

Capacités
exigibles :

- Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique
- Procéder à l'étude énergétique d'un système thermodynamique

1 Problématique et documents

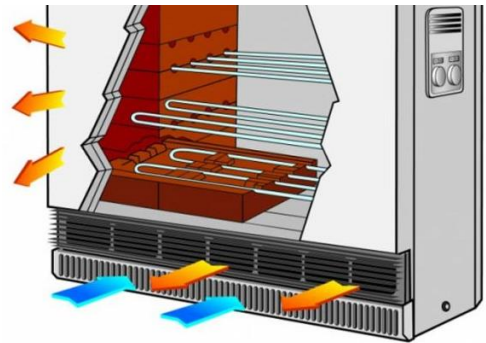
Vos vieux radiateurs électriques consomment beaucoup trop d'électricité pour le peu de chauffage qu'ils apportent. Vous décidez de les changer. Une annonce sur internet attire votre attention :

Les radiateurs à accumulation d'énergie, qu'est-ce que c'est ?

Les radiateurs électriques appelés accumulateurs emmagasinent l'énergie sous forme de chaleur durant les périodes de tarifications avantageuses des distributeurs d'électricité.



Un assemblage de briques spécifiques stocke dans une enceinte close la chaleur produite par plusieurs résistances électriques de forte puissance. Selon la configuration, la chaleur est redistribuée soit en continu, soit uniquement en journée pendant la tarification heures pleines. Des émetteurs d'appoints classiques sont alors nécessaires pour travailler en heures creuses et compléter les besoins importants.



La brique réfractaire utilisée pour stocker la chaleur possède une capacité thermique massique de l'ordre de 900 J/kg/K, c'est à dire qu'il faut fournir 900 J pour élever la température de 1 kg de brique de 1 degré. De plus, la faible conductivité thermique de la brique permet une restitution lente et progressive.

Les résistances blindées en nickel en forme de U transforment l'énergie électrique en chaleur par effet Joule pour atteindre des températures comprises entre 600 à 800°C. La conversion et le stockage affichent un rendement proche de 100%.

La chaleur est accumulée durant les 8 heures de tarification réduite et est restituée pendant les 16 heures durant lesquelles l'électricité est facturée plein tarif.

Dans un système de chauffage domestique, cette capacité d'accumulation thermique se traduit par la possibilité pour 350 kilogrammes de briques de stocker environ 60 kWh d'énergie (durant les 8 heures de tarification réduite) et de restituer ensuite pendant 16 h l'équivalent d'une puissance de chauffe de 3,75 kW.

D'après <http://www.radiateur-electrique.org/radiateur-accumulation.php>

La lecture de cet article amène à la problématique suivante (ne pas y répondre tout de suite) :

Quel est l'intérêt d'utiliser des briques réfractaires dans les systèmes de chauffages électriques dits à « accumulation d'énergie » ?

1. Expliquer en quelques lignes l'intérêt financier pour un particulier d'un chauffage à accumulation plutôt qu'un chauffage électrique classique.
2. Vérifier, par un calcul, qu'une puissance de chauffe de 3,75 kW pendant 16h correspond bien à une énergie stockée d'environ 60 kWh.

2 Introduction à LA formule du chapitre

Si on veut élever la température d'un système (solide ou liquide) d'une température initiale T_i à une température finale T_f , il faut augmenter son énergie interne U en lui apportant une certaine quantité d'énergie thermique Q .

Cette quantité d'énergie thermique (chaleur) Q dépend :

- du matériau constituant le système
- de la masse m du système à chauffer
- de la variation de température souhaitée $T_f - T_i$

Cette quantité d'énergie thermique transférée se calcule par la formule :

$$Q = m \times c_m \times (T_f - T_i)$$



<http://bit.ly/2iogKI9>

☞ Regarder la **vidéo (jusqu'à 4'52)** ci-contre et répondre aux questions suivantes :

- ✎ 1. Recopier la formule et donner les **noms** et les **unités** de chacun des termes.
- ✎ 2. Compléter les valeurs manquantes dans le tableau ci-dessous.
- ✎ 3. A partir de la définition et du tableau de valeurs ci-dessous, déterminer quelle énergie il faut apporter à 1 kg d'eau liquide pour élever sa température de 1°C.
- ✎ 4. En déduire l'énergie thermique Q qu'il faut apporter à 200 g d'eau initialement à 20°C pour l'amener à la température de 35°C.

Définition : la **capacité thermique massique** c_m d'un corps correspond à l'énergie qu'il faut fournir à 1 kg de ce corps pour élever sa température de 1 K.

Certains corps peuvent accumuler d'avantage d'énergie que d'autres : leurs capacités thermiques massiques sont différentes. La capacité thermique massique c_m dépend de la substance constituant le solide ou le liquide :

État	Solide				Liquide		
Substance	fer	laiton	béton	brique	eau	huile	alcool
c_m (J. kg ⁻¹ .K ⁻¹)	460		880	840		2000	2400

- ✎ 5. Proposer alors une hypothèse pour répondre à la problématique posée dans la partie 1.

3 Manipulations

Afin de vérifier l'hypothèse proposée dans la partie précédente, on cherche à déterminer la capacité thermique massique des solides disponibles au labo : le laiton (alliage de cuivre et de zinc), la brique réfractaire, la brique rouge et différents matériaux minéraux.

Pour cela on va mesurer, dans un calorimètre, **l'énergie thermique transférée entre un échantillon solide très chaud et une certaine masse d'eau froide**. Les températures initiales et finales de chaque substance seront mesurées.

☞ Noter le matériau étudié (choisi par le professeur) :

L'échantillon du matériau étudié est placé depuis quelques heures dans une étuve dont la température est $T_1 \approx$

☞ Poser le calorimètre sur une balance et faire la tare.

☞ Introduire une masse $m_2 = 150$ g d'eau froide (du robinet) dans le bécher du calorimètre.

☞ Agiter l'eau, attendre un peu et relever la température initiale de l'eau dans le calorimètre : $T_2 =$

☞ Aller chercher le solide étudié chaud et le plonger rapidement mais **DELICATEMENT** dans le calorimètre.

☞ Peser de nouveau l'ensemble {calorimètre + eau + échantillon}. En déduire la masse de l'échantillon : $m_1 =$

☞ Agiter en remuant doucement, attendre quelques minutes que la température atteigne un maximum puis relever la température finale de l'eau : $T_f =$

Le système {eau} :

- ✎ 1. Quelle est la variation de température de l'eau dans le calorimètre ? L'eau dans le calorimètre a-t-elle gagné ou perdu de l'énergie ? Donner l'expression littérale de la variation de son énergie interne que l'on notera Q_2 .

Le système {échantillon solide} :

- ✎ 2. Quelle est la variation de température du solide dans le calorimètre ? Le solide dans le calorimètre a-t-elle gagné ou perdu de l'énergie ? Donner l'expression littérale de la variation de son énergie interne que l'on notera Q_1 .

Bilan thermique :

En supposant que les transferts thermiques avec l'extérieur et avec le calorimètre sont négligeables, on peut faire l'hypothèse que toute l'énergie perdue par l'échantillon solide a été transférée à l'eau. Ainsi : $|Q_1| = |Q_2|$

- ✎ 7. En déduire l'expression littérale de la capacité thermique massique c_m du solide étudié. Calculer sa valeur.

Données : $c_{eau} = 4185$ J.kg⁻¹.K⁻¹.

4 Conclusions

✎ Relever dans le tableau les valeurs expérimentales des différents matériaux, les comparer aux valeurs de référence et conclure en répondant à la problématique.

Matériau	$c_{exp.}$ en J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	$c_{ref.}$ en J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
Laiton		377
Brique rouge		840
Brique réfractaire		900
Roche blanche		710