

Devoir surveillé – Sujet B

Chapitre 1 – Transporter l'énergie sous forme électrique

Terminale Bac Pro – Physique-chimie

Version professeur

Édition : 26 septembre 2026

Capacité(s) : l'ensemble du chapitre.

C1 – Représenter le schéma simplifié d'un réseau de distribution d'énergie électrique à l'échelle d'un pays et d'une installation domestique (partie A).

C2 – Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans un conducteur à partir de sa résistance et de la valeur efficace de l'intensité ou de la tension (parties B et C).

C3 – Justifier l'intérêt du transport d'énergie électrique à grande distance sous haute tension (partie C).

C4 – Mettre en évidence expérimentalement le rôle d'abaisseur ou d'élévateur de tension d'un transformateur (partie A).

C5 – Connaître le rôle des transformateurs dans les réseaux de distribution et dans les appareils électriques d'utilisation courante (partie A).

Durée : 1 heure **Barème** : sur 20 points

Aides autorisées : calculatrice autorisée, documents non autorisés

Compétences évaluées : **APP** s'approprier ■ **ANA** analyser ■ **REA** réaliser ■ **VAL** valider ■ **COM** communiquer. Chaque résultat doit porter son **unité**. Toutes les intensités et les tensions sont des valeurs efficaces.

Partie A — Le réseau et les transformateurs

7 points

Étude sur documents. Données fournies pour l'exercice ; aucune mesure à réaliser. C4 : préparation documentaire uniquement. Modèle des lignes : $P = UI$ au départ, résistance constante.

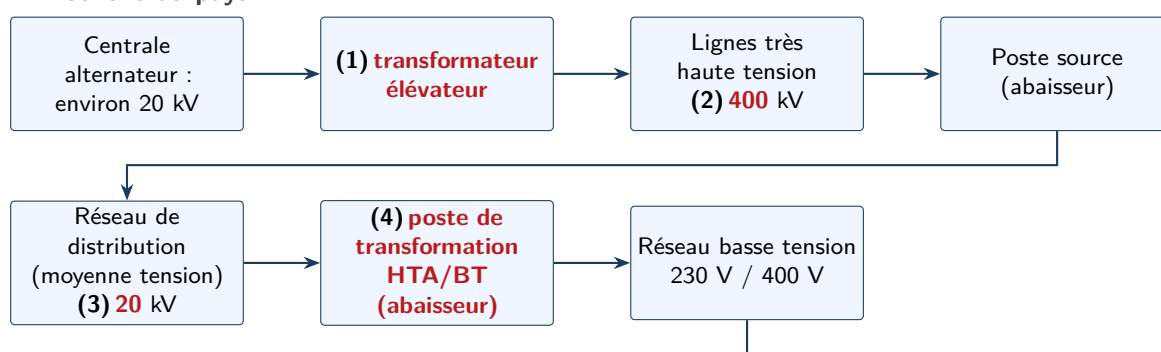
Question A.1

1,5 point — C1 — APP

Le schéma représente en blocs le trajet de l'énergie électrique, de la centrale jusqu'aux circuits d'un logement. Compléter les six cases numérotées. Les **noms** sont à choisir dans la liste ; les **tensions** sont à écrire sans aide.

Liste : disjoncteur de branchement ■ transformateur élévateur ■ disjoncteurs divisionnaires ■ poste de transformation HTA/BT (abaisseur)

À l'échelle du pays



Installation domestique

Schéma simplifié en blocs du réseau électrique, de la centrale jusqu'aux circuits d'un logement. Les flèches indiquent le sens de transport de l'énergie ; les cases numérotées de (1) à (6) sont à compléter (réponses en rouge).

Correction — A.1

(1) transformateur élévateur ; (2) 400 kV ; (3) 20 kV ; (4) poste de transformation HTA/BT (abaisseur) ; (5) disjoncteur de branchement ; (6) disjoncteurs divisionnaires. 1,5 pt

Barème : 0,25 pt par case juste. Pour (2), 225 kV est accepté : c'est aussi une tension du réseau de transport. Pour (3), 20 kV est attendu.

Erreurs fréquentes : inverser disjoncteur de branchement et disjoncteurs divisionnaires ; écrire 400 V au lieu de 400 kV pour les lignes très haute tension (unité fautive : 0 pour la case).

Question A.2**1,5 point — C5 — APP**

Voici trois transformateurs, avec les tensions lues sur leur plaque ou dans leur documentation.

Transformateur	Entrée U_1	Sortie U_2	Élévateur ou abaisseur ?
Sortie de l'alternateur d'une centrale	environ 20 kV	400 kV	élévateur
Spots d'un meuble de salle de bains	230 V	12 V	abaisseur
Poste à souder à l'arc (à vide)	230 V	environ 50 V	abaisseur

a) Compléter la dernière colonne du tableau.

b) Expliquer pourquoi on alimente les spots d'un meuble de salle de bains par un transformateur 230 V $\rightarrow$ 12 V.

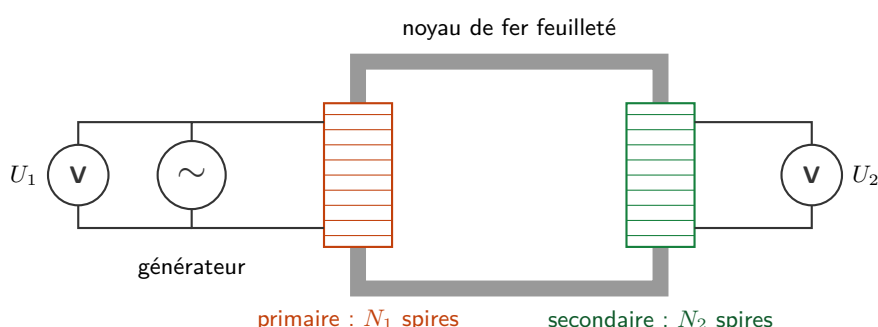
Correction — A.2

a) Centrale : **élévateur** (400 kV > 20 kV) ; spots : **abaisseur** (12 < 230) ; poste à souder : **abaisseur** (50 < 230). 0,75 pt

b) Pour la **sécurité des personnes** : 12 V est une tension réduite. Dans les conditions étudiées, un contact accidentel avec une partie sous 230 V peut être mortel ; sous 12 V, le risque d'électrisation est fortement réduit. 0,75 pt

Barème : a) 0,25 pt par ligne. b) 0,5 pt pour l'idée de sécurité (risque d'électrisation), 0,25 pt pour le lien avec le milieu humide ou la tension réduite. « Pour que les spots marchent » vaut 0.

On étudie sur papier un transformateur démontable : deux bobines placées sur un noyau de fer feuilleté. La bobine primaire (N_1 spires) est reliée au générateur, la bobine secondaire (N_2 spires) à un voltmètre.



Montage du transformateur démontable : le générateur alimente la bobine primaire ; un voltmètre mesure U_1 aux bornes du primaire, un autre mesure U_2 aux bornes du secondaire.

Le primaire compte $N_1 = 500$ spires ; il est alimenté sous $U_1 = 12,0$ V. On compare deux secondaires à partir de relevés simulés fournis pour cet exercice.

Essai	Nombre de spires N_2	Tension mesurée U_2
1	250	5,8 V
2	1 000	23,3 V

Question A.3

1 point — C4 — APP

- a) Sur quelle position faut-il régler les voltmètres : continu (DC) ou alternatif (AC) ?
 b) Pourquoi le générateur doit-il délivrer une tension alternative ?

Correction — A.3

- a) Position **alternatif (AC)** : les tensions U_1 et U_2 sont alternatives ; le voltmètre donne leurs valeurs efficaces. 0,5 pt
 b) Un transformateur ne fonctionne **qu'en alternatif** : avec une tension continue au primaire, on ne mesure aucune tension au secondaire. 0,5 pt
Barème : 0,5 pt par réponse. En b), « sinon il ne marche pas » sans préciser qu'il n'y a pas de tension au secondaire vaut 0,25 pt.

Question A.4

2 points — C4 — ANA

On exploite le tableau de mesures du transformateur démontable.

- a) Pour chaque essai, le transformateur est-il élévateur ou abaisseur ? Justifier à partir des mesures.
 b) **Relation fournie** (transformateur parfait) : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$. Calculer la tension U_2 attendue pour l'essai 2, puis la comparer à la tension mesurée.

Correction — A.4

- a) Essai 1 : $U_2 = 5,8 \text{ V} < U_1 = 12,0 \text{ V}$: **abaisseur**. Essai 2 : $U_2 = 23,3 \text{ V} > U_1 = 12,0 \text{ V}$: **élévateur**. 1 pt
 b) $U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1} = 12,0 \times \frac{1\,000}{500} = 24,0 \text{ V}$. La mesure (23,3 V) est très proche de la valeur attendue, un peu plus faible : un transformateur réel n'est pas parfait. Cet écart ne suffit pas à valider expérimentalement le modèle. 1 pt
Barème : a) 0,5 pt par essai, comparaison de U_2 à U_1 exigée (un mot seul vaut 0,25 pt). b) 0,5 pt pour le calcul, 0,5 pt pour la comparaison (écart faible, mesure un peu plus petite).
Erreur fréquente : en a), justifier seulement par les nombres de spires : le raisonnement est juste mais la question porte sur les mesures ; 0,25 pt par essai.

Question A.5

1 point — C4 — VAL

Le scénario étudié impose de ne pas dépasser 25 V en alternatif. Pour obtenir une tension plus grande, deux réglages sont proposés :

- réglage 1 : générateur 12 V, $N_1 = 250$ spires, $N_2 = 1\,000$ spires ;
- réglage 2 : générateur 6 V, $N_1 = 250$ spires, $N_2 = 1\,000$ spires.

Calculer la tension attendue au secondaire pour chaque réglage, puis indiquer celui qui doit être refusé.

Correction — A.5

Réglage 1 : $U_2 = 12 \times \frac{1\,000}{250} = 48 \text{ V}$. Réglage 2 : $U_2 = 6 \times \frac{1\,000}{250} = 24 \text{ V}$.

$48 > 25$: le **réglage 1 est refusé** ; le réglage 2 ($24 \leq 25$) respecte la limite. 1 pt

Barème : 0,25 pt par calcul, 0,5 pt pour la décision appuyée sur la comparaison à 25 V. Un calcul faux mais une décision cohérente avec ce calcul garde les 0,5 pt.

Partie B — L'enrouleur de l'atelier

6 points

Dans un atelier de menuiserie, pour décaper une porte ancienne, un décapeur thermique de 2 200 W est branché au bout d'un enrouleur de 25 m (câble de $2,5 \text{ mm}^2$). Le décapeur est un appareil résistif ; on admet qu'il fonctionne sous 230 V. Les deux conducteurs parcourus par le courant (aller et retour, 50 m au total) ont une résistance $R = 0,40 \Omega$.

Question B.1

1 point — C2 — REA

Calculer l'intensité I du courant dans l'enrouleur. Arrondir au centième.

Correction — B.1

$$P = U \times I, \text{ donc } I = \frac{P}{U} = \frac{2\,200}{230} \approx 9,57 \text{ A.}$$

1 pt

Barème : 0,5 pt pour la relation, 0,5 pt pour le résultat avec son unité.

Question B.2

1,5 point — C2 — REA

Calculer la puissance P_J dissipée par effet Joule dans les conducteurs de l'enrouleur. *Si besoin, prendre $I = 10 \text{ A}$.*

Correction — B.2

$$P_J = R \times I^2 = 0,40 \times 9,57^2 \approx 36,6 \text{ W (environ } 37 \text{ W).}$$

1,5 pt

Avec la valeur de secours : $0,40 \times 10^2 = 40 \text{ W}$, compté juste.

Barème : 0,5 pt pour la relation, 0,5 pt pour le calcul, 0,5 pt pour le résultat avec son unité. Une valeur de I fautive reprise de B.1 n'est pas pénalisée une seconde fois.

Erreur fréquente : $R \times I = 3,83$ (oubli du carré) : c'est une tension, pas une puissance ; 0,5 pt au plus.

Question B.3

1,5 point — C2 — REA

a) Calculer la tension U_R aux bornes des conducteurs de l'enrouleur (chute de tension). Pour cette comparaison sur papier, on retient le seuil de 5 % de 230 V soit 11,5 V. La chute de tension dans l'enrouleur reste-t-elle sous ce repère ?

b) Retrouver la puissance P_J avec la relation $P_J = \frac{U_R^2}{R}$.

Correction — B.3

a) $U_R = R \times I = 0,40 \times 9,57 \approx 3,83 \text{ V}$; $3,83 < 11,5$: le repère est **respecté**.

0,75 pt

b) $P_J = \frac{U_R^2}{R} = \frac{3,83^2}{0,40} \approx 36,7 \text{ W}$: on retrouve le résultat de B.2 (à l'arrondi près).

0,75 pt

Avec la valeur de secours $I = 10 \text{ A}$: $U_R = 4,0 \text{ V}$, puis $P_J = 40 \text{ W}$, comptés justes.

Barème : a) 0,5 pt pour U_R , 0,25 pt pour la comparaison. b) 0,5 pt pour le calcul, 0,25 pt pour la cohérence avec B.2 (à 1 W près, selon les arrondis).

Question B.4

1 point — C2 — VAL

Un apprenti calcule $P_J = \frac{230^2}{0,40} \approx 132\,000 \text{ W}$. Expliquer pourquoi ce résultat est impossible, puis indiquer son erreur.

Correction — B.4

Impossible : les pertes dans le câble (132 000 W) seraient bien plus grandes que la puissance du décapeur (2 200 W). **Erreur** : 230 V est la tension du réseau, pas la tension aux bornes des conducteurs. Dans $P_J = U_R^2/R$, il faut utiliser $U_R \approx 3,8 \text{ V}$.

1 pt

Barème : 0,5 pt pour l'argument d'ordre de grandeur, 0,5 pt pour l'erreur identifiée (mauvaise tension).

Question B.5

1 point — C2 — COM

La notice de l'enrouleur indique : « câble enroulé : 1 000 W au plus ; câble déroulé : 3 500 W au plus ». Peut-on brancher le décapeur en laissant le câble enroulé ? Expliquer le risque en deux phrases, à l'aide de l'effet Joule.

Correction — B.5

Non : 2 200 W dépasse les 1 000 W autorisés câble enroulé. Enroulé, le câble évacue mal la chaleur produite par effet Joule : sa température monte, l'isolant peut fondre et provoquer un court-circuit ou un incendie. Il faut dérouler complètement le câble. 1 pt

Barème : 0,25 pt pour la réponse « non » comparée à 1 000 W, 0,5 pt pour l'échauffement mal évacué, 0,25 pt pour la conséquence (isolant, incendie) ou le conseil.

Partie C — Transporter sous très haute tension**7 points**

Une ligne très haute tension de 120 km transporte une puissance $P = 200$ MW. Dans le modèle simplifié du chapitre, la résistance des conducteurs parcourus par le courant (aller et retour) est $R = 5,0 \Omega$.

Question C.1**1,5 point — C3 — REA**

La ligne est exploitée sous $U = 400$ kV. Calculer l'intensité I du courant dans la ligne, puis la puissance P_J perdue par effet Joule.

Correction — C.1

$$I = \frac{P}{U} = \frac{200\,000\,000}{400\,000} = 500 \text{ A.}$$

0,75 pt

$$P_J = R \times I^2 = 5,0 \times 500^2 = 1\,250\,000 \text{ W, soit } 1,25 \text{ MW.}$$

0,75 pt

Barème : pour chaque calcul, 0,25 pt la relation, 0,5 pt le résultat avec son unité. *Erreur fréquente* : ne pas convertir ($200/400 = 0,5$ A) : 0,25 pt pour I ; la suite calculée avec cette valeur n'est pas pénalisée une seconde fois.

Question C.2**1 point — C3 — REA**

Calculer le pourcentage de pertes $\frac{P_J}{P} \times 100$, puis la puissance $P_{\text{reçue}} = P - P_J$ disponible en bout de ligne. *Si besoin, prendre $P_J = 1,2$ MW.*

Correction — C.2

$$\frac{1,25}{200} \times 100 \approx 0,63 \% ; P_{\text{reçue}} = 200 - 1,25 = 198,75 \text{ MW.}$$

1 pt

Avec la valeur de secours : 0,6 % et 198,8 MW, comptés justes.

Barème : 0,5 pt par résultat. Mélanger W et MW dans le quotient vaut 0 pour le pourcentage.

Question C.3**1,5 point — C3 — REA**

On imagine que la même puissance de 200 MW est transportée sur la même ligne sous $U = 225$ kV. Calculer l'intensité I , les pertes P_J , puis le pourcentage de pertes.

Correction — C.3

$$I = \frac{200\,000\,000}{225\,000} \approx 888,9 \text{ A} ; P_J = 5,0 \times 888,9^2 \approx 3\,951\,000 \text{ W, soit environ } 3,95 \text{ MW} ; \frac{3,95}{200} \times 100 \approx 2,0 \%. \quad 1,5 \text{ pt}$$

Barème : 0,5 pt par résultat. Arrondir I à 889 A donne 3,95 MW : accepté ; 1,98 % aussi.

Question C.4**1 point — C3 — COM**

À l'aide des résultats précédents, expliquer en quelques phrases pourquoi on transporte l'énergie électrique à grande distance sous une tension la plus élevée possible, puis pourquoi on abaisse la tension avant de l'amener dans les logements.

Correction — C.4

Pour une même puissance, plus la tension est élevée, plus l'intensité est faible ($I = P/U$). Les pertes par effet Joule $P_J = R \times I^2$ dépendent du carré de l'intensité : elles diminuent donc fortement. Ici, passer de 225 à 400 kV divise l'intensité par environ 1,8 et les pertes par environ 3,2 (de 3,95 MW à 1,25 MW).
0,5 pt

Une très haute tension exige de grands isolateurs, des pylônes hauts et des distances de sécurité : elle est dangereuse. On l'abaisse donc par étapes (poste source, poste de transformation HTA/BT) jusqu'à 230 V. 0,5 pt

Barème : 0,5 pt pour la chaîne « tension élevée → intensité faible → pertes faibles », appuyée sur les résultats ou sur $P_J = RI^2$; 0,5 pt pour la sécurité ou l'isolement. Sans les calculs de C.1 et C.3, un raisonnement juste garde tous ses points.

Question C.5**2 points — C2, C3 — ANA**

Sur une autre ligne 400 kV de 90 km, on connaît $R = 3,5 \Omega$ et la tension aux bornes des conducteurs de la ligne (chute de tension en ligne) : $U_R = 2800 \text{ V}$. L'intensité n'est pas connue. Deux méthodes sont proposées pour calculer les pertes :

— méthode 1 : $P_J = \frac{U^2}{R}$ avec $U = 400\,000 \text{ V}$;

— méthode 2 : $P_J = \frac{U_R^2}{R}$.

- Choisir la méthode correcte et justifier ce choix.
- Calculer les pertes P_J .
- Calculer l'intensité I , puis la puissance transportée $P = U \times I$ et le pourcentage de pertes. Les pertes représentent-elles moins de 1 % de la puissance de départ ?

Correction — C.5

a) **Méthode 2** : dans $P_J = U^2/R$, la tension est celle **aux bornes du conducteur**, c'est-à-dire U_R . La tension de transport 400 kV n'est pas appliquée aux bornes des conducteurs de la ligne. 0,5 pt

b) $P_J = \frac{2800^2}{3,5} = 2\,240\,000 \text{ W}$, soit 2,24 MW. 0,5 pt

c) $I = \frac{U_R}{R} = \frac{2800}{3,5} = 800 \text{ A}$; $P = 400\,000 \times 800 = 320\,000\,000 \text{ W} = 320 \text{ MW}$; $\frac{2,24}{320} \times 100 = 0,70 \%$.

Les pertes sont faibles (moins de 1 %) grâce à la très haute tension. 1 pt

Autre méthode recevable : calculer d'abord $I = U_R/R = 800 \text{ A}$, puis $P_J = R \times I^2 = 3,5 \times 800^2 = 2,24 \text{ MW}$.

Barème : a) 0,25 pt pour le choix, 0,25 pt pour la justification. b) 0,5 pt. c) 0,25 pt pour I , 0,25 pt pour P , 0,25 pt pour le pourcentage, 0,25 pt pour la conclusion. La méthode 1 donne environ $4,6 \times 10^{10} \text{ W}$, soit 46 000 MW : un élève qui la choisit puis juge ce résultat absurde garde 0,25 pt en a).