

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · L'ÉNERGIE : CONVERSIONS ET TRANSFERTS ·
CHAPITRE 17



R. RINGUET · 2026 – 2027

Sujet type bac Gaz parfait et premier principe

Deux exercices indépendants : le chauffe-eau solaire individuel, le coussin gonflable

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. La qualité de la rédaction, la rigueur scientifique et le respect des unités et des chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute expression littérale est établie avant l'application numérique ; toute démarche, même partielle, est valorisée. Les gaz sont assimilés à des gaz parfaits.

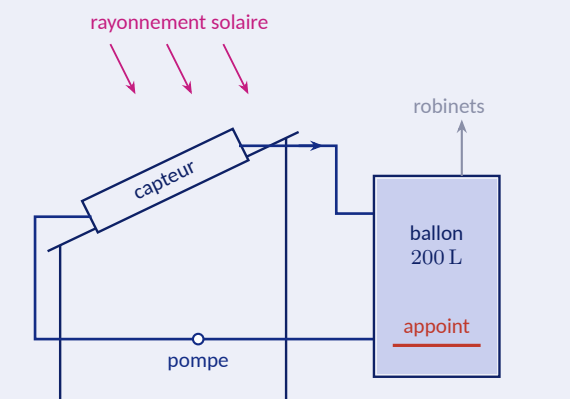
Exercice 1 Un chauffe-eau solaire individuel

12 pts ●●●

Une famille de quatre personnes équipe son pavillon d'un chauffe-eau solaire : des capteurs posés en toiture réchauffent, par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur, l'eau d'un ballon de stockage ; une résistance électrique d'appoint complète le chauffage lorsque le soleil ne suffit pas. Cet exercice évalue les besoins de la famille, la ressource solaire disponible un jour de printemps, puis la part d'appoint électrique nécessaire.

■ **DONNÉES** $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ • $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

■ DOCUMENT 1 — L'installation et ses caractéristiques



Les capteurs ont une surface totale $S = 4,0 \text{ m}^2$; ils convertissent en énergie thermique reçue par l'eau du ballon 45 % de l'énergie solaire qu'ils reçoivent. Le ballon de stockage contient $V = 200 \text{ L}$ d'eau. L'eau froide du réseau arrive à 12°C ; la consigne du ballon est 55°C . La résistance d'appoint a une puissance de $2\,400 \text{ W}$ et transfère à l'eau la totalité de l'énergie électrique consommée. L'électricité est facturée $0,20 \text{ €}$ le kilowattheure. Les pertes thermiques du ballon et des canalisations sont négligées dans tout l'exercice.

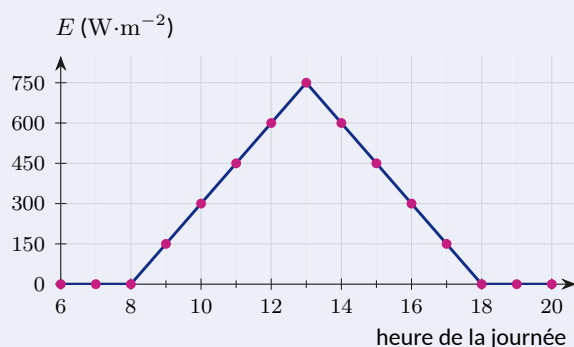
Partie A — Les besoins quotidiens en eau chaude sanitaire

La famille consomme chaque jour 50 L d'eau à 40°C par personne. Cette eau est obtenue en mélangeant, dans un mitigeur, de l'eau à 55°C prélevée dans le ballon et de l'eau froide du réseau à 12°C .

- 1.1 Calculer le volume d'eau à 40°C consommé chaque jour par la famille, puis la masse correspondante.
- 1.2 Écrire le bilan d'énergie interne du mélange réalisé dans le mitigeur, puis montrer que la masse d'eau chaude prélevée quotidiennement dans le ballon vaut $m_c = 130 \text{ kg}$.
- 1.3 Montrer que l'énergie thermique E_{besoin} à fournir chaque jour pour chauffer cette eau de 12°C à 55°C vaut $2,34 \times 10^7 \text{ J}$. L'exprimer en kilowattheures.
- 1.4 Vérifier que l'on obtient la même valeur en calculant l'énergie qu'il faudrait pour porter directement la totalité de l'eau consommée de 12°C à 40°C . Justifier ce résultat.

Partie B — La ressource solaire d'une journée de printemps

■ DOCUMENT 2 — Éclairement reçu par les capteurs, le 21 mars



L'éclairement E est la puissance solaire reçue par mètre carré de capteur. Les valeurs relevées toutes les heures le 21 mars, par ciel parfaitement dégagé, sont reportées ci-contre : l'éclairement est nul avant 8 h et après 18 h, et passe par un maximum à 13 h.

1.5 Relever l'éclairement maximal de la journée, puis calculer la puissance solaire maximale reçue par l'ensemble des capteurs.

1.6 Le programme Python ci-dessous calcule l'énergie solaire reçue par les capteurs pendant la journée, par la méthode des trapèzes, puis l'énergie utile transférée à l'eau du ballon. Expliquer le rôle de la variable dt et compléter la ligne 6.

```
1 E = [0, 150, 300, 450, 600, 750, 600, 450, 300, 150, 0] # W/m2, de 8 h à 18 h
2 S, rendement, dt = 4.0, 0.45, 3600.0
3 energie = 0.0
4 for i in range(len(E) - 1):
5     energie += (E[i] + E[i+1]) / 2 * dt * S
6     utile = ... # ligne à compléter
7 print(round(utile / 3.6e6, 2), "kWh")
```

1.7 Calculer « à la main » l'énergie solaire reçue par les capteurs au cours de la journée. On pourra remarquer que le graphique est un triangle et utiliser l'aire correspondante. Exprimer le résultat en joules puis en kilowattheures.

1.8 En déduire l'énergie utile E_{sol} transférée à l'eau du ballon, puis la valeur affichée par le programme.

1.9 On se place dans le cas le plus défavorable : le ballon, entièrement rempli d'eau froide à 12°C au lever du jour, reçoit cette énergie. Montrer que sa température en fin de journée vaut 41°C . Le solaire seul suffit-il à porter le ballon à la consigne de 55°C ?

Partie C — L'appoint électrique et l'analyse critique du modèle

1.10 Calculer l'énergie thermique que la résistance d'appoint doit fournir pour porter les 200 L du ballon de 41°C à 55°C , en joules puis en kilowattheures.

1.11 En déduire la durée de fonctionnement de la résistance, en heures et minutes, puis le coût de cet appoint.

1.12 Calculer le coût qu'aurait représenté, le même jour, un chauffage entièrement électrique du ballon depuis 12°C . En déduire l'économie réalisée grâce au chauffe-eau solaire, puis le pourcentage de l'énergie de chauffage du ballon (de 12°C à 55°C) apporté par le solaire.

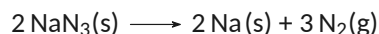
1.13 L'installateur annonce une économie annuelle de 490 €, obtenue en multipliant l'économie quotidienne précédente par 365. Discuter la validité de cette extrapolation en citant deux limites, l'une liée à la ressource solaire, l'autre à une hypothèse explicitement faite dans le document 1.

1.14 Le ballon est en réalité stratifié : l'eau chaude s'accumule dans sa partie haute, où se trouve le départ vers les robinets. En quoi cela rend-il le fonctionnement réel plus favorable que ne le prévoit le modèle utilisé ici, qui suppose l'eau du ballon à température uniforme ?

Exercice 2 Le coussin gonflable d'un véhicule

8 pts ●●●

En cas de choc, un générateur pyrotechnique gonfle un coussin de sécurité en moins de 50 ms. Le gaz produit est du diazote, libéré par la décomposition d'une pastille d'azoture de sodium selon la réaction totale



Une fois entièrement déployé, le coussin a un volume $V = 60,0 \text{ L}$; le diazote qu'il contient est alors à la pression $P = 1,25 \text{ bar}$ et à la température $\theta = 60^\circ\text{C}$.

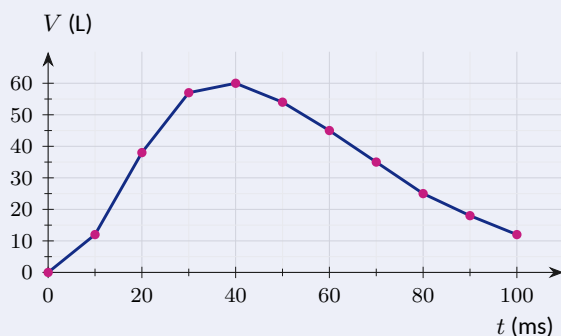
■ **DONNÉES** $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ • $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$

■ DOCUMENT 3 — Données sur le générateur de gaz

Masses molaires : $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ • la décomposition de la pastille libère une énergie thermique de 390 J par gramme d'azoture de sodium • le boîtier métallique du générateur a une masse $m_b = 250 \text{ g}$ et une capacité thermique massique $c_b = 4,5 \times 10^2 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; il reçoit 12 % de l'énergie thermique libérée • l'enveloppe du coussin est souple : la pression du gaz y reste égale à 1,25 bar tant que le coussin est gonflé.

- 2.1 Montrer que la quantité de diazote présente dans le coussin entièrement déployé vaut $n = 2,71 \text{ mol}$.
- 2.2 À l'aide de l'équation de la réaction, en déduire la quantité d'azoture de sodium décomposée, puis la masse de la pastille. Vérifier que cette masse est de l'ordre de la centaine de grammes.
- 2.3 Calculer l'énergie thermique libérée par la décomposition de la pastille, puis l'élévation de température du boîtier métallique. Pourquoi le générateur est-il logé dans un boîtier de forte capacité thermique ?
- 2.4 Lors d'un essai statique, on utilise un coussin dépourvu des événements par lesquels le gaz s'échappe normalement (voir le document 4). Quelques secondes après le déclenchement, le gaz s'est refroidi jusqu'à 25°C , la pression restant égale à 1,25 bar et la quantité de gaz étant inchangée. Nommer la transformation subie et calculer le nouveau volume du coussin.

■ DOCUMENT 4 — Volume du coussin au cours du déploiement



Une caméra rapide filme le déploiement d'un coussin lors d'un essai de choc frontal : le volume V occupé par le coussin est mesuré toutes les 10 ms à partir du déclenchement du générateur, pris comme origine des dates.

- 2.5 À l'aide du document 4, relever le volume maximal atteint par le coussin et la date à laquelle il est atteint. Ces valeurs sont-elles cohérentes avec les données de l'énoncé ?
- 2.6 Calculer le débit volumique moyen de gaz pendant la phase de gonflage, en $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.
- 2.7 Déterminer graphiquement la date à laquelle le volume du coussin n'est plus que de 25 L. Expliquer, en une ou deux phrases, pourquoi un coussin qui resterait gonflé serait dangereux pour l'occupant.
- 2.8 Le modèle du gaz parfait est-il bien adapté à la description du gaz contenu dans le coussin ? Justifier en discutant les conditions de pression et de température.
- 2.9 L'azoture de sodium est très toxique, alors que le diazote produit est inoffensif (le sodium formé, très réactif, est aussitôt neutralisé par d'autres constituants de la pastille). Quelle exigence cela impose-t-il sur la réaction de décomposition ? Quelle grandeur, étudiée en première, permet de vérifier que la pastille a été entièrement consommée ?