

Corrigé et barème – Production et transport de l'électricité

Générateurs, alternateurs, tensions alternatives, transport haute tension

Durée : 55 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Physique 3^e

Exercice 1 – Trois générateurs à l'oscilloscope (lecture d'un tableau) (4 pts)

- a) Pile : continue (valeur et signe constants, droite horizontale). Dynamo et alternateur : alternatives (sinusoïdes qui changent de signe périodiquement). (1)
- b) Dynamo : $f = 1 / 0,025 = 40$ Hz. Alternateur : $f = 1 / 0,020 = 50$ Hz, comme le secteur. (1)
- c) Période divisée par 2 (12,5 ms), fréquence doublée (80 Hz) ; la valeur maximale augmente aussi (la lampe éclaire plus fort). (1)
- d) $U_{\text{eff}} \approx 17 / 1,41 \approx 12$ V. Un voltmètre en mode alternatif (AC) branché en dérivation. (1)

Repère — continue = droite horizontale ; alternative = change de signe ; secteur = 50 Hz, $T = 20$ ms, 230 V efficaces et 325 V au maximum.

Exercice 2 – De la turbine à la ligne (chaîne de conversion) (4 pts)

- a) Énergie potentielle de l'eau → énergie cinétique (conduite) → énergie mécanique de rotation (turbine) → énergie électrique (alternateur) → tension élevée (transformateur) → ligne THT. Pertes thermiques à chaque conversion. (1)
- b) $P_{\text{méca}} = 60\,000 \times 9,8 \times 95 \approx 55,9$ MW ; $P_{\text{élec}} = 0,88 \times 55,9 \approx 49,2$ MW. (1)
- c) $I_1 = 49,2 \times 10^6 / 20\,000 \approx 2\,460$ A ; $I_2 = 49,2 \times 10^6 / 400\,000 \approx 123$ A. (1)
- d) Un transformateur élévateur. Le panneau fournit une tension continue : le transformateur ne fonctionne qu'en alternatif, il faut d'abord un onduleur. (1)

Le point clé — à puissance conservée, $U \times I$ est constant : élever la tension 20 fois divise l'intensité par 20, avant même de parler de pertes.

Exercice 3 – Pertes en ligne : maquette de laboratoire (démarche expérimentale) (4 pts)

- a) A : $P = 2 \times 2,0^2 = 8$ W. B : $P = 2 \times 0,2^2 = 0,08$ W. (1)
- b) Montage B : la lampe reçoit 11,8 V (presque sa tension nominale) au lieu de 8 V ; en A, 8 W des 24 W sont perdus dans la ligne. (1)
- c) $8 / 0,08 = 100 = (2,0 / 0,2)^2$: les pertes sont divisées par le carré du rapport des intensités. (1)
- d) Élever la tension 20 fois divise l'intensité par 20 et les pertes Joule par 400 sur des centaines de km ; des transformateurs abaisseurs successifs (400 kV → 225 → 63 → 20 kV → 230 V) ramènent la tension au niveau des usages. (1)

Erreur fréquente — croire que la haute tension « fait passer plus de puissance » : elle transporte la même puissance avec une intensité plus faible, et c'est l'intensité qui chauffe les fils.

Exercice 4 – L'équilibre du réseau (lecture d'un tableau)*(4 pts)*

- a) À 19 h : $83 - 74 = 9$ GW manquants. (1)
- b) La fréquence descendrait sous 50 Hz (alternateurs ralentis), avec risque de coupure générale.
Moyens : turbiner les STEP, démarrer des centrales à gaz, importer des pays voisins. (1)
- c) Excédent 5 GW : pomper l'eau vers les réservoirs des STEP (stockage), exporter, ou réduire la production de certaines centrales. (1)
- d) $9 / 1,3 \approx 7$ réacteurs. Ils ne serviraient que quelques heures par jour : investissement énorme pour un usage très faible ; on préfère stocker, échanger et lisser la consommation. (1)

Attention — l'électricité du réseau ne se stocke pas : production et consommation doivent s'égaliser seconde après seconde, et la fréquence 50 Hz en est le témoin.

Exercice 5 – Vrai ou faux argumenté, et prise d'initiative*(4 pts)*

- a) Faux : le panneau convertit directement la lumière en électricité (courant continu), sans pièce mobile ; il n'y a ni turbine ni alternateur. (1)
- b) Vrai : 230 V est la valeur efficace ; la valeur maximale vaut $230 \times 1,41 \approx 325$ V, atteinte une fois par demi-période. (1)
- c) Faux : l'intensité est divisée par 20, mais les pertes $R \times I^2$ sont divisées par $20^2 = 400$. (1)
- d) $R = 150 \times 0,04 = 6 \Omega$; $I = 300 \times 10^6 / 400\,000 = 750$ A ; pertes = $6 \times 750^2 = 3\,375\,000$ W $\approx 3,4$ MW, soit 1,1 % ; rendement $\approx 98,9$ %. (1)

Astuce — pour toute question de transport : d'abord $I = P / U$, puis pertes = $R \times I^2$; le facteur gagné sur I revient au carré sur les pertes.