

PREMIÈRE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · L'ÉNERGIE : CONVERSIONS ET TRANSFERTS ·
CHAPITRE 15

R. RINGUET · 2026 – 2027

Devoir bilan Énergie mécanique

Centrale hydroélectrique, lancer du poids, canon à électrons, monte-charge

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Les quatre exercices sont indépendants. Toute réponse doit être justifiée; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. La figure 2 est à compléter et à rendre avec la copie.

Formulaire : relation approchée $\sum \vec{F} \approx m \Delta \vec{v} / \Delta t$; vitesse en M_i : $v_i \approx M_{i-1} M_{i+1} / (2\tau)$; puissance $P = UI$; effet Joule $P_J = RI^2$.

Exercice 1 Une centrale hydroélectrique de haute chute

6 pts ●●●○

L'eau d'un lac de retenue, pratiquement immobile en surface, descend dans une conduite forcée jusqu'à une turbine située $h = 250 \text{ m}$ plus bas (figure 1). Elle en sort sous forme d'un jet qui fait tourner la turbine, couplée à un alternateur. Le débit est de 20 m^3 d'eau par seconde; masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

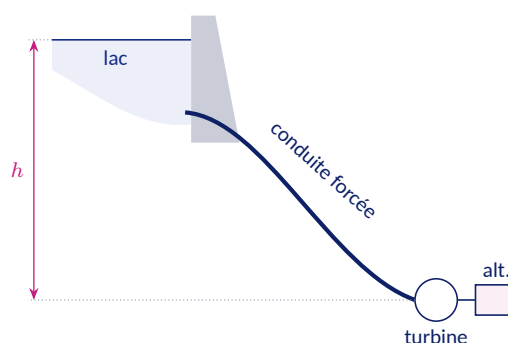


Figure 1 — Schéma de la centrale (échelle non respectée)

■ DONNÉES $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ • axe (Oz) vertical ascendant

- 1.1 Quelle masse m d'eau arrive à la turbine en une seconde ? Calculer le travail de son poids entre la surface du lac et la turbine.
- 1.2 En négligeant tous les frottements, montrer que l'eau arriverait à la turbine avec une vitesse $v = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 1.3 En réalité, l'eau arrive à $66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer, pour une seconde de fonctionnement, la variation d'énergie mécanique de l'eau entre le lac et la turbine. Quel pourcentage de l'énergie potentielle initiale est ainsi perdu dans la conduite ? Sous quelle forme ?
- 1.4 En déduire que la puissance mécanique reçue par la turbine est d'environ 44 MW. L'ensemble turbine-alternateur a un rendement de 90 % : calculer la puissance électrique fournie.
- 1.5 L'alternateur délivre une tension de 15 kV. Calculer l'intensité du courant produit. Pour le transport, un transformateur élève la tension à 225 kV (la puissance est conservée). Calculer la puissance perdue par effet Joule dans une ligne de résistance $R = 5,0 \Omega$, sous 225 kV puis, s'il n'y avait pas de transformateur, sous 15 kV. Conclure.
- 1.6 Écrire la chaîne énergétique de la centrale, du lac jusqu'à la ligne électrique, en précisant les pertes.
- 1.7 La centrale fonctionne l'équivalent de 2 500 h à pleine puissance par an. Calculer l'énergie électrique produite en GW·h. Combien de foyers consommant 4 500 kW·h par an peut-elle alimenter ?

Exercice 2 Le lancer du poids

5 pts ●●○

Un athlète lance un poids de masse $m = 7,26 \text{ kg}$. Le poids quitte sa main en M_0 , à $2,00 \text{ m}$ du sol. Un pointage vidéo, image par image ($\tau = 0,10 \text{ s}$), fournit les coordonnées de son centre, reportées dans le tableau et sur la figure 2. On néglige l'action de l'air ; l'origine des altitudes est prise au sol.

Point	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
$x \text{ (m)}$	0,00	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,20
$z \text{ (m)}$	2,00	2,65	3,20	3,66	4,02	4,28	4,44	4,50	4,46

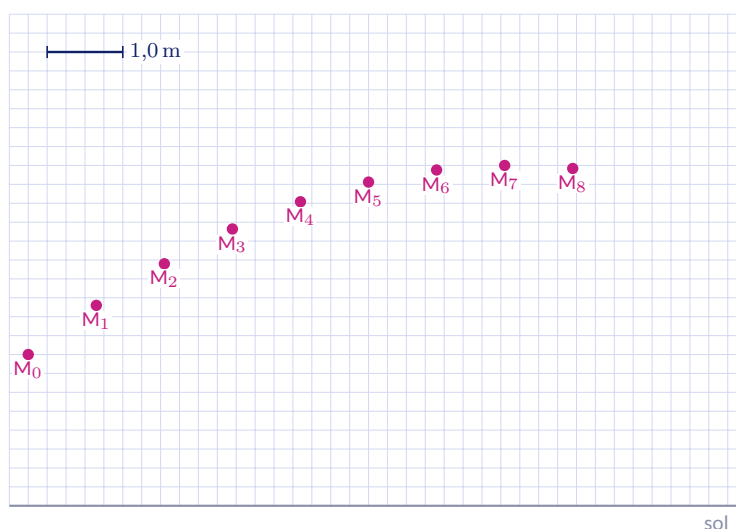


Figure 2 — Chronophotographie du lancer : 1 cm sur la figure représente 1,0 m (à compléter)

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ • axe (Oz) vertical ascendant

- 2.1 Calculer les coordonnées des vecteurs vitesse $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$, puis leurs valeurs. Les représenter en M_2 et M_4 avec l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2.2 Construire $\Delta \vec{v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ en M_3 . En déduire, avec $\Delta t = t_4 - t_2 = 2\tau$, la direction, le sens et la valeur de la somme des forces exercées sur le poids. Est-ce cohérent avec l'hypothèse faite sur l'action de l'air ?
- 2.3 Calculer l'énergie mécanique du poids en M_2 et en M_4 . Conclure.
- 2.4 Montrer que la composante horizontale de la vitesse du poids reste constante et vaut $9,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. En déduire, par un raisonnement énergétique, l'altitude maximale atteinte, sachant que le poids quitte la main à $11,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Comparer au pointage.
- 2.5 Calculer la vitesse du poids lorsqu'il touche le sol.

Exercice 3 Le canon à électrons

5 pts ●●○

Dans un canon à électrons, des électrons sont émis avec une vitesse négligeable par une cathode C, puis accélérés vers une anode A, plaque percée d'un petit trou, parallèle à la cathode et située à la distance $d = 2,0 \text{ cm}$ (figure 3). La tension entre l'anode et la cathode est $U_{AC} = 1,5 \text{ kV}$; le champ électrostatique $\vec{E}$ entre les plaques est uniforme, de valeur $E = U_{AC}/d$. On travaille dans le vide.

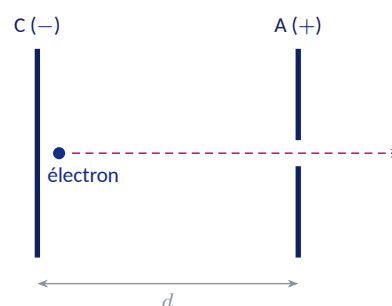


Figure 3 — Canon à électrons

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ • charge élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ • $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

- 3.1 Calculer la valeur E du champ. Reproduire la figure 3 et y représenter, sans souci d'échelle, le champ $\vec{E}$ entre les plaques et la force électrostatique $\vec{F}$ subie par un électron. Justifier leurs sens.
- 3.2 Calculer la valeur F de la force électrostatique, puis celle du poids de l'électron. Justifier que le poids est négligeable.
- 3.3 Calculer le travail de $\vec{F}$ lorsque l'électron va de la cathode à l'anode, et montrer qu'il s'écrit $W = e U_{AC}$.
- 3.4 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse de l'électron lorsqu'il traverse l'anode.
- 3.5 Pour obtenir des électrons deux fois plus rapides, faut-il doubler la tension ? Justifier.
- 3.6 Après avoir traversé l'anode, l'électron se déplace dans une région où ne règne aucun champ. Décrire son mouvement ultérieur. Que devient son énergie cinétique ?

Exercice 4 Le monte-charge de chantier

4 pts ●●○

Sur un chantier, un treuil électrique hisse une charge de masse $m = 250 \text{ kg}$ d'une hauteur $h = 12 \text{ m}$, à la vitesse constante $v = 0,40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (on néglige les phases de démarrage et d'arrêt). Le câble exerce sur la charge une force verticale $\vec{T}$. Le moteur du treuil est alimenté sous une tension $U = 230 \text{ V}$ et traversé par un courant d'intensité $I = 5,2 \text{ A}$; sa résistance interne vaut $r = 4,0 \Omega$.

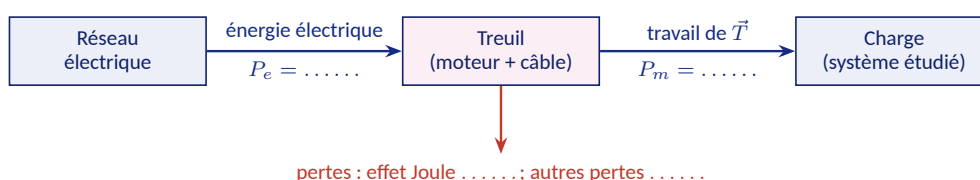


Figure 4 — Chaîne énergétique du treuil (puissances à compléter sur la copie)

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- 4.1 Calculer la durée de la montée, puis le travail du poids de la charge. En déduire le travail de $\vec{T}$. L'énergie mécanique de la charge se conserve-t-elle ?
- 4.2 Calculer la puissance mécanique fournie à la charge, la puissance électrique reçue par le moteur, puis le rendement du treuil.
- 4.3 Calculer la puissance perdue par effet Joule dans le moteur. Quelles sont les autres pertes d'énergie dans le treuil ? Les estimer, puis reporter toutes les puissances sur la chaîne énergétique de la figure 4.
- 4.4 Le treuil effectue 40 montées par jour. Calculer l'énergie électrique consommée chaque jour, en $\text{kW} \cdot \text{h}$.
- 4.5 On règle le treuil pour hisser la même charge à $0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le travail de $\vec{T}$ est-il modifié ? La puissance mécanique fournie à la charge ? Justifier.