

SECONDE · PHYSIQUE-CHIMIE · CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE ·
CHAPITRE 7

R. RINGUET · 2026 – 2027

Contrôle B Transformations physiques

Changements d'état, échanges d'énergie : lyophilisation et recyclage de l'acier

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée. Les résultats numériques sont donnés avec leur unité et un nombre de chiffres adapté. Toute démarche, même partielle, sera valorisée.

Exercice 1 Vrai ou faux ?

4 pts ●●○

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, puis justifier la réponse par une phrase ou un calcul.

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • eau : $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5$, $L_{\text{vap}} = 2,26 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00$, $\rho_{\text{glace}} = 0,92 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

- 1.1 « Le sucre fond dans le thé chaud : c'est une fusion. »
- 1.2 « Quand un litre d'eau liquide gèle, on obtient un litre de glace. »
- 1.3 « La formation de la rosée sur l'herbe est une transformation endothermique. »
- 1.4 « Il faut presque sept fois plus d'énergie pour vaporiser une masse d'eau que pour faire fondre la même masse de glace. »

Exercice 2 Fabriquer du café lyophilisé

8 pts ●●○

Le café soluble « lyophilisé » est obtenu en retirant l'eau d'un extrait de café sans le chauffer, pour préserver ses arômes. Une usine traite un lot de 400 kg d'extrait de café liquide contenant, en masse, 60 % d'eau.

- **Étape 1** : l'extrait est refroidi à -40°C ; l'eau qu'il contient se transforme en glace.
- **Étape 2** : dans une enceinte où règne une très basse pression, la glace passe directement à l'état gazeux ; des plaques chauffantes placées sous les plateaux apportent de l'énergie sans faire fondre la glace.
- **Étape 3** : la vapeur d'eau est aspirée vers un « piège froid » à -60°C , sur lequel elle se transforme directement en glace (figure 1).

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • eau : $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, $L_{\text{sub}} = 2,83 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

- 2.1 Nommer le changement d'état de l'eau à chaque étape et écrire les équations symboliques correspondantes.
- 2.2 Pour chaque étape, indiquer si la transformation de l'eau est endothermique ou exothermique.
- 2.3 Calculer la masse d'eau à retirer du lot, puis la masse de café lyophilisé obtenu (on suppose que toute l'eau est retirée).

- 2.4 Calculer l'énergie que doivent apporter les plaques chauffantes pendant l'étape 2. Pourquoi cet apport est-il indispensable ?
- 2.5 Quelle énergie le piège froid doit-il évacuer pendant l'étape 3 ? Justifier.

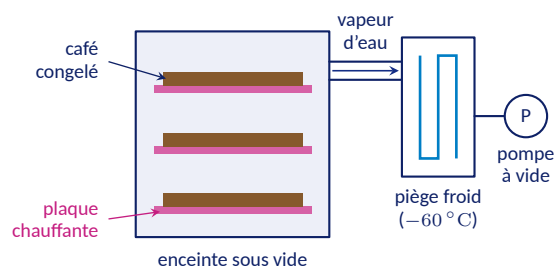


Figure 1 — Principe d'un lyophilisateur

- 2.6 Un technicien affirme : « C'est la congélation de l'étape 1 qui coûte le plus d'énergie. » Comparer, par un calcul, les énergies échangées par l'eau lors des changements d'état des étapes 1 et 2, puis conclure.
- 2.7 Quelle masse d'extrait de café liquide faut-il traiter pour remplir un pot de 100 g de café lyophilisé ?

Exercice 3 Recycler l'acier

8 pts ●●●

Dans une aciérie, on recycle de la ferraille en la faisant fondre dans un four électrique; l'acier liquide est ensuite coulé dans des moules refroidis par une circulation d'eau, où il se solidifie. On assimile l'acier à du fer pur Fe. La figure 2 donne l'évolution de la température d'une charge de 100 t de ferraille dans le four.

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • L : fusion du fer $2,47 \times 10^5$, vaporisation de l'eau $2,26 \times 10^6$ ($J \cdot kg^{-1}$) • $1\text{ t} = 1\,000\text{ kg}$ • $1\text{ kW} \cdot h = 3,6 \times 10^6\text{ J}$

- 3.1 Relever la température de fusion du fer et la durée de la fusion. Écrire l'équation symbolique de la fusion.
- 3.2 Décrire ce qui se passe à l'échelle microscopique au cours de la fusion.
- 3.3 Calculer l'énergie reçue par la charge pendant la fusion seule.

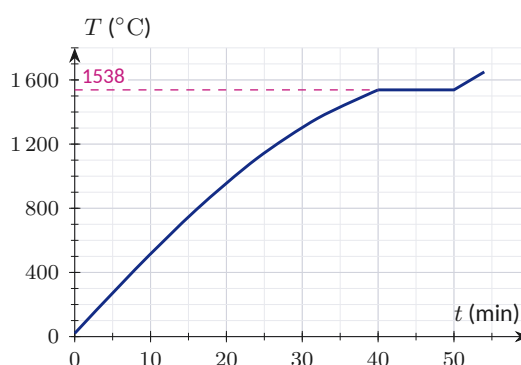


Figure 2 — Température de la charge dans le four

- 3.4 Le four consomme $400\text{ kW} \cdot h$ d'énergie électrique par tonne de ferraille. Calculer, en joules, l'énergie consommée pour la charge de 100 t. Quel pourcentage de cette énergie sert à la fusion proprement dite ? Proposer deux utilisations du reste de l'énergie.
- 3.5 Dans un moule, un bloc de 12 t d'acier liquide se solidifie. L'eau de refroidissement du moule reçoit l'énergie cédée; une partie de cette eau se vaporise. Quelle masse d'eau, au maximum, l'énergie cédée par la solidification de ce bloc pourrait-elle vaporiser, si cette eau est déjà à 100 °C ? Présenter clairement la démarche.
- 3.6 Dans le moule, l'acier liquide, à $1\,650\text{ °C}$ lorsqu'il est coulé, refroidit jusqu'à 800 °C . Tracer l'allure de la courbe donnant sa température en fonction du temps; indiquer la température du palier et l'état physique de l'acier sur chaque partie de la courbe.