

Séance de 1 heure | Situation et cours

Eau chaude sanitaire : chauffer un ballon

Seconde TNE | Compétences CC3, CC6, CC9

Prénom et nom : Classe :

Énoncé — Contexte professionnel : installation d'un ballon d'eau chaude sanitaire

Un plombier-chauffagiste installe et met en service un **ballon d'eau chaude sanitaire (ECS)** électrique dans un logement. Le ballon stocke l'eau et la chauffe grâce à une **résistance**. Dans le scénario étudié, la consigne du thermostat est réglée sur **60 °C** et l'eau du réseau arrive à environ **15 °C**.

Lors de la mise en service, le client pose plusieurs questions : « *Quelle énergie faut-il pour chauffer l'eau ? Combien de temps met le ballon à chauffer ? Combien cela me coûtera-t-il dans l'année ? Et un chauffe-eau thermodynamique, est-ce vraiment plus économique ?* »

Définition — Chaleur sensible

La **chaleur sensible** est l'énergie Q qu'il faut apporter à une masse d'eau pour faire monter sa température : $Q = m \times c \times \Delta T$.

- Q : énergie en **joules (J)** ; m : masse d'eau en **kilogrammes (kg)** — pour l'eau, 1 L $\leftrightarrow$ 1 kg ;
- $c = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$: capacité thermique massique de l'eau ;
- $\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$: écart de température, en **°C**.

Propriété — Conversion en kWh, durée de chauffe et coût

- L'énergie de la facture se compte en **kilowattheures** : $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$, donc $E_{(\text{kWh})} = Q_{(\text{J})} \div (3,6 \times 10^6)$.
- Une résistance de puissance P apporte l'énergie $Q = P \times t$, donc $t = \frac{Q}{P}$, avec Q en J, P en **W** et t en **secondes**.
- Coût = $E_{(\text{kWh})} \times \text{prix du kWh}$. Tarif retenu : **0,20 €/kWh**.

Erreur fréquente — Erreurs fréquentes et limites du modèle

- Convertir les litres en kilogrammes : pour l'eau, 80 L = 80 kg.
- ΔT est un *écart* : chauffer de 10 °C à 55 °C donne $\Delta T = 55 - 10 = 45 \text{ °C}$, et non 55 °C.
- Convertir les joules en kWh avant de calculer un coût.
- Le modèle néglige les pertes de la cuve et des canalisations : la durée et le coût réels sont un peu plus grands. Le COP d'un chauffe-eau thermodynamique est supposé constant.

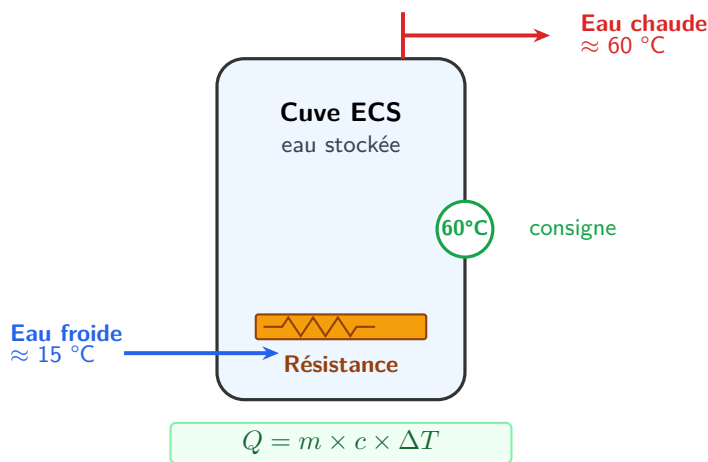
Exemple — Chauffer 80 L d'eau de 10 °C à 55 °C avec une résistance de 1 200 W

- Masse et écart : $m = 80 \text{ kg}$ et $\Delta T = 55 - 10 = 45 \text{ °C}$.
- Énergie : $Q = 80 \times 4180 \times 45 = 15\,048\,000 \text{ J} \approx 1,50 \times 10^7 \text{ J}$.
- En kWh : $E = 15\,048\,000 \div 3\,600\,000 \approx 4,18 \text{ kWh}$.
- Durée : $t = 15\,048\,000 \div 1200 = 12\,540 \text{ s}$, soit $12\,540 \div 3600 \approx 3,5 \text{ h}$.
- Coût d'une chauffe : $4,18 \times 0,20 \approx 0,84 \text{ €}$.

Schéma et exercices | Socle

Énergie, durée et coût d'une chauffe

Écris tes calculs et l'unité de chaque résultat.



Ballon ($15 \rightarrow 60\text{ °C}$)	Énergie Q
50 L	$\approx 9,4\text{ MJ} \approx 2,61\text{ kWh}$
80 L	$\approx 15,0\text{ MJ} \approx 4,18\text{ kWh}$
300 L	$\approx 56,4\text{ MJ} \approx 15,68\text{ kWh}$

Ballon d'eau chaude sanitaire vu en coupe, schéma sans échelle. L'eau froide du réseau ($\approx 15\text{ °C}$) entre en bas, la résistance la chauffe jusqu'à la consigne de 60 °C , et l'eau chaude part en haut vers les robinets.

Exercice 1 – Énergie pour chauffer 100 L

Exemple — Sur d'autres valeurs

Un ballon de 50 L passe de 15 °C à 50 °C : $m = 50\text{ kg}$, $\Delta T = 50 - 15 = 35\text{ °C}$, puis $Q = 50 \times 4180 \times 35 = 7\,315\,000\text{ J}$.

À toi de jouer.

Un installateur thermique met en service un ballon de **100 L**. L'eau passe de 20 °C à 60 °C . On rappelle $c = 4180\text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$.

- Donner la masse d'eau, en kg.
- Calculer l'écart de température ΔT .
- Calculer l'énergie Q nécessaire, en joules.

Exercice 2 – Convertir des joules en kWh

Exemple — Sur d'autres valeurs

Une chauffe demande $Q = 10\,800\,000\text{ J}$: $E = 10\,800\,000 \div 3\,600\,000 = 3\text{ kWh}$.

À toi de jouer.

Pour chauffer un ballon, il faut une énergie $Q = 18\,000\,000\text{ J}$. On rappelle $1\text{ kWh} = 3,6 \times 10^6\text{ J}$.

- Par quel nombre faut-il diviser une énergie en joules pour l'obtenir en kWh ?
- Convertir cette énergie en kWh.

Exercice 3 – Durée de chauffe**Exemple — Sur d'autres valeurs**

$Q = 9\,000\,000$ J avec une résistance de $1\,500$ W : $t = 9\,000\,000 \div 1\,500 = 6\,000$ s, soit $6\,000 \div 3\,600 \approx 1,7$ h.

À toi de jouer.

Pour chauffer un ballon il faut une énergie $Q = 14\,400\,000$ J. La résistance a une puissance $P = 2\,000$ W. On rappelle $t = \frac{Q}{P}$, avec t en secondes.

1. Calculer la durée de chauffe, en secondes.

2. Convertir cette durée en heures.

Exercices | Standard**Exercice 4 – Énergie et coût annuel de l'eau chaude****Exemple — Sur d'autres valeurs**

Un ballon réchauffe chaque jour 60 L d'eau de 15°C à 55°C : $Q = 60 \times 4\,180 \times 40 = 10\,032\,000$ J, soit $10\,032\,000 \div 3\,600\,000 \approx 2,79$ kWh. Coût par jour : $2,79 \times 0,20 \approx 0,56$ €. Sur un an : $2,79 \times 365 \approx 1\,018$ kWh et $0,56 \times 365 \approx 204$ €.

À toi de jouer.

Dans le modèle du cours, un plombier-chauffagiste met en service un ballon de **200 L** pour une famille de quatre personnes. Chaque jour, la famille utilise **130 L** d'eau chaude : le ballon réchauffe donc 130 L d'eau froide de 15°C à 60°C . On prend $c = 4\,180$ J/(kg·°C), $1\text{ kWh} = 3,6 \times 10^6$ J et un prix de $0,20$ €/kWh.

1. Calculer l'énergie Q (en J) nécessaire chaque jour, puis la convertir en kWh.

2. En déduire le coût par jour.

3. Calculer l'énergie sur une année (365 jours), en kWh, puis le coût annuel.

Exercice 5 – Choisir la puissance de la résistance**Exemple — Sur d'autres valeurs**

Pour apporter $21\,600\,000$ J en 4 heures au plus : $4 \times 3\,600 = 14\,400$ s, puis $P = 21\,600\,000 \div 14\,400 = 1\,500$ W au minimum. Parmi $1\,200$ W, $1\,800$ W et $2\,400$ W, la plus petite qui convient est $1\,800$ W.

À toi de jouer.

Un plombier-chauffagiste doit chauffer un ballon de **150 L** de 15°C à 60°C . L'énergie nécessaire est $Q \approx 28\,215\,000$ J. Le client souhaite que la chauffe ne dépasse pas **3 heures**.

1. Convertir 3 heures en secondes.

2. La durée vaut $t = \frac{Q}{P}$. En isolant P , on a $P = \frac{Q}{t}$. Calculer la puissance minimale de la résistance.
-
3. Parmi les résistances de 1500 W, 2000 W, 2400 W et 3000 W, laquelle (la plus petite) permet de chauffer le ballon en moins de 3 heures ?
-

Exercice | Approfondissement

Exercice 6 – Ballon électrique ou chauffe-eau thermodynamique ?

Exemple — Sur d'autres valeurs

Pour 1 800 kWh de chaleur par an à 0,20 €/kWh : ballon électrique $1\,800 \times 0,20 = 360$ € ;
 chauffe-eau thermodynamique de COP 2,5 : $1\,800 \div 2,5 = 720$ kWh, soit $720 \times 0,20 = 144$ €.
 Économie : $360 - 144 = 216$ € par an.

À toi de jouer.

Un installateur de pompes à chaleur reprend le logement de l'exercice 4, qui consomme environ **2 500 kWh de chaleur par an** pour l'eau chaude. Il compare deux solutions :

- **Solution A — ballon à résistance électrique** : 1 kWh d'électricité donne 1 kWh de chaleur.
- **Solution B — chauffe-eau thermodynamique (CET) de COP = 3** : il restitue 3 kWh de chaleur pour 1 kWh d'électricité consommée.

Prix de l'électricité : **0,20 €/kWh**.

1. Pour la solution A, quelle énergie électrique faut-il par an ? En déduire le coût annuel.

2. Pour la solution B, l'électricité consommée vaut $E_{\text{élec}} = \frac{\text{chaleur}}{\text{COP}}$. Calculer cette énergie, puis le coût annuel.

3. Quelle est l'économie annuelle apportée par le chauffe-eau thermodynamique ?

Mon bilan avec l'enseignant : ☐ Calculer $Q = m c \Delta T$ ☐ Convertir en kWh et calculer une durée
☐ Comparer un coût annuel.