



Activités de la séquence n°10

Stockages et transferts d'énergie



Fiches de synthèse mobilisées :

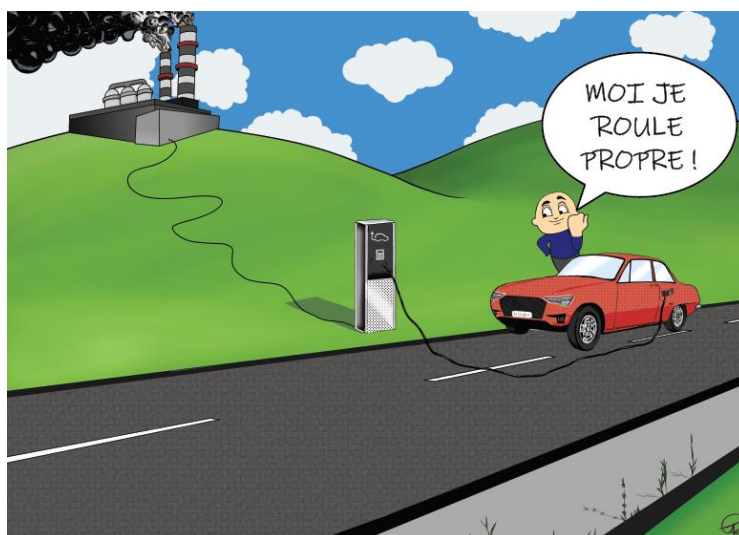
Fiche n°10 : stockages et transferts d'énergie



Sommaire des activités

ACTIVITÉ 1 :	la voiture électrique est-elle forcément « propre » ?	1
ACTIVITÉ 2 :	mesure du rendement d'une bouilloire électrique	3
ACTIVITÉ 3 :	récipients « isothermes »	4
ACTIVITÉ 4 :	quelle conséquence si on laisse ouvert le réfrigérateur ?	5

ACTIVITÉ 1 : la voiture électrique est-elle forcément « propre » ?



Débat oral

- Observer ce dessin humoristique. Pourquoi le personnage dit-il cela à votre avis ?
- Quel message veut faire passer son auteur ?

Une étude physique de différentes voitures

Hypothèse de travail :

On considère que la totalité de l'électricité produite dans le pays où habite le personnage du dessin provient de centrales thermiques **au fioul**. Il s'agit de centrales qui exploitent l'énergie cédée par du fioul en combustion pour produire de l'électricité. C'est une hypothèse caricaturale mais qui nous donnera des bases pour analyser scientifiquement le message suggéré par ce dessin.

NB : « fioul », « gazole », « mazout » ou « diesel » sont les noms d'un seul et même carburant, selon qu'il est utilisé pour se chauffer, pour alimenter le moteur d'une voiture ou... produire de l'électricité.

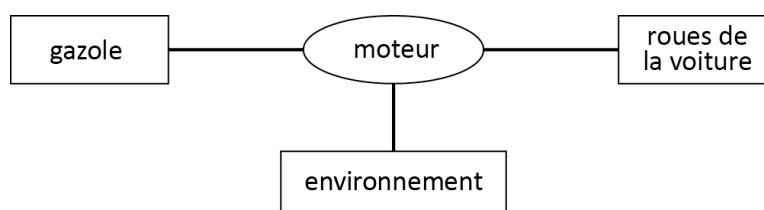
**DONNÉES :**

- Pour parcourir 100 km, le moteur d'une voiture de masse moyenne doit céder en moyenne 72 MJ à ses roues par travail mécanique.
- Énergie cédée par le fioul (par unité de volume) lors de sa combustion : 37 MJ / L
- Rendement moyen d'un moteur diesel : 42 %
- Rendement moyen d'un moteur électrique : 90 %
- Rendement moyen d'une centrale thermique au fioul : 39%

1^{ère} partie : 100 km en voiture diesel

On envisage tout d'abord un parcours de 100 km dans une voiture diesel satisfaisant les valeurs moyennes données ci-dessus.

La chaîne énergétique qui représente cette situation est :



1. Dans cette chaîne, on a choisi de ne représenter que les transferts d'énergie (pas les stockages). Sous quelle forme le gazole stocke-t-il son énergie ?
2. Certains systèmes sont représentés dans des rectangles, d'autres dans des ellipses : que signifie cette distinction ?
3. Compléter cette chaîne énergétique en orientant chacun des transferts et attribuer à chacun d'eux un symbole de type $|W_1|$, $|W_2|$, etc. ou $|Q_1|$, $|Q_2|$, etc. selon qu'il s'agit d'un travail ou d'un transfert thermique.
4. L'encadré ci-dessus donne la valeur de l'un de ces transferts d'énergie : lequel ?
5. Exploiter la valeur du rendement du moteur diesel pour calculer la valeur de l'énergie reçue par le moteur.
6. En déduire le volume de carburant consommé par le parcours.

2^{ème} partie : 100 km en voiture électrique

On étudie désormais le même parcours, mais effectué par une voiture électrique. On considère, pour simplifier, que la batterie et son chargeur ont un rendement de 100% (ce qui est approximativement le cas lorsque le matériel est neuf).

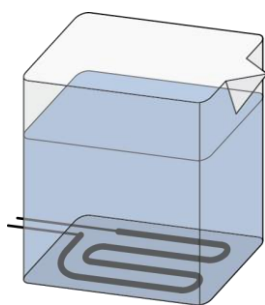
7. Faire la chaîne énergétique complète correspondant à ce parcours, en partant du fioul utilisé dans la centrale électrique qui produit l'électricité.
8. Exploiter la valeur du rendement du moteur électrique pour calculer l'énergie qu'il reçoit.
9. Exploiter la valeur du rendement de la centrale au fioul pour calculer la valeur de l'énergie qu'elle a dû consommer pour permettre ce parcours.
10. Finalement, calculer le volume de carburant consommé par ce trajet en voiture « électrique » et le comparer au résultat obtenu avec la voiture diesel.
11. Nous avons supposé que le rendement de l'ensemble batterie + chargeur valait 100% mais ce n'est pas exactement le cas. Si l'on avait tenu compte de rendement véritable (environ 90% en moyenne) : le constat de la question 10 aurait-il été atténué ou accentué ?

Pour aller plus loin (questions à débattre oralement)

12. L'étude que nous venons de conduire est caricaturale mais donne à réfléchir... À quelle condition sur l'électricité produite la voiture électrique a-t-elle un intérêt écologique ? Qu'en est-il en France ?
13. Imaginons un pays, lui aussi fictif, où la totalité de l'électricité provient de ressources renouvelables et non polluantes. Peut-on alors dire que la voiture électrique est « totalement propre » ? Sinon, que faudrait-il étudier plus en détails pour débattre de cette question ?



ACTIVITÉ 2 : mesure du rendement d'une bouilloire électrique



Une bouilloire permet de chauffer de l'eau à l'aide d'une résistance chauffante alimentée électriquement. Le but de l'activité est de mesurer son rendement.

On dispose pour cela du matériel suivant :

- une bouilloire du commerce ;
- une balance ;
- un compteur électrique ;
- un chronomètre ;
- un thermomètre.

DONNEES et relations utiles

- Relation entre travail et puissance électriques :

$$W_{elec} = P_{elec} \times \Delta t$$

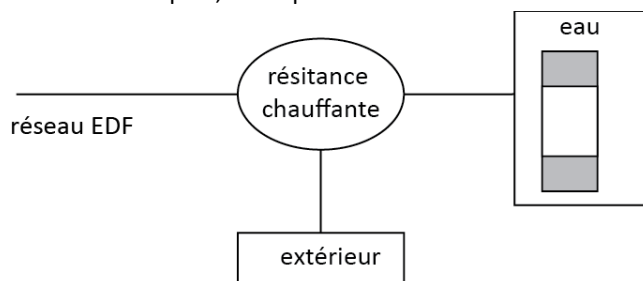
- Relation entre la variation de l'énergie interne et la variation de température pour un liquide :

$$\Delta U = mc\Delta T$$

la masse m du liquide étant exprimée en kg, la variation de température ΔT en °C ou en K et c étant la capacité thermique massique du liquide, en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

1. Reproduire et compléter cette chaîne énergétique afin qu'elle représente les transferts d'énergie réalisés par cette résistance chauffante (on appellera « extérieur » l'air ambiant et les parois de la bouilloire). La nature de l'énergie stockée par l'eau sera indiquée, ainsi que son sens de variation.



2. On rappelle que le rendement d'un convertisseur est défini par :

$$\eta = \left| \frac{\text{transfert utile}}{\text{transfert total reçu}} \right|$$

Exprimer le rendement de cette bouilloire.

3. Exploiter la chaîne énergétique et la relation donnée dans l'encadré pour en déduire une relation entre le transfert thermique qu'elle reçoit et sa variation de température.
4. Proposer un protocole utilisant le matériel disponible et permettant de mesurer le rendement de la bouilloire présent dans la salle de classe.
5. Réaliser le protocole, noter les résultats des mesures effectuées et calculer le rendement de la bouilloire.

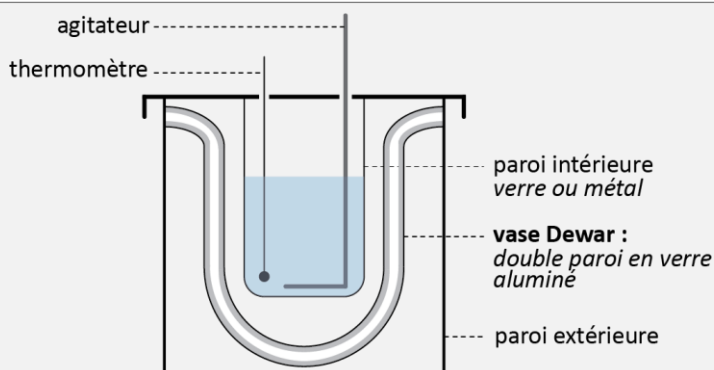


ACTIVITÉ 3 : récipients « isothermes »

On cherche dans cette activité à comparer entre eux trois récipients : une tasse ordinaire, un mug vendu comme « isotherme » et un calorimètre à vase Dewar, dont le principe est expliqué dans le document ci-après.

DOCUMENT :**Le calorimètre à vase Dewar**

Le calorimètre à vase Dewar est conçu pour minimiser les échanges d'énergie entre son contenu et l'extérieur. Voici ci-contre une vue en coupe expliquant sa constitution.

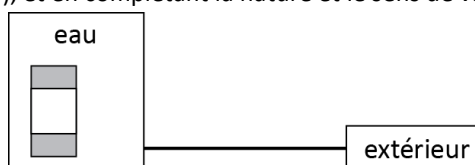
**Expérience :**

- Faire bouillir 1 litre d'eau environ.
- Verser 100 mL dans un mug classique.
- Verser 100 mL d'eau dans un mug « isotherme »
- Verser 100 mL d'eau dans un calorimètre à vase Dewar.
- Attendre quelques secondes et mesurer les températures T_{i1} , T_{i2} et T_{i3} de l'eau dans les trois récipients.
- Une heure plus tard, mesurer les températures de l'eau T_{f1} , T_{f2} et T_{f3} .

Étude théorique (traitable lorsque l'expérience est en cours).

Le système étudié est l'eau (quel que soit le récipient qu'elle contient). Le but de cette partie est d'établir une expression de l'énergie échangée par l'eau.

1. Quelle est la forme d'énergie stockée par l'eau qui varie au cours de l'expérience ?
2. Par quel mode de transfert l'eau échange-t-elle de l'énergie avec l'extérieur ?
3. Compléter ce diagramme en orientant le transfert d'énergie entre l'eau et l'extérieur, en précisant sa nature (au moyen d'un symbole $|W|$ ou $|Q|$), et en complétant la nature et le sens de variation de son énergie stockée.



La variation de l'énergie interne de l'eau vaut : $\Delta U = mc_{eau} \Delta T$

m étant la masse d'eau en kg, $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ sa capacité thermique massique et ΔT sa variation de température (en K ou en °C).

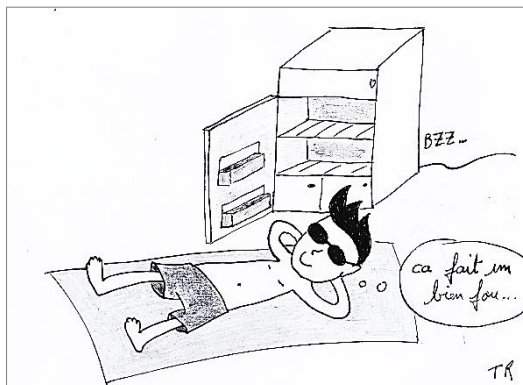
Déduire de cette relation, en utilisant le diagramme précédent, l'expression de l'énergie cédée par l'eau en fonction de sa variation de température ΔT .

Exploitation des résultats (à traiter une fois l'expérience terminée)

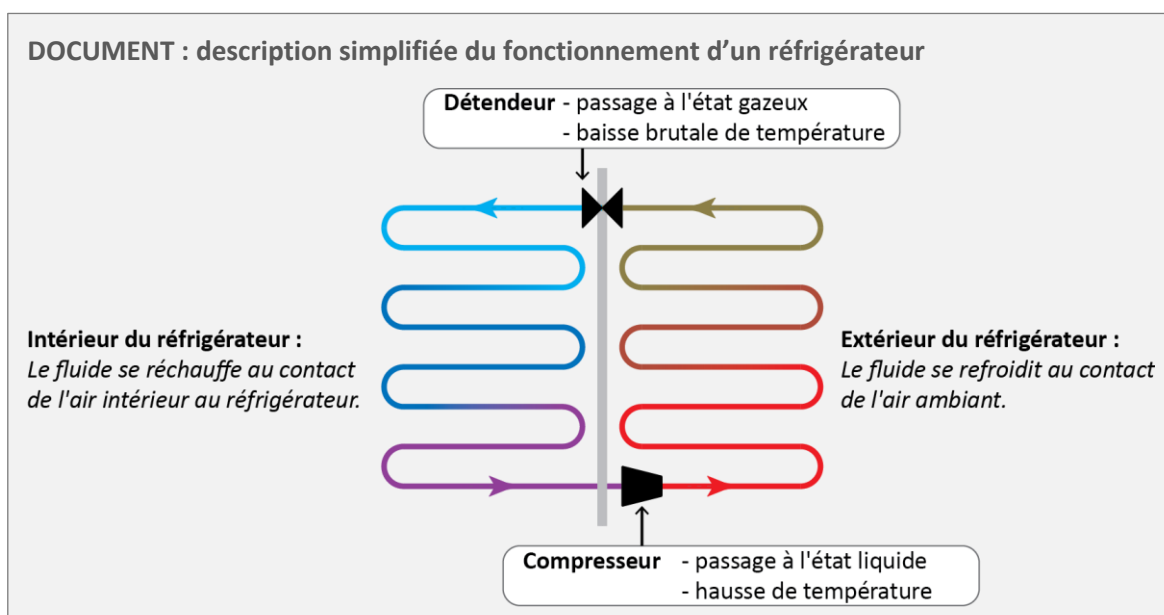
4. Calculer l'énergie cédée par l'eau à l'extérieur dans les trois récipients testés. En déduire un classement de ces récipients, en fonction de leur « efficacité », en précisant le critère retenu.
5. Exploiter le document ci-dessus pour justifier que le calorimètre à vase Dewar soit plus performant que les autres récipients testés : indiquer précisément quel mode de transfert chaque paroi qu'il contient permet de minimiser.
6. Si on laisse toute la nuit les trois récipients dans la salle de classe et si l'on mesure, demain matin, la température de l'eau dans chacun d'eux, quel résultat trouvera-t-on ?
7. Déduire de la question précédente, parmi le transfert thermique (en joule) ou sa puissance, quelle est la grandeur pertinente pour évaluer la qualité d'une isolation thermique.



ACTIVITÉ 4 : quelle conséquence si on laisse ouvert le réfrigérateur ?



Ce dessin propose une solution pour se rafraîchir lors des canicules : laisser ouvert son réfrigérateur... Cela permet-il vraiment de faire baisser la température dans une pièce ?

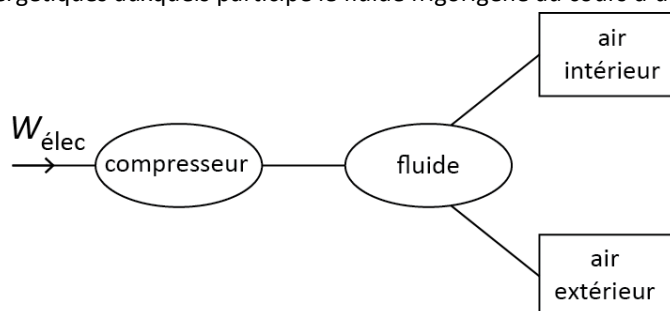


Réponse intuitive

1. Répondre intuitivement à la question : laisser ouverte la porte du réfrigérateur en fonctionnement permet-il de refroidir une pièce, cela est-il neutre vis-à-vis de la température ou cela engendre-t-il un échauffement ?

1^{ère} partie : le réfrigérateur fermé

Le fonctionnement du réfrigérateur est décrit dans le document ci-dessus. Ce diagramme, que nous allons compléter, représente les transferts énergétiques auxquels participe le fluide frigorigène au cours d'un cycle :



2. Compléter le diagramme en fléchant les transferts et en leur attribuant des symboles de type W_1 , W_2 , etc. ou Q_1 , Q_2 , etc. selon qu'il s'agit de travaux ou de transferts thermiques.



3. Le fluide, au cours d'un cycle, n'accumule pas d'énergie : c'est un convertisseur. En utilisant le principe de conservation de l'énergie, écrire une relation entre **les valeurs absolues** des transferts représentés dans le diagramme.
4. Parmi les transferts mis en jeu, lequel peut être qualifié de transfert utile ?
5. Attribuer un signe à chaque transfert, le système étudié étant le fluide. Écrire alors la relation entre eux, en tenant compte cette fois de leurs **valeurs algébriques**.
6. Parmi les deux transferts thermiques mis en jeu : lequel est le plus élevé en valeur absolue ? Justifier à l'aide d'une des relations écrites aux questions précédentes.
7. Montrer que la réponse précédente permet d'ores et déjà de répondre à la question posée par le titre de cette activité.

2^{ème} partie : le réfrigérateur ouvert

8. La porte du réfrigérateur est désormais ouverte. Proposer un nouveau diagramme représentant les transferts énergétiques auxquels participe désormais le fluide frigorigène.
9. Montrer que ce diagramme, sans calcul, permet de répondre à la question posée par le titre de l'activité.
10. Citer un objet du quotidien qui aurait le même bilan énergétique que le réfrigérateur ouvert.