'agit-il d'un transformateur élévateur ou abaisseur ?

► Voir la solution

11. Erreurs fréquentes

✗ Confondre $P_J = R \times I^2$ et $P = U \times I$

Les pertes par effet Joule dans un câble se calculent avec l'intensité au carré : $P_J = R \times I^2$. La formule $P = U \times I$ donne la puissance utile d'un appareil, pas les pertes câble.

Conseil : identifier clairement si on parle de la puissance d'un appareil ou des pertes dans les fils.

✗ Croire que doubler la tension double les pertes Joule

C'est l'inverse ! Si on multiplie U par k , les pertes sont divisées par k^2 . Multiplier U par 10 divise les pertes par 100.

Conseil : écrire explicitement $P_J = R \times (P/U)^2$ pour visualiser le rôle de U .

✗ Inverser N_1 et N_2 dans la formule du transformateur

La formule est $U_1/U_2 = N_1/N_2$. Si on inverse, on obtient un résultat complètement faux.

Conseil : vérifier la cohérence — un transformateur élévateur ($N_2 > N_1$) doit donner $U_2 > U_1$.

✗ Oublier que le transformateur ne fonctionne qu'en courant alternatif

Un transformateur est basé sur l'induction électromagnétique, phénomène qui n'existe qu'avec un courant variable (alternatif). Il ne fonctionne pas en courant continu.

Conseil : retenir que les lignes THT transportent du courant alternatif 50 Hz.

Simulation interactive

[Transformateur et transport d'énergie](#)

Transporter l'énergie sous forme électrique

Exercices | Terminale Bac Pro ERA-MA – Groupement 3

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

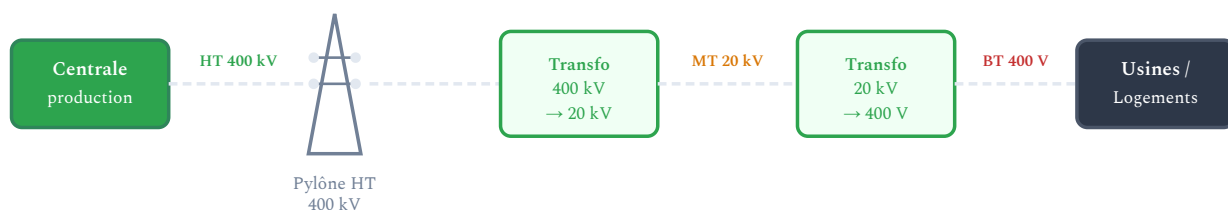
Le réseau électrique achemine l'énergie depuis les centrales (production) jusqu'aux consommateurs via plusieurs niveaux de tension : **HT (400 kV)** pour le transport longue distance, **MT (20 kV)** pour la distribution régionale, **BT (230/400 V)** pour les usages domestiques et industriels.

Formules essentielles :

- **Puissance active** (monophasé) : $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ (W)
- **Puissance active** (triphasé) : $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ (W)
- **Pertes Joule** : $P_{\text{pertes}} = R \cdot I^2$ (W)
- **Rendement** : $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{totale}}} \times 100$ (%)
- **Rapport de transformation** : $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ et $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$

Attention ! Le facteur de puissance $\cos \varphi$ est compris entre 0 et 1. Pour un récepteur purement résistif (lampe, radiateur) $\cos \varphi = 1$. Pour un moteur, $\cos \varphi$ est typiquement compris entre 0,7 et 0,9. Ne jamais oublier de l'intégrer dans les calculs de puissance !

Schéma du réseau électrique

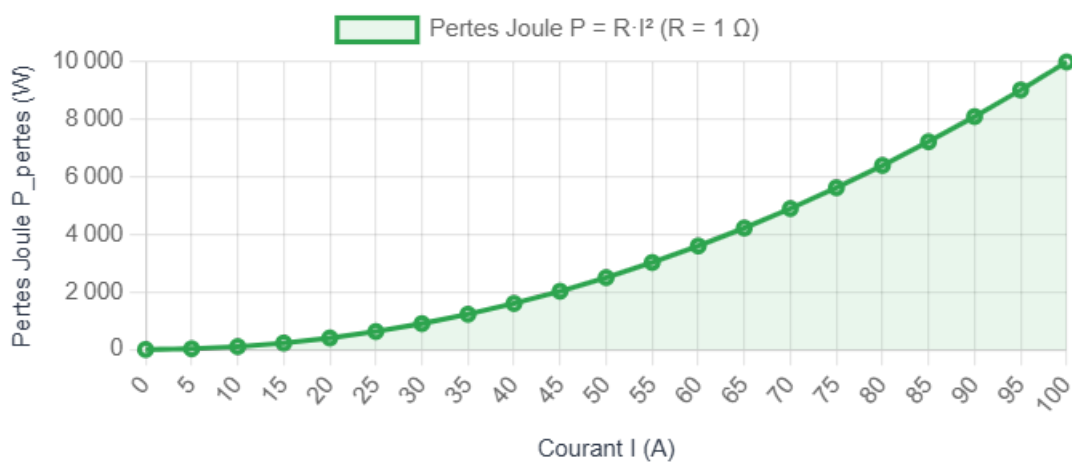


Courbe des pertes Joule en fonction du courant

Méthode :

Les pertes Joule augmentent avec le *carré* du courant : $P_{\text{pertes}} = R \cdot I^2$. Doubler le courant multiplie les pertes par 4. C'est pourquoi on transporte l'énergie à très haute tension (courant faible) pour minimiser ces pertes.

Pertes Joule en fonction du courant ($R = 1 \Omega$)



Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Le réseau électrique – compléter le schéma

SOCLE

En vous aidant du schéma du réseau électrique ci-dessus, compléter les phrases :

1. La centrale de production génère l'énergie électrique. La tension est ensuite _____ (élevée / abaissée) pour le transport longue distance.
2. La tension de transport HT est d'environ _____ kV.
3. Le premier transformateur abaisse la tension de _____ kV à _____ kV (distribution régionale).
4. Le second transformateur abaisse la tension de _____ kV à _____ V pour les usines et logements.
5. L'appareil qui permet de modifier la tension s'appelle un _____ .

Mes calculs :

EXERCICE 2 Calculer une puissance – pas à pas**SOCLE**

Une perceuse électrique fonctionne sous $U = 230 \text{ V}$ et consomme un courant $I = 5 \text{ A}$.
On considère $\cos \varphi = 1$ (appareil résistif).

Étape 1 : Recopier la formule de la puissance :

$$P = ______ \times ______ \times ______$$

Étape 2 : Remplacer par les valeurs :

$$P = ______ \times ______ \times ______ = ______ \text{ W}$$

Étape 3 : La perceuse fonctionne pendant 30 minutes = $______ \text{ h}$. Calculer l'énergie :

$$E = P \times t = ______ \times ______ = ______ \text{ Wh}$$

Mes calculs :

EXERCICE 3 Pertes Joule et transformateur – tableau guidé

SOCLE

Un câble de chantier a une résistance $R = 0,5 \, \Omega$ et est parcouru par un courant $I = 10 \, \text{A}$.

1. Formule des pertes Joule : $P_{\text{pertes}} = \text{_____} \times \text{_____}^2$

2. Calcul : $P_{\text{pertes}} = \text{_____} \times \text{_____}^2 = \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \, \text{W}$

3. Ces pertes se transforment en _____ (chaleur / lumière).

Un transformateur a $U_1 = 20\,000 \, \text{V}$, $N_1 = 1\,000$ spires, $N_2 = 50$ spires.

4. Formule : $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$. Donc $U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1}$

5. Calcul : $U_2 = \text{_____} \times \frac{\text{_____}}{\text{_____}} = \text{_____} \, \text{V}$

6. Ce transformateur est _____ (élevateur / abaisseur) car U_2 est _____ (plus grande / plus petite) que U_1 .

Mes calculs :

EXERCICE 4 Identifier les niveaux de tension

SOCLE

Relier chaque niveau de tension à sa valeur et à son usage :

Niveau	Tension	Usage
Basse Tension (BT)	_____ V	_____
Moyenne Tension (MT)	_____ kV	_____
Haute Tension (HT)	_____ kV	_____

Valeurs à placer : 230 / 400 ; 20 ; 400

Usages à placer : logements et chantiers ; distribution régionale ; transport longue distance

Mes calculs :

EXERCICE 5 Calcul de pertes Joule – pas à pas

SOCLE

Un câble d'alimentation d'un atelier de menuiserie a une résistance $R = 0,2 \, \Omega$. Le courant qui le traverse est $I = 20 \, \text{A}$.

Étape 1 : Recopier la formule des pertes Joule :

$$P_{\text{pertes}} = \text{_____} \times \text{_____}^2$$

Étape 2 : Remplacer par les valeurs :

$$P_{\text{pertes}} = \text{_____} \times \text{_____}^2 = \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \, \text{W}$$

Étape 3 : Ces pertes se transforment en _____ dans le câble.

Mes calculs :

EXERCICE 6 Vrai ou Faux – Le réseau électrique

SOCLE

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse et justifier.

1. On transporte l'énergie électrique en basse tension pour limiter les pertes. _____ (V / F)
2. Les pertes Joule dépendent du carré du courant. _____ (V / F)
3. Un transformateur élévateur augmente la tension. _____ (V / F)
4. Doubler le courant double les pertes Joule. _____ (V / F)
5. Le réseau électrique utilise des transformateurs pour adapter la tension. _____ (V / F)

Mes calculs :

EXERCICE 7 Rendement d'une ligne – calcul guidé**SOCLE**

Une rallonge électrique de chantier alimente une défonceuse de puissance $P = 1\,500\text{ W}$ sous $U = 230\text{ V}$. La résistance de la rallonge est $R = 0,3\ \Omega$.

Étape 1 : Calculer le courant. Formule : $I = \frac{P}{U}$

$$I = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} = \text{----- A}$$

Étape 2 : Calculer les pertes Joule. Formule : $P_{\text{pertes}} = R \times I^2$

$$P_{\text{pertes}} = \text{-----} \times \text{-----}^2 = \text{----- W}$$

Étape 3 : Calculer le rendement. Formule : $\eta = \frac{P}{P + P_{\text{pertes}}} \times 100$

$$\eta = \frac{\text{-----}}{\text{-----} + \text{-----}} \times 100 = \text{-----} \%$$

Mes calculs :

EXERCICE 8 Comparer deux tensions de transport – tableau à compléter

SOCLE

On transporte une puissance $P = 10\,000\text{ W}$ dans un câble de résistance $R = 5\ \Omega$.
Compléter le tableau.

	Tension 230 V	Tension 20 000 V
Courant $I = P/U$	_____ A	_____ A
Pertes $P_{\text{pertes}} = R \times I^2$	_____ W	_____ W

1. Compléter le tableau.

2. Dans quel cas les pertes sont-elles les plus faibles ? Pourquoi ?

Mes calculs :

Exercices de base

EXERCICE 9 Calcul de puissance – outil électroportatif

STANDARD

Un technicien utilise une perceuse électrique alimentée sous **230 V** absorbant un courant de **5 A**. Le récepteur est considéré comme purement résistif ($\cos \varphi = 1$).

1. Rappeler la formule de la puissance active en monophasé.
2. Calculer la puissance absorbée par la perceuse.
3. Quelle énergie (en Wh) consomme-t-elle en 30 minutes de travail ?

Mes calculs :

EXERCICE 10 Pertes Joule dans un câble

STANDARD

Un câble de chantier a une résistance totale $R = 0,5 \, \Omega$. Il est parcouru par un courant $I = 10 \, \text{A}$.

1. Écrire la formule des pertes Joule.
2. Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans ce câble.
3. Cette dissipation est-elle utile ? Que devient-elle ?

Mes calculs :

EXERCICE 11 Rapport de transformation

STANDARD

Un transformateur de poste MT/BT possède les caractéristiques suivantes :

- Tension primaire : $U_1 = 20\,000\text{ V}$
- Nombre de spires primaire : $N_1 = 1\,000$
- Nombre de spires secondaire : $N_2 = 50$

1. Écrire la relation liant U_1 , U_2 , N_1 et N_2 .
2. Calculer la tension secondaire U_2 .
3. Ce transformateur est-il élévateur ou abaisseur ?

Mes calculs :

Exercices guidés

EXERCICE 12 Rendement d'une ligne électrique

STANDARD

Une ligne monophasée 230 V alimente une charge de puissance $P = 2\,300\text{ W}$ ($\cos \varphi = 1$). La résistance totale du câble aller-retour est $R = 2\ \Omega$.

Méthode :

Calculer d'abord le courant de ligne avec $I = P/(U \cdot \cos \varphi)$, puis les pertes Joule, et enfin le rendement.

1. Calculer le courant en ligne I .
2. Calculer les pertes Joule P_{pertes} .
3. Calculer la puissance totale fournie par la source $P_{\text{totale}} = P + P_{\text{pertes}}$.
4. Calculer le rendement η de la ligne (en %).

Mes calculs :

EXERCICE 13 Puissance transmise par un transformateur

STANDARD

Un transformateur reçoit une puissance primaire de $P_1 = 10 \text{ kW}$. Son rendement est $\eta = 0,95$ (95 %).

1. Exprimer P_2 (puissance secondaire) en fonction de η et P_1 .
2. Calculer P_2 .
3. Calculer les pertes P_{pertes} dans le transformateur.
4. Sous quelles formes se manifestent ces pertes dans un transformateur réel ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 Intérêt du transport à haute tension

STANDARD

Une puissance de $P = 100 \text{ kW}$ doit être transportée sur une ligne de résistance totale $R = 10 \, \Omega$ ($\cos \varphi = 1$ dans les deux cas).

Tension de transport	230 V	20 000 V
Puissance transportée	100 kW	100 kW
Courant I	?	?
Pertes Joule P_{pertes}	?	?
Rendement	?	?

1. Compléter le tableau (calculs détaillés requis).
2. Conclure sur l'intérêt du transport à haute tension.

Mes calculs :

EXERCICE 15 Dimensionnement d'un câble

STANDARD

Un câble d'alimentation de chantier doit alimenter une charge de $P = 4\,600\text{ W}$ sous $U = 230\text{ V}$ ($\cos \varphi = 1$). La chute de tension admissible est limitée à $\Delta U_{\max} = 5\%$ de la tension nominale.

À retenir : La chute de tension dans un câble est $\Delta U = R \cdot I$. La résistance d'un conducteur est $R = \frac{\rho \cdot L}{S}$ avec $\rho_{\text{cuivre}} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, L la longueur totale aller-retour, S la section en m^2 .

1. Calculer le courant I absorbé par la charge.
2. Calculer la chute de tension maximale admissible $\Delta U_{\max}$ (en V).
3. En déduire la résistance maximale admissible $R_{\max}$ du câble.
4. Pour une longueur aller-retour de 50 m, calculer la section minimale S du câble en mm^2 .

Mes calculs :

EXERCICE 16 Alimentation d'une scie circulaire sur chantier

STANDARD

Un menuisier agenceur utilise une scie circulaire de chantier alimentée sous $U = 230 \text{ V}$, absorbant un courant $I = 8 \text{ A}$ avec $\cos \varphi = 0,95$.

1. Calculer la puissance active absorbée par la scie.
2. La rallonge utilisée a une résistance $R = 0,4 \Omega$. Calculer les pertes Joule dans la rallonge.
3. Calculer le rendement de la ligne (rallonge).
4. La scie fonctionne pendant 2 heures. Calculer l'énergie totale consommée (en kWh) et l'énergie perdue dans la rallonge.

Mes calculs :

EXERCICE 17 Transformateur élévateur – calcul de tension et courant

STANDARD

Un transformateur élévateur de centrale a les caractéristiques suivantes :

- Tension primaire : $U_1 = 20\,000\text{ V}$
- Nombre de spires primaire : $N_1 = 500$
- Nombre de spires secondaire : $N_2 = 10\,000$
- Courant primaire : $I_1 = 200\text{ A}$

1. Calculer la tension secondaire U_2 .
2. Ce transformateur est-il élévateur ou abaisseur ? Justifier.
3. En supposant le transformateur idéal ($U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$), calculer le courant secondaire I_2 .
4. Comparer I_1 et I_2 . Commenter en lien avec les pertes Joule en ligne.

Mes calculs :

EXERCICE 18 Effet du facteur de puissance sur le courant

STANDARD

Un aspirateur d'atelier de menuiserie fonctionne sous $U = 230 \text{ V}$ et consomme une puissance active $P = 2\,000 \text{ W}$.

1. Calculer le courant absorbé si $\cos \varphi = 1$ (appareil résistif).
2. Calculer le courant absorbé si $\cos \varphi = 0,75$ (moteur).
3. La résistance du câble est $R = 0,5 \, \Omega$. Calculer les pertes Joule dans chaque cas.
4. Conclure sur l'influence du facteur de puissance sur les pertes.

Mes calculs :

EXERCICE 19 Chute de tension dans une rallonge de chantier

STANDARD

Un poseur de cuisines utilise une rallonge de 25 m (aller-retour : 50 m de conducteur) en cuivre de section $S = 2,5 \text{ mm}^2$ ($\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$). Le courant est $I = 12 \text{ A}$ sous $U = 230 \text{ V}$.

1. Calculer la résistance du câble : $R = \frac{\rho \times L}{S}$.
2. Calculer la chute de tension : $\Delta U = R \times I$.
3. Exprimer la chute de tension en pourcentage de la tension nominale.
4. La norme impose une chute de tension maximale de 5 %. Est-elle respectée ?

Mes calculs :

EXERCICE 20 Énergie et coût de fonctionnement

STANDARD

Un ébéniste utilise une ponceuse à bande ($P = 1\,200\text{ W}$) pendant 3 h par jour, 5 jours par semaine. Le prix du kWh est de 0,22 €.

1. Calculer l'énergie consommée par jour (en Wh puis en kWh).
2. Calculer l'énergie consommée par semaine (en kWh).
3. Calculer le coût hebdomadaire de fonctionnement de la ponceuse.
4. Le câble qui alimente la ponceuse a une résistance $R = 0,25\ \Omega$ et le courant est $I = 5,2\text{ A}$.
. Calculer les pertes Joule et l'énergie perdue par semaine dans le câble.

Mes calculs :

EXERCICE 21 Comparer deux sections de câble

STANDARD

Un technicien d'agencement doit choisir entre deux câbles pour alimenter un appareil de $P = 3\,000\text{ W}$ sous $U = 230\text{ V}$. Les deux câbles ont la même longueur aller-retour de 40 m ($\rho = 1,7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$).

Câble	Section
Câble A	$1,5\text{ mm}^2$
Câble B	4 mm^2

1. Calculer le courant I dans la ligne.
2. Calculer la résistance de chaque câble.
3. Calculer les pertes Joule pour chaque câble.
4. Quel câble est préférable ? Justifier.

Mes calculs :

Exercices contextualisés en agencement

EXERCICE 22 Alimentation d'un moteur triphasé sur chantier

APPROFONDISSEMENT

Lors d'une opération de maintenance sur un site industriel, un technicien d'agencement doit alimenter un moteur triphasé ayant les caractéristiques plaque signalétique suivantes :

Paramètre	Valeur
Tension nominale	400 V (triphasé)
Facteur de puissance	$\cos \varphi = 0,8$
Rendement moteur	$\eta_{\text{moteur}} = 0,90$
Puissance mécanique utile	7,5 kW

1. Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur.
2. Rappeler la formule de la puissance active en triphasé.
3. Calculer le courant de ligne I absorbé.
4. Quel est le calibre minimum du disjoncteur de protection à choisir parmi : 10 A, 16 A, 20 A, 25 A ?

Mes calculs :

EXERCICE 23 Poste de transformation 20 kV / 400 V sur site industriel

APPROFONDISSEMENT

Un installateur d'agencement intervient sur un poste de transformation d'un site industriel. Le transformateur HTA/BT a les caractéristiques suivantes :

- Tension primaire : $U_1 = 20\,000\text{ V}$
- Tension secondaire nominale : $U_2 = 400\text{ V}$
- Puissance apparente nominale : $S = 630\text{ kVA}$
- Facteur de puissance du site : $\cos \varphi = 0,85$
- Rendement du transformateur : $\eta = 0,98$

1. Calculer le rapport de transformation $m = U_2/U_1$.
2. Calculer la puissance active nominale $P = S \cdot \cos \varphi$.
3. Calculer le courant nominal côté secondaire I_2 (rappel : $S = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2$).
4. Calculer le courant côté primaire I_1 en utilisant la conservation de la puissance apparente.
5. Calculer la puissance dissipée dans le transformateur à pleine charge.

Mes calculs :

EXERCICE 24 Optimisation d'une alimentation d'atelier de menuiserie

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de menuiserie est alimenté en triphasé 400 V ($\cos \varphi = 0,82$) et regroupe les machines suivantes :

Machine	Puissance mécanique	Rendement
Toupie	5,5 kW	0,91
Scie à ruban	3,0 kW	0,88
Dégauchisseuse	4,0 kW	0,90
Aspiration	2,2 kW	0,85

On considère que toutes les machines peuvent fonctionner simultanément.

1. Calculer la puissance électrique absorbée par chaque machine.
2. Calculer la puissance électrique totale absorbée par l'atelier.
3. Calculer le courant de ligne total I alimentant l'atelier.
4. Le câble d'alimentation (longueur aller-retour 80 m, $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$) a une section de 16 mm^2 . Calculer sa résistance et les pertes Joule.
5. Quel est le rendement global de la ligne d'alimentation ?

Mes calculs :

EXERCICE 25 Étude d'un poste de livraison basse tension — type BTS

APPROFONDISSEMENT

Une entreprise d'agencement s'installe dans un nouveau bâtiment industriel. Elle dispose d'un poste de livraison BT avec un transformateur 20 kV / 400 V de puissance apparente $S_n = 250$ kVA. Le bilan de puissance de l'entreprise donne $P_{\text{totale}} = 165$ kW avec $\cos \varphi = 0,78$.

1. Calculer la puissance apparente consommée S_{conso} .
2. Le transformateur est-il suffisamment dimensionné ? Calculer son taux de charge.
3. Calculer le courant secondaire I_2 du transformateur en régime nominal d'exploitation.
4. La chute de tension dans le transformateur est modélisée par $\Delta U \approx \varepsilon_u \cdot U_{2n}$ avec $\varepsilon_u = 4$ %. Calculer ΔU et la tension secondaire sous charge.
5. Quel est l'impact de cette chute de tension sur les machines de l'atelier ? Proposer une solution.

Mes calculs :

EXERCICE 26 Bilan énergétique d'un chantier d'agencement**APPROFONDISSEMENT**

Un menuisier agenceur réalise un chantier d'installation de mobilier dans un restaurant. Il utilise simultanément les appareils suivants, tous alimentés en monophasé 230 V :

Appareil	Puissance active	$\cos \varphi$	Durée d'utilisation
Scie plongeante	1 400 W	0,95	1 h 30
Visseuse (chargeur)	350 W	1	4 h
Défonceuse	1 800 W	0,90	45 min
Aspirateur de chantier	1 200 W	0,80	2 h

Le câble d'alimentation principal du tableau de chantier a une résistance $R = 0,15 \, \Omega$.

1. Calculer le courant absorbé par chaque appareil : $I = \frac{P}{U \times \cos \varphi}$.
2. En supposant que les quatre appareils fonctionnent en même temps, quel est le courant total maximal ?
3. Calculer les pertes Joule maximales dans le câble d'alimentation.
4. Calculer l'énergie totale consommée sur la journée (en kWh) par l'ensemble des appareils.
5. Si le prix du kWh est de 0,22 €, calculer le coût énergétique de cette journée de chantier.

Mes calculs :

EXERCICE 27 Compensation du facteur de puissance

APPROFONDISSEMENT

L'atelier d'un fabricant de meubles est alimenté en triphasé 400 V. La puissance active totale est $P = 25 \text{ kW}$ avec $\cos \varphi_1 = 0,72$. Le distributeur d'énergie impose un facteur de puissance minimum de 0,93.

1. Calculer le courant de ligne I_1 avant compensation.
2. Calculer la puissance apparente $S_1 = \frac{P}{\cos \varphi_1}$.
3. Calculer le courant de ligne I_2 si le facteur de puissance est ramené à $\cos \varphi_2 = 0,93$.
4. Si la résistance du câble est $R = 0,12 \, \Omega$, calculer les pertes Joule avant et après compensation.
5. Calculer la réduction des pertes en pourcentage et conclure sur l'intérêt de la compensation.

Mes calculs :

EXERCICE 28 Cascade de transformateurs – du réseau au chantier

APPROFONDISSEMENT

L'énergie électrique arrive sur un chantier de rénovation via deux transformateurs successifs :

- **Transformateur T1** (poste source) : $U_1 = 90\,000\text{ V}$, rapport de transformation $m_1 = 0,222$, rendement $\eta_1 = 0,99$
- **Transformateur T2** (poste de distribution) : abaisse la tension de sortie de T1 à $U_{s2} = 400\text{ V}$, rendement $\eta_2 = 0,97$

La puissance demandée par le chantier est $P_{\text{chantier}} = 45\text{ kW}$.

1. Calculer la tension de sortie de T1 : $U_{s1} = m_1 \times U_1$.
2. Calculer le rapport de transformation de T2.
3. Calculer la puissance que doit fournir T2 en entrée (en tenant compte de son rendement).
4. Calculer la puissance que doit fournir T1 en entrée (en tenant compte de son rendement).
5. Calculer le rendement global de la chaîne (T1 + T2). Commenter.

Mes calculs :

EXERCICE 29 Dimensionnement d'un câble triphasé pour un atelier

APPROFONDISSEMENT

Un artisan menuisier installe un nouvel atelier et doit dimensionner le câble d'alimentation triphasé 400 V reliant le tableau général au tableau de l'atelier. La distance est de 35 m (longueur de câble aller : 35 m). La puissance totale installée est $P = 22 \text{ kW}$ avec $\cos \varphi = 0,85$. La chute de tension admissible est de 3 % de la tension nominale. On donne $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Rappel : En triphasé, la chute de tension est $\Delta U = \sqrt{3} \times R \times I \times \cos \varphi$ (en négligeant la réactance du câble).

1. Calculer le courant de ligne I .
2. Calculer la chute de tension maximale admissible ΔU_{max} (en V).
3. En déduire la résistance maximale admissible R_{max} d'un conducteur de phase.
4. Calculer la section minimale du câble (en mm^2). En déduire la section normalisée à choisir parmi : 4, 6, 10, 16, 25 mm^2 .
5. Calculer les pertes Joule totales (3 phases) avec la section choisie et le rendement de la ligne.

Mes calculs :

EXERCICE 30

Étude comparative : alimentation par groupe électrogène ou par le réseau

APPROFONDISSEMENT

Un installateur d'agencement travaille sur un chantier isolé. Deux options s'offrent à lui pour alimenter ses machines ($P_{\text{totale}} = 8 \text{ kW}$, $\cos \varphi = 0,85$) :

- **Option A** : Raccordement au réseau via un câble de 200 m (aller-retour 400 m) en cuivre, section 16 mm^2 , sous 230 V monophasé.
- **Option B** : Groupe électrogène sur site, tension 230 V, câble de 15 m (aller-retour 30 m), section 4 mm^2 , rendement du groupe $\eta_{\text{groupe}} = 0,30$ (30 %).

On donne $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

1. Calculer le courant dans chaque option.
2. Calculer la résistance du câble et les pertes Joule pour chaque option.
3. Calculer le rendement de la ligne (câble seul) pour chaque option.
4. Pour l'option B, calculer la puissance du carburant nécessaire en tenant compte du rendement du groupe.
5. Comparer les deux options en termes de pertes totales et proposer une amélioration pour l'option A.

Mes calculs :

À retenir – Essentiel du chapitre

- Le réseau électrique transporte l'énergie via : HT (400 kV) → MT (20 kV) → BT (400 V / 230 V).
 - Les pertes Joule $P_{\text{pertes}} = R \cdot I^2$ sont inévitables mais minimisées en transportant à haute tension (courant faible).
 - Le transformateur modifie la tension selon $U_1/U_2 = N_1/N_2$ tout en conservant (presque) la puissance.
 - Le rendement $\eta = P_{\text{utile}}/P_{\text{totale}}$ est toujours inférieur à 1 (pertes Joule + pertes fer).
 - En triphasé : $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$. Ne jamais oublier $\cos \varphi$!
-

Transporter l'énergie sous forme électrique

ERA-MA — Groupement 3 — Terminale Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée :** 1 heure **Barème :** /20 points **Documents :** Calculatrice autorisée — aucun document**Nom :** _____

APP - S'Approprier

ANA - Analyser/Raisonner

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

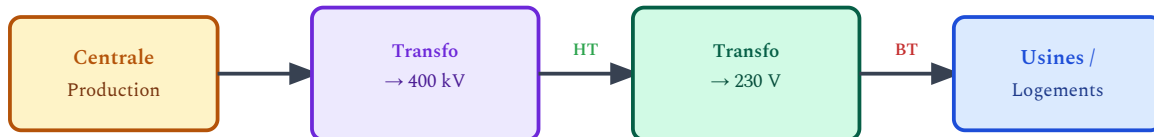
Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Alimentation d'un convoyeur triphasé	Q1 à Q4	APP, ANA, REA, REA	10 pts
Exercice 2 — Transformateur d'atelier	Q1 à Q5	APP, ANA, REA, VAL, COM	10 pts
Total			20 pts

SOCLE

EXERCICE 1 Le réseau électrique et le transformateur – pas à pas

20 points

Contexte : Une usine utilise un réseau électrique avec des transformateurs pour alimenter ses machines. Le technicien doit comprendre les niveaux de tension.



1. **APP** Compléter les phrases en vous aidant du schéma : 4 pts

- a) La tension de transport HT est d'environ _____ kV.
- b) La tension d'utilisation BT est d'environ _____ V.
- c) Pour transporter l'énergie sur de longues distances, on _____ (élève / abaisse) la tension.
- d) L'appareil qui modifie la tension s'appelle un _____ .

...

2. **REA** Calculer la puissance d'une perceuse. On vous guide : 4 pts

La perceuse fonctionne sous $U = 230 \text{ V}$ avec $I = 5 \text{ A}$ et $\cos \varphi = 1$.

Formule : $P = U \times I \times \cos \varphi$

$P = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \text{ W}$

...

3. **REA** Calculer les pertes Joule dans un câble. On vous guide : 4 pts

Le câble a une résistance $R = 0,5 \, \Omega$ et est parcouru par $I = 10 \, \text{A}$.

Formule : $P_{\text{pertes}} = R \times I^2$

$$P_{\text{pertes}} = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \, \text{W}$$

Ces pertes se dissipent sous forme de (chaleur / lumière).

...

4. **ANA** Un transformateur a $U_1 = 20\,000 \, \text{V}$, $N_1 = 1\,000$ spires, $N_2 = 50$ spires. 4 pts

Formule : $U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1}$

$$U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \times \frac{\underline{\hspace{2cm}}}{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} \, \text{V}$$

Ce transformateur est (élevateur / abaisseur).

...

5. **COM** Compléter : « On transporte l'énergie à haute tension pour le courant, ce qui les pertes Joule dans les câbles. » 4 pts

...

STANDARD

EXERCICE 1 Alimentation d'un convoyeur triphasé 10 points

Contexte : Une usine agroalimentaire possède une ligne de convoyage alimentée par le réseau électrique. Le schéma ci-dessous représente le réseau d'alimentation simplifié, depuis le poste de transformation HTB jusqu'aux moteurs des convoyeurs en BT.

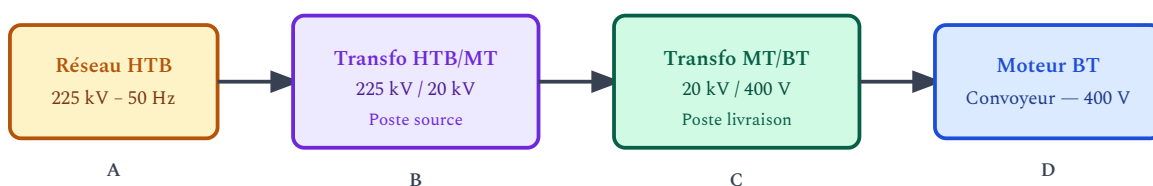


Schéma simplifié du réseau d'alimentation de l'usine agroalimentaire

1. **APP** En vous aidant du schéma ci-dessus, compléter le tableau suivant en indiquant pour chaque repère (A, B, C, D) le niveau de tension correspondant (HTB, MT ou BT) et une valeur typique de tension associée. 2 pts

Repère	Niveau de tension	Valeur typique de tension
A — Réseau HTB		
B — Entre poste source et livraison		
C — En sortie du poste livraison		
D — Alimentation moteur		

2. **ANA** Le moteur du convoyeur est triphasé. Écrire la formule de la puissance active triphasée P en fonction de la tension entre phases U , du courant de ligne I et du facteur de puissance $\cos \varphi$. Préciser l'unité de chaque grandeur. 2 pts

...

3. **REA** Le moteur du convoyeur a les caractéristiques suivantes : puissance absorbée $P = 15 \text{ kW}$, tension d'alimentation $U = 400 \text{ V}$, facteur de puissance $\cos \varphi = 0,85$. Calculer

le courant de ligne I absorbé par ce moteur. Donner le résultat en ampères, arrondi à l'unité. 3 pts

...

4. **REA** Le câble d'alimentation du convoyeur présente une résistance totale $R = 0,3 \Omega$. En utilisant la valeur de courant calculée à la question 3, calculer les pertes par effet Joule dans ce câble en appliquant la formule $P_J = R \cdot I^2$. Exprimer le résultat en watts. 3 pts

...

EXERCICE 2 Transformateur d'atelier

10 points

Contexte : L'atelier de maintenance dispose d'un transformateur abaisseur pour alimenter des outils basse tension de sécurité (TBTS). On étudie son fonctionnement.

1. **APP** Rappeler en une phrase le rôle d'un transformateur dans un réseau électrique. Préciser s'il peut modifier la fréquence du courant alternatif. 1 pt

...

2. **ANA** On donne la relation du transformateur : $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$. Identifier chacune des grandeurs de cette relation (nom et côté du transformateur : primaire ou secondaire). Identifier chaque grandeur en précisant son rôle (primaire ou secondaire). 2 pts

...

3. **REA** Un transformateur a les caractéristiques suivantes : $U_1 = 20\,000\text{ V}$, $N_1 = 800$ spires, $N_2 = 20$ spires. Calculer la tension secondaire U_2 . Montrer clairement le calcul. 3 pts

...

4. **VAL** En supposant le transformateur idéal (conservation de la puissance : $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$), montrer que le courant secondaire I_2 est plus élevé que le courant primaire I_1 . Exprimer le rapport I_2/I_1 en fonction de U_1 et U_2 , puis calculer sa valeur numérique. 2 pts

...

5. **COM** Expliquer en quelques lignes pourquoi on élève la tension lors du transport de l'énergie électrique sur de longues distances. Utiliser les notions de pertes Joule et de courant pour justifier votre réponse. 2 pts

...

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 1 Optimisation d'une ligne d'alimentation industrielle

10 points

Contexte : Un site industriel est alimenté par une ligne MT de 5 km. Le bureau d'étude compare deux solutions de transport pour alimenter les équipements du site consommant une puissance totale de $P = 200 \text{ kW}$ ($\cos \varphi = 0,85$). La résistance linéique du câble est $r = 0,4 \Omega/\text{km}$ (aller-retour).

1. **REA** Calculer la résistance totale R du câble aller-retour sur 5 km. 1 pt

...

2. **ANA** **Solution A - Transport en BT (400 V triphasé) :** Calculer le courant de ligne I_A , les pertes Joule $P_{J,A}$ et le rendement η_A . 3 pts

...

3. **ANA** **Solution B - Transport en MT (20 kV triphasé) :** Calculer le courant de ligne I_B , les pertes Joule $P_{J,B}$ et le rendement η_B . 3 pts

...

4. **VAL** Calculer le rapport des pertes $P_{J,A}/P_{J,B}$. Montrer que ce rapport est égal au carré du rapport des tensions. Conclure. 2 pts

...

5. **COM** Le coût de l'électricité est de 0,15 €/kWh. Calculer le surcoût annuel dû aux pertes pour chaque solution (fonctionnement 3 000 h/an). La solution MT nécessite un transformateur à 25 000 €. En combien de temps l'investissement est-il rentabilisé ? 1 pt

...

EXERCICE 2 Dimensionnement d'un poste de transformation

10 points

Contexte : Un technicien d'agencement dimensionne le poste de transformation d'un nouvel atelier. Les besoins sont : 3 moteurs triphasés de 15 kW chacun ($\cos \varphi = 0,8$), éclairage 10 kW ($\cos \varphi = 1$), prises de courant 8 kW ($\cos \varphi = 0,95$). Le transformateur MT/BT reçoit du 20 kV et délivre du 400 V.

1. **REA** Calculer la puissance active totale de l'atelier. 1 pt

...

2. **ANA** La puissance apparente de chaque charge est $S = P / \cos \varphi$. Calculer la puissance apparente de chaque type de charge puis la puissance apparente totale. 3 pts

...

3. **VAL** Les puissances normalisées de transformateur sont : 100, 160, 250, 400, 630 kVA. Choisir le transformateur adapté (en ajoutant une marge de 20 %). Justifier. 2 pts

...

4. **REA** Calculer le courant nominal côté secondaire (400 V) et côté primaire (20 kV) du transformateur choisi. 2 pts

...

5. **COM** Rédiger une note technique (5 lignes) justifiant le choix du transformateur et les protections à prévoir côté BT. 2 pts

...