

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · L'ÉNERGIE : CONVERSIONS ET TRANSFERTS ·
CHAPITRE 18



R. RINGUET · 2026 – 2027

Sujet type bac Transferts thermiques

Deux exercices indépendants : rénover une maison de 1975, une bouteille isotherme à l'épreuve

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. Formulaire : paroi plane : $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$, $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$, parois en série : $R_{th} = \sum R_i$ • loi de Newton : $\Phi = h S (T_{ext} - T)$, $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext})e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{mc}{h S}$.

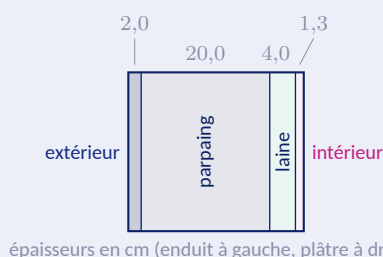
Exercice 1 Rénover une maison de 1975

12 pts ●●●

Une famille fait réaliser l'étude thermique de son pavillon avant d'engager des travaux de rénovation. Cet exercice évalue les déperditions actuelles, chiffre l'effet des travaux envisagés et en discute la pertinence.

■ **DONNÉES** 1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J

■ DOCUMENT 1 — Le mur extérieur d'origine



Le mur est formé, de l'extérieur vers l'intérieur, d'un enduit, d'un mur en parpaings, d'une laine minérale d'origine et d'une plaque de plâtre. La surface totale des murs extérieurs, déduction faite des fenêtres, vaut $S_m = 88,0 \text{ m}^2$.

matériau	enduit	parpaing	laine	plâtre
$\lambda \text{ (W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	1,15	1,05	0,045	0,25

■ DOCUMENT 2 — Les autres parois et les conditions de chauffage

Résistances thermiques globales fournies par le bureau d'études : fenêtres ($16,0 \text{ m}^2$) $R = 3,10 \times 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$; plancher bas $R = 4,40 \times 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$. Les combles ($78,0 \text{ m}^2$) sont isolés par 10,0 cm de laine de $\lambda = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; on néglige la résistance de la charpente. La maison est chauffée à 19°C ; sur la saison de chauffe, d'une durée de 165 j, la température extérieure moyenne est de 5°C . La chaudière à gaz a un rendement de 0,90 et le gaz coûte 0,115 € le kWh. Les déperditions par renouvellement d'air ne sont pas prises en compte dans cette étude.

Partie A — L'état des lieux

- 1.1 Calculer la résistance thermique de chacune des quatre couches du mur, puis celle de l'ensemble des murs extérieurs. Quelle couche est la plus efficace ?
- 1.2 En déduire le flux thermique traversant les murs, puis calculer celui qui traverse les fenêtres, les combles et le plancher bas. Donner le flux thermique total de l'enveloppe.

- 1.3** Calculer l'énergie thermique à fournir sur toute la saison de chauffe, en kWh, puis l'énergie de gaz consommée et le coût annuel du chauffage.
- 1.4** Calculer la part de chaque poste (murs, fenêtres, combles, plancher) dans les déperditions totales. Quel poste faut-il traiter en priorité ?
- 1.5** Le programme ci-dessous calcule la résistance thermique du mur. Compléter la ligne 6, puis indiquer les deux valeurs qu'il affiche.

```

1 S = 88.0
2 e = [0.020, 0.200, 0.040, 0.013] # epaisseurs en m
3 lam = [1.15, 1.05, 0.045, 0.25] # conductivites en W/(m.K)
4 R = 0.0
5 for i in range(len(e)):
6     R = R + ... # ligne a completer
7 print("R_th =", round(R, 5), "K/W")
8 print("Phi =", round(14 / R, 1), "W")

```

Partie B — Le projet de rénovation

■ DOCUMENT 3 — Les trois lots de travaux

Lot 1 — murs : isolation par l'extérieur, 16,0 cm de polystyrène graphité ($\lambda = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), 140 € par m^2 de mur. **Lot 2 — combles** : on déroule 22,0 cm de laine supplémentaire ($\lambda = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) par-dessus l'existante, 22 € par m^2 de comble. **Lot 3 — fenêtres** : remplacement par des menuiseries de résistance thermique globale $R = 4,80 \times 10^{-2} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$, 600 € par m^2 de fenêtre. Le plancher bas n'est pas traité.

- 1.6** Calculer la nouvelle résistance thermique des murs, puis le flux thermique qui les traverse après travaux.
- 1.7** Calculer de même les nouveaux flux thermiques à travers les combles et les fenêtres, puis le flux total de l'enveloppe rénovée. Par quel facteur les déperditions ont-elles été divisées ?
- 1.8** En déduire, pour chacun des trois lots, l'énergie utile économisée en une saison (en kWh) puis l'économie annuelle sur la facture de gaz.
- 1.9** Calculer le coût de chaque lot, puis son temps de retour sur investissement. Classer les trois lots du plus rentable au moins rentable.

Partie C — Analyse critique

- 1.10** Avant travaux, la facture annuelle réelle s'élevait à 12 400 kWh de gaz, dont 1 800 kWh attribués à l'eau chaude sanitaire. Calculer l'écart relatif entre la consommation de chauffage réelle et celle prévue par le modèle. Citer deux phénomènes, négligés dans l'étude, qui expliquent le sens de cet écart.
- 1.11** Les aides publiques couvrent 8 000 € du montant total des travaux. Calculer le temps de retour global du projet avec puis sans ces aides. Que penser du lot le moins rentable ? Citer deux raisons, autres qu'énergétiques, de le réaliser tout de même.
- 1.12** La chaudière doit pouvoir maintenir 19°C lorsque la température extérieure descend à -5°C . Calculer la puissance nécessaire avant et après travaux. Quelle conséquence pratique cela a-t-il sur le choix de la nouvelle chaudière ?

Exercice 2 Une bouteille isotherme à l'épreuve

8 pts ●●●

Un club de randonnée teste une bouteille isotherme. On y verse $m = 0,50 \text{ kg}$ de café, assimilé à de l'eau, à 95°C ; la bouteille est fermée et laissée dans une pièce à 20°C . Une sonde enregistre la température du liquide pendant 24 h (figure 1). La surface d'échange de la bouteille vaut $S = 6,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$. Le fabricant annonce un coefficient $h_{\text{réf}} = 0,48 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ et la mention « *votre boisson est encore à plus de 70°C après 6 h* ».

■ **DONNÉES** $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

- 2.1 À l'aide du document 4, expliquer par quel dispositif chacun des trois modes de transfert thermique est limité dans cette bouteille.
- 2.2 Déterminer graphiquement la température initiale du café et celle de la pièce, puis le temps caractéristique τ par deux méthodes différentes. Exprimer τ en heures et en secondes.
- 2.3 En déduire la valeur du coefficient h de la loi de Newton, avec son unité. La comparer à celle obtenue pour une tasse ouverte, de l'ordre de $15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.
- 2.4 L'incertitude-type sur cette mesure vaut $u(h) = 0,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Calculer l'écart normalisé $z = \frac{|h - h_{\text{réf}}|}{u(h)}$ et conclure sur la compatibilité des deux valeurs (compatibilité admise si $z < 2$).
- 2.5 La mention portée sur l'emballage est-elle justifiée ? Répondre à l'aide de l'expression de $T(t)$.
- 2.6 Calculer l'énergie thermique perdue par le café pendant les six premières heures, puis le flux thermique moyen correspondant.
- 2.7 Déterminer la durée au bout de laquelle le café passe au-dessous de 50°C . Citer une hypothèse du modèle qui devient discutable sur une aussi longue durée.
- 2.8 Le club hésite avec un modèle de $1,0 \text{ L}$ de la même gamme, de surface d'échange $S' = 9,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ et de même coefficient h . Calculer son temps caractéristique, puis la température du café après 6 h. Justifier, à l'aide de l'expression de τ , l'affirmation : « plus la bouteille est grande, plus la boisson reste chaude longtemps ».

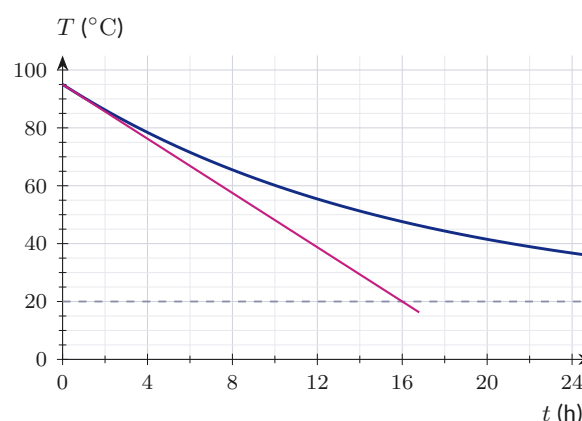


Figure 1 — Température du café (en rose : tangente à l'origine)

■ DOCUMENT 4 — La bouteille isotherme

Le récipient est formé de deux parois d'acier inoxydable emboîtées. L'espace entre les deux parois est vidé de son air. Leurs faces en regard sont recouvertes d'un dépôt métallique brillant. Le bouchon est en matière plastique et les deux parois ne se touchent qu'au niveau du col.