

Énergie et puissance

Approf.

On se centre ici sur le travail de conceptualisation de la puissance pensée comme un débit d'énergie. On propose trois niveaux de modélisation :

1. *La simple analogie : l'énergie est représentée par de l'eau (du robinet) ; les wattheures ou les joules sont par exemple des millilitres d'eau et la puissance est un débit d'écoulement de cette eau mesuré par exemple en millilitres par secondes ou par minute.*
2. *L'analogie énergétique avec de l'eau sucrée : dans ce cas l'énergie est réelle, c'est celle qui est contenue dans le sucre de la solution sucrée.*
3. *L'analogie énergétique avec l'alcool à brûler : dans ce cas l'énergie est également réelle, c'est celle qui est contenue dans l'alcool.*

*Le document **Énergie et puissance – Unités, exemple, ordres de grandeur, modélisation** donne des indications pratiques pour réaliser des montages expérimentaux permettant la modélisation de l'énergie et de la puissance selon les trois niveaux de modélisation décrits ci-dessus. Il comporte des problèmes destinés à la mise en place de ces analogies. Ces problèmes sont déclinés dans les trois formes didactiques correspondant aux phases d'immersion, de conceptualisation et de réinvestissement.*

*Les problèmes du document **Modèle des gouttes d'énergie – Problèmes** se rapporte à des situations évoquant des énergies sous forme thermique, électrique, chimique et mécanique se manifestant dans divers phénomènes d'échanges et de transferts. Il s'agit d'exercer la représentation de l'énergie sous forme de gouttes colorées. Un choix est à faire en fonction des élèves auxquels on s'adresse et de ses intentions pédagogiques.*

*(Ces problèmes font également partie du document "**Vous avez dit énergie - Extraits**")*

*D'autre part, on propose aux élèves des problèmes destinés à relier ce qui leur est familier et qu'ils peuvent expérimenter à la maison à des activités réalisables en classe. C'est l'objet des propositions faites dans le document **Énergie à la maison**. Pour rendre les élèves à l'aise avec les unités couramment utilisées pour l'énergie et la puissance, on peut mettre à leur disposition un Convertisseur d'unités (application Smartphone, Internet, fichier Excel).*

*En plus des problèmes présentés ci-dessus, on peut encore proposer aux élèves les deux **situations-problèmes** suivantes :*

- | | |
|----------------|--|
| ME 2.06 | énergie consommée et puissance d'appareils électriques |
| ME 2.14 | comparaison des énergies consommées par quelques appareils électriques |
| CE 2.06 | trouver l'énergie consommée d'après la puissance |

*Enfin, on pourra tester sa perspicacité en faisant l'**Exercice du document Erreurs à rechercher dans le chapitre « vous avez dit "énergie" ? » de l'ouvrage***

Comment enseigner les sciences, André Giordan, Francine Pellaud, Delagrave, 2008

QCM Énergie

Items Nos 11, 17, 22, 23, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 42, 48

Enseignement de l'énergie selon le PER

Unités, exemples, ordres de grandeur

Énergie et puissance modélisation

avec des problèmes

Ce dossier comprend des documents pouvant aider à la conceptualisation des grandeurs physiques que sont l'énergie et la puissance en les explicitant dans des situations concrètes et en les reliant à des considérations relatives aux métabolisme humain (besoins énergétiques)

Contenu du dossier

- p. 1 Énergie, puissance, wattheure, watt... Des exemples pour tenter d'y voir clair
- p. 2 L'énergie et la puissance – Modélisation par l'écoulement d'un fluide matériel
- p. 3 Dispositif compte gouttes pour la modélisation de la puissance et de l'énergie
- p. 4 Quand le dispositif compte gouttes devient encore plus pertinent
 - Modélisation du thermoplongeur avec de l'alcool à brûler
- p. 5-6 - Suite logique: faire brûler l'alcool pour chauffer de l'eau
- p. 7 - Modélisation du'un thermoplongeur avec de l'eau sucrée
- p. 8 - Modélisation du métabolisme d'un-e adolescent-e.
- P. 9-11 Propositions d'activités relatives à ces formes de modélisation
- p.12-13 Notes didactiques relatives aux activités de modélisation de la puissance
- p.14-15 Préparation et propriétés d'une solution de saccharose dilué dans de l'eau

Énergie, puissance, wattheure, watt... Des exemples pour tenter d'y voir clair

Le wattheure et ses multiples

L'unité de base utilisée pour la mesure de l'énergie électrique est le wattheure (Wh). Le plus couramment, on utilise le kilowattheure (kWh) qui vaut 1'000 Wattheures (comme on utilise le kilomètre qui vaut 1'000 mètres). C'est par exemple l'unité employée pour la facturation de l'énergie utilisée par un ménage. Mais s'agissant de plus grandes quantités d'énergie, c'est en mégawattheures (MWh), c'est-à-dire en millions de wattheures ou milliers de kilowattheures qu'on la mesure. On utilise aussi le gigawattheures (GWh) qui vaut 1'000 de mégawattheures soit un millions de kilowattheures ou même en térawattheure (TWh) qui vaut 1'000 gigawattheures ! Ce sont les unités dont on se sert pour parler des énergies fournies par les centrales électriques.

Note : l'énergie est parfois appelée « travail », notamment en mécanique. Elle se mesure aussi en calories et en joules.

Des exemples :

Pour se représenter ces énergies, on peut donner quelques exemples : le cœur humain a besoin de 1 à 5 wattheures pour battre durant une heure. Pour son fonctionnement (sans effort), le corps humain a besoin d'environ 100 Wh par heure soit environ 2400 wattheures par jour. Cette énergie est dissipée en chaleur. Une ampoule dont la puissance est de 50 watts (W) consomme une énergie de 50 wattheures en une heure de fonctionnement ou ½ kilowattheure en 10 heures de fonctionnement. Un aspirateur de 2'000 watts de puissance consomme 2'000 wattheures en une heure. Si on passe l'aspirateur durant un quart d'heure, on « grille » 500 wattheures ou ½ kilowattheure.

Puissance ou énergie ?

Ces exemples montrent la différence entre la puissance et l'énergie : la puissance se mesure en watts (W), kilowatts (kW), mégawatts (MW), gigawatts (GW) ou térawatts (TW). La puissance est la faculté de délivrer de l'énergie. On peut se faire une bonne image en se représentant la puissance comme un débit d'énergie. C'est la vitesse à laquelle s'écoule l'énergie. Mais ce qui a de la valeur, ce qui se vend et s'achète, c'est l'énergie. Par analogie, ce qui a de la valeur, ce n'est pas le débit des robinets de la maison, mais la quantité d'eau qui en sort... et c'est bien ce qu'on paie ! De même on ne paie pas pour la puissance des appareils installés chez soi mais bien pour l'énergie qu'on leur fait consommer. Ceci dit, attention : si des appareils puissants, comme un aspirateur ou un sèche-cheveux, peuvent ne pas coûter cher à l'usage parce qu'on s'en sert peu, des appareils peu puissants comme un frigo, un congélateurs ou des appareils en mode veille (stand-by) peuvent coûter cher à la longue s'ils fonctionnent en permanence.

En résumé, l'énergie consommée par un appareil se calcule en multipliant la puissance de cet appareil par le nombre d'heures de fonctionnement. On multiplie des **watts** par des **heures** et l'on obtient des **wattheures**. Si on multiplie des **kilowatts** par des **heures**, on obtient des **kilowattheures** et ainsi de suite avec les autres multiples du **watt**.

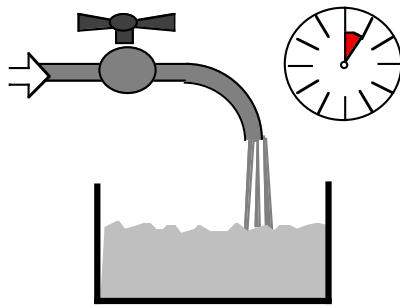
Pour revenir aux centrales électriques, encore quelques chiffres :

Avec une « puissance installée » ou « puissance nominale », de 2 mégawatts, un parc éolien peut produire 2'000 kilowattheures d'électricité en une heure s'il fonctionne à plein rendement (par exemple lorsque la vitesse des vents dépasse les 35 à 50 km/h). Durant la même durée d'une heure, la centrale hydraulique de Bieudron (Grande Dixance) peut produire une énergie de 1'200 mégawattheures (puissance 1'200 mégawatts) tandis que la centrale nucléaire de Gösgen peut produire 970 mégawattheures (puissance 970 mégawatts). Sa production annuelle est de plus de 8'000 gigawattheures.

Documents associés à disposition dans la BDRP :

- Courant alternatif, centrales et lignes électriques
- Société à 2'000 W Théorie et exercice

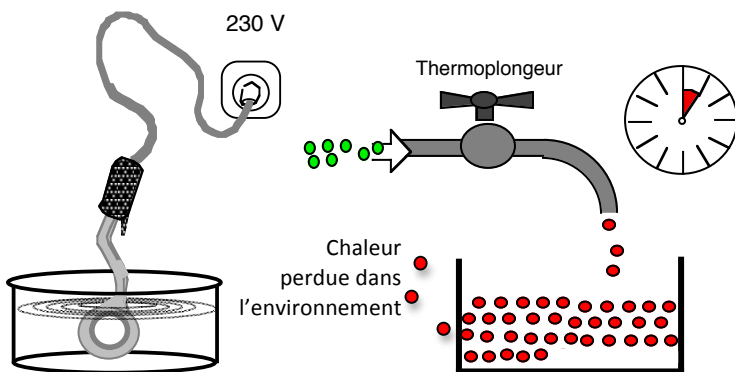
L'énergie et la puissance – Modélisation par l'écoulement d'un fluide matériel



On ouvre un robinet d'eau et on enclenche un chronomètre.

Au bout de 2 minutes, la quantité d'eau qui a coulé est de 1.4 litre soit 14 décilitres.

Le débit est donc de 7 décilitres / min ou $7 \times 60 = 420$ décilitre / heure



On branche le thermoplongeur et on enclenche un chronomètre.

Après 2 minutes, la quantité d'énergie qui a coulé est de 14 wattheures.

Le débit est donc de 7 wattheures/min ou 420 wattheures/heure c' à d. 420 watts

Dans notre comparaison, 1 décilitre d'eau représente une énergie de 1 wattheure

Dans le thermoplongeur, l'énergie entre sous forme électrique (gouttes vertes) et ressort sous forme thermique (gouttes rouges). Ici chaque goutte représente 10 wattheures. Au bout d'une heure, 42 gouttes se sont écoulées.

Conventions pour la couleur des gouttes

Brun pour l'énergie chimique

Jaune pour l'énergie rayonnée

Mauve pour l'énergie nucléaire

Vert pour l'énergie électrique

Bleu pour l'énergie mécanique cinétique

Violet pour l'énergie mécanique potentielle

Rouge pour l'énergie thermique

Gris pour une forme d'énergie à déterminer

L'énergie peut se mesurer en wattheures ou wattsecondes = joules

Abréviations des unités

Dans certains domaines on emploie encore les kilocalories

1 joule = 1 wattseconde

1 wattheure = 3'600 wattsecondes = 3'600 joules = 3,6 kilojoules

1 wattheure = 3,6 kilojoules

Réciproquement **1 kilojoules = 0,278 wattheures**

1 calorie = 4,18 joules 1 kilocalorie = 4,18 kilojoules

1 kilocalorie = 1.16 wattheures

La puissance se mesure en watts

Lorsqu'il faut 1 heure pour qu'une énergie de 1 wattheure s'écoule, la puissance est de 1 watt

1 watt = 1 wattheure par heure

1 joule est l'énergie qu'une puissance de 1 watt fait s'écouler en 1 seconde

1 watt = 1 joule par seconde

J joule(s)

kJ kilojoule(s)

W watt(s)

kW kilowatt(s)

Wh wattheure(s)

kWh kilowattheure(s)

cal calorie(s)

kcal kilocalorie(s)

Unités utilisées dans les pages qui suivent

kg kilogramme

l litre

cl centilitre

ml millilitre

K kelvin

Dispositif compte gouttes pour la modélisation de la puissance et de l'énergie

Le liquide qui représente l'énergie est stocké dans un réservoir et s'écoule dans un récepteur qui l'accumule et qui est représenté par la seringue.

Ce récepteur peut être, par exemple, de l'eau que l'on chauffe avec un thermoplongeur.

Ce récepteur a des pertes d'énergie représentées par l'écoulement qui sort de la seringue et qui aboutit dans le récipient du bas.

Les débits des écoulements représentent des **débits d'énergie**, c'est à dire des **puissances**.



Indications pratiques :

La bouteille est ouverte sur le fond. Cela permet de la remplir facilement et, surtout, cela permet au liquide de s'écouler en laissant entrer l'air.

Pour le réglage des débits, on utilise des petits bouts de tuyaux souples sur lesquels on pose des pinces à vis.

- Le liquide peut être de l'eau. Il représente l'énergie de manière purement symbolique. On peut colorer l'eau pour mieux évoquer de l'énergie.
- Le liquide peut être de l'alcool à brûler. L'énergie qu'il représente est celle que l'alcool peut dégager en brûlant.
- Le liquide peut être de l'eau sucrée ou un soda. L'énergie est alors celle que contient le sucre.

Quand le dispositif compte gouttes devient encore plus pertinent

Modélisation du thermoplongeur avec de l'alcool à brûler

Comme liquide, on peut utiliser de l'alcool à brûler. L'énergie qui va couler sera celle que contient l'alcool à brûler en vertu de son pouvoir calorifique. Ici, non seulement l'énergie est bien réelle, mais on peut la faire se manifester en brûlant l'alcool dans une lampe ad hoc.

Attention aux précautions d'usage avec un produit inflammable !

Pour reproduire le débit d'énergie d'un appareil tel que le thermoplongeur, Il faut de savoir que 1 gramme d'alcool renferme une énergie de 27 kilojoules (source : formulaires et tables de la CRM) soit $27 \times 0.278 = 7.5$ wattheures.

Compte tenu de la masse volumique de l'alcool à brûler qui est de 0,80 gramme/millilitre (moyenne de diverses sources), on peut dire que le pouvoir énergétique de l'alcool à brûler est de 6,0 Wh/ml

Si on veut reproduire ce débit d'énergie en reprenant l'exemple du thermoplongeur de 420 watts, il faut un écoulement d'alcool qui donne 420 wattheures par heure = 7.0 wattheures/min. La quantité nécessaire d'alcool **par minute** peut se calculer ainsi :

$$7.0 \text{ [Wh]} / 6.0 \text{ [Wh/ml]} = 1.17 \text{ [ml]} \text{ d'alcool.}$$

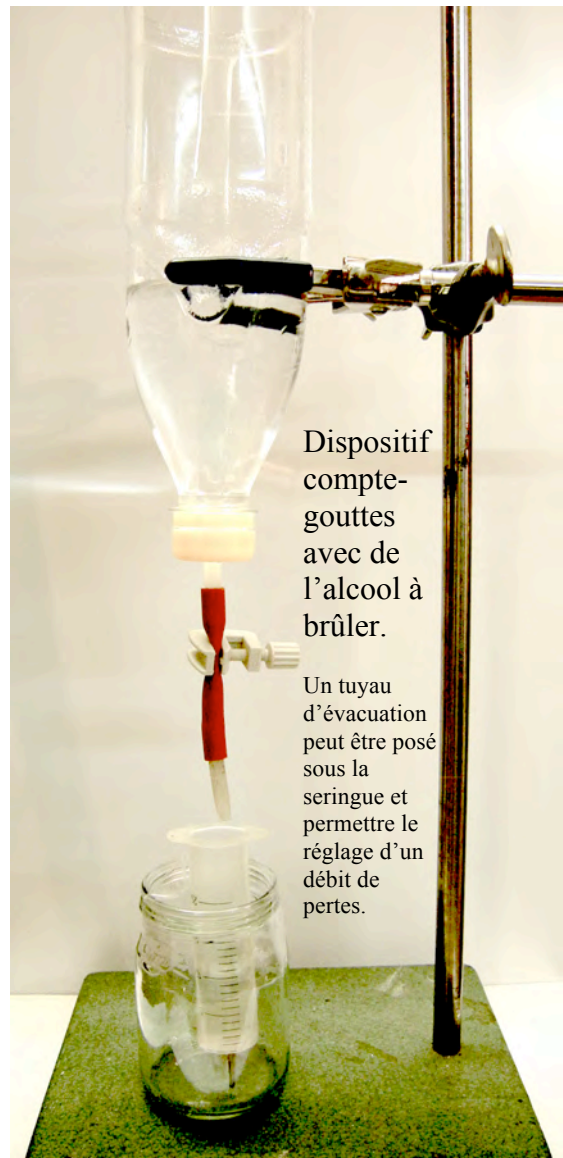
Expérimentalement, on peut établir que pour obtenir 1 millilitre d'alcool, il faut compter 40 gouttes. Cette valeur peut dépendre des caractéristiques du dispositif expérimental. On peut la déterminer de cas en cas.

C'est dire que pour faire s'écouler 1.17 millilitres d'alcool, il faut $40 \text{ gouttes/ml} \cdot 1.17 \text{ ml} = 47$ gouttes d'alcool.

En résumé, pour avoir un débit d'énergie (énergie contenue dans l'alcool) égal au débit d'énergie que transforme un thermoplongeur de 420 watts, il faut un écoulement d'alcool de 47 gouttes par minute.

Remarques :

1. En jouant sur le serrage de la pince, on peut régler un débit d'alcool jusqu'à ce qu'il s'approche d'une cadence d'environ 47 gouttes par minute. Avec un chronomètre (Smartphone ou autre), on peut essayer d'arriver à environ 8 gouttes toutes les 10 secondes (48 gouttes par minute).
2. S'agissant de modéliser le fonctionnement du thermoplongeur, c'est le débit qui nous intéresse avant tout. L'expérience n'a pas besoin de durer plus de 2 minutes, ce qui donne environ 2.4 ml d'alcool. Dans ces conditions, on peut utiliser des récipients de taille réduite. Une bouteille de 33 cl et une seringue de 20 ml sont largement suffisantes.
3. Comme on utilise peu d'alcool, le niveau ne baisse pas trop pendant la mesure, si bien que le débit ne diminue pas en raison de la baisse de pression au fond de la bouteille.



Dispositif compte-gouttes avec de l'alcool à brûler.

Un tuyau d'évacuation peut être posé sous la seringue et permettre le réglage d'un débit de pertes.

Suite logique : faire brûler l'alcool pour chauffer de l'eau et voir si l'on retrouve l'énergie de l'alcool sous forme de chaleur dans l'eau.

Exemple de mesure

Avec le dispositif représenté plu

s haut, on obtenu 2.4 ml d'alcool en 2 minutes (environ 96 gouttes d'alcool), ce qui correspond à faire fonctionner un thermoplongeur de 420 watts durant ces 2 minutes. Dans l'illustration ci-contre (réchaud ad hoc), on voit que l'alcool est ensuite placé dans une coupelle en aluminium (boîte de bougie de chauffe-plats) disposée sous une boîte de conserve. Dans la boîte, il y a $\frac{1}{4}$ de litre d'eau et un thermomètre. On met le feu à l'alcool. La température de l'eau de la boîte monte de 16 degrés en passant de 23.5°C à 39.5°C . Cette dernière température est atteinte lorsque l'alcool a entièrement brûlé. La durée de combustion a été de 2 minutes presque exactement. Cette durée est la même que celle qui avait été nécessaire pour obtenir l'écoulement des 2.4 ml d'alcool. C'est de la chance car cette durée dépend de la surface de l'alcool qui brûle. Cette chance fait que la puissance de combustion a été la même que la puissance du thermoplongeur que l'on est en train de simuler.



Maintenant qu'en est-il de l'énergie que l'on a transmise ainsi à l'eau de la boîte de conserve ?

Il faut savoir que pour chauffer 1 kg d'eau de 1 degré ou 1 kelvin, il faut une énergie de $4.18 \text{ kJ} = 1.16 \text{ Wh}$. C'est ce qu'on appelle la chaleur massique de l'eau. Le kelvin est une unité de repère de la température dans une échelle où le zéro et le vrai zéro, c'est à dire la température à laquelle toute agitation thermique des molécules et atomes a cessé. Ce zéro kelvin est à -273°C . En sciences, on exprime les écarts de température en kelvins plutôt qu'en degrés. Un écart de 1 kelvin est aussi un écart de 1 degré Celsius. Le kelvin s'abrège par le symbole K majuscule pour le distinguer du k minuscule de kilo. Remarque : l'unité légale est le kelvin et non pas le degré kelvin.

Ainsi, la chaleur massique de l'eau est de $4.18 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$ (kilojoule par kg et par kelvin).

Dès lors, l'énergie reçue par 0.25 kg d'eau passant de 23.5°C à 39.5°C c'est à dire dont la température s'élève de 16 K est de :

$$4.18 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]} \cdot 16 \text{ [K]} \cdot 0.25 \text{ [kg]} = 16.72 \text{ [kJ]} = 4.65 \text{ [Wh]}$$

Cette énergie est environ trois fois plus petite que celle contenue dans les 2.4 ml d'alcool et qui est en même temps celle que le thermoplongeur de 420 W transforme en 2 minutes, soit 14 Wh.

Cela s'explique par le rendement de notre réchaud à alcool. Une partie de l'énergie dégagée par la combustion passe directement dans l'air et non pas dans l'eau. La boîte de conserve n'est pas isolée est de l'énergie s'en échappe. De plus, de l'eau s'évapore, ce qui demande de l'énergie. Ce fait n'est pas négligeable puisque la vaporisation d'un seul gramme d'eau nécessite 2.3 kJ ou 0.64 Wh.

Le rendement exact de ce chauffage de l'eau est ici de $4.65 \text{ Wh} / 14 \text{ Wh}$, soit de 33%

Pour prolonger l'expérience, on peut chauffer le $\frac{1}{4}$ de litre d'eau dans la même boîte de conserve directement avec un thermoplongeur de 420 W. On constate qu'au bout de 2 minutes, la température de l'eau passe de 21.3°C à 64.6°C. Elle s'élève ainsi de $64.6 - 21.3 = 43.3$ K



L'énergie reçue par l'eau est donc de

$$4.18 \text{ [kJ/(kg}\cdot\text{K)]} \cdot 43.3 \text{ [K]} \cdot 0.25 \text{ [kg]} = 45.2 \text{ [kJ]} = 12.6 \text{ [Wh]}$$

Le rendement est ici bien meilleur puisqu'il est de 12.6 Wh/14 Wh, soit de 90%

Comme on a fait monter la température de l'eau à près de 65°C, l'évaporation a été assez marquée, si bien qu'on peut dire qu'une bonne part des 10% d'énergie perdue est celle qui a produit cette évaporation.

Modélisation d'un thermoplongeur avec de l'eau sucrée du soda ou du sirop.

Comme liquide, on peut utiliser de l'eau sucrée, du soda ou un sirop concentré. L'énergie que l'on prend en compte est alors l'énergie chimique contenue dans le sucre.

Il suffit de savoir que 1 gramme de sucre renferme une énergie de 17 kilojoules soit $17 \times 0.278 = 4.73$ wattheures.

Certes, on ne peut pas faire se manifester l'énergie contenue dans le sucre dissous, mais cette modélisation présente l'avantage d'évoquer une énergie qui intervient dans le métabolisme des êtres vivants.

Si on veut reproduire ce débit d'énergie en reprenant l'exemple du thermoplongeur de 420 watts, il faut un écoulement de solution sucrée qui donne 420 wattheures par heure = 7 wattheures/min. Dans notre dispositif expérimental, ces 7 wattheures sont contenus dans le sucre. La quantité nécessaire de sucre par minute peut se calculer :

$$7 \text{ [Wh]} / 4.73 \text{ [Wh/g]} = 1.48 \text{ [g]} \text{ de sucre.}$$

Il faut donc que, dissous dans l'eau, 1.48 gramme de sucre passe par minute dans le tuyau de sortie de la bouteille.

Le tableau ci-dessous donne le débit nécessaire de liquide en fonction de concentration de sucre. Le nombre de gouttes est calculé à partir d'une mesure qui a montré que 100 gouttes donnent un volume d'environ 8 ml = 0.008 litre. Cette dépend des caractéristiques du dispositif expérimental (forme de la pipette, concentration en sucre). Il convient de la déterminer de cas en cas.

Quantité Q de sucre pour 1 litre de solution	Débit D pour avoir 1.48 g de sucre par minute Calcul : $D \text{ [litre/min]} = 1.48 \text{ [g/min]} / Q \text{ [g/litre]}$	Nombre approximatif de gouttes par minute Calcul : $100 \cdot D \text{ [l/min]} / 0.008 \text{ [l/goutte]}$
80 g	0.0185 litre / min = 18.5 ml / min	231
Coca-Cola 106 g	0.0140 litre / min = 14 ml / min	175
120 g	0.0123 litre / min = 12.3 ml / min	154
160 g	0.0092 litre / min = 9.2 ml / min	115
200 g	0.0074 litre / min = 7.4 ml / min	92
400 g	0.0037 litre / min = 3.7 ml / min	46
Sirop concentré 782 g	0.0019 litre / min = 1.9 ml / min	24

Remarques :

1. Le Coca-Cola est un soda dont la teneur énergétique de 1'800 kJ par litre. Cela correspond à une teneur en sucre de 106 g par litre.
2. Un sirop concentré (genre sirop de menthe, de framboise ou de cassis) peut avoir, non dilué, une teneur énergétique de 13'300 kJ par litre. La teneur en sucre est ici de 782 g par litre.
3. Il est possible de compter les gouttes jusqu'à une cadence d'environ 200 gouttes par minute. Si on ouvre plus la pince, la solution coule trop vite pour que l'on puisse compter les gouttes. En ouvrant encore plus la pince, l'écoulement prend la forme d'un jet continu.
4. Pour une dissolution rapide du sucre, le placer dans une petite quantité d'eau chaude puis compléter avec de l'eau froide. On peut prendre du sucre en morceaux, mais celui-ci est plus long à dissoudre que du sucre fin. Un morceau de sucre pèse généralement 4 grammes.
5. Pour que le débit soit le plus constant possible, il faut que le niveau du liquide dans la bouteille ne baisse pas trop durant la mesure.
6. S'agissant de modéliser le fonctionnement du thermoplongeur, c'est le débit qui nous intéresse avant tout. L'expérience n'a pas besoin de durer plus de 2 minutes, ce qui correspond au plus à 40 ml de solution. Dans ces conditions, placer ½ litre de solution dans la bouteille est largement suffisant.

Modélisation du métabolisme d'un-e adolescent-e.

On veut reproduire le débit d'énergie correspondant au métabolisme d'un-e adolescent-e. Il s'agit de l'énergie nécessaire aux besoins du corps humain pour 24 heures. Ces besoins énergétiques dépendent des activités physiques pratiquées durant ces 24 heures. On trouve, notamment sur Internet, des tables et de formules donnant ces besoins en fonction du sexe, du poids, de la taille et de l'intensité des activités. Dans l'exemple développé ici, on prend la valeur $10'370 \text{ kJ} = 2'480 \text{ kcal} = 2'880 \text{ Wh}$ qui correspond aux besoins d'un-e adolescent-e de taille et poids moyens, n'ayant que peu d'activité physique. En divisant cette énergie de 2'880 Wh par 24 heures, on obtient la puissance moyenne continue durant 24 heures, soit une puissance de 120 watts.

Pour se représenter cette puissance, on la concrétise au moyen d'un écoulement de solution sucrée qui donne 120 wattheures par heure = 2 wattheures/min. Dans notre dispositif expérimental, ces 2 wattheures sont contenus dans le sucre. La quantité nécessaire de sucre par minute peut se calculer en sachant que la teneur énergétique du sucre est de 17 kJ soit $17 \times 0.278 = 4.73$ wattheures par gramme :

$$2 \text{ [Wh]} / 4.73 \text{ [Wh/g]} = 0.42 \text{ [g]} \text{ de sucre.}$$

Il faut donc que, dissous dans l'eau, 0.42 gramme de sucre passe par minute dans le tuyau de sortie de la bouteille.

Le tableau ci-dessous donne le débit nécessaire de liquide en fonction de la concentration de sucre. Le nombre de gouttes est calculé à partir d'une mesure qui a montré qu'il faut environ 25 gouttes pour un volume de 1 ml = 0.001 litre. Cette valeur peut dépendre des caractéristiques du dispositif expérimental (forme de la pipette, concentration en sucre). On peut la déterminer de cas en cas.

Quantité Q de sucre pour 1 litre de solution	Débit D pour avoir 0.42 g de sucre par minute Calcul : $D \text{ [litre/min]} = 0.42 \text{ [g/min]} / Q \text{ [g/litre]}$	Nombre approximatif de gouttes par minute Calcul : $100 \cdot D \text{ [ml/min]} \cdot 25 \text{ [goutte/ml]}$
80 g	0.00525 litre / min = 5.25 ml / min	131
Coca-Cola 106 g	0.00396 litre / min = 3.96 ml / min	99
120 g	0.00350 litre / min = 3.50 ml / min	88
160 g	0.00265 litre / min = 2.65 ml / min	66
200 g	0.00210 litre / min = 2.10 ml / min	53
400 g	0.00105 litre / min = 1.05 ml / min	26
Sirop concentré 782 g	0.00054 litre / min = 0.54 ml / min	13

On peut faire les calculs dans le fichier Excel *Eau sucrée et combustible liquide* en modifiant les valeurs
Préparation des solutions : voir page 11

Remarques :

1. Le Coca-Cola est un soda dont la teneur énergétique de 1'800 kJ par litre. Cela correspond à une teneur en sucre de 106 grammes par litre.
2. Un sirop concentré (genre sirop de menthe, de framboise, de cassis...) peut avoir, non dilué, une teneur énergétique de 13'300 kJ par litre. La teneur en sucre est dans ce cas de 782 g par litre.
3. Pour aider à la dissolution rapide du sucre, on peut le placer dans une petite quantité d'eau chaude puis compléter avec de l'eau froide. Le sucre en morceaux est plus long à dissoudre que du sucre fin.
4. Pour que le débit soit le plus constant possible, il faut que le niveau du liquide dans la bouteille ne baisse pas trop durant la mesure.
5. S'agissant de modéliser le métabolisme basal humain, c'est le débit qui nous intéresse avant tout. L'expérience n'a pas besoin de durer plus de 2 minutes, ce qui correspond au plus à environ 10 ml de solution. Dans ces conditions, placer ½ litre de solution dans la bouteille est largement suffisant.

Propositions d'activités relatives à ces formes de modélisation

Cette modélisation qui participe de la conceptualisation de la puissance comme un débit d'énergie peut être mise en scène de nombreuses manières en classe. Les montages expérimentaux sont ceux qui ont été décrits dans les pages précédentes. Les exemples qui suivent se déclinent en fonction de la phase dans laquelle on se trouve à l'intérieur d'une séquence d'enseignement (voir explications dans le document **Modèle didactique des 3 phases**, disponible dans la BDRP).

N°phase.1 - Débit d'eau claire ou colorée

1.1 Phase d'immersion	2.1 Phase de conceptualisation	3.1 Phase de réinvestissement
<p>Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe.</p> <p>L'enseignant explique que ce dispositif expérimental sert à simuler le fonctionnement d'un thermoplongeur. Le débit de l'énergie transformée par l'appareil est représenté par le débit du liquide qui s'écoule hors de la bouteille. L'enseignant fixe (par exemple) que 10 gouttes correspondent à 1 Wh. pour "imiter" le thermoplongeur dont la puissance est de 420 W, il faut donc un débit de 70 gouttes par minute (car 420 Wh en une heure correspondent à 7 Wh en une minute).</p> <p>À partir de là, il est seulement demandé aux élèves de bien régler le débit en se servant d'un chronomètre. Les élèves n'ont pas de calculs à faire.</p> <p><u>Pour aller plus loin :</u> L'enseignant indique que le rendement du chauffage de l'eau avec le thermoplongeur est de 90%. C'est dire qu'une goutte sur 10 qui s'écoule ressort de la seringue réceptrice. Il demande aux élèves de régler le débit des pertes de manière à représenter ce qui se passe lorsqu'on chauffe l'eau avec le thermoplongeur.</p> <p><u>Validation :</u> Comparaison des débits réglés par les divers groupes.</p> <p><u>Prolongement</u> Pour "figurer" cette simulation, l'enseignant peut dire que lorsque la seringue est pleine et se met à déborder, c'est que l'eau qui reçoit l'énergie du thermoplongeur de met à bouillir et donc qu'il n'y a plus d'énergie qui s'accumule dans l'eau. L'énergie que continue d'apporter le thermoplongeur ne sert plus qu'à la vaporisation de l'eau. Elle devient pure perte par rapport au but qui est de chauffer l'eau.</p>	<p>Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe.</p> <p>Projet donné aux élèves : On veut simuler de manière analogique le fonctionnement d'un appareil électrique.</p> <p>L'eau placée dans la grosse bouteille représente l'énergie qui provient du réseau électrique. Pour que cette énergie ne soit pas limitée, on maintient le niveau de l'eau en ajoutant ce qui est nécessaire au fur et à mesure.</p> <p>La seringue graduée sous la bouteille, graduée en millilitres [ml], permet de mesurer l'énergie écoulée durant un temps donné. Ici on décide que 1 ml correspond à une énergie de 1 Wh et on s'intéresse à l'énergie qui s'écoule durant 3 minutes.</p> <p>On donne cette information : Un appareil de puissance 400 W, par exemple, consomme une énergie de 400 Wh en une heure. Il consomme donc 20 Wh en 3 minutes (20 fois moins car il y a 20 fois 3 minutes dans une heure). Ces 20 Wh sont représentés par 20 ml d'eau.</p> <p>Autre exemple : un appareil de puissance 1000 W consomme une énergie de $1000 / 20 = 50$ Wh en trois minutes ce qui se traduira par 50 ml d'eau.</p> <p>Le but, pour l'élève, est de savoir régler le débit de l'eau de manière à simuler un appareil électrique de puissance donnée en obtenant le bon volume d'eau dans la seringue au bout de 3 minutes. Il doit régler ce débit par tâtonnement expérimental. Quand il pense que le débit est bon, il vide la seringue, enclenche un chronomètre et vérifie si la quantité attendue en 3 minutes est la bonne. Il recommence si le résultat n'est pas bon. Une fois que le résultat est satisfaisant, il choisit un autre appareil et recommence la simulation, cette fois sans devoir tâtonner pour le réglage du débit.</p>	<p>Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe. Il s'agit de modéliser le fonctionnement d'un appareil électrique (qui peut être un thermoplongeur).</p> <p>Problème posé aux élèves : Ce dispositif permet de faire s'écouler de l'eau avec un débit réglable en serrant plus ou moins la vis de la pince. Il s'agit de régler le débit de sorte qu'il modélise le fonctionnement de l'appareil. Les élèves choisissent la valeur énergétique que représente une goutte parmi ces trois : 0,1 Wh, ou 1 Wh. Ce choix, qui dépend de la puissance de l'appareil pris en compte, doit conduire à un débit facile à mesurer, ni trop petit, ni trop grand.</p> <p><u>Remarque :</u> On peut demander aux élèves de déterminer eux-mêmes la puissance du thermoplongeur ou de l'appareil. Ce peut être en lisant une plaquette signalétique, en faisant fonctionner l'appareil avec un multimètre réseau (EMU par exemple) ou même, s'il s'agit d'un thermoplongeur, par la mesure de la montée de température produite dans un récipient d'eau.</p> <p><u>Validation :</u> L'enseignant indique le débit nécessaire pour la puissance donnée de l'appareil.</p>

N°phase.2 - Débit d'alcool à brûler

Pour ces problèmes, on peut s'aider du classeur Excel **Eau sucrée et combustible liquide** (Simulation P combustible)

1.2 Phase d'immersion	2.2 Phase de conceptualisation	3.2 Phase de réinvestissement
<p>Il s'agit de la modélisation du fonctionnement d'un thermoplongeur. Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe.</p> <p>Pour "imiter" le thermoplongeur de 420 W (7Wh/min), l'enseignant indique qu'il faut un débit de 47 gouttes d'alcool par minute (voir la note didactique ci-après).</p> <p>Il est seulement demandé aux élèves de bien régler le débit d'alcool dans leur dispositif et, lorsque ce débit est satisfaisant, de recueillir l'alcool qui s'écoule en 2 minutes. Le volume obtenu est d'environ 2,4 ml.</p> <p>Ensuite, chaque groupe place cet alcool dans la coupelle du réchaud ad hoc. Dans la boîte de conserve les élèves placent ¼ de litre d'eau. L'alcool est enflammé et les élèves observent que l'eau chauffe.</p> <p>On ne fait pas de calculs. On en reste à une approche phénoménologique.</p>	<p>Projet donné aux élèves : Dans le dispositif expérimental donné, il s'agit de régler le débit de l'alcool à brûler de sorte que l'énergie que contient cet alcool s'écoule au même rythme que celle que transforme un appareil électrique donné. On recueillera l'énergie écoulee sous forme d'alcool en 2 minutes et on vérifiera, en brûlant l'alcool, que cette énergie est bien celle que l'on a voulu.</p> <p>On donne ces informations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un appareil de puissance 420 W, par exemple, consomme une énergie de 420 Wh en une heure. Il consomme donc 14 Wh en 2 minutes (30 fois moins car il y a 30 fois 2 minutes dans une heure). Autre exemple : un appareil de puissance 1000 W consomme une énergie de $1000 / 30 = 33.3$ Wh en 2 minutes. • Un millilitre [ml] d'alcool renferme une énergie de 6,0 Wh. Cela signifie, par exemple, qu'un appareil de 420 W qui consomme 14 Wh en 2 minutes, consomme l'énergie contenue dans $14 / 6 = 2,3$ ml d'alcool <p>L'élève peut donc calculer, pour un appareil de puissance donnée, la quantité d'alcool contenant l'énergie consommée par cet appareil en 2 minutes. Avec ces informations, il peut convertir le débit d'énergie de l'appareil électrique (des watts), en débit d'alcool (des millilitres par minute).</p> <p>Une fois le calcul fait, l'élève règle le débit dans le dispositif expérimental. Quand le débit est celui qui a été calculé, il recueille l'alcool qui s'écoule durant 3 minutes.</p> <p>Ensuite l'élève place cet alcool dans la coupelle du réchaud ad hoc et on place ¼ de litre d'eau dans la boîte de conserve. Il enflamme l'alcool et mesure l'élévation de température de l'eau. Cela lui permet de calculer l'énergie reçue par l'eau sachant que chaque gramme d'eau, pour se chauffer de 1°C nécessite une énergie de 0.00116 Wh. Ainsi par exemple, si on fait monter de 16°C (16 K) la température de 250 g d'eau, c'est qu'on lui a fourni $0.00116 \cdot 250 \cdot 16 = 4.64$ Wh.</p> <p><u>Validation :</u> On vérifie que la simulation a été correcte en comparant l'énergie contenue dans l'alcool qui a été brûlé à celle qui a été gagnée par l'eau. Comme le rendement du dispositif de chauffage est d'environ 33%, la simulation est jugée bonne si seulement 1/3 de l'énergie de l'alcool se retrouve dans l'eau. Si le résultat n'est pas satisfaisant, il faut chercher où a pu se produire une erreur, comparer son travail avec celui qu'ont fait les autres groupes et éventuellement recommencer l'expérience.</p>	<p>Situation 1 Les élèves travaillent en groupes ou individuellement. Dans un dispositif expérimental unique pour la classe, l'enseignant a réglé l'écoulement de l'alcool à 112 gouttes par minute. La question posée aux élèves est : Lequel de ces appareils électriques (présentés aux élèves) peut-il être simulé par cette expérience :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un thermoplongeur (ou un autre appareil) de 1'000 W - un thermoplongeur (ou un autre appareil) de 400 W - une lampe de 53 W ? <p><u>Validation :</u> L'enseignant indique quel appareil a été simulé.</p> <p>Situation 2 Les élèves travaillent en groupes. Il y a un seul dispositif expérimental d'écoulement de liquide pour la classe, mais chaque groupe possède un réchaud ad hoc pour chauffer de l'eau en brûlant de l'alcool. L'enseignant règle l'écoulement de l'alcool avec un certain débit qui n'est pas communiqué aux élèves, mais il leur indique le nombre de gouttes nécessaire pour obtenir 1 millilitre d'alcool. Ainsi, les élèves peuvent déterminer le débit par comptage des gouttes et au moyen d'un chronomètre. Chaque groupe d'élèves recueille dans sa coupelle l'alcool qui s'écoule durant une minute.</p> <p>Le problème posé aux élèves est de prévoir quelle sera l'élévation de la température de ¼ de litre d'eau qui sera chauffée en brûlant cet alcool dans le réchaud ad hoc. L'enseignant indique que le rendement du dispositif de chauffage est de l'ordre de 33% !</p> <p><u>Validation :</u> dans chaque groupe, l'expérience est réalisée et l'élévation de température obtenue comparée à celle qui a été prévue.</p>

N°phase.3 - Débit d'eau sucrée, de soda ou de sirop

Pour ces problèmes, on peut s'aider du classeur Excel **Eau sucrée et combustible liquide** (Eau sucrée)

1.3 Phase d'immersion	2.3 Phase de conceptualisation	3.3 Phase de réinvestissement
<p>Situation 1 Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe. Consignes données aux élèves : Préparer une solution d'eau sucrée ayant la même teneur en sucre que du Coca-Cola. Pour cela, dissoudre 50 grammes de sucre dans ½ litre d'eau. Placer cette solution dans le dispositif compte-gouttes et régler le débit à 80 gouttes par minute (env : 13 gouttes toutes les 10 secondes). Le débit d'énergie obtenu est, en moyenne, celui dont a besoin un adolescent qui n'a que peu d'activité physique. IMPORTANT : les élèves goutent la solution sucrée et comparent son goût sucré à celui d'un soda (si possible non gazeux).</p> <p>Situation 2 Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe. L'enseignant explique que dans chacun des dispositifs d'écoulement il a placé une solution sucrée avec une concentration de 200 grammes de sucre par litre. Il indique que l'on va se servir de ce dispositif pour "imiter" un thermoplongeur de 420 W de puissance (ou un autre appareil de puissance comparable) qui transforme en chaleur l'énergie électrique reçue (voir la note didactique ci-après). Avec la puissance de 420 W, le débit d'énergie est de 7 wattheures par minute (7 Wh/min donne en effet $7 \cdot 60 = 420$ Wh par heure). L'enseignant explique encore qu'avec la concentration de 200 grammes par litre, il faut un débit de 120 gouttes par minute pour "imiter" le thermoplongeur. Problème posé aux élèves : Il est seulement demandé aux élèves de régler aussi bien que possible le débit à 120 gouttes par minute.</p>	<p>Situation 1 Les élèves travaillent en groupes avec un dispositif expérimental par groupe. Le liquide énergétique est du soda (à l'exemple du Coca-Cola). L'appareil modélisé est un thermoplongeur (ou un autre appareil électrique). Problème posé aux élèves : Il s'agit de régler le débit du liquide sucré en millilitres/minute de sorte que l'énergie que ce liquide contient s'écoule au même rythme que celle que transforme le thermoplongeur (ou un autre appareil électrique). Quand le débit est celui qui est attendu, recueillir le liquide qui coule durant 2 minutes et coller sur le récipient une étiquette indiquant l'énergie qu'il contient. <u>Validation</u> : La validation se fait par comparaison des résultats obtenus par les groupes. La mise en commun des démarches doit conduire à identifier les éventuelles erreurs commises dans certains groupes.</p> <p>Situation 2 Les élèves travaillent en groupes Il y a un seul dispositif expérimental pour la classe. Problème posé aux élèves : Dans ce dispositif, un soda (Coca-Cola par exemple) coule goutte à goutte avec un débit de 1 goutte par seconde. La vitesse d'écoulement a été réglée de manière à ce que l'énergie contenue sans le sucre corresponde aux besoins d'une personne donnée ayant une certaine activité. La question posée est la suivante : Qui peut bien être la personne en question : une femme, un homme, un enfant, de quel âge, de quel poids, de quelle taille, ayant quelle activité physique durant la journée ? Remarque : Il y a plusieurs réponses correctes possibles. <u>Validation</u> : La vérification se fait au moyen de tables ou d'une application informatique donnant les besoins métaboliques en fonctions des divers paramètres évoqués ci-dessus.</p>	<p>Situation 1 Le problème peut être posé en situation expérimentale avec un seul montage géré par l'enseignant ou sous forme "papier crayon". Les élèves travaillent en groupes ou individuellement. Problème posé aux élèves : Dans le dispositif expérimental, l'écoulement du liquide a été réglé de sorte à simuler le fonctionnement d'un thermoplongeur de 420 W Parmi ces trois liquides, lequel a-t-il été utilisé : 1. Une solution sucrée ayant la même teneur en sucre que le Coca-Cola (voir l'étiquette sur la bouteille) 2. Une solution sucrée contenant 400 g de sucre par litre 3. Une solution sucrée ayant la même teneur en sucre que du sirop concentré (voir l'étiquette sur la bouteille) <u>Validation</u> : Les élèves gouttent le liquide. L'enseignant indique quel liquide il a utilisé</p> <p>Situation 2 Les élèves travaillent en groupes ou individuellement. Il y a un seul dispositif expérimental pour la classe. Problème posé aux élèves : Dans ce montage, il y a de l'eau sucrée qui s'écoule de la bouteille dans la seringue. Le débit a été réglé de manière à ce que, si l'expérience durait 24 heures, l'énergie du sucre qui aurait passé de la bouteille à la seringue serait de 10'000 kJ. Le problème est de trouver la concentration en sucre de la solution. <u>Validation</u> : Pour vérifier le résultat trouvé, on a plusieurs méthodes possibles : • Au goût, par comparaison avec des solutions de concentrations connues • Par la masse volumique selon un graphique • Par l'indice de réfraction avec un réfractomètre ou un dispositif ad hoc et un graphique</p>

Notes didactiques relatives aux activités de modélisation de la puissance

N°phase.1 - Débit d'eau claire ou colorée

1.1 Phase d'immersion	2.1 Phase de conceptualisation	3.1 Phase de réinvestissement
<p>Il s'agit uniquement d'associer débit à puissance. Ce problème vise aussi un savoir faire : régler un débit de liquide dans le dispositif expérimental donné. Ce savoir faire sera utile dans les autres problèmes qui associent le débit d'un liquide à la puissance.</p> <p>Travailler avec de l'eau qui représente de l'énergie est plus abstrait que de travailler avec de l'alcool ou des solutions sucrées dont l'énergie est bien réelle. Il est bon de prendre de l'eau colorée pour accentuer le caractère conventionnel de cette analogie.</p>	<p>Ici, à partir d'informations qui instituent ce qu'on entend par puissance, on demande à l'élève de généraliser l'analogie entre puissance et débit d'un fluide et d'être capable de simuler n'importe quelle puissance par un débit d'eau.</p> <p>Il est bon de prendre de l'eau colorée pour accentuer le caractère conventionnel de cette analogie.</p>	<p>Différents degrés de compétences qui peuvent être attendu de l'élève, en particulier si c'est lui qui doit trouver la puissance d'un appareil.</p> <p>Le choix de la valeur d'une goutte est important : si par exemple l'élève modélise un thermoplongeur de 420 W, c'est à dire 420 Wh à l'heure ou 7 Wh à la minute, il devra régler le dispositif de manière à compter 70 gouttes par minute si 1 goutte vaut 0,1 Wh 7 gouttes par minute si 1 goutte vaut 1 Wh. Pratiquement, il est plus facile de régler l'écoulement à 70 gouttes par minute qu'à 7 gouttes par minutes.</p>

N°phase.2 - Débit d'alcool à brûler

1.2 Phase d'immersion	2.2 Phase de conceptualisation	3.2 Phase de réinvestissement
<p>Le calcul qui permet à l'enseignant de dire qu'il faut un débit de 47 gouttes d'alcool par minute est le suivant : On part d'un pouvoir énergétique de l'alcool qui est de 6,0 Wh par millilitre (voir explication en page 4).</p> <p>$7.0 \text{ [Wh]} / 6.0 \text{ [Wh/ml]} = 1.17 \text{ [ml]}$ d'alcool. En ayant mesuré que pour obtenir 1 millilitre d'alcool, il faut compter 40 gouttes on en déduit que pour faire s'écouler 1.17 millilitres d'alcool, il faut 40 gouttes/ml • $1.17 \text{ ml} = 47 \text{ gouttes d'alcool.}$</p> <p>Il est conseillé de mesurer le nombre de gouttes par millilitre et de modifier le calcul en conséquence. Le fait de brûler l'alcool rend l'énergie visible, ce qui concourt à asseoir l'analogie.</p>	<p>Ici, on donne des exemples qui instituent ce qu'on entend par puissance et on donne des informations qui renseignent sur le pouvoir énergétique de l'alcool. À partir de là, on demande aux élèves d'être capables de simuler n'importe quelle puissance par un débit d'alcool.</p> <p>Si les élèves ont les connaissances requises, on les laissera faire eux-mêmes le calcul qui lie l'élévation de température à l'énergie apportée à l'eau. Sans cela, on leur donnera les informations nécessaires.</p> <p>Le fait de brûler l'alcool rend l'énergie visible, ce qui concourt à asseoir l'analogie. De plus, comme on compare l'énergie reçue par l'eau à l'énergie contenue dans l'alcool, on met en évidence le faible rendement de la transmission de l'énergie à l'eau.</p>	<p>Situation 1 Les 112 gouttes par minutes relèvent de l'hypothèse qu'il faut 40 gouttes d'alcool pour avoir 1 millilitre. Il est conseillé de mesurer ce nombre de gouttes dans son montage expérimental. Le classeur Excel Eau sucrée et combustible liquide (feuille Simul. P combust.) permet de trouver le nombre de gouttes par minute pour simuler une puissance donnée en fonction du nombre de gouttes donnant 1 millilitre.</p> <p>Situation 2 La démarche attendue des élèves se résume schématiquement ainsi :</p> <ol style="list-style-type: none"> Déterminer le débit d'alcool en ml/min. En sachant que l'alcool renferme une énergie de 6 Wh/ml, calculer le débit d'énergie en watheures par minute. Exprimer ce nombre de Wh en joules ou kilojoules (multiplication par 3'600 ou 3,6) <p>Pour la suite, si les élèves ont les connaissances requises, on les laissera faire eux-mêmes le calcul qui lie l'élévation de température à l'énergie apportée. Sans cela, on leur donnera les informations nécessaires (voir donnée du problème 2.2).</p>

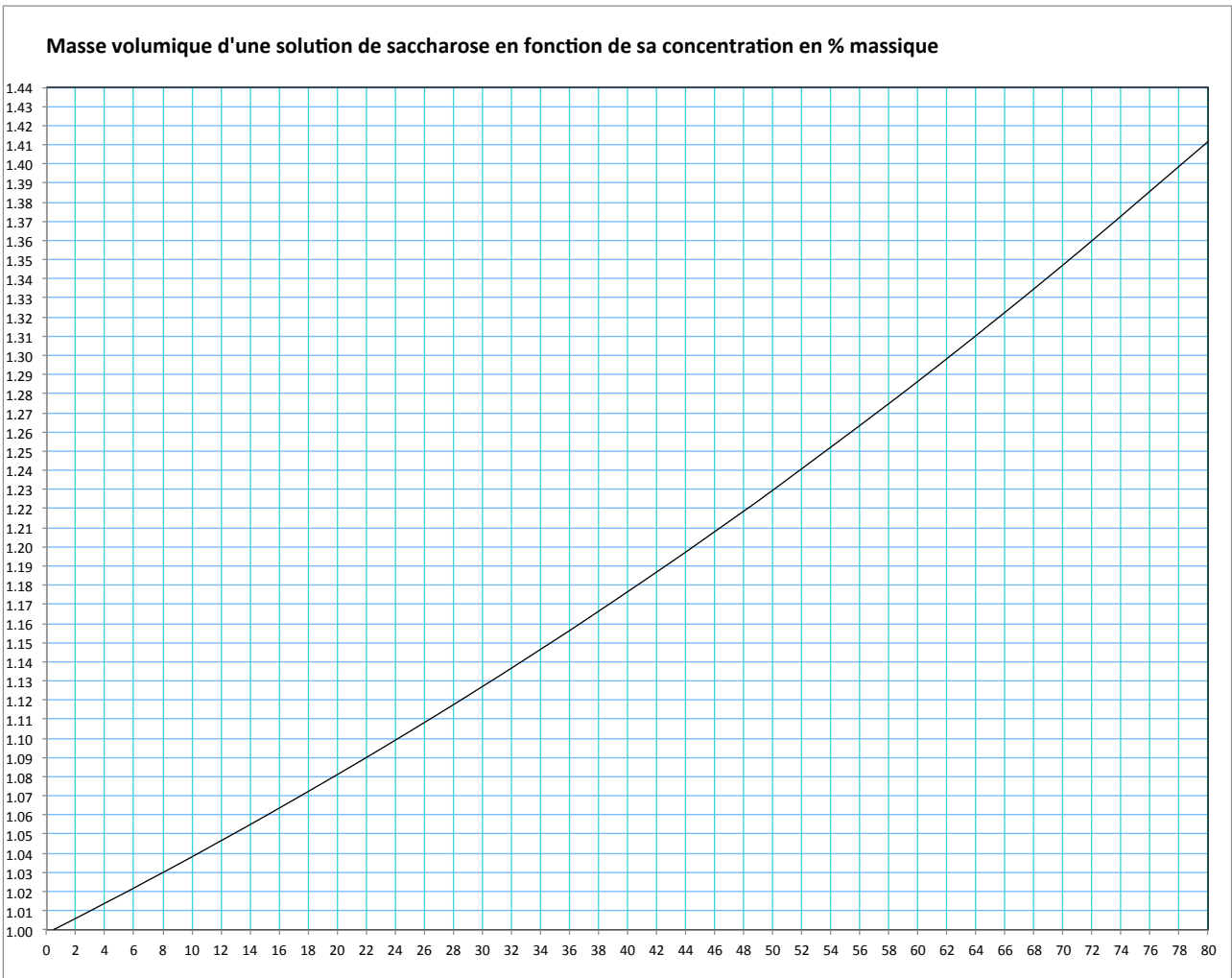
N°phase.2 - Débit d'eau sucrée, de soda ou de sirop

1.3 Phase d'immersion	2.3 Phase de conceptualisation	3.3 Phase de réinvestissement
<p>Situation 1 L'enseignant peut se servir du tableur Eau sucrée et combustible liquide pour préparer le dispositif expérimental. Les données de l'exercice sont basées sur les hypothèses suivantes que l'enseignant pourra modifier selon son dispositif expérimental et ses choix:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les 80 gouttes/min supposent qu'il faut 20 gouttes pour avoir 1 ml de solution • Les besoins de l'adolescent évoqué sont d'environ 10'200 kJ/24h soit de 118 W <p><u>Prolongement</u> On peut faire des dégustations à l'aveugle et classer des solutions en fonction de leur concentration en sucre. Cette situation permet de parler de problèmes métabolique, des besoins énergétiques du corps humain, de la place des glucides, de l'excès de sucre ingéré en consommant des aliments préparés industriellement, en particulier dans les sodas tels que le Coca-Cola.</p> <p>Situation 2 La concentration de 200 g/l se prépare en dissolvant 186 g de sucre dans 814 g d'eau. Les 120 gouttes/min supposent qu'il faut 16 gouttes pour avoir 1 ml de solution. Il est conseillé à l'enseignant de mesurer ce nombre de gouttes dans son montage expérimental. Le classeur Excel Eau sucrée et combustible liquide (feuille Eau sucrée) permet de trouver le nombre de gouttes par minutes qu'il faut dans son cas pour simuler un appareil de puissance donnée (qui peut être autre que 420 W).</p>	<p>Situation 1 On peut décider de laisser les élèves chercher quelle est la concentration en sucre d'un soda ou la leur donner. On peut imiter le Coca-Cola qui est à 10% de sucre en dissolvant 100 g de sucre pour 9 dl d'eau ce qui donne 1 g de sucre par 9,63 ml de solution ou 1,04 g de sucre par 10 ml de solution (voir tableur Eau sucrée et combustible liquide - feuille Eau sucrée). On peut simplifier en considérant que 10% de concentration, c'est 1 g de sucre par 10 ml.</p> <p>Ici, on ne travaille pas avec un comptage de gouttes. Les élèves transforment la puissance à simuler en quantité de sucre à la minute. Par exemple 420 W, c'est 7,0 Wh par minute ce qui correspond à 25,2 kJ/min (on peut utiliser un convertisseur d'unité ou le tableur Eau sucrée et combustible liquide). À raison de 17 kJ/g de sucre, il faut donc $25.2/17 = 1,48$ g de sucre/min. Le débit cherché est ici de 1,48 g/min • $9,63 \text{ ml/g} = 14,3 \text{ ml / min}$</p> <p>Situation 2 L'hypothèse est qu'il faut 20 gouttes de solution pour obtenir 1 ml. Ainsi le débit donné de 1 goutte par seconde correspond à 3ml de solution par minute ce qui donne $3 \text{ ml} / 9.63 \text{ ml/g} = 0,31$ g de sucre par min (voir tableur Eau sucrée et combustible liquide - feuille Eau sucrée). À raison de 17 kJ/g de sucre, on a donc une énergie de $17 \cdot 0,31 = 5,27$ kJ/min ou 7'600 kJ par 24 h. Ce besoin peut être celui de diverses personnes dans diverses situations. Selon les sources, on peut trouver que ce besoin énergétique correspond à celui d'une personne ne dépassant pas 60 kg assise au repos, ou au besoin moyen sur 24 heures d'un enfant de 4 à 6 ans.</p>	<p>Situation 1 (pour établir ce qui suit, on peut utiliser le tableur Eau sucrée et combustible liquide - feuille Eau sucrée). Les élèves transforment la puissance à simuler en quantité de sucre à la minute : 420 W, c'est 7,0 Wh par minute ce qui correspond à 25,2 kJ/min À raison de 17 kJ/g de sucre, il faut donc $25.2/17 = 1,48$ g de sucre/min.</p> <p>Si l'enseignant a choisi une solution sucrée ayant la même teneur en sucre que le Coca-Cola, il a du régler le débit à 14,3 ml/min. S'il a choisi une solution sucrée contenant 400 g sucre par litre, il a du régler le débit à 3,7 ml/min. S'il a choisi du sirop concentré contenant 780 g sucre par litre, il a du régler le débit à 1,9 ml/min.</p> <p>Situation 2 Les nombres ci-dessous peuvent être calculés à l'aide du tableur Eau sucrée et combustible liquide - feuille Eau sucrée. 10'000 kJ/24h correspondent à 6,95 kJ/min ou 115,8 W. Si l'enseignant a choisi une solution sucrée contenant 50 g sucre par litre, il a du régler le débit à 8 ml/min. S'il a choisi une solution ayant la même teneur en sucre que le Coca-Cola, il a du régler le débit à 3,9 ml/min. S'il a choisi une solution sucrée contenant 400 g sucre par litre, il a du régler le débit à 1,0 ml/min.</p> <p>L'élève doit raisonner ainsi :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Il calcule que 10'000 kJ/24h correspondent à 6,95 kJ/min. 2. Il mesure le débit x en ml/min. Ces x ml contiennent les 6,95 kJ. 3. Sachant que 1 g de sucre renferme 17 kJ, il peut calculer que la quantité de sucre dans la solution, pour les x ml/min, ce qui donne $6,95 \text{ kJ/min} / 17 \text{ kJ/g} = 0,41$ g/min. 4. La concentration en [g/ml] est donc de $0,41 \text{ [g/min]} / x \text{ [ml/min]}$. <p>Si l'enseignant a choisi la concentration soda et donc un débit x de 3,9 ml/min, l'élève trouve la concentration de $0,41 / 3,9 = 0,105$ g/ml ou 105 g/l, ce qui est bien la concentration du soda.</p>

Préparation et propriétés d'une solution de saccharose dilué dans de l'eau

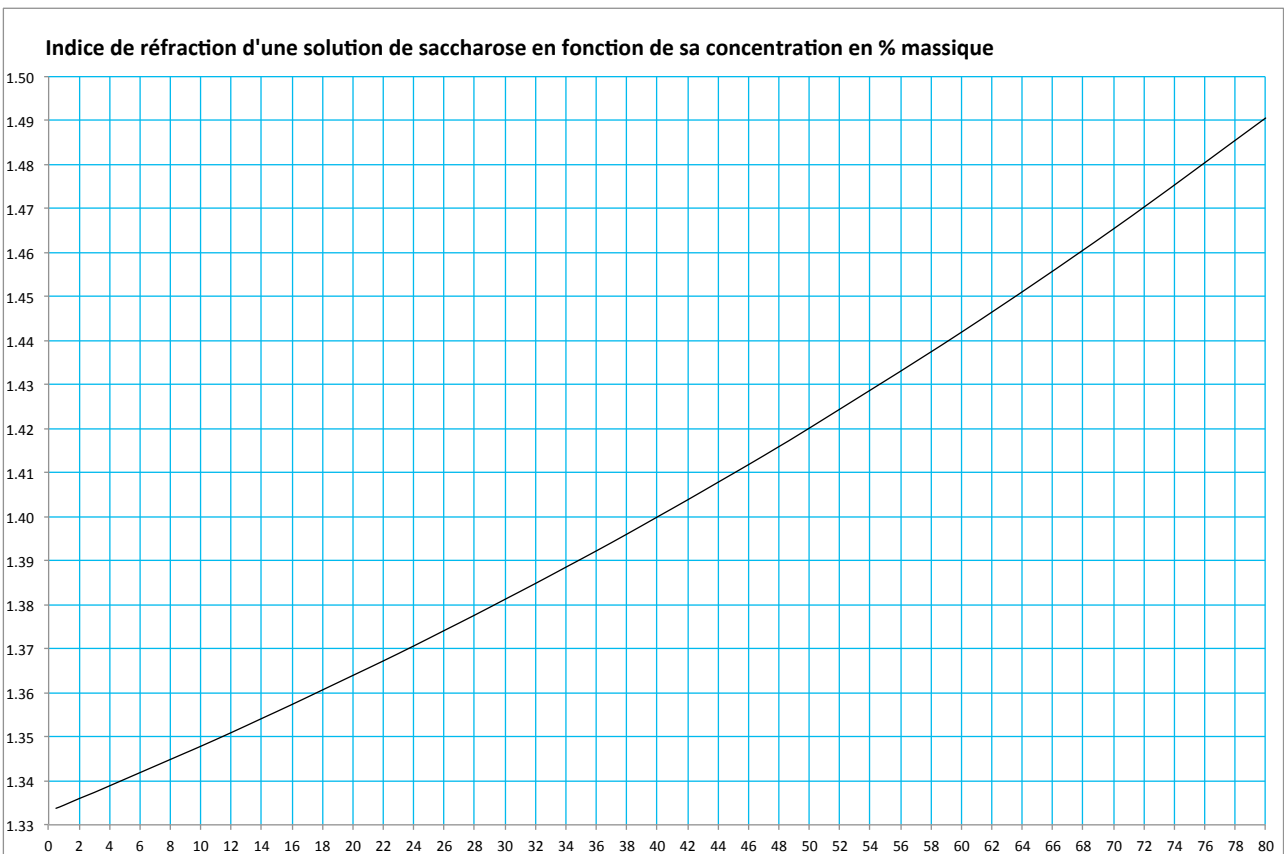
Document établi dans le classeur Excel Eau sucrée et combustible liquide (BDRP)

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat obtenu		Masse volumique	Indice de réfraction	
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation	Masse de sucre pour 1 litre			
%	g	g	ml	g/l	Kg/dm3		
0.5	5	995	1000	5	1.0002	1.3337	
1	10	990	998	10	1.0021	1.3344	
2	20	980	994	20	1.0060	1.3359	
3	30	970	990	30	1.0099	1.3373	
4	40	960	986	41	1.0139	1.3388	
5	50	950	983	51	1.0178	1.3403	
6	60	940	979	61	1.0218	1.3418	
7	70	930	975	72	1.0259	1.3433	
8	80	920	971	82	1.0299	1.3448	
9	90	910	967	93	1.0340	1.3463	
10	100	900	963	104	1.0381	1.3478	Coca-Cola
11.5	115	885	958	120	1.0443	1.3501	
12	120	880	956	126	1.0465	1.3509	
14	140	860	948	148	1.0549	1.3541	
15.1	151	849	944	160	1.0596	1.3559	
16	160	840	940	170	1.0635	1.3573	
18	180	820	933	193	1.0722	1.3606	
18.6	186	814	930	200	1.0749	1.3616	
20	200	800	925	216	1.0810	1.3639	
22	220	780	918	240	1.0899	1.3672	
24	240	760	910	264	1.0990	1.3706	
26	260	740	902	288	1.1082	1.3741	
28	280	720	895	313	1.1175	1.3776	
30	300	700	887	338	1.1270	1.3812	
32	320	680	880	364	1.1366	1.3848	
34	340	660	872	390	1.1464	1.3885	
34.8	348	652	869	400	1.1502	1.3899	
36	360	640	865	416	1.1562	1.3922	
38	380	620	857	443	1.1663	1.3960	
40	400	600	850	471	1.1765	1.3999	
42	420	580	843	498	1.1868	1.4038	
44	440	560	835	527	1.1972	1.4078	
46	460	540	828	556	1.2079	1.4118	
48	480	520	821	585	1.2186	1.4159	
50	500	500	813	615	1.2295	1.4201	
60	600	400	777	772	1.2864	1.4419	
60.6	606	394	775	782	1.2900	1.4433	Sirop concentré
70	700	300	742	943	1.3472	1.4654	
80	800	200	708	1129	1.4117	1.4906	



La masse volumique peut se lire en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre

La concentration massique exprime le nombre de grammes de saccharose pour 100 grammes de solution



**Calcul du débit de combustible liquide en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

**Attention: Les tableaux sont calculés avec 10 gouttes de liquide pour 1 ml
En réalité ce nombre doit être mesuré et un calcul de proportion doit être fait
Par exemple, si le débit réel est de 20 gouttes par ml, le nombre de gouttes pour la puissance
à simuler est doublé (56 gouttes au lieu de 28 pour une puissance de 1000 W)**

Masse volumique du combustible
0.8 kg/litre
Pouvoir énergétique du combustible
27 kJ/g
Nb de gouttes pour 1 ml
10
Puissance à simuler
1000 W

Résultats pour la simulation		
Energie contenue dans 1 g de combustible	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh/g	Wh/ml	gouttes/min
7.51	6.00	28

Masse volumique du combustible
0.8 kg/litre
Pouvoir énergétique du combustible
27 kJ/g
Nb de gouttes pour 1 ml
10
Puissance à simuler
420 W

Résultats pour la simulation		
Energie contenue dans 1 g de combustible	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh/g	Wh/ml	gouttes/min
7.51	6.00	12

Masse volumique du combustible
0.8 kg/litre
Pouvoir énergétique du combustible
27 kJ/g
Nb de gouttes pour 1 ml
10
Puissance à simuler
400 W

Résultats pour la simulation		
Energie contenue dans 1 g de combustible	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh/g	Wh/ml	gouttes/min
7.51	6.00	11

Masse volumique du combustible
0.8 kg/litre
Pouvoir énergétique du combustible
27 kJ/g
Nb de gouttes pour 1 ml
10
Puissance à simuler
58 W

Résultats pour la simulation		
Energie contenue dans 1 g de combustible	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh/g	Wh/ml	gouttes/min
7.51	6.00	1.6

Tableaux réalisés dans le classeur Excel "Eau sucrées et combustible liquide"
Feuille "Simul. P combustible" (à disposition dans la BDRP)

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

420 W = 7.00

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726

Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	5923
47	0.05	2956
95	0.10	1472
142	0.14	978
189	0.19	730
236	0.24	582
284	0.29	483
331	0.34	413
378	0.39	360
425	0.44	318
473	0.49	285
543	0.57	247
567	0.59	236
662	0.70	201
713	0.76	185
756	0.80	174
851	0.91	153
879	0.95	148
945	1.02	137
1040	1.13	124
1134	1.25	112
1229	1.36	103
1323	1.48	95
1418	1.60	88
1512	1.72	81
1607	1.84	76
1643	1.89	74
1701	1.97	71
1796	2.09	67
1890	2.22	63
1985	2.36	59
2079	2.49	56
2174	2.63	53
2268	2.76	51
2363	2.91	48
2836	3.65	38
2864	3.69	38
3308	4.46	31
3781	5.34	26

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

Tableaux réalisés dans le classeur Excel "Eau sucrées et combustible liquide"
Feuille "Eau sucrée" (à disposition dans la BDRP)

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

400 W = 6.67

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726

Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	5641
47	0.05	2815
95	0.10	1402
142	0.14	931
189	0.19	696
236	0.24	554
284	0.29	460
331	0.34	393
378	0.39	342
425	0.44	303
473	0.49	272
543	0.57	235
567	0.59	225
662	0.70	191
713	0.76	176
756	0.80	166
851	0.91	146
879	0.95	141
945	1.02	130
1040	1.13	118
1134	1.25	107
1229	1.36	98
1323	1.48	90
1418	1.60	83
1512	1.72	78
1607	1.84	72
1643	1.89	71
1701	1.97	68
1796	2.09	64
1890	2.22	60
1985	2.36	57
2079	2.49	54
2174	2.63	51
2268	2.76	48
2363	2.91	46
2836	3.65	37
2864	3.69	36
3308	4.46	30
3781	5.34	25

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

120 W = 2.00

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726

Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	1692
47	0.05	845
95	0.10	421
142	0.14	279
189	0.19	209
236	0.24	166
284	0.29	138
331	0.34	118
378	0.39	103
425	0.44	91
473	0.49	82
543	0.57	71
567	0.59	67
662	0.70	57
713	0.76	53
756	0.80	50
851	0.91	44
879	0.95	42
945	1.02	39
1040	1.13	35
1134	1.25	32
1229	1.36	29
1323	1.48	27
1418	1.60	25
1512	1.72	23
1607	1.84	22
1643	1.89	21
1701	1.97	20
1796	2.09	19
1890	2.22	18
1985	2.36	17
2079	2.49	16
2174	2.63	15
2268	2.76	14
2363	2.91	14
2836	3.65	11
2864	3.69	11
3308	4.46	9
3781	5.34	7

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

100 W = 1.67

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726

Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	1410
47	0.05	704
95	0.10	351
142	0.14	233
189	0.19	174
236	0.24	139
284	0.29	115
331	0.34	98
378	0.39	86
425	0.44	76
473	0.49	68
543	0.57	59
567	0.59	56
662	0.70	48
713	0.76	44
756	0.80	41
851	0.91	37
879	0.95	35
945	1.02	33
1040	1.13	29
1134	1.25	27
1229	1.36	24
1323	1.48	23
1418	1.60	21
1512	1.72	19
1607	1.84	18
1643	1.89	18
1701	1.97	17
1796	2.09	16
1890	2.22	15
1985	2.36	14
2079	2.49	13
2174	2.63	13
2268	2.76	12
2363	2.91	11
2836	3.65	9
2864	3.69	9
3308	4.46	7
3781	5.34	6

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

Tableaux réalisés dans le classeur Excel "Eau sucrées et combustible liquide"
Feuille "Eau sucrée" (à disposition dans la BDRP)

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

58 W = 0.97

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726 Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	818
47	0.05	408
95	0.10	203
142	0.14	135
189	0.19	101
236	0.24	80
284	0.29	67
331	0.34	57
378	0.39	50
425	0.44	44
473	0.49	39
543	0.57	34
567	0.59	33
662	0.70	28
713	0.76	26
756	0.80	24
851	0.91	21
879	0.95	20
945	1.02	19
1040	1.13	17
1134	1.25	16
1229	1.36	14
1323	1.48	13
1418	1.60	12
1512	1.72	11
1607	1.84	10
1643	1.89	10
1701	1.97	10
1796	2.09	9
1890	2.22	9
1985	2.36	8
2079	2.49	8
2174	2.63	7
2268	2.76	7
2363	2.91	7
2836	3.65	5
2864	3.69	5
3308	4.46	4
3781	5.34	4

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

**Calcul du débit de solution en gouttes/min
Pour simuler une puissance donnée**

Puissance à simuler

27 W = 0.45

Nb de gouttes pour 1 ml Wh/min

20

Pouvoir énergétique du sucre

17 kJ/g = 4.726

Wh/g

Résultats pour la simulation

Energie contenue dans la préparation	Energie contenue dans 1 ml	Nombre de gouttes/min pour la puissance à simuler
Wh	Wh/ml	
24	0.02	381
47	0.05	190
95	0.10	95
142	0.14	63
189	0.19	47
236	0.24	37
284	0.29	31
331	0.34	27
378	0.39	23
425	0.44	20
473	0.49	18
543	0.57	16
567	0.59	15
662	0.70	13
713	0.76	12
756	0.80	11
851	0.91	10
879	0.95	10
945	1.02	9
1040	1.13	8
1134	1.25	7
1229	1.36	7
1323	1.48	6
1418	1.60	6
1512	1.72	5
1607	1.84	5
1643	1.89	5
1701	1.97	5
1796	2.09	4
1890	2.22	4
1985	2.36	4
2079	2.49	4
2174	2.63	3
2268	2.76	3
2363	2.91	3
2836	3.65	2
2864	3.69	2
3308	4.46	2
3781	5.34	2

Concentration massique	Préparation de la solution		Résultat
	Masse de sucre	Masse d'eau	Volume de la préparation
%	g	g	ml
0.5	5	995	1000
1	10	990	998
2	20	980	994
3	30	970	990
4	40	960	986
5	50	950	983
6	60	940	979
7	70	930	975
8	80	920	971
9	90	910	967
10	100	900	963
11.5	115	885	958
12	120	880	956
14	140	860	948
15.1	151	849	944
16	160	840	940
18	180	820	933
18.6	186	814	930
20	200	800	925
22	220	780	918
24	240	760	910
26	260	740	902
28	280	720	895
30	300	700	887
32	320	680	880
34	340	660	872
34.8	348	652	869
36	360	640	865
38	380	620	857
40	400	600	850
42	420	580	843
44	440	560	835
46	460	540	828
48	480	520	821
50	500	500	813
60	600	400	777
60.6	606	394	775
70	700	300	742
80	800	200	708

Tableaux réalisés dans le classeur Excel "Eau sucrées et combustible liquide"
Feuille "Eau sucrée" (à disposition dans la BDRP)

Modèle des gouttes d'énergie

Problèmes

Représentation de l'énergie

Indications pour les problèmes

Convention pour la couleur des gouttes d'énergie selon la nature de cette énergie:

- Brun pour l'énergie chimique
- Jaune pour l'énergie rayonnée
- Mauve pour l'énergie nucléaire
- Vert pour l'énergie électrique
- Bleu pour l'énergie mécanique de mouvement (cinétique)
- Violet pour l'énergie mécanique de hauteur (potentielle)
- Rouge pour l'énergie thermique
- Gris pour l'énergie de nature à préciser

Par convention la valeur d'une goutte est de 1 Wh.

Il y a quelques problèmes pour lesquels la valeur d'une goutte est différente. Cette valeur est alors indiquée.

Il y a aussi des problèmes où la valeur d'une goutte n'a pas d'importance.

Comparaison des énergies mises en jeu:

- pour chauffer de l'eau: 4'180 J/(K•kg) – 1,16 Wh/(K•kg)
- pour fondre de la glace: 330'000 J/kg – 92 Wh/kg
- pour vaporiser de l'eau: 2'300'000 J/kg – 638 Wh/kg

Conversions:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} \quad 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \quad 1 \text{ Wh} = 3'600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ} \quad 1 \text{ kJ} = 1/3,6 \text{ Wh} = 0.278 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ} = 4,18 \text{ kJ} / 3,6 \text{ kJ/kWh} = 1.16 \text{ kWh}$$

Note complémentaire:

L'énergie qu'il faut pour chauffer un kilogramme d'une matière de 1 degré est appelée chaleur massique de cette matière.

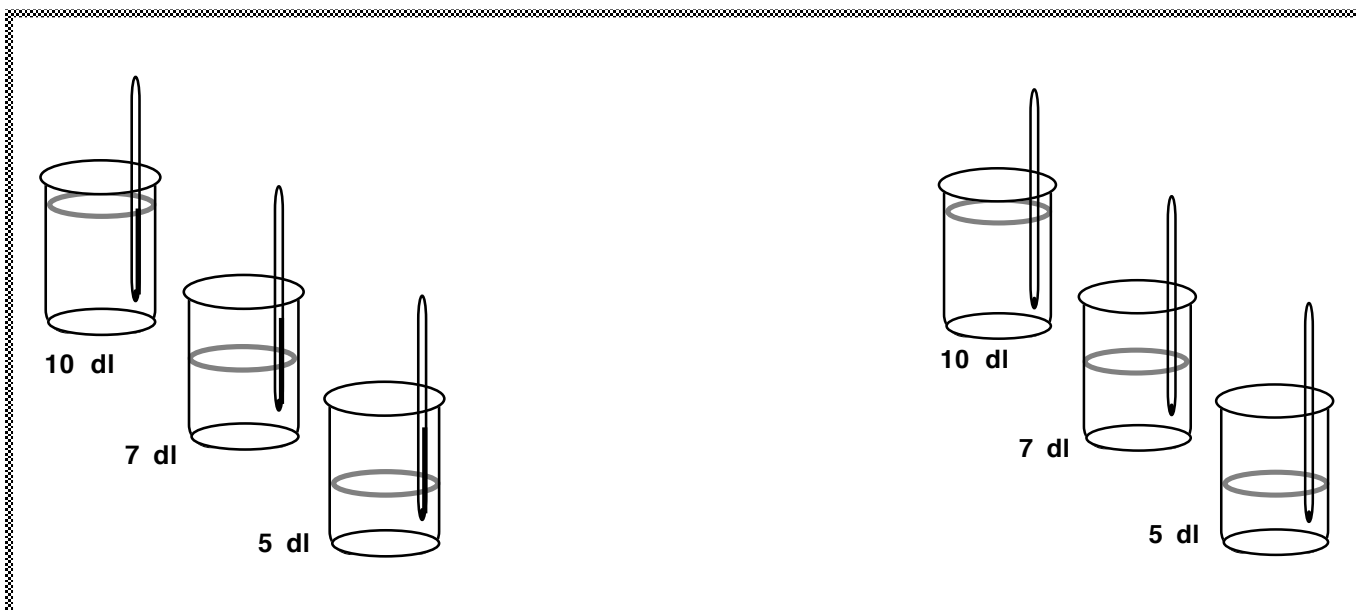
Elle s'exprime en joules par kilogrammes et degrés J/(kg•°C) ou en wattheures par kilogramme et degrés Celsius Wh/(kg•°C).

Au lieu des °C, on utilise le plus souvent l'unité kelvin (K). Le kelvin représente la même chose que le °C, mais il s'utilise pour exprimer des températures absolues dont le zéro est à -273 °C. S'agissant de différences de température, le nombre de °C est le même que le nombre de K.

La chaleur massique de l'eau est de 1,16 Wh/(kg•K) ou de 4'180 J/(kg•K)

Chauffer de l'eau avec un thermoplongeur

rCM 2.01



À gauche, les récipient contiennent de l'eau à la température ambiante. Cette eau a déjà une certaine énergie thermique, mais on ne dessine aucune goutte d'énergie dans cette situation de départ.

Avec un thermoplongeur, on apporte une énergie de 5 Wh à l'eau de chacun des récipients.

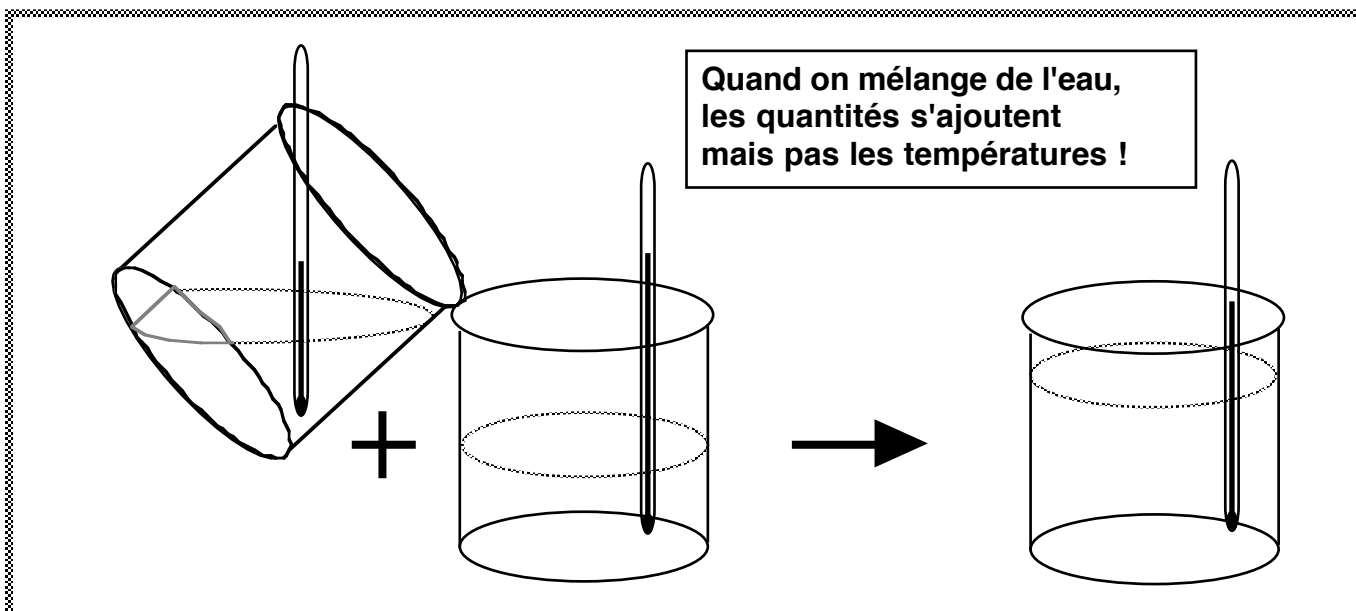
Dessine 5 gouttes d'énergie dans l'eau de chaque récipient en les répartissant sur tout le volume.

Dans les thermomètres, met une bande qui indique que la température de l'eau est montée. Tiens compte du fait qu'il n'y a pas la même quantité d'eau dans ces 3 récipients.

Quel lien peux-tu faire entre la manière dont sont disposées les gouttes d'énergie et la température atteinte par l'eau ayant reçu cette énergie ? Il s'agit de tomber d'accord, dans la classe, pour préciser ce lien.

En mélangeant de l'eau chaude à de l'eau froide

rCM 2.02



On a chauffé l'eau du récipient dessiné au milieu, ce qu'on peut vérifier en regardant le thermomètre qui est assez haut, disons 60 °C. On suppose qu'on a apporté une énergie de 20 wattheures (Wh) à cette eau. Place 20 gouttes d'énergie dans ce récipient.

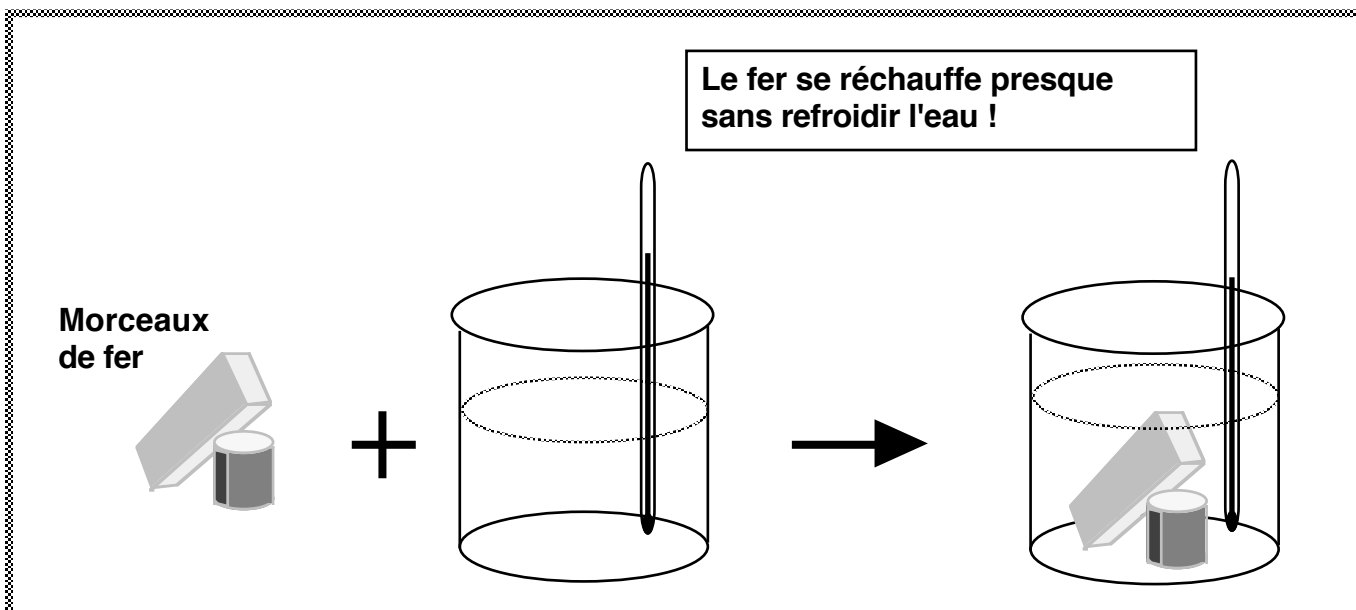
Le récipient de gauche contient de l'eau froide, disons à 10 °C, dans laquelle il n'y a pas de gouttes d'énergie ajoutées. La quantité d'eau est la même que dans le premier récipient.

On verse l'eau froide dans l'eau chaude et on remue un peu. Il y a bien sûr maintenant le double de la quantité d'eau initiale dans ce récipient. Place des gouttes d'énergie dans le dessin de droite. Explique combien tu en mets et où tu les places. Peux-tu dire quelque chose de la température du mélange ?

Il s'agit de tomber d'accord pour une prévision qui soit adoptée par la classe.

Du fer froid dans de l'eau chaude

rCM 2.03



L'eau du récipient a été chauffée à 60 degrés. On part du principe qu'elle contient 20 gouttes d'énergie de 1 wattheure (Wh) que tu peux placer dans l'eau du récipient de gauche.

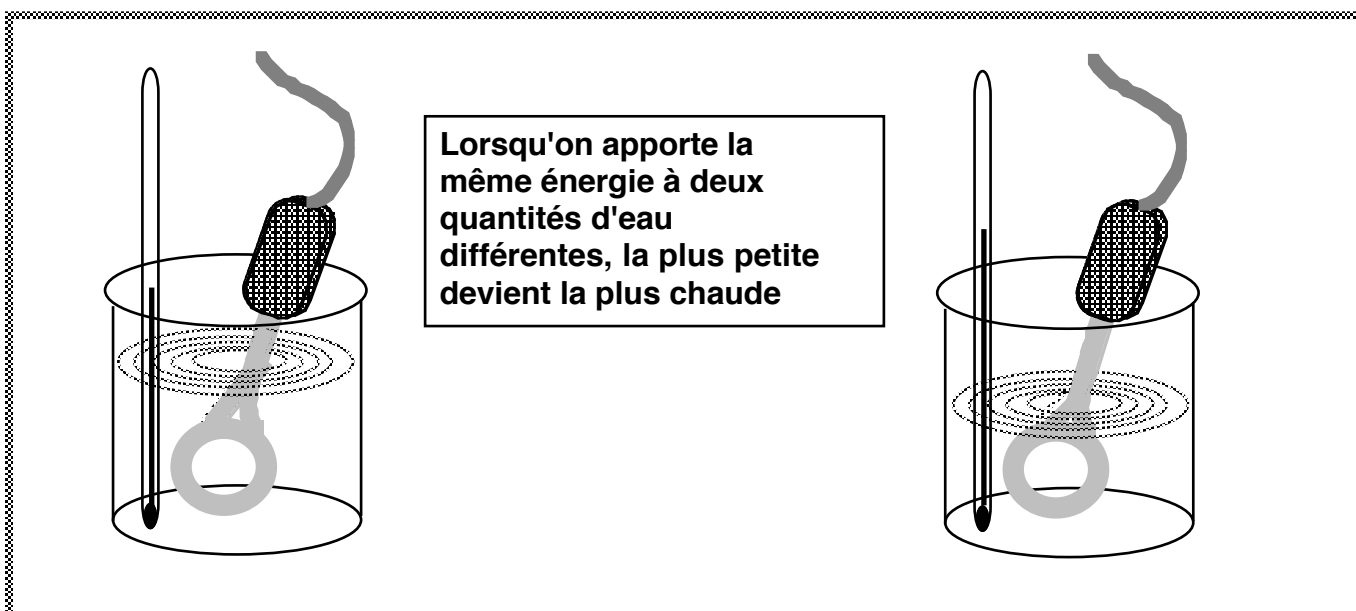
Les deux morceaux de fer sont à la température ambiante. On ne met pas de gouttes d'énergie dans ce fer sur le dessin de gauche.

Maintenant, on plonge le fer dans l'eau et on attend quelques secondes qu'il se soit réchauffé. La température de l'eau a baissé, mais peut-être pas autant qu'on aurait pu le penser. La voilà maintenant à 58 degrés.

Place les 20 gouttes d'énergie dans le dessin de droite de manière à faire comprendre ce qui s'est passé. Il s'agit de tomber d'accord pour une représentation qui soit adoptée par la classe.

Chauffer de l'eau avec un thermoplongeur

rCM 3.01



Dans le récipient de gauche, il y a 8 dl d'eau. Dans celui de droite, il y a 4 dl d'eau.

On a plongé le thermoplongeur dans l'eau et on l'a branché sur la prise électrique par l'intermédiaire d'un multimètre réseau qui nous a indiqué le nombre de wattheures utilisés.

Dans le récipient de gauche, pour faire passer la température de 20 degrés à 50 degrés, on a apporté une énergie de 28 Wh.

Ensuite, dans le récipient de droite, on apporte la même énergie de 28 Wh avec le thermoplongeur.

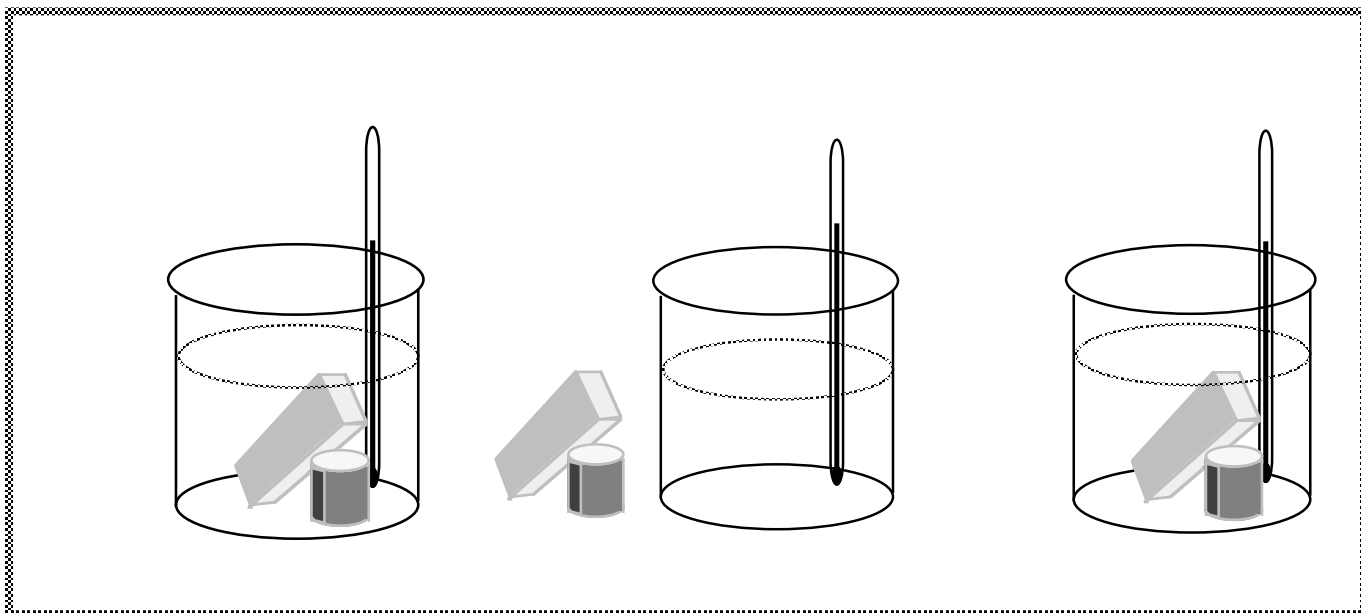
Dessine les 28 gouttes dans les deux récipients.

La concentration des gouttes plus forte à droite indique que la température est montée plus haut qu'avant.

Mais à quelle température l'eau est-elle arrivée dans ce deuxième récipient?

Du fer froid dans de l'eau chaude

rCM 3.02



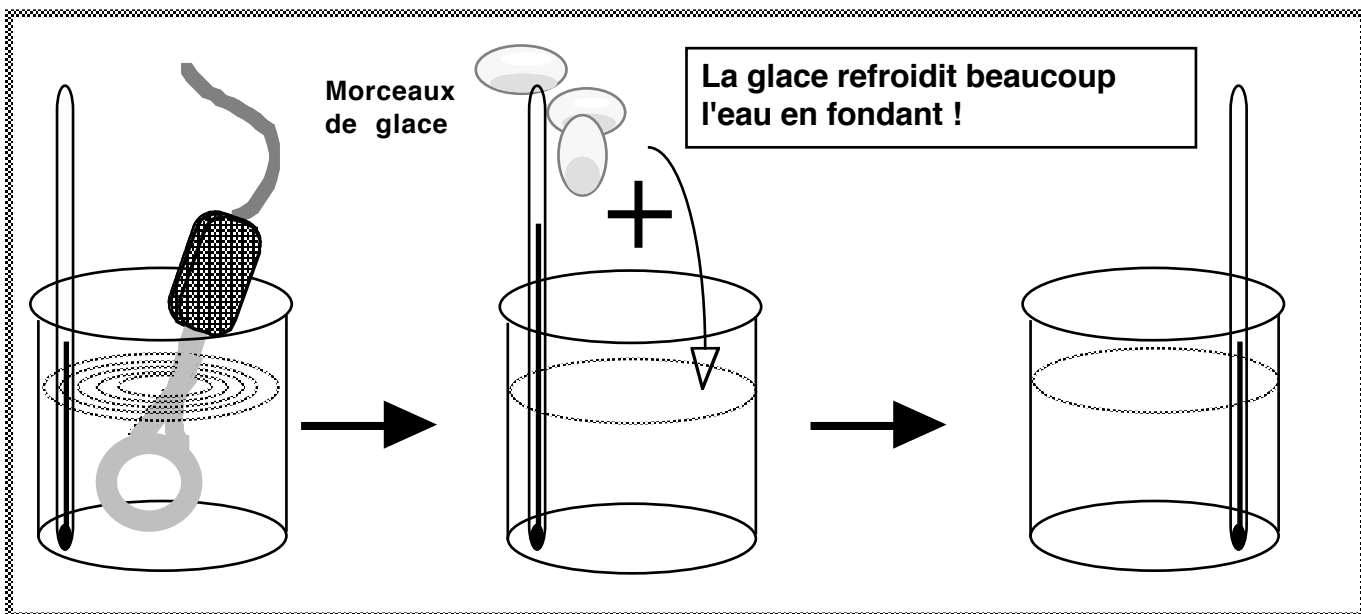
L'eau du récipient (dessin de gauche) contient des morceaux de fer. Elle est à 80 degrés. On retire ces morceaux de fer chauds pour les plonger dans un deuxième récipient contenant de l'eau à température ambiante de 20°C (dessin du milieu). Dans le dessin de droite, le fer s'est refroidi et a réchauffé l'eau qui est maintenant à 23°C.

On part du principe que le fer chaud, juste avant d'être plongé dans l'eau froide, contient 7 gouttes d'énergie (ici des gouttes de 0,1 Wh) que tu peux placer sur le dessin du milieu. On ne met pas de gouttes d'énergie dans l'eau à température ambiante.

Place les 7 gouttes d'énergie dans le dessin de droite de manière à faire comprendre ce qui s'est passé.

De la glace dans de l'eau chaude

rET 2.01



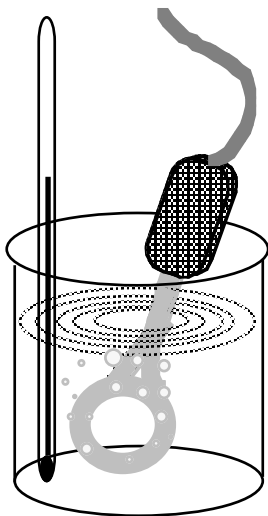
On a chauffé l'eau du récipient dessiné à gauche. Après cela on a retiré le thermoplongeur. La température de l'eau était assez haute, disons 70 °C, ce qu'on peut vérifier en regardant le thermomètre dans le dessin du milieu. On suppose qu'on a apporté une énergie de 25 wattheures (Wh) à cette eau. Place 25 gouttes d'énergie de 1 Wh dans ce récipient du milieu.

On met de la glace dans l'eau chaude. Cette glace va fondre et l'eau de fonte se réchauffer quelque peu. Dans l'opération, l'eau va perdre 10 Wh et donc se retrouver plus froide qu'au début.

Pour représenter ce qui se passe, on utilise des gouttes creuses (cercles non remplis) que l'on place dans la glace et on fait la convention que chaque goutte creuse absorbe une goutte pleine au moment où la glace fond. Il s'agit de tomber d'accord pour une représentation qui soit adoptée par la classe.

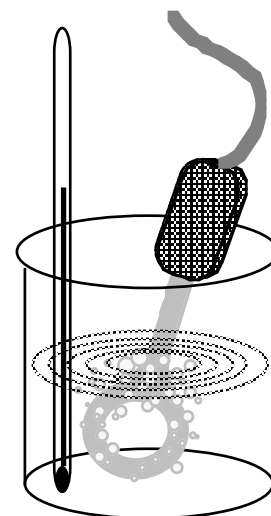
De l'eau qui bout

rET 2.02



Lorsque l'eau se met à bouillir, sa température ne monte plus. L'énergie sert alors à vaporiser l'eau !

La vaporisation demande beaucoup d'énergie !

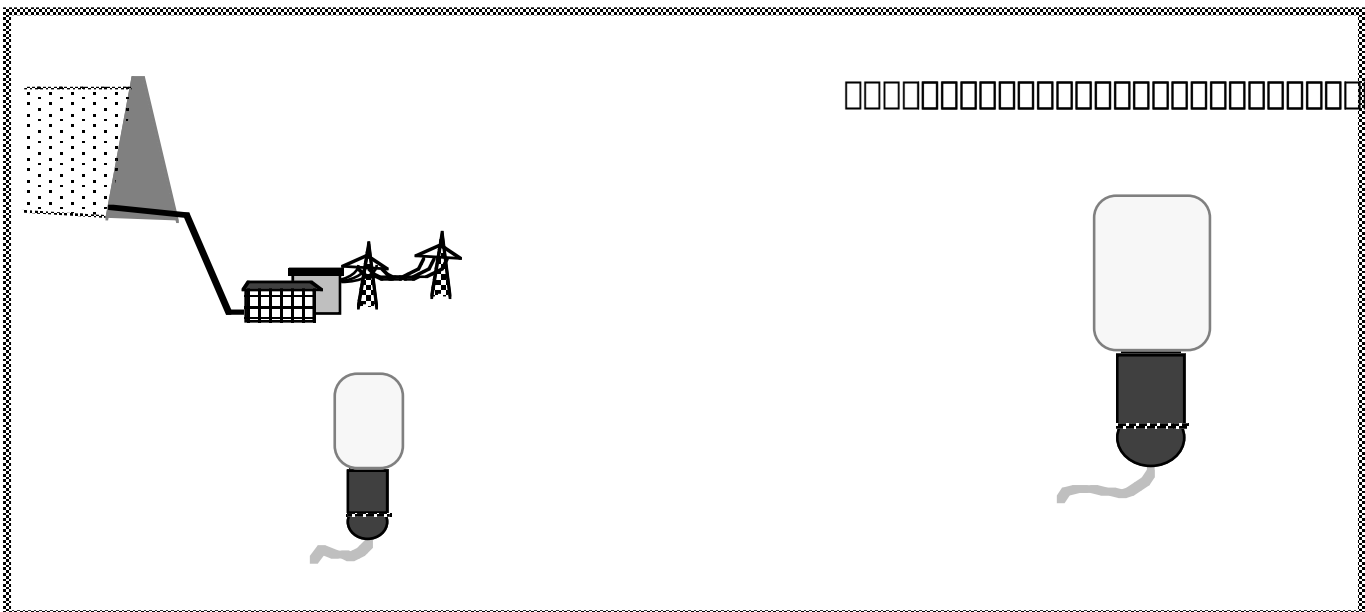


À gauche l'eau commence à bouillir et sa température est déjà celle de l'ébullition (entre 96 et 98 °C). À droite, l'eau bout depuis un certain temps, mais la température n'a pas augmenté. Par contre, on constate qu'il y a moins d'eau dans le récipient. Ce qui manque, c'est ce qui s'est évaporé. L'énergie apportée durant tout le temps de l'ébullition n'a pas servi à faire monter la température, mais à provoquer la vaporisation de l'eau. Et l'énergie nécessaire à évaporer l'eau est très grande: il faut 0,638 Wh pour vaporiser 1 gramme d'eau. C'est 550 fois plus d'que pour chauffer ce gramme d'eau de 1 degré !

Imaginons que dans notre cas, on ait évaporé 1 décilitre d'eau. Combien de gouttes de 1 Wh dois-tu placer dans le dessin de droite pour représenter l'énergie emportée par la vapeur et où places-tu ces gouttes?

Du lac de retenue à la lampe

rPE 2.01



La lampe est alimentée en énergie électrique provenant de la centrale électrique par le réseau. La centrale reçoit de l'énergie par la conduite forcée qui amène l'eau depuis le lac retenu par le barrage. Pour illustrer cela, place quelques gouttes d'énergie dans l'eau du lac, autour de la conduite forcée et à la sortie de la centrale (sur les lignes électriques). Sur le dessin de droite, place quelques gouttes à l'entrée de la lampe (vers le cordon) et autour de lampe pour faire comprendre sous qu'elle forme l'énergie ressort de cette lampe.

Pour les couleurs des gouttes, aide toi du document "Représentation de l'énergie".

Les combustibles

rPE 2.02

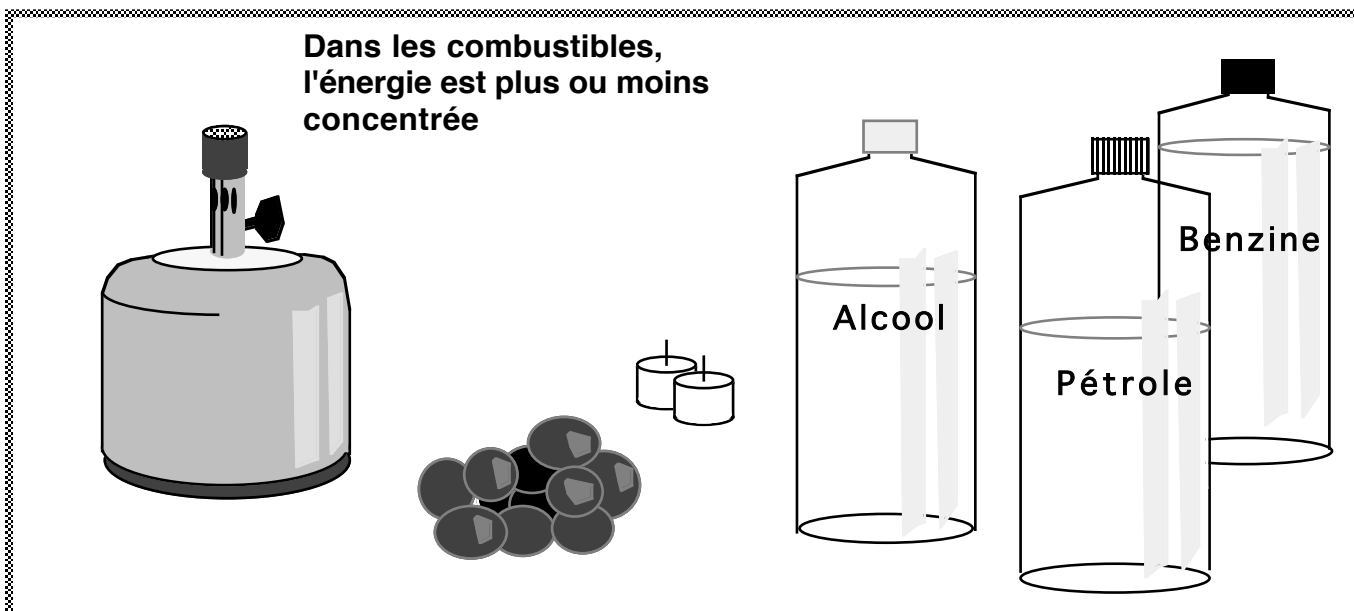


À gauche, c'est avant de chauffer l'eau. Le thermomètre indique la température ambiante. À droite, c'est après avoir chauffé l'eau. Le thermomètre indique une température plus élevée.

Place sur ces dessins des gouttes d'énergie qui font comprendre ce qui s'est passé. Aide toi du document "Représentation de l'énergie".

Les combustibles

rPE 2.03



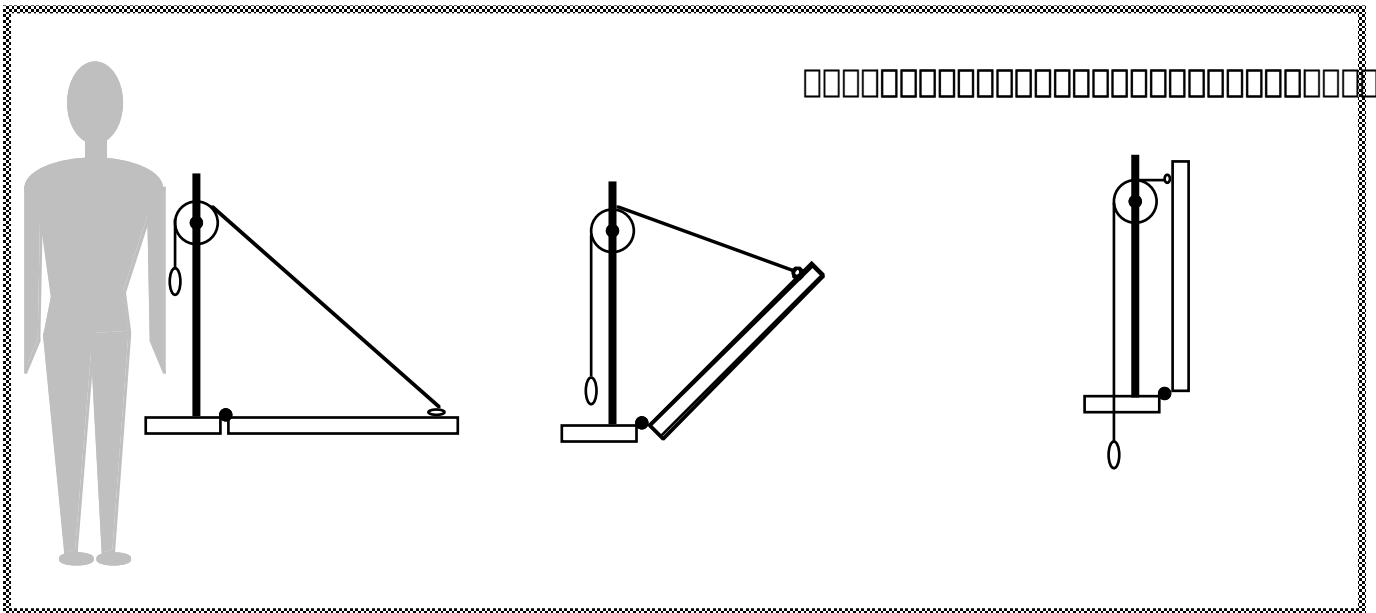
Les combustibles ont des pouvoirs énergétiques passablement différents.

- En brûlant, un gramme de gaz fournit 50 kJ = 14 Wh
- En brûlant, un gramme de charbon fournit 20 kJ = 5.6 Wh
- En brûlant, un gramme de stéarine fournit 35 kJ = 10 Wh
- En brûlant, un gramme d'alcool fournit 30 kJ = 8.3 Wh
- En brûlant, un gramme de pétrole fournit 43 kJ = 12 Wh
- En brûlant, un gramme de benzine fournit 47 kJ = 13 Wh

Sur chacun des dessins place le nombre de gouttes d'énergie correspondant à un gramme de combustible.

Une trappe qui se soulève !

rPE 2.04



La personne représentée ici va tirer sur la corde pour faire monter le couvercle de la trappe.

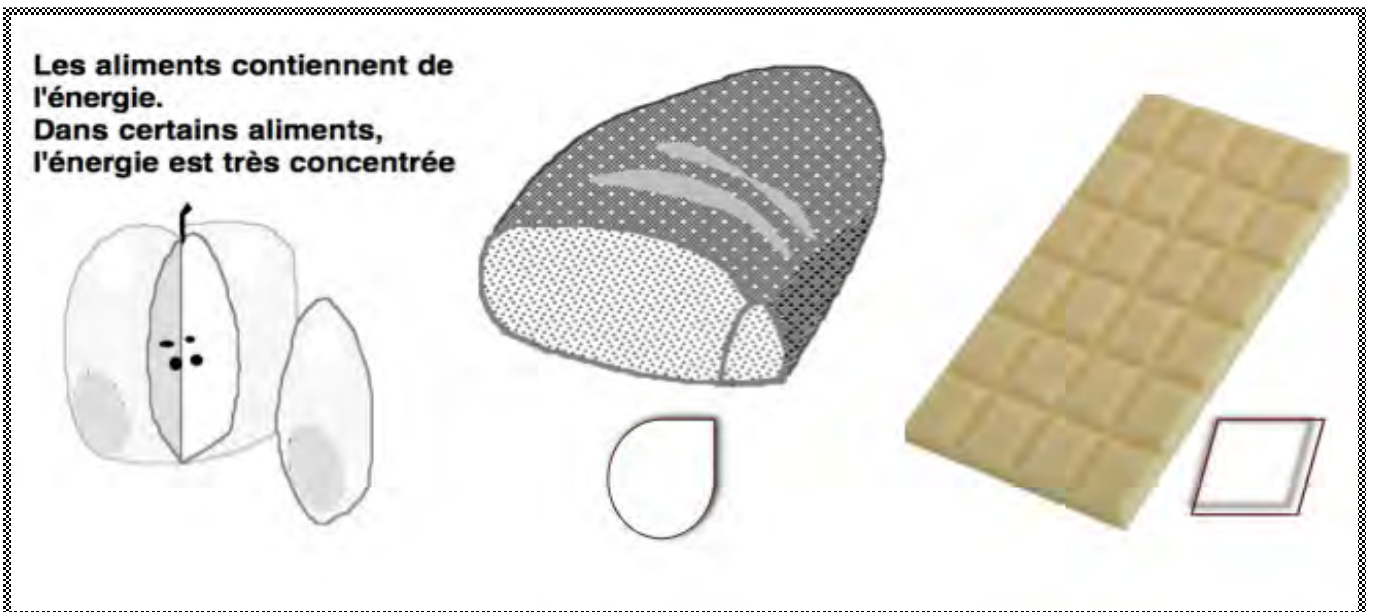
Il y a une grande énergie en réserve dans cette personne, mais on ne va lui attribuer que les 20 gouttes d'énergie qu'elle va dépenser pour tirer sur la corde et faire monter le couvercle de la trappe.

Au moyen de gouttes d'énergie que tu places sur ces dessins, représente ce qui se passe.

Il s'agit de tomber d'accord pour une représentation qui soit adoptée par la classe.

Les aliments

rPE 2.05



Les petits morceaux de pomme, de pain et de chocolat font 4 grammes chacun.

Le morceau de pomme contient une énergie chimique de 2,2 kcal = 9 kJ = 2,5 Wh

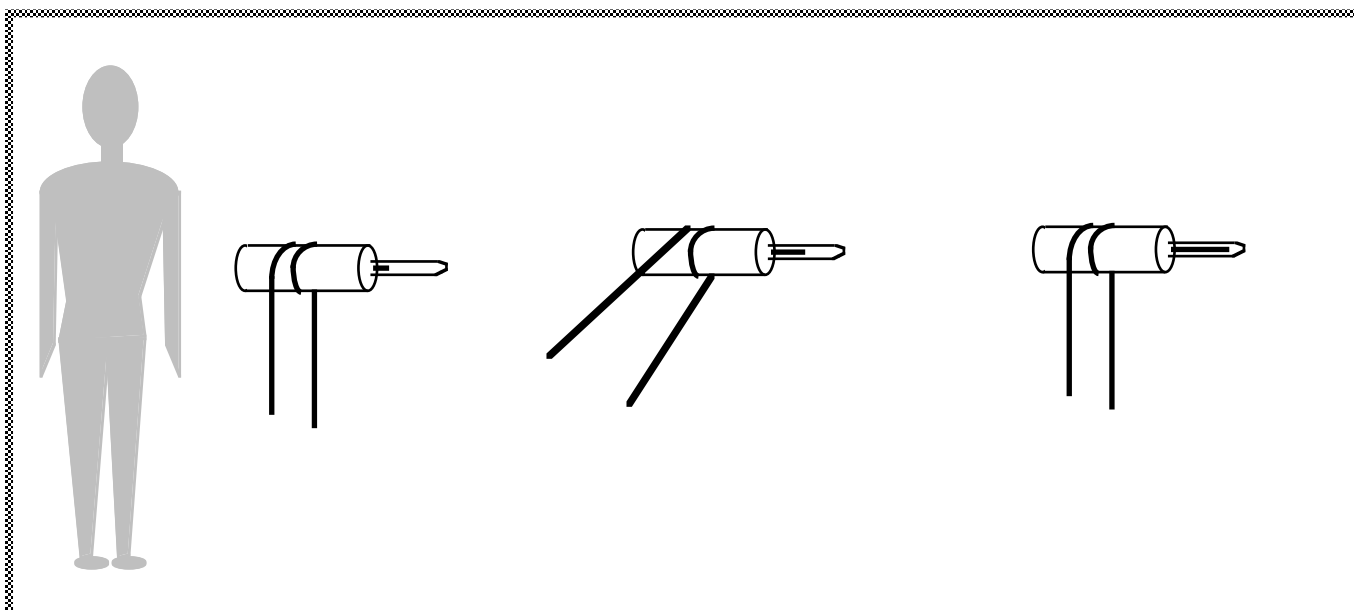
Le morceau de pain contient une énergie chimique de 10 kcal = 40 kJ = 11 Wh

Le morceau de chocolat (blanc ou noir) contient une énergie chimique de 90 kcal = 22 kJ = 25 Wh

Dessine le nombre adéquat de gouttes d'énergie de 1 Wh dans chaque morceaux. Aide toi du document "Représentation de l'énergie".

Le frottement, ça chauffe !

rPE 3.01



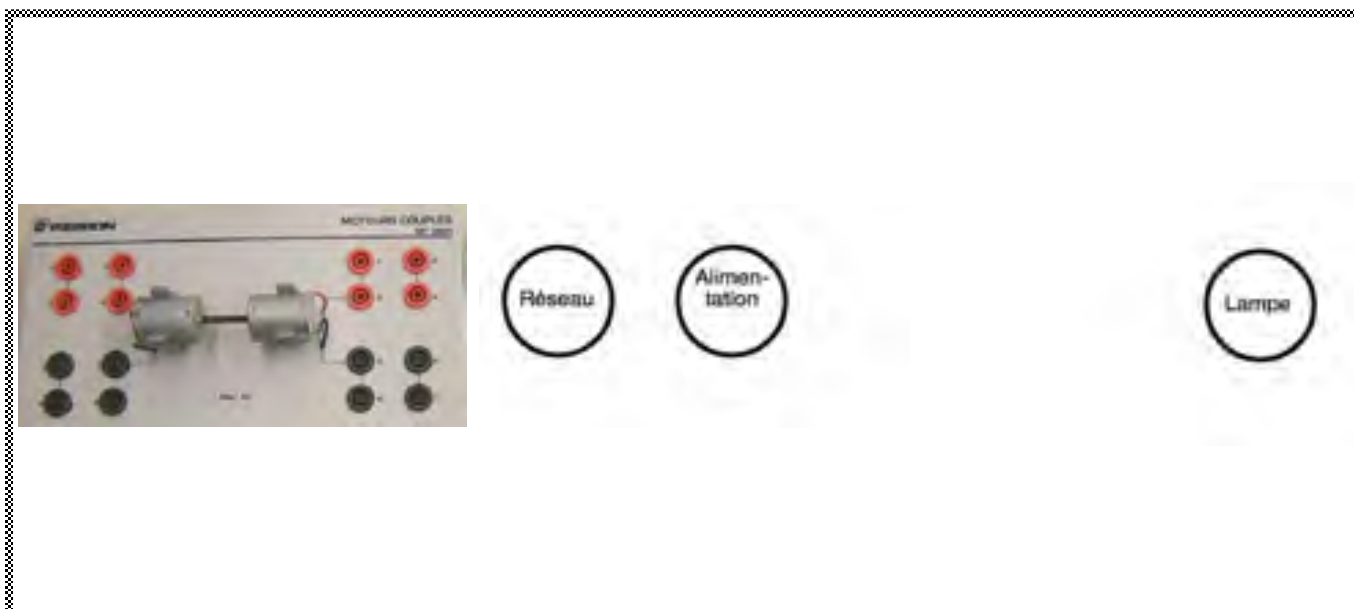
La personne représentée ici va imprimer des mouvements de va-et-vient à la cordelette qui entoure le cylindre (dessin du milieu). Ce cylindre va donc chauffer (dessin de droite).

Il y a une grande énergie en réserve dans cette personne, mais on ne va lui attribuer que les 20 gouttes d'énergie qu'elle va dépenser pour actionner la cordelette qui fait chauffer le cylindre.

Au moyen de gouttes d'énergie que tu places sur ces dessins, représente ce qui se passe.

Moteur et générateur

rPE 3.01

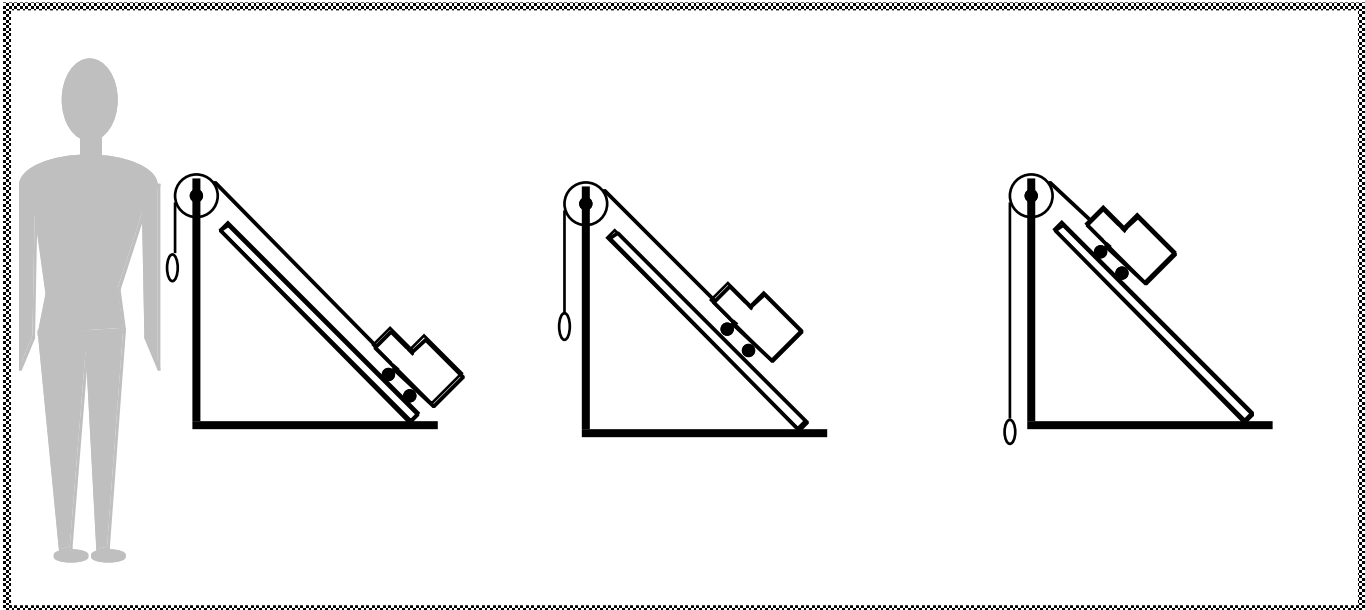


Dans ce montage, deux moteur-générateurs sont couplés mécaniquement. Un moteur (choisissons celui de gauche) peut être raccordé à une alimentation électrique de laboratoire et se mettre à tourner. Il entraîne ainsi le second moteur (celui de droite) qui tourne en générateur. On branche une lampe sur ce générateur qui se met à briller. Si on mesure l'énergie électrique apportée au moteur de gauche et l'énergie électrique reçue par la lampe, on constate que cette dernière est nettement inférieure à la première.

Dessine une chaîne énergétique qui va de l'alimentation électrique à la lampe. Indique sous quelle forme l'énergie passe entre les éléments de la chaîne (code de couleur) et indique où ont lieu les pertes. Dessine 10 gouttes d'énergie à côté de l'alimentation, dessine ce que deviennent ces gouttes au niveau du moteur, au niveau du générateur et au niveau de la lampe.

Une voiture qui monte sur un plan incliné

rPE 3.02



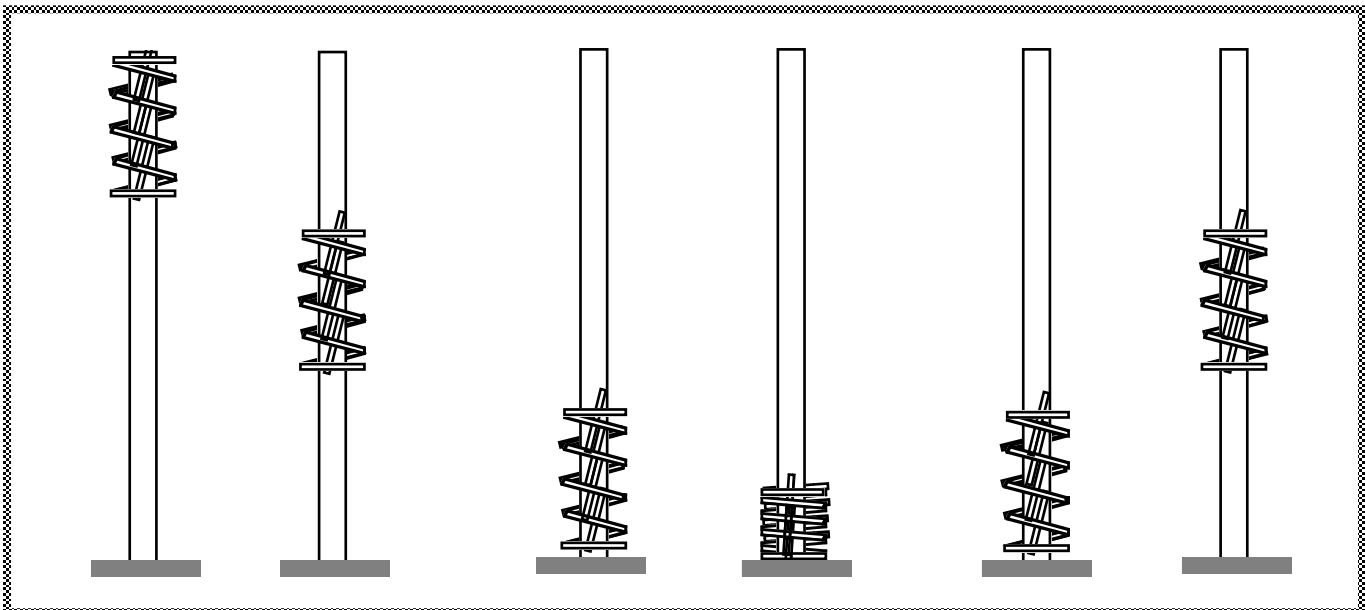
La personne représentée ici va tirer sur la corde pour faire monter le chariot sur le plan incliné.

Il y a une grande énergie en réserve dans cette personne, mais on ne va lui attribuer que les 20 gouttes d'énergie qu'elle va dépenser pour tirer sur la corde et faire monter le chariot.

Au moyen de gouttes d'énergie que tu places sur ces dessins, représente ce qui se passe.

Un ressort qui rebondit

rTR 3.01

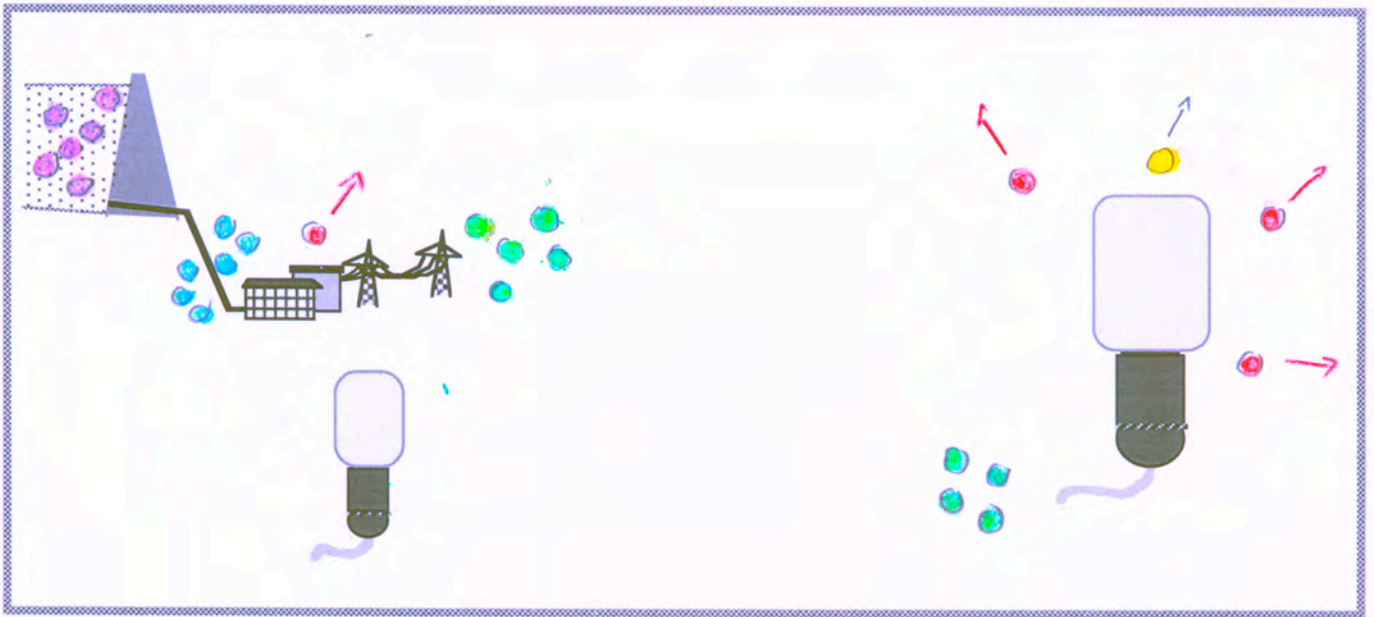


Le ressort coulisse sur une tige.

Lorsqu'il est tout en haut (immobile), son énergie est de nature mécanique de hauteur (énergie potentielle)

Lorsqu'il tombe, son énergie se transforme progressivement en énergie mécanique de mouvement (énergie cinétique). Lorsqu'il arrive en bas, avant le choc, il n'a plus que de l'énergie cinétique. En heurtant la fond, le ressort se comprime. Il stocke alors de l'énergie mécanique potentielle en s'aplatissant. Puis le ressort se détend à nouveau et est projeté vers le haut jusqu'à une certaine hauteur, moins grande que la hauteur de départ (sur le dernier dessin, le ressort est au plus haut de son rebondissement).

Représente ce processus en plaçant des gouttes d'énergie sur les dessins. On admettra qu'au début le ressort a une énergie potentielle de hauteur de 10 gouttes.

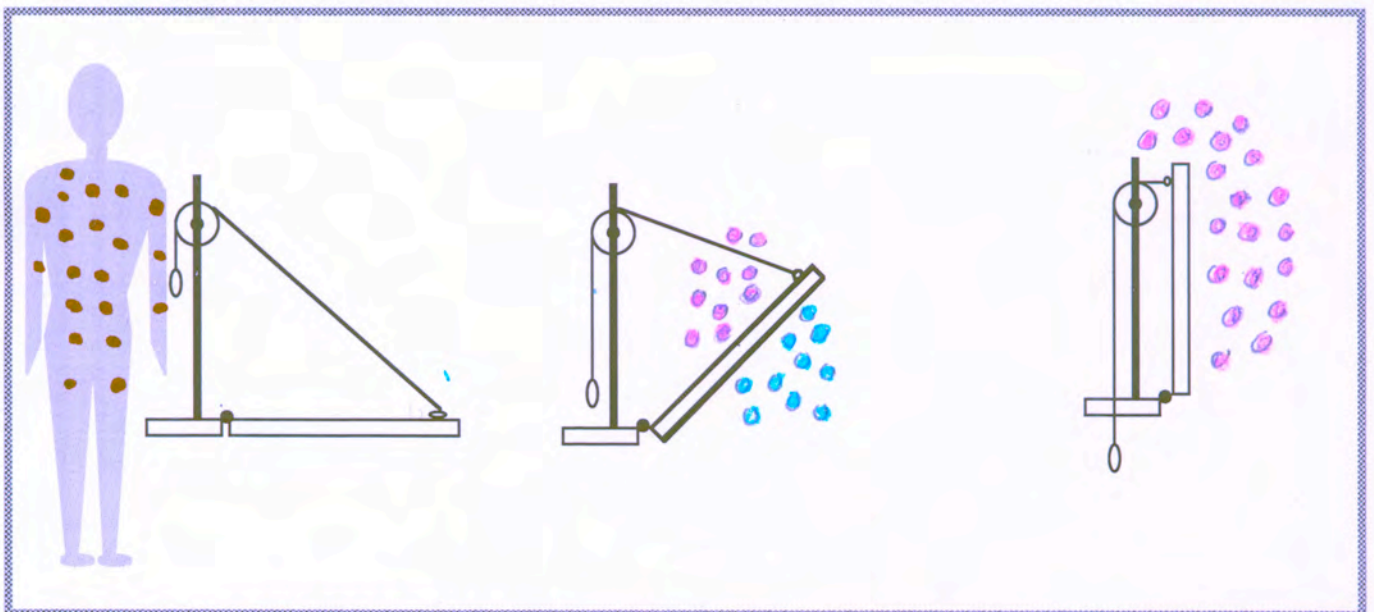


La lampe est alimentée en énergie électrique provenant de la centrale électrique par le réseau.
 La centrale reçoit de l'énergie par la conduite forcée qui amène l'eau depuis le lac retenu par le barrage.
 Pour illustrer cela, place quelques gouttes d'énergie dans l'eau du lac, autour de la conduite forcée et à la sortie de la centrale (sur les lignes électriques).
 Sur le dessin de droite, place quelques gouttes à l'entrée de la lampe (vers le cordon) et autour de la lampe pour faire comprendre sous qu'elle forme l'énergie ressort de cette lampe.

Pour les couleurs des gouttes, aide toi du document "Représentation de l'énergie"

Représentation de l'énergie

Une trappe qui se soulève !



La personne représentée ici va tirer sur la corde pour faire monter le couvercle de la trappe.

Il y a une grande énergie en réserve dans cette personne, mais on ne va lui attribuer que les 20 gouttes d'énergie qu'elle va dépenser pour tirer sur la corde et faire monter le couvercle de la trappe.

Au moyen de gouttes d'énergie que tu places sur ces dessins, représente ce qui se passe.

Il s'agit de tomber d'accord pour une représentation qui soit adoptée par la classe.

Enseignement de l'énergie selon le PER

Energie à la maison

- 10 Wh avec des appareils ménagers électriques - Combien de temps ?
- Préparer une tasse de thé - Quelle énergie ?
- Chauffer de l'eau avec des réchauds à combustible et des appareils électriques - Quelle consommation ?

Situations-problèmes avec tableaux à compléter.

Ces situations-problèmes conviennent à une phase didactique de conceptualisation (prévoir, puis expérimenter).

Argumenter pour établir un pronostic, vérifier expérimentalement, débattre au sujet des divergences, accepter ou non des résultats de mesures, refaire des expériences si nécessaire,

toutes ces aptitudes participent de la démarche scientifique à laquelle le PER nous invite à former nos élèves.

Situation-problème – Durée de fonctionnement pour 10 Wh – Feuille de groupe

Rappel: une énergie de 10 wattheures est celle qui est contenue dans un demi carré de chocolat ou un morceau de sucre. C'est aussi l'énergie dont a besoin le corps humain pour vivre (sans faire d'effort physique) durant environ 5 minutes.

Combien de temps ces appareils électriques peuvent-ils fonctionner avec une énergie de 10 Wh ?

Fais des prévisions (2^{ème} colonne du tableau) puis expérimente pour voir si tes prévisions sont bonnes (3^{ème} colonne du tableau)

Appareil	Durée prévue	Durée mesurée	Remarques
Thermoplongeur			
Réchaud électrique (réglé au minimum)			
Réchaud électrique (réglé au maximum)			
Grille-pain			
Fer à repasser de.....W			
Sèche-cheveux (air froid)			
Sèche-cheveux (air chaud)			
Ampoule ordinaire de W			
Ampoule économique (équivalente)			
Ampoule ordinaire de W			
Mixer (dans l'eau)			
Aspirateur			
TV + vidéo			
Radiateur électrique			

Situation-problème - Énergie pour chauffer de l'eau

Tu veux te préparer une tasse de thé. Pour cela, tu vas faire bouillir 2,5 dl d'eau. Tu disposes de plusieurs moyens de chauffage

Fais d'abord un pronostic quant au moyen de chauffage le plus économique.

Ensuite, fais les mesures nécessaires pour répondre à ces deux questions :

1. Combien de wattheures électriques faut-il ? (2^{ème} colonne du tableau)
2. Combien de temps cela prend-il ? (3^{ème} colonne du tableau)

Après cela, fais les calculs qui te permettent de compléter le tableau.

Dans la dernière colonne, tu obtiens la puissance de chacun des appareils

Tableau à compléter en faisant les mesures nécessaires

Appareil	Energie consommée	Durée	Nombre de fois cette durée en 1 h.	Énergie consommée en 1 heure	Puissance
	Wh = wattheure	min = minute		Wh = wattheure	W = watt
Thermoplongeur (de faible puissance)	Wh	min		Wh	W
Thermoplongeur (de forte puissance)	Wh	min		Wh	W
Réchaud casserole sans couvercle	Wh	min		Wh	W
Réchaud casserole avec couvercle	Wh	min		Wh	W
bouilloire	Wh	min		Wh	W
Four à micro-ondes	Wh	min		Wh	W

Situation-problème - Énergie pour chauffer de l'eau

Tu veux te préparer une tasse de thé. Pour cela, tu vas faire bouillir 2,5 dl d'eau. Tu disposes de plusieurs moyens de chauffage

Fais d'abord un pronostic quant au moyen de chauffage le plus économique.

Ensuite, fais les mesures nécessaires pour répondre à ces deux questions :

1. Combien de wattheures électriques faut-il ? (2^{ème} colonne du tableau)
2. Combien de temps cela prend-il ? (3^{ème} colonne du tableau)

Après cela, fais les calculs qui te permettent de compléter le tableau.

Dans la dernière colonne, tu obtiens la puissance de chacun des appareils

Exemple de résultats de mesures et calculs

Appareil	Energie consommée	Durée	Nombre de fois cette durée en 1 h.	Énergie consommée en 1 heure	Puissance
	Wh = wattheure	min = minute		Wh = wattheure	W = watt
Thermoplongeur (de faible puissance)	20 Wh	2,5 min	24	480 Wh	480 W
Thermoplongeur (de forte puissance)	20 Wh	1,5 min	40	800 Wh	800 W
Réchaud casserole sans couvercle	100 Wh	4,5 min	13,33	1333 Wh	1333 W
Réchaud casserole avec couvercle	80 Wh	3,5 min	17,1	1371 Wh	1371 W
bouilloire	60 Wh	6 min	10	600 Wh	600 W
Four à micro-ondes	70 Wh	2,5 min	24	1680 Wh	1680 W

Approche de l'énergie selon le PER

Concepts de puissance et d'énergie

Exercice consistant à rechercher des
erreurs dans un ouvrage destiné aux
enseignants

Ci-après, une reproduction de la page 155 du chapitre
« Vous avez dit “énergie” ? », tirée de l'ouvrage
*Comment enseigner les sciences, André Giordan,
Francine Pellaud, Delagrave, 2008*

Cette page comporte des erreurs qui ne sont pas dues à
l'auteur (et dont l'origine est restée mystérieuse).
Quel errata proposer ?

Reproduction de la page 155 du chapitre « Vous avez dit "énergie" ? », in « Comment enseigner les sciences, André Giordan, Francine Pellaud, Delagrave, 2008

METTRE EN PRATIQUE LE MODÈLE ALLOSTÉRIQUE

- J'annonce que la représentation en petits points ou « gouttes d'énergie » utilisée dans la troisième suite des dessins est celle que l'on adoptera car elle permettra de compter l'énergie en comptant le nombre des « gouttes ».

fiques », et cela même si le vocabulaire utilisé ne l'est pas, la représentation n° 2.

La première n'est pas critiquable en soi, mais la majorité des élèves admettent que la dernière est la plus facilement décodable.

Environnement didactique

- Formaliser
- Institutionnaliser

Observations

Même si le spectre du « calorique » est présent à mon esprit et si je sais que cette représentation de l'énergie sous la forme d'un fluide constitue un obstacle de nature épistémologique, je n'hésite pas à renforcer une telle représentation. En fait, c'est parce que je vais l'étendre à toutes les formes d'énergie que cette représentation va être didactiquement pertinente. C'est grâce à elle que s'ancreront les idées de conservation et de dégradation de l'énergie.

Sixième séquence : Prévoir et comparer = phase de prévisions

- J'explique aux élèves qu'ils devront en groupes de quatre ou cinq répondre par des hypothèses à cinq questions. Leurs solutions seront affichées et comparées.

La présentation des réponses est faite par un représentant du groupe.

Environnement didactique

- Favoriser la solidarité entre les élèves.
- Stimuler les échanges et les prises de conscience.

Observations

La phase de prévision, puis de présentation des réponses sont très importantes. Par là, je m'assure que tous mes élèves s'approprient bien les questions. De plus, le travail en groupes permet d'éviter des blocages.

• Contenu des informations affichées

Information 1 Un demi-morceau de sucre (~2 g) contient une énergie de 10 watts.

Information 2. Une ampoule de 100 watts consomme une énergie de 100 watts en une heure de fonctionnement.

Information 3. 1 wattheure = 3,60 kilojoules

1 kilocalorie = 4,18 kilojoules

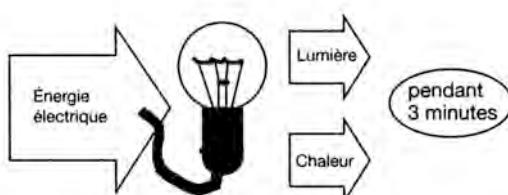
1 wattheure = 0,861 kilocalorie.

Environnement didactique

- Apporter des informations comme aides à penser

Observations

Ces informations vont aider l'élève dans son travail de conceptualisation en lui permettant de quantifier l'énergie. Leur affichage sur les murs de la classe leur confère une grande accessibilité et leur donne un caractère institutionnel. Elles resteront affichées pour la suite.



Solution de l'exercice sur le thème énergie/puissance

Voici l'errata qui a été transmis à l'éditeur :

(Dernier paragraphe du bas de la page colonne de gauche)

•Contenu des informations affichées

1) Information 1

Un demi-morceau de sucre (~2 g) contient une énergie de 10 wattheures (10 Wh).

2) Information 2

Une ampoule de 100 watts (100 W) consomme une énergie de 100 wattheures (100 Wh) en une heure de fonctionnement.

3) Information 3

1 wattheure = 3,60 kilojoules, en abrégé : 1 Wh = 3,60 kJ

1 kilocalorie = 4,18 kilojoules, en abrégé : 1 kcal = 4,18 kJ

1 wattheure = 0,861 kilocalorie, en abrégé : 1 Wh = 0,861 kcal

Remarque :

Les facteurs de conversion diffèrent légèrement d'une source à l'autre

- Dans les tableaux de conversion donnés dans les documents officiels de l'Office fédéral de l'énergie, on trouve les équivalences
1 Wh = 0,8598 kcal
1 kcal = 4,186 kJ
- Dans l'application Internet <http://www.convertir-unites.info/convertisseur-d-unites.php?type=energie>, on a :
1 Wh = 0,859 845 227 859 kcal (!)
1 kcal = 4,1868 kJ
- Dans le convertisseur d'unités "**Unit Converter (ver 1.2.2)**" (gratuit) qui peut être chargé sur Smartphone, on a :
1 Wh = 0,86042 kcal
1 kcal = 4,184 kJ

Atelier sur le thème **A**pproche de l'**É**nergie (ApEn)

Pages suivantes :

Situations-problèmes

Trouver l'énergie consommée d'après la puissance

Consigne :

Tu dois savoir à l'avance l'énergie que va consommer (transformer) un appareil électrique en un temps donné en connaissant sa puissance.

Choisis un appareil parmi ceux dont tu disposes. Détermine sa **puissance** soit en lisant sur l'appareil, soit en utilisant le multimètre comme wattmètre (tu n'as bien sûr, à ce stade, pas le droit d'utiliser le multimètre pour mesurer l'énergie). Décide d'un temps compris entre 1 et 3 minutes et calcule l'énergie que cet appareil consommera durant ce temps.

Pour vérifier branche l'appareil au réseau par l'intermédiaire du compteur ou du multimètre qui, cette fois-ci, sera utilisé comme wattheures-mètre.

Recommence avec d'autres appareils.

Matériel à disposition

- appareils électriques (au moins 4 dont un ou deux ne comprennent pas de corps de chauffe)
- multimètre réseau (éventuellement)
- compteur électrique ou multimètre réseau (pour la vérification)
- montre avec secondes ou chronomètre (pour la vérification)

Trouver l'énergie consommée d'après la puissance

CE2.06

Atelier énergie 11 EnPu-Approf

Item Vous avez dit énergie 7.02

Phase conceptualisation

Concepts puissance temps

Sujet ou sélection BDRP

Indications didactiques

Telle que formulée ici, on peut considérer cette situation comme une situations de réinvestissement (l'élève est sensé avoir les connaissances lui permettant de prévoir correctement les énergies consommées).

On a pourtant numéroté cette situation comme une situation de conceptualisation. Pour que cette situation ait un tel statut, il suffit de dire à l'élève qu'il a le droit de faire des essais avec quelques appareils pour se forger une méthode de calcul et que sa méthode sera mise à l'épreuve avec un dernier appareil.

Lorsqu'on propose ce problème dans la phase de conceptualisation, on constate que les élèves ne font pas spontanément le lien entre durée d'utilisation courte et appareils qui chauffent. Pour eux, souvent, chauffer est presque "gratuit": *"c'est facile de chauffer", "ça chauffe pour un rien", "dès qu'on frotte un peu, c'est bouillant", "si on met quelque chose au soleil, il est tout de suite chaud"*. On peut penser qu'ils perçoivent le caractère dégradé de l'énergie thermique et le fait que cette forme d'énergie apparaît pratiquement partout. Cette "facilité" à obtenir de la chaleur leur fait croire que les énergies mises en jeu dans la chaleur sont faibles. Il y a bien sûr aussi la confusion entre température atteinte et énergie associée. Il est vrai qu'on peut obtenir des températures élevées avec des petites énergies mais en chauffant des quantités faibles de matière ou des matières à

En- énergie consommée et puissance d'appareils électriques

Consigne :

Tu disposes ici de divers appareils électriques.

Tu disposes également d'une montre avec affichage des secondes ou d'un chronomètre. Tu disposes encore d'un multimètre réseau que tu vas utiliser pour mesurer l'énergie consommée par les appareils.

Branche le multimètre sur une prise et règle-le sur la fonction de mesure d'énergie du multimètre (affichage en Wh ou kWh). Si nécessaire, mets à zéro les Wh ou kWh. Choisis un premier appareil électrique et, en regardant ta montre ou en enclenchant le chronomètre, branche le sur le multimètre. Mesure l'énergie qui est consommée en 1 minute. Multiplie le nombre de wattheures (Wh) trouvé par 60. Cela te donne l'énergie qu'aurait consommé l'appareil en 1 heure. Ce nombre de wattheures à l'heure, c'est la puissance de l'appareil, c'est à dire les watts (W)

Vérifie cela de deux manières:

- 1) en commutant le multimètre sur la fonction de mesure de puissance (affichage en W ou kW)
- 2) en regardant ce qui est inscrit sur l'appareil.

Que t'inspirent les résultats obtenus ?

Matériel à disposition

- appareils électriques avec mention de leurs puissances (au moins 4)
- multimètre réseau
- montre avec secondes ou chronomètre

En- énergie consommée et puissance d'appareils électriques**ME2.06****Atelier ApEn EnPu-Approf**

Phase	immersion familiaris. instrum.
Concepts	énergie puissance temps
Sujet	Energie et puissance conceptualisation

Indications didactiques

Le plus souvent une étiquette figure sur l'appareil électrique avec des indications de nombre de volts (V), d'ampères (A) et de watts (W) ou kilowatts (kW).

Un multimètre réseau permet de connaître, à un instant donné, le nombre de volts (pression ou tension) à la prise électrique, le nombre d'ampères (courant) qui circulent au travers de l'appareil raccordé et le nombre de watts (puissance) de cet appareil. Le multimètre donne en plus la consommation totale d'énergie en kilowattheures (kWh) pendant la durée de fonctionnement (certains appareils donnent l'énergie en wattheures si elle est inférieure à 1000 Wh).

Il y a des différences plus ou moins grandes entre la puissance indiquée sur l'appareil et celle qui est mesurée par le multimètre.

En règle générale, les appareils ménagers munis d'un corps de chauffe, tels un radiateur, un fer à repasser, une bouilloire, un réchaud électrique, un grille-pain, ... consomment nettement plus d'énergie que les appareils qui ne sont dotés que d'un moteur (mixer, hachoir, rasoir, ...).

Théorie

L'énergie se mesure en wattheures (Wh) et la puissance en wattheures par heure, c'est à dire en watts ($\text{Wh/h} = \text{W}$).

Deux causes principales expliquent les différences entre la puissance écrite sur l'appareil et la puissance mesurée.

La puissance réelle dépend de la tension électrique qui varie de plusieurs volts autour de la tension normalisée de 230 V. Plus la tension est élevée, plus la puissance l'est également.

Il y a des fluctuations dans la construction des appareils qui font que des appareils identiques n'ont pas tous la même puissance.

Si l'on se représente l'énergie comme la quantité d'un fluide invisible, on peut se représenter la puissance comme le débit de ce fluide.

Analogie: Si une quantité d'eau qui s'écoule d'un robinet (nombre de litres) représente l'énergie, le débit de ce robinet (nombre de litres par seconde ou par minute ou par heure) représente la puissance.

En- comparaison des énergies consommées par quelques appareils électriques

Consigne :

Tu disposes ici de divers appareils électriques.
Tu disposes également d'une montre avec affichage des secondes ou d'un chronomètre. Tu disposes encore d'un multimètre réseau que tu vas utiliser pour mesurer l'énergie consommée par les appareils.

Branche le multimètre sur une prise et règle-le sur la fonction de mesure d'énergie du multimètre (affichage en Wh ou kWh). Si nécessaire, mets à zéro les Wh ou kWh. Choisis un premier appareil électrique et, en regardant ta montre ou en enclenchant le chronomètre, branche le sur le multimètre. Mesure l'énergie qui est consommée en une minute. Note le résultat et remets le multimètre à zéro. Devine quelle énergie sera consommée en 2 minutes. Vérifie !
Recommence avec d'autres appareils électriques.

Que t'inspirent la comparaison des énergie consommées par les divers appareils ?

Matériel à disposition

- appareils électriques avec mention de leurs puissances (au moins 4)
- multimètre réseau
- montre avec secondes ou chronomètre

En- comparaison des énergies consommées par quelques appareils électriques ME2.14

Atelier ApEn EnPu-Approf

Phase	immersion familiaris. instrum.
Concepts	énergie puissance temps
Sujet	Energie et puissance conceptualisation

Indications didactiques

Le plus souvent une étiquette figure sur l'appareil électrique avec des indications de nombre de volts (V), d'ampères (A) et de watts (W) ou kilowatts (kW).

Un multimètre réseau permet de connaître, à un instant donné, le nombre de volts (pression ou tension) à la prise électrique, le nombre d'ampères (courant) qui circulent au travers de l'appareil raccordé et le nombre de watts (puissance) de cet appareil. Le multimètre donne en plus la consommation totale d'énergie en kilowattheures (kWh) pendant la durée de fonctionnement (certains appareils donnent l'énergie en wattheures si elle est inférieure à 1000 Wh).

Il y a des différences plus ou moins grandes entre la puissance indiquée sur l'appareil et celle qui est mesurée par le multimètre.

En règle générale, les appareils ménagers munis d'un corps de chauffe, tels un radiateur, un fer à repasser, une bouilloire, un réchaud électrique, un grille-pain, ... consomment nettement plus d'énergie que les appareils qui ne sont dotés que d'un moteur (mixer, hachoir, rasoir, ...).

Théorie

L'énergie se mesure en wattheures (Wh) et la puissance en wattheures par heure, c'est à dire en watts ($\text{Wh/h} = \text{W}$).

Deux causes principales expliquent les différences entre la puissance écrite sur l'appareil et la puissance mesurée.

La puissance réelle dépend de la tension électrique qui varie de plusieurs volts autour de la tension normalisée de 230 V. Plus la tension est élevée, plus la puissance l'est également.

Il y a des fluctuations dans la construction des appareils qui font que des appareils identiques n'ont pas tous la même puissance.

Si l'on se représente l'énergie comme la quantité d'un fluide invisible, on peut se représenter la puissance comme le débit de ce fluide.

Analogie: Si une quantité d'eau qui s'écoule d'un robinet (nombre de litres) représente l'énergie, le débit de ce robinet (nombre de litres par seconde ou par minute ou par heure) représente la puissance.

Atelier sur le thème **A**pproche de l'**É**nergie (ApEn)

Pages suivantes :

Questionnaire à choix multiple de réponses (QCM)

Tu peux ajouter des réponses qui te conviennent mieux sur les lignes blanches

11
EN 5 Je suis placé devant une tasse de café bouillant et une portion de crème à la température ambiante. Je dois impérativement boire mon café d'ici 5 minutes. Je souhaite le boire le plus froid possible, avec de la crème et sans sucre.

Pour que le café soit le plus froid possible au bout de 5 minutes, voici ce que je fais...

- je verse immédiatement la crème dans le café et j'attends 5 minutes
- j'attends 5 minutes puis je verse la crème dans le café
- j'attends environ 2,5 minutes puis je verse la crème dans le café
- je verse à n'importe quel moment la crème dans le café (c'est égal).
- je verse très lentement la crème dans le café de manière à ce qu'il refroidisse régulièrement pendant les 5 minutes.

Température pertes équilibre

17
EN 17 Dans un article de journal où il est question d'économies d'énergie, on parle tantôt de kilowatts et tantôt de kilowattheures.

A mon avis...

- les kilowattheures expriment l'énergie que consomme un appareil mais pas les kilowatts
- les kilowatts expriment l'énergie que consomme un appareil mais pas les kilowattheures
- le mot "kilowatt" est seulement une abréviation courante du mot kilowattheure
- les kilowatts, c'est l'énergie qui est consommée à la seconde et les kilowattheures, c'est l'énergie qui est consommée à l'heure
- Le nombre de kilowatts, c'est le nombre de kilowattheures consommés en une heure

Energie mesure

22
PU 1 J'utilise un multimètre digital (genre EMU) qui se branche sur une prise de courant et qui m'indique, au choix, des watts (W) ou des wattheures (Wh). Je branche une lampe sur cet instrument de mesure. Il affiche alors un nombre qui ne change presque pas au cours du temps (il fluctue légèrement autour d'une valeur).

En ce moment l'instrument de mesure indique...

- la puissance de la lampe
- l'énergie que consomme la lampe
- le nombre de joules consommés par seconde
- le nombre de wattheures consommés à l'heure
-

Mesure énergie électrique puissance

23
PU 2 J'utilise un multimètre digital (genre EMU) qui se branche sur une prise de courant et qui m'indique, au choix, des watts (W) ou des wattheures (Wh). Je branche une lampe sur cet instrument de mesure. Il affiche alors un nombre qui augmente au cours du temps.

En ce moment l'instrument de mesure indique...

- la puissance de la lampe
- l'énergie que consomme la lampe
- le nombre de joules consommés par seconde
- le nombre de wattheures consommés à l'heure
-

Mesure énergie électrique puissance

Tu peux ajouter des réponses qui te conviennent mieux sur les lignes blanches

24

PU 3

Au sous-sol d'une villa comprenant deux appartements se trouvent deux compteurs électriques identiques, un pour chacun des appartements. Au moment où j'observe ces compteurs, le disque du compteur de l'appartement de gauche tourne plus vite que celui de droite.

J'en conclus avec certitude que...

- les habitants de l'appartement de gauche payeront une facture d'électricité plus élevée que ceux de l'appartement de droite
- c'est dans l'appartement de gauche que la puissance de tous les appareils qui fonctionnent est momentanément la plus grande
- l'énergie électrique consommée en 24 heures dans l'appartement de gauche est plus grande que celle qui est consommée dans l'appartement de droite

Mesure énergie électrique puissance

25

PU 4

Lorsque je prépare une tasse d'eau bouillante avec une casserole et un réchaud électrique, le disque du compteur tourne de 25 tours tandis que lorsque j'utilise un thermoplongeur, le même disque ne tourne que de 15 tours.

J'en conclus avec certitude que...

- le réchaud électrique consomme plus d'énergie que le thermoplongeur pour chauffer une tasse d'eau
- le réchaud est plus puissant que le thermoplongeur
- le réchaud chauffe l'eau plus vite que le thermoplongeur
- le thermoplongeur chauffe l'eau plus vite que le réchaud

Energie électrique puissance chauffage

28

PU 10

On compare deux réchauds à alcool identiques mais réglés de manière à donner l'un une petite flamme, l'autre une grande flamme. Le premier brûle deux fois moins d'alcool à la minute que le second.

Je peux dire du premier réchaud que, réglé ainsi,...

- il est moins puissant que le second
- il est plus puissant que le second
- il est plus économique à l'emploi pour faire bouillir de l'eau
- il ne peut pas fournir autant d'énergie que le second réchaud

Energie chimique puissance chauffage

30

PU 18

On compare de l'eau qui chauffe au moyen d'un thermoplongeur à une salle de cinéma qui se remplit de spectateurs. Chaque spectateur qui entre dans la salle représente une énergie de 1J qui entre dans l'eau (par exemple).

Dans cette comparaison, le nombre de watts du thermoplongeur correspond...

- au nombre total de personnes qui entrent dans la salle de cinéma
- au nombre total de places dont dispose la salle de cinéma
- au nombre de personnes entrant dans la salle en une seconde
- au nombre de sièges par mètre carré dans la salle de cinéma

Energie-quantité puissance-débit

Tu peux ajouter des réponses qui te conviennent mieux sur les lignes blanches

32

Je me déplace à vélo sur une route plate et je pédale de manière à rouler toujours plus vite.

PU 8

Je peux affirmer que...

- la force avec laquelle j'appuie sur les pédales diminue
- mon vélo acquiert toujours plus d'énergie
- la puissance que je donne en pédalant augmente
- plus je vais vite, moins il me faut d'énergie pour gagner 1 km/h de vitesse supplémentaire
-

Energie cinétique puissance
accélération

36

Ce week-end, à vélo, j'ai pédalé plus longtemps et je suis allé plus loin que mon amie. Nous sommes tous deux revenu(e)s à notre point de départ. Nous avons des vélos identiques et nous pesons la même chose.

PU 12

Je peux affirmer que...

- j'ai développé une plus grande puissance que mon amie
- j'ai dépensé plus d'énergie que mon amie car j'ai fait un plus long trajet
- j'ai dépensé moins d'énergie que mon amie car je suis allé plus lentement qu'elle
- j'ai roulé plus vite que mon amie
-

Energie cinétique puissance
accélération

42

Je dispose de deux réchauds électriques identiques. Sur chacun d'eux, je place une même casserole contenant la même quantité d'eau à la même température. Je ne mets pas le bouton de réglage des deux réchauds sur la même position. Je chauffe l'eau jusqu'à ébullition et je coupe le chauffage. Avec le premier réchaud, l'eau arrive plus vite à ébullition qu'avec le second.

EN 15

Je dirais du premier réchaud...

- que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme plus d'énergie que le second car il est plus puissant et il y a plus de pertes
- que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme moins d'énergie que le second car le temps de chauffe étant plus petit, il y a moins de pertes
- que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme plus d'énergie que le second par le fait qu'il est plus puissant
- que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme la même énergie que le second car on chauffe deux fois la même quantité d'eau prise à la même température
-

Energie électrique puissance

48

Un thermoplongeur convient très bien pour faire bouillir quelques décilitres à un litre d'eau mais il ne convient pas pour en faire bouillir 10 litres.

PU 5

C'est parce que...

- le thermoplongeur peut donner assez d'énergie pour chauffer un litre d'eau mais il ne peut pas donner une énergie dix fois plus grande
- il faut en principe 10 fois plus de puissance pour chauffer 10 litres d'eau que pour en chauffer 1 litre.
- ce serait trop long de faire bouillir 10 litres d'eau avec un thermoplongeur et peut-être impossible à cause des pertes
- plus il y a d'eau à chauffer, moins le thermoplongeur peut donner d'énergie à cette eau
-

Energie électrique puissance
chauffage

11 EN 5 Concepts: énergie pertes équilibre_thermique Compétence: représentation

Pour que le café soit le plus froid possible au bout de 5 minutes, voici ce que je fais...

je verse immédiatement la crème dans le café et j'attends 5 minutes

j'attends 5 minutes puis je verse la crème dans le café

j'attends environ 2,5 minutes puis je verse la crème dans le café

je verse à n'importe quel moment la crème dans le café (c'est égal).

je verse très lentement la crème dans le café de manière à ce qu'il refroidisse régulièrement pendant les 5 minutes.

17 EN 17 Concepts: énergie_puissance unités Compétence: savoir

A mon avis...

les kilowattheures expriment l'énergie que consomme un appareil mais pas les kilowatts

les kilowatts expriment l'énergie que consomme un appareil mais pas les kilowattheures

le mot "kilowatt" est seulement une abréviation courante du mot kilowattheure

les kilowatts, c'est l'énergie qui est consommée à la seconde et les kilowattheures, c'est l'énergie qui est consommée à l'heure

Le nombre de kilowatts, c'est le nombre de kilowattheures consommés en une heure

22 PU 1 Concepts: énergie_puissance mesure unités Compétence: représentation savoir

En ce moment l'instrument de mesure indique...

la puissance de la lampe

l'énergie que consomme la lampe

le nombre de joules consommés par seconde

le nombre de wattheures consommés à l'heure

23 PU 2 Concepts: énergie_puissance mesure unités Compétence: représentation

En ce moment l'instrument de mesure indique...

la puissance de la lampe

l'énergie que consomme la lampe

le nombre de joules consommés par seconde

le nombre de wattheures consommés à l'heure

24 PU 3 Concepts: énergie_puissance unités compteur Compétence: représentation

J'en conclus avec certitude que...

les habitants de l'appartement de gauche payeront une facture d'électricité plus élevée que ceux de l'appartement de droite

c'est dans l'appartement de gauche que la puissance de tous les appareils qui fonctionnent est momentanément la plus grande

l'énergie électrique consommée en 24 heures dans l'appartement de gauche est plus grande que celle qui est consommée dans l'appartement de droite

25 PU 4 Concepts: énergie_puissance unités compteur Compétence: représentation

J'en conclus avec certitude que...

le réchaud électrique consomme plus d'énergie que le thermoplongeur pour chauffer une tasse d'eau

le réchaud est plus puissant que le thermoplongeur

le réchaud chauffe l'eau plus vite que le thermoplongeur

le thermoplongeur chauffe l'eau plus vite que le réchaud

28 PU 10 Concepts: énergie_puissance Compétence: représentation

Je peux dire du premier réchaud que, réglé ainsi,...

il est moins puissant que le second

il est plus puissant que le second

il est plus économique à l'emploi pour faire bouillir de l'eau

il ne peut pas fournir autant d'énergie que le second réchaud

30 PU 18 Concepts: modélisation_énergie puissance Compétence: représentation

Dans cette comparaison, le nombre de watts du thermoplongeur correspond...

au nombre total de personnes qui entrent dans la salle de cinéma

au nombre total de places dont dispose la salle de cinéma

au nombre de personnes entrant dans la salle en une seconde

au nombre de sièges par mètre carré dans la salle de cinéma

32 PU 8 Concepts: énergie_puissance Compétence: représentation

Je peux affirmer que...

la force avec laquelle j'appuie sur les pédales diminue

mon vélo acquiert toujours plus d'énergie

la puissance que je donne en pédalant augmente

plus je vais vite, moins il me faut d'énergie pour gagner 1 km/h de vitesse supplémentaire

36 PU 12 Concepts: énergie_puissance Compétence: représentation

Je peux affirmer que...

j'ai développé une plus grande puissance que mon amie

j'ai dépensé plus d'énergie que mon amie car j'ai fait un plus long trajet

j'ai dépensé moins d'énergie que mon amie car je suis allé plus lentement qu'elle

j'ai roulé plus vite que mon amie

42 EN 15 Concepts: énergie_puissance pertes Compétence: représentation

Je dirais du premier réchaud...

que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme plus d'énergie que le second car il est plus puissant et il y a plus de pertes

que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme moins d'énergie que le second car le temps de chauffe étant plus petit, il y a moins de pertes

que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme plus d'énergie que le second par le fait qu'il est plus puissant

que pour chauffer l'eau jusqu'à l'ébullition, il consomme la même énergie que le second car on chauffe deux fois la même quantité d'eau prise à la même température

48 PU 5 Concepts: énergie_puissance pertes Compétence: représentation

C'est parce que...

le thermoplongeur peut donner assez d'énergie pour chauffer un litre d'eau mais il ne peut pas donner une énergie dix fois plus grande

il faut en principe 10 fois plus de puissance pour chauffer 10 litres d'eau que pour en chauffer 1 litre.

ce serait trop long de faire bouillir 10 litres d'eau avec un thermoplongeur et peut-être impossible à cause des pertes

plus il y a d'eau à chauffer, moins le thermoplongeur peut donner d'énergie à cette eau