

Corrigé et barème – Deux siècles d'énergie électrique : conversion et transport

Induction et alternateur, effet photovoltaïque, conversion et rendement, transport de l'électricité (effet Joule, haute tension, graphe du réseau et optimisation) (programme d'enseignement scientifique de Terminale)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · Terminale

Exercice 1 – Induction et alternateur

(4 pts)

- a) Induction électromagnétique : une tension apparaît quand le champ magnétique qui traverse la bobine varie (aimant et bobine en mouvement relatif). (1)
- b) 0 V : le champ dans la bobine est constant ; sans variation, aucune tension induite. (1)
- c) Rotor (aimant ou électroaimant) entraîné par la turbine ; stator = bobines fixes où naît la tension. Le champ dans chaque bobine s'inverse à chaque demi-tour → tension alternative. (1)
- d) $P_{\text{él}} = 0,987 \times 612 \approx 604 \text{ MW}$; $P_{\text{dissipée}} = 612 - 604 \approx 8,0 \text{ MW}$, sous forme de chaleur. (1)

Erreur fréquente — Ce n'est pas la présence d'un aimant qui crée la tension, mais la variation du champ magnétique dans la bobine.

Exercice 2 – Photons et gap du tellurure de cadmium

(4 pts)

- a) $E_g = 1,45 \times 1,60 \times 10^{-19} = 2,32 \times 10^{-19} \text{ J}$. (1)
- b) $\lambda_{\text{max}} = hc / E_g = (6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8) / (2,32 \times 10^{-19}) \approx 8,57 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 857 \text{ nm}$. (1)
- c) $E = hc / \lambda = 1,989 \times 10^{-25} / 9,40 \times 10^{-7} \approx 2,12 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 1,32 \text{ eV} < 1,45 \text{ eV}$: non absorbé (cohérent avec $940 \text{ nm} > 857 \text{ nm}$). (1)
- d) $E = 1,989 \times 10^{-25} / 5,10 \times 10^{-7} \approx 3,90 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 2,44 \text{ eV}$; excédent $2,44 - 1,45 \approx 0,99 \text{ eV}$ dissipé en chaleur (environ 40 % de l'énergie du photon). (1)

À retenir — Un photon est absorbé seulement si $\lambda \leq \lambda_{\text{max}}$: l'intensité du rayonnement n'y change rien, et l'excédent au-delà du gap est perdu en chaleur.

Exercice 3 – Rendement d'un panneau photovoltaïque

(4 pts)

- a) $P_{\text{max}} = U \times I = 30,6 \times 7,9 \approx 242 \text{ W}$. (1)
- b) $P_{\text{lum}} = E \times S = 740 \times 1,70 = 1\,258 \text{ W}$. (1)
- c) $\eta = 242 / 1\,258 \approx 0,192$, soit 19,2 %. (1)
- d) La puissance lumineuse est elle aussi divisée par deux (629 W). Or I_{cc} , donc P_{max} , est à peu près proportionnel à l'éclairement et U_{co} varie peu : $P_{\text{max}} \approx 121 \text{ W}$ et η reste voisin de 19 %. (1)

Repère — Le rendement compare deux puissances qui varient ensemble avec l'éclairement : il change peu quand la lumière baisse.

Exercice 4 – Transport sous haute tension*(4 pts)*

- a) $I = P / U = 261 \times 10^6 / 150 \times 10^3 = 1\,740 \text{ A}$. (1)
b) $P_J = R I^2 = 7,4 \times 1\,740^2 \approx 2,24 \times 10^7 \text{ W} = 22,4 \text{ MW}$; $22,4 / 261 \approx 8,6 \%$. (1)
c) Sous 300 kV : $I = 870 \text{ A}$, $P_J = 7,4 \times 870^2 \approx 5,60 \text{ MW}$: pertes divisées par $2^2 = 4$. (1)
d) $(150 \times 10^3)^2 / 7,4 \approx 3,0 \times 10^9 \text{ W}$, soit plus de 11 fois la puissance transportée : absurde. $U = 150 \text{ kV}$ n'est pas la tension aux bornes du câble ; il faut passer par $I = P/U$ puis $P_J = R I^2$. (1)

Le point clé — Dans $P_J = R I^2$, la tension de ligne ne sert qu'à calculer $I = P/U$: elle ne s'applique jamais aux bornes du câble.

Exercice 5 – Optimiser la répartition de la production*(4 pts)*

- a) $I_1 + I_2 = 750 \text{ A}$. $I_1 \leq 460$ et $I_2 = 750 - I_1 \leq 950$ (toujours vrai pour $I_1 \geq 0$) : $0 \leq I_1 \leq 460 \text{ A}$. (1)
b) $P_J = 2,4 I_1^2 + 1,6 (750 - I_1)^2 = 2,4 I_1^2 + 1,6 I_1^2 - 2\,400 I_1 + 900\,000 = 4 I_1^2 - 2\,400 I_1 + 900\,000$. (1)
c) Minimum en $I_1 = 2\,400 / (2 \times 4) = 300 \text{ A} \leq 460 \text{ A}$: acceptable ; $I_2 = 450 \text{ A} \leq 950 \text{ A}$. (1)
d) $P_J = 2,4 \times 300^2 + 1,6 \times 450^2 = 216\,000 + 324\,000 = 540 \text{ kW}$; partage égal (375 A chacune) : $4 \times 375^2 = 562,5 \text{ kW}$, soit 22,5 kW de pertes en plus. (1)

Attention — Un minimum n'est une solution que s'il respecte toutes les contraintes : loi des nœuds, limites des sources et demande de la cible.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).