

EXERCICES CH.12 : L'ÉNERGIE

1 Freinage d'un avion



Données sur l'Airbus A318

- Vitesse d'atterrissage : 240 km/h
- Masse maximale : 60 tonnes
- Le train d'atterrissage arrière est composé de 2 fois 2 roues, chacune disposant d'un système de freins à disque composé de 7 disques en carbone (soit 28 disques au total).
- Chaque disque pèse 1,5 kg
- Le train avant n'est pas équipé de système de freinage.
- La température des freins ne doit pas excéder 3000 °C.
- Capacité calorifique massique du carbone : $720 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$

L'A318 peut-il s'arrêter, après un atterrissage, uniquement grâce à ses freins ?

2 Une bêtise classique

Lu sur le site de Toyota France www.toyota.fr :

« Grâce à l'hydrogène – une source d'énergie essentielle dans l'avenir – qu'elle utilise comme carburant pour produire de l'électricité, la Mirai associe des performances environnementales élevées avec les avantages et le plaisir de conduite d'une voiture traditionnelle. »

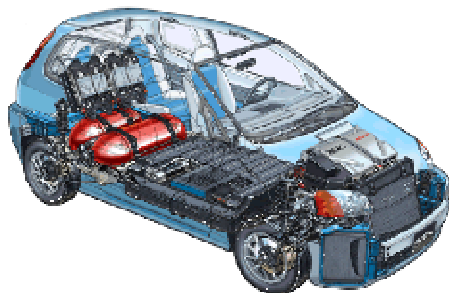
Commenter ce texte.

3 Voiture à hydrogène et énergie solaire

Document 1

La plupart des voitures électriques nécessitent une batterie afin de stocker l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement.

Mais une autre méthode de stockage de l'énergie dans une voiture électrique est possible. Un véhicule peut être équipé d'une pile à combustible fonctionnant au dihydrogène. La réaction du H_2 avec le O_2 de l'air, à l'intérieur de la pile, produit un courant électrique capable d'alimenter un moteur électrique.



Véhicule électrique fonctionnant avec une pile à combustible au dihydrogène

Document 2

Le dihydrogène n'existe pas dans la nature. Il faut le produire par électrolyse de l'eau, ce qui nécessite une grande quantité d'énergie électrique.

Pour un véhicule parfaitement écologique, ce dihydrogène doit être produit à partir d'une source d'énergie renouvelable, par exemple, l'énergie solaire.

Faire le schéma de toute la chaîne énergétique constituée de la l'installation solaire et de la voiture à pile à combustible.

4 Bilan énergétique de panneaux solaires

Les panneaux solaires photovoltaïques actuels ont un rendement moyen de 15 %. Ils convertissent l'énergie solaire en énergie électrique.

L'ordre de grandeur de l'ensoleillement, au sol, en Serbie, par une journée d'été ensoleillée est de $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$.

1. Faire un bilan énergétique d'un panneau solaire de 1 m^2 .
2. Quelle énergie peut-être récupérée dans ces conditions, en une journée (on compte 7 h d'ensoleillement), par une surface de 15 m^2 de panneaux solaires ?

3. Quelle volume d'eau peut-on faire passer de 20 à 40 °C avec cette énergie ? Est-ce suffisant pour prendre une douche ?

Rappel : capacité calorifique de l'eau liquide $c = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$

4. Justifier pourquoi, pour chauffer de l'eau, on préfère utiliser un chauffe-eau solaire plutôt que des panneaux photovoltaïques.

5 Voiture à hydrogène et énergie solaire

Exercice de spécialité de bac – Nouvelle-Calédonie 2013

Avec une installation de 70 m^2 de panneaux solaires, peut-on générer l'électricité nécessaire au rechargement d'un véhicule à hydrogène qui parcourt 20 000 km par an ?

Document 1 : Panneau photovoltaïque

Le rendement de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique des cellules photovoltaïques est de l'ordre de 20 %.

La puissance solaire moyenne reçue par unité de surface de panneau est $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (moyenne annuelle, nuit et jour).

Document 2 : Une voiture à hydrogène

Une voiture à hydrogène dispose d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible.



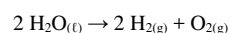
Cette pile fonctionne grâce à une réaction entre le dihydrogène contenu dans le réservoir de la voiture et le dioxygène de l'air.

Le dihydrogène nécessaire au fonctionnement de la pile est stocké à l'état gazeux sous une pression de 350 bar dans un réservoir de 110 L. Cette capacité de stockage confère au véhicule une autonomie de 200 km.

À l'intérieur du réservoir, le volume occupé par une mole de dihydrogène gazeux, appelé volume molaire, est égal à $0,070 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ lorsque le réservoir est plein.

Document 3 : Production de dihydrogène par électrolyse

Le dihydrogène est produit par une électrolyse de l'eau dont l'équation est la suivante :



L'énergie chimique à fournir pour former une mole de dihydrogène est $286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Seuls 60 % de l'énergie électrique nécessaire à cette électrolyse sont transformés en énergie chimique utilisable pour la réaction chimique.

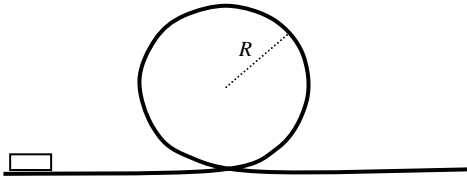
6 Lancé de caillou

On lance un caillou à la verticale, vers le haut. Au moment où il est lâché, sa vitesse vaut $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et sa hauteur est de 1,5 m par rapport au sol. On considère que les frottements sont négligeables. On prendra $g = 10 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

1. Quelle hauteur maximale va-t-il atteindre ?
2. Quelle sera sa vitesse au moment de toucher le sol ?

7 Jeu de fête foraine

Une attraction foraine est constituée d'un rail comportant une boucle circulaire de rayon R . Un palet de masse m peut glisser sans frottement sur le rail. Le palet peut effectuer une boucle si sa vitesse au sommet est supérieure à $\sqrt{R \cdot g}$. L'origine de l'altitude est prise au niveau le plus bas de la trajectoire.



1. Quelle est l'expression générale de l'énergie mécanique du palet ?
2. Pourquoi l'énergie mécanique est-elle constante ?
3. Avec quelle vitesse minimale doit-on lancer le palet sur la partie horizontale du rail afin qu'il effectue une boucle ? Calculer cette vitesse pour $R = 1$ m et $m = 150$ g. On prendra $g = 10$ N·kg⁻¹.

8 Équations-bilan de combustion

1. Donner l'équation-bilan de la combustion complète d'un alcane, de formule générale C_nH_{2n+2} .
2. Donner l'équation-bilan de la combustion complète d'un alcool, de formule générale $C_nH_{2n+2}O$.

9 Énergie, combustion et CO₂

Le méthane a une énergie de combustion de 802 kJ·mol⁻¹.

Le gazoil est un mélange d'hydrocarbures de formule brute moyenne $C_{12}H_{26}$. On l'assimilera à du dodécane $C_{12}H_{26}$ dont l'énergie de combustion est d'environ 7500 kJ·mol⁻¹.

Quel carburant possède le meilleur ratio énergie libérée / quantité de CO₂ produite ?

10 Transports et empreinte carbone

Document 1



Les émissions de CO₂ en TGV sont de l'ordre de 340 g de CO₂ pour 100 km et par passager.

Document 2



La consommation moyenne d'un véhicule diesel est de 6 L aux 100 km. Le gazole est un mélange d'un grand nombre de molécules, on l'assimilera à un alcane de formule brute $C_{12}H_{26}$.

Document 3



Un avion de 200 passagers consomme environ 1800 L de kérosène pour 100 km de trajet. Le kérosène est un mélange d'hydrocarbures que l'on assimilera à un alcane de formule brute $C_{11}H_{24}$.

1. Quel mode de transport choisir si l'on voyage seul et que l'on souhaite minimiser son empreinte carbone ?
2. Ce choix est-il toujours valable pour une famille de 4 personnes ? On prendra alors une consommation de 7 L de gazole au 100 km pour la voiture.

Données : $\rho_{\text{kérosène}} = 835$ g·L⁻¹ ; $\rho_{\text{gazole}} = 800$ g·L⁻¹.

11 Chargeur USB

On considère un chargeur USB, qui est un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0$ V et de résistance interne $r = 1,2$ Ω.

On connecte à ce chargeur un téléphone, que l'on réduira à un conducteur ohmique de résistance $R = 5,5$ Ω. Celui-ci peut se recharger si la tension aux bornes du chargeur est au moins égale à 4,0 V.

1. Le téléphone peut-il se recharger ? Quelle sera l'intensité du courant de charge fourni par le générateur ?
2. Même question pour le rechargement d'une tablette, assimilée à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5$ Ω.
3. Calculer la puissance thermique dissipée par le chargeur dans la première situation.

Correction

Ex. 1

Énergie cinétique de l'avion : $E_C = 1,33 \cdot 10^8 \text{ J}$ (ne pas oublier de convertir la vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et la masse en kg).

Cette énergie est intégralement transformée en chaleur communiquée aux disques de frein.

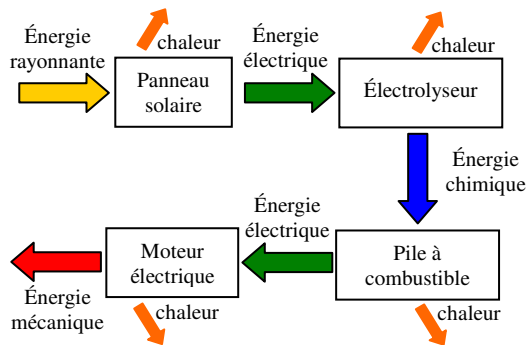
$$E_C = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = E_C / (m \cdot c) \cong 4400 \text{ }^\circ\text{C}$$

La température des freins augmente d'environ $4400 \text{ }^\circ\text{C}$, donc, l'avion ne peut pas s'arrêter uniquement à l'aide de ses freins.

Ex. 2

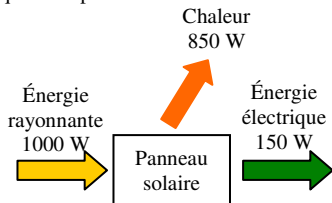
L'hydrogène (ou plutôt, le dihydrogène) n'est pas une source d'énergie. Il n'existe aucune réserve de dihydrogène sur Terre.

Ex. 3



Ex. 4

1. Bilan énergétique d'un panneau solaire de 1 m^2



2. Chaque mètre carré de panneau solaire récolte 15 % de $1000 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$.

L'énergie totale pour 15 m^2 et pour 7 h vaut :

$$E = 0,15 \times 1000 \times 15 \times 7 \times 3600 = 56,7 \text{ MJ}$$

3. Calcul de la masse d'eau : $E_{\text{th}} = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow m = \frac{E_{\text{th}}}{c \cdot \Delta\theta} = 678 \text{ kg}$ soit

678 L (attention au kg et au g !). Une douche consomme entre 30 et 50 L d'eau. Donc oui, c'est suffisant.

4. Un chauffe eau solaire communique la chaleur reçue directement à l'eau, sans transformer cette énergie en électricité. Son rendement est beaucoup plus élevé.

Ex. 5

Énergie annuelle produite par les panneaux photovoltaïques :

$$E = 0,2 \times 200 \times 70 \times 3600 \times 24 \times 365 = 88 \text{ GJ}$$

Explications :

1 m^2 de panneau fournit une puissance moyenne de $200 \times 0,2 = 40 \text{ W}$

Pour 70 m^2 de panneaux : $P = 40 \times 70 = 2800 \text{ W}$

Dans une année, il y a $3600 \times 24 \times 365 = 31,5 \cdot 10^6 \text{ s}$

Quantité de matière de H_2 produite avec cette énergie :

$$n(\text{H}_2) = 88 \cdot 10^9 / (286 \cdot 10^3 / 0,6) = 185 \text{ kmol}$$

Explications :

Pour produire une mole de H_2 , il faut une énergie dont 286 kJ représente 60 %, soit $286 / 0,6 = 477 \text{ kJ}$.

Calcul du H_2 nécessaire pour un an d'utilisation de la voiture :

Pour un réservoir : $n = 110 / 0,07 = 1,57 \text{ kmol}$.

Pour faire 20.000 km , on a besoin de 100 réservoirs, soit 157 kmol .

Conclusion :

Le dispositif peut produire 185 kmol de H_2 chaque année. La voiture en nécessite 157 . Donc la réponse à la question posée est oui.

Ex. 6

Justification que l'énergie mécanique se conserve dans ce cas : La seule force qui s'exerce sur le caillou est le poids. Les frottements sont négligeables, donc l'énergie mécanique se conserve tout au long du mouvement.

Il est très important de maîtriser cet exercice pour ce chapitre !

1. Si on appelle A le point de départ de la pierre, alors $v_A = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $z_A = 1,5 \text{ m}$. On appelle B le point le plus haut de la trajectoire : $v_B = 0$ et z_B est ce que l'on cherche à déterminer.

$$\bullet E_A = E_B \text{ donc } 0,5 \times m \times v_A^2 + m \times g \times z_A = 0,5 \times m \times v_B^2 + m \times g \times z_B$$

• On peut simplifier tous les termes de l'équation par m , de plus $v_B = 0$, donc on obtient : $0,5 \times v_A^2 + g \times z_A = g \times z_B$

$$\bullet \text{ Il suffit ensuite d'isoler } z_B : z_B = z_A + \frac{0,5 \times v_A^2}{g} = 2,8 \text{ m}$$

2. Appelons C le point où la balle touche le sol. $z_C = 0$.

$$E_A = E_C \rightarrow 0,5 \times v_A^2 + g \times z_A = 0,5 \times v_C^2$$

$$\rightarrow v_C = \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot z_A} = 7,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ex. 7

$$1. E_m = E_c + E_{pp} (= \frac{1}{2} m v^2 + m g z)$$

2. Il n'y a pas de frottement ni apport d'énergie extérieure

3.a. La vitesse initiale minimale doit être telle que la vitesse au sommet de la boucle (v_f) vale $\sqrt{R \cdot g}$.

$$\frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m v_f^2 + m g z_f$$

$$v_i^2 = v_f^2 + 2 g z_f$$

$$v_i^2 = R g + 2 g (2R)$$

$$v_i = \sqrt{5 R g}$$

$$v_i = \sqrt{5 \times 1 \times 10} = 7,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

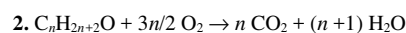
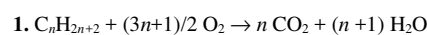
-0,75 si le résultat est juste mais l'expression littérale très inachevée.

-0,5 si expression littérale inachevée

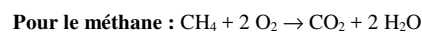
-1 si erreur minime ($z_f = R$)

$$E_{mf} = E_{cf} + E_{ppf} = 0,75 + 3 = 3,75 \text{ J}$$

Ex. 8

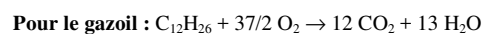


Ex. 9



Chaque mole de méthane produit une mole de CO_2 et libère 802 kJ .

Ceci fait 802 kJ par mole de CO_2 libérée.



Chaque mole de $C_{12} H_{26}$ produit 12 moles de CO_2 et libère 7500 kJ .

Ceci fait $7500 / 12 = 625 \text{ kJ}$ par mole de CO_2 libérée.

Pour une quantité d'énergie libérée, c'est le méthane qui produit moins de CO_2 .

Ex. 10

1. Comparaison des différents modes de transport :

• Le train produit 340 g de CO_2 pour 100 km et pour un passager. Aucun calcul n'est nécessaire.

• Pour 100 km un véhicule consomme 6 L de gazoil, soit $4,8 \text{ kg}$.

Quantité de matière de $C_{12} H_{26}$ consommée pour 100 km : $n = m / M = 4800 / (12 \times 12 + 26) = 28,2 \text{ mol}$.

Réaction de combustion de $C_{12} H_{26}$: $C_{12} H_{26} + 37/2 O_2 \rightarrow 12 CO_2 + 13 H_2O$.

Pour 100 km , un véhicule diesel rejette $12 \times 28,2 = 339 \text{ mol}$ de CO_2 , soit une masse de $m = n \times M = 339 \times 44 = 14,9 \text{ kg}$ de CO_2 !

• Pour l'avion : pour un passager, l'avion consomme 9 L de kérosène pour 100 km , soit $7,5 \text{ kg}$.

Quantité de matière de kérosène consommée pour 100 km : $n = 7500 / (12 \times 11 + 24) = 48 \text{ mol}$.

Chaque mole de kérosène consommée produit 11 mol de CO_2 . Donc l'avion rejette $48 \times 11 = 529$ mol de CO_2 par passager et par 100 km. Soit une masse $m = 529 \times 44 = 23,3$ kg !

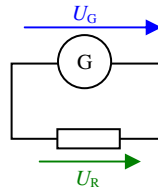
Conclusion : le train est de loin le mode de transport le moins polluant en CO_2 parmi les trois modes de transports proposés.

2. La consommation est augmentée de $1/6 \times 100 = 17\%$. Le rejet en CO_2 étant proportionnel à la consommation, celui-ci augmentera également de 17 %, soit 17,4 kg, mais pour 4 passagers.

Chaque passager est donc responsable de l'émission de 4,3 kg de CO_2 pour 100 km. C'est beaucoup moins que dans le cas où la voiture ne transporte qu'un seul passager, mais cela reste encore très supérieur à l'émission d'un train.

Ex.11

Schéma du montage :



D'après la loi d'additivité des tensions, vue en 3^e, la tension aux bornes du générateur U_G est égale à la tension aux bornes du téléphone U_R .

1. On sait que $U_G = E - r \cdot I$ et que $U_R = R \cdot I$

De plus, $U_G = U_R$, il suffit donc de résoudre ce système simple d'équations. On trouve $U_G = U_R = E / (1 + r/R) = 4,1$ V.

Le téléphone peut se recharger.

$$I = U_R / R = 0,75 \text{ A}$$

2. Cette fois, on trouve $U_G = 3,4$ V. Donc la tablette ne peut pas se recharger.

3. Puissance dissipée par le chargeur : $P = r \cdot I^2 = 0,7$ W