

Chaleur massique introd.

Les activités proposées ici se limitent à une première approche des phénomènes dans lesquels la chaleur massique intervient. Des activités d'approfondissement sont proposées dans un autre atelier (Chaleur massique approf.) pour faire suite à cette introduction.

L'eau a des propriétés thermodynamiques particulières qui déterminent de nombreux phénomènes. La chaleur massique élevée de l'eau est l'un des facteurs qui a permis l'apparition de la vie sur la Terre. Le volant thermique des océans et les transferts d'énergie dus aux courants marins fonctionnent comme régulateurs du climat terrestre. Les animaux à sang chaud profitent aussi de l'inertie thermique de leur liquide corporel. Cela nous ramène à la physique, mais aussi à des questions qui touchent le corps humain et la climatologie. C'est pourquoi, après un approfondissement, on voudrait que les élèves soient capables de prévoir la variation de température d'une masse d'eau connue en fonction de l'énergie gagnée ou perdue par cette masse d'eau. Inversement on aimerait qu'ils puissent calculer une énergie provoquant un changement de température donné. Savoir lier les variations d'énergie de l'eau aux variations de sa température sera de plus très utile pour l'étude de l'électricité puisque cela permettra de quantifier des énergies autrement que par des mesures directes.

Ici, des situations problèmes de type immersion rendent sensibles les élèves au fait que le lien entre la température d'un corps et l'énergie qu'il reçoit ou qu'il perd dépend de la matière dont ce corps est constitué. Mais on ne va pas plus loin. On ne vise pas le concept de chaleur massique en soi. Par contre, on vise l'aptitude à mettre en relation l'énergie reçue ou perdue par de l'eau aux variations de sa température.

Dans cette première approche, on aborde aussi le fait que les pertes inhérentes à toute transformation viennent quelque peu fausser les résultats prévus. C'est l'occasion d'aborder la notion de modèle en considérant que la méthode de calcul, éventuellement la formule utilisée, relève d'une modélisation qui simplifie la réalité.

Situations-problèmes

- CM 1.01 de l'eau que l'on chauffe sans autres source d'énergie que son corps
- CM 1.02 plastique et métal, une question d'équilibre !
- CM 1.06 eau, alcool et métal, c'est différent !
- CM 1.07 énergie et température de l'eau - et si on double la quantité d'eau ?
- CM 1.08 énergie et température de l'eau - et si on double l'énergie apportée ?
- CM 2.01 température atteinte par de l'eau recevant une énergie de 10 Wh

Problème du document *Je chauffe de l'eau* - Graphique de la température de l'eau en fonction de l'énergie apportée (variante des SP CM 1.07 et CM 1.08)

QCM Énergie

Items Nos 37, 38, 39, 40, 41

Atelier sur le thème **Approche de l'Énergie (ApEn)**

Pages suivantes :

Situations-problèmes

Énergie - de l'eau que l'on chauffe qu'avec son corps

Consigne :

Renouvele l'eau du récipient en aluminium (tube à pilules) et ferme-le avec le bouchon perforé dans lequel est enfilé un thermomètre. En trois minutes (sans tricher!), tu dois chauffer le plus possible l'eau sans utiliser de l'énergie prise ailleurs que dans ton propre corps. Quelle température as-tu obtenue ?

Matériel à disposition

- récipient métallique contenant de l'eau, par exemple pilulier, fermé par un bouchon perforé dans lequel est introduit un thermomètre



Energie - de l'eau que l'on chauffe qu'avec son corps

CM1.01

Atelier ApEn ChMa-Intro

Item Vous avez dit énergie 2.03

Phase immersion vivre-sentir

Concepts chaleur_massique température

Sujet Chaleur massique préconceptualisation

Observations pouvant être attendues des élèves

On peut chauffer l'eau à une température plus élevée que celle de son corps en frottant le tube, par exemple sur un vêtement

Théorie

N° citation dans Eléments théoriques associés aux SP d'immersion:

Lorsque de la matière devient plus chaude, c'est qu'elle stocke de l'énergie thermique. Lorsque la matière se refroidit, c'est qu'elle perd de l'énergie thermique.

Le frottement est un mécanisme par lequel de l'énergie mécanique est transformée en énergie thermique (chaleur)

Note:

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 wattheures par kilogramme et degrés Celsius $\text{Wh}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ou en joules par kilogrammes et degrés $\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$.

Au lieu des $^\circ\text{C}$, on utilise le plus souvent l'unité kelvin (K). Le kelvin représente la même chose que le $^\circ\text{C}$, mais il s'utilise pour exprimer des températures absolues dont le zéro est à $-273\text{ }^\circ\text{C}$

S'agissant de différences de température, le nombre de $^\circ\text{C}$ est le même que le nombre de K.

La chaleur massique de l'eau est de $1,16\text{ Wh}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ou de $4180\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

57

Energie - plastique et métal, une question d'équilibre !**Consigne :**

Ici, on a deux objets de forme semblable posés sur la table et deux récipients identiques contenant la même quantité d'eau. Dans chaque récipient on a placé un thermomètre. Le premier objet est en métal, le deuxième est en plastique. Comment changeront les indications des thermomètres lorsqu'on plongera les objets chacun dans un récipient ?

Attention: tu peux toucher les objets mais on ne fera l'expérience que lorsque tous tes camarades seront passés par ce poste !

Matériel à disposition

- objets identiques (par exemple des parallélépipèdes ou des cylindres) (2)
- récipients pouvant contenir les objets (2)
- eau à placer dans les récipients
- thermomètres (2) identiques



Energie - plastique et métal, une question d'équilibre !**CM1.02****Atelier ApEn ChMa-Introd****Item Vous avez dit énergie 2.16**

Phase	immersion conceptualisation
Concepts	chaleur_massique température
Sujet	Chaleur massique préconceptualisation

Observations pouvant être attendues des élèves

En général, seule une minorité des élèves pense que la température n'a pas de raison de changer "car tout est à la même température". Les autres sont persuadés que le métal "comme il est plus froid, refroidira l'eau". Certains élèves pensent de plus que le plastique "qui est plus chaud quand on le touche" réchauffera l'eau.

Théorie

Cette situation permet d'attirer l'attention des élèves sur le fait que la perception de froid ou de chaud en touchant un objet n'indique pas sa température de manière objective.

À la température ambiante, le métal paraît froid parce que conducteur thermique, il induit un transfert d'énergie de la peau vers le métal.

À la température ambiante, le plastique paraît relativement chaud parce que, isolant, il empêche le transfert d'énergie de la peau vers l'extérieur.

Si la température de l'eau dans les récipients ne change pas, c'est qu'il n'y a pas d'échange d'énergie entre les objets et l'eau. Un échange d'énergie ne peut se faire que s'il y a déséquilibre thermique, c'est à dire entre deux corps dont la température n'est pas la même.

Energie - eau, alcool et métal, c'est différent !**Consigne :**

Les métaux sont très faciles à chauffer: il faut peu d'énergie pour que leur température monte. L'alcool est beaucoup plus difficile à chauffer que les métaux, mais c'est l'eau qui est la plus difficile à chauffer.

Tu peux vérifier cela simplement te saisissant de deux des tubes et en les serrant dans la main. Pour mieux te rendre compte de ce qui se passe, change de mains au bout d'une minute, puis à nouveau au bout d'une minute.

Les tubes les plus difficiles à chauffer resteront froids plus longtemps.

As-tu trouvé lequel de ces récipient contient de l'eau ?

Matériel à disposition

- récipient métallique fermé contenant de l'eau, par exemple pilulier
- récipient métallique fermé contenant de l'alcool par exemple pilulier
- récipient métallique fermé contenant de la poudre d'aluminium ou tube métallique massif d'environ même diamètre



Energie - eau, alcool et métal, c'est différent !**CM1.06****Atelier ApEn ChMa-Intro**

Item Vous avez dit énergie 2.04

Phase	immersion vivre-sentir
Concepts	chaleur_massique température
Sujet	Chaleur massique préconceptualisation

Observations pouvant être attendues des élèves

Si c'est l'eau qui est la plus difficile à chauffer, c'est le tube contenant de l'eau qui reste le plus froid.

57

Théorie

N° citation dans Eléments théoriques associés aux SP d'immersion:

Lorsque de la matière devient plus chaude, c'est qu'elle stocke de l'énergie thermique. Lorsque la matière se refroidit, c'est qu'elle perd de l'énergie thermique. Certains matériaux ont besoin de peu d'énergie pour s'échauffer (les métaux en général), d'autres ont besoin de beaucoup d'énergie (les liquides en général et spécialement l'eau).

Note:

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 wattheures par kilogramme et degrés Celsius Wh/(kg·°C) ou en joules par kilogrammes et degrés J/(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)

Énergie et température de l'eau - et si on double la quantité d'eau ?

Consigne :

Ici, une goutte d'énergie représente 1 Wh

Réalise les deux expériences décrites dans le dessin. Indique les températures que tu observes.

En principe, si on apporte la même énergie à une quantité d'eau doublée, l'élévation de température doit deux fois plus petite car l'énergie apportée se "dilue" deux fois plus.

Cela se vérifie-t-il ?

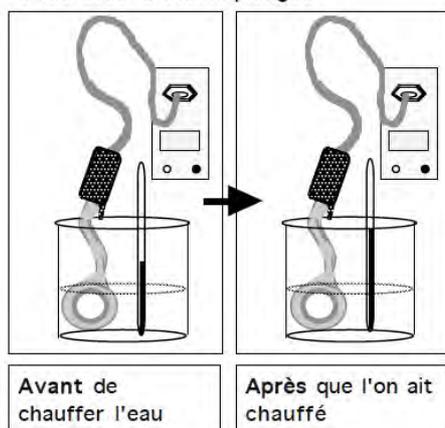
Matériel à disposition

- récipient en verre
- thermoplongeur
- multimètre réseau
- thermomètre

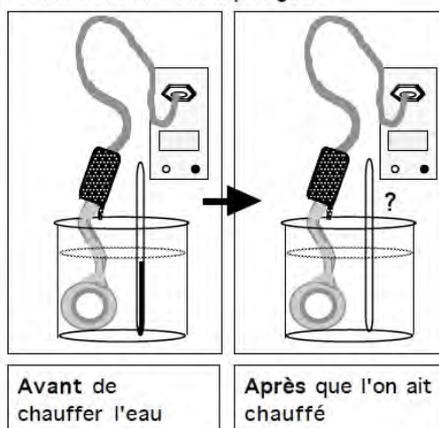
Document(s)

Energie dans l'eau CM1.07 CM1.08
(modèle gouttes)

On apporte 6 gouttes d'énergie à 1,5 dl d'eau avec le thermoplongeur.



On apporte 6 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Energie et température de l'eau - et si on double la quantité d'eau ?**CM1.07****Atelier ApEn ChMa-Intro****Item Vous avez dit énergie 5.02a**

Phase	immersion conceptualisation
Concepts	énergie transfert mod_gouttes pertes
Sujet	Chaleur massique préconceptualisation

Observations pouvant être attendues des élèves

Une fois le modèle des gouttes d'énergie institué, on peut le faire fonctionner dans des situations d'observation portant sur le lien entre énergie et température.

Théorie

Lorsque de la matière devient plus chaude, c'est qu'elle stocke de l'énergie thermique. Lorsque la matière se refroidit, c'est qu'elle perd de l'énergie thermique.

Note:

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 $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ou en wattheures par kilogramme et degrés Celsius $Wh/(kg \cdot ^\circ C)$.

Au lieu des $^\circ C$, on utilise le plus souvent l'unité kelvin (K). Le kelvin représente la même chose que le $^\circ C$, mais il s'utilise pour exprimer des températures absolues dont le zéro est à $-273 \text{ }^\circ C$

S'agissant de différences de température, le nombre de $^\circ C$ est le même que le nombre de K.

La chaleur massique de l'eau est de $1,16 \text{ Wh}/(kg \cdot K)$ ou de $4'180 \text{ J}/(kg \cdot K)$

Energie et température de l'eau - et si on double l'énergie apportée ?

Consigne :

Ici, une goutte d'énergie représente 1 Wh

Réalise les deux expériences décrites dans le dessin. Indique les températures que tu observes.

En principe, si on apporte deux fois plus d'énergie à une même quantité d'eau, l'élévation de température doit deux fois plus grande car l'énergie apportée se "concentre" deux fois plus.

Cela se vérifie-t-il ?

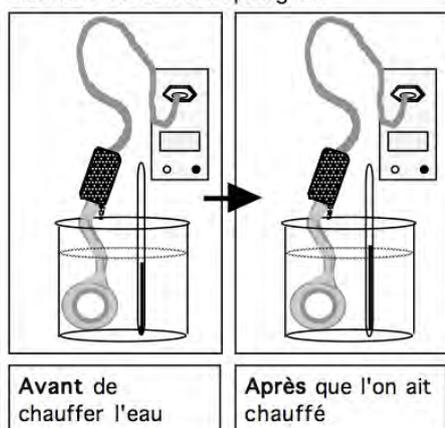
Matériel à disposition

- récipient en verre
- thermoplongeur
- multimètre réseau
- thermomètre

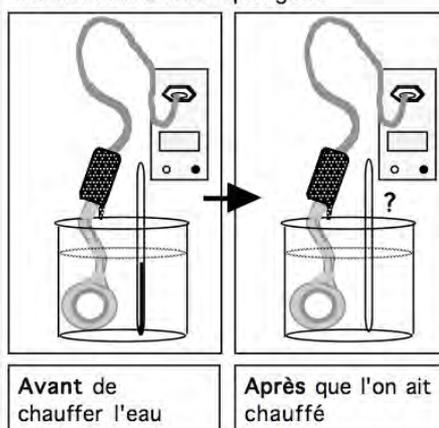
Document(s)

Energie dans l'eau CM1.07 CM1.08
(modèle gouttes)

On apporte 4 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



On apporte 8 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Energie-masse-température J.C. Nov

Energie et température de l'eau - et si on double l'énergie apportée ? CM1.08**Atelier ApEn ChMa-Intro**

Item Vous avez dit énergie 5.02b

Phase	immersion conceptualisation
Concepts	énergie transfert mod_gouttes pertes
Sujet	Chaleur massique préconceptualisation

Observations pouvant être attendues des élèves

Une fois le modèle des gouttes d'énergie institué, on peut le faire fonctionner dans des situations d'observation portant sur le lien entre énergie et température.

Théorie

Lorsque de la matière devient plus chaude, c'est qu'elle stocke de l'énergie thermique. Lorsque la matière se refroidit, c'est qu'elle perd de l'énergie thermique.

Note:

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 $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ou en wattheures par kilogramme et degrés Celsius $Wh/(kg \cdot ^\circ C)$.

Au lieu des $^\circ C$, on utilise le plus souvent l'unité kelvin (K). Le kelvin représente la même chose que le $^\circ C$, mais il s'utilise pour exprimer des températures absolues dont le zéro est à $-273 \text{ }^\circ C$

S'agissant de différences de température, le nombre de $^\circ C$ est le même que le nombre de K.

La chaleur massique de l'eau est de $1,16 \text{ Wh}/(kg \cdot K)$ ou de $4180 \text{ J}/(kg \cdot K)$

Energie - température atteinte par de l'eau recevant une énergie de 10 Wh**Consigne :**

A quelle température arrivera 1 litre d'eau pris à la température ambiante (entre 15 et 25 °C) lorsqu'on lui aura apporté 10 wattheures au moyen du thermoplongeur ?

Matériel à disposition

- récipient pouvant contenir 1 litre d'eau
- récipient gradué ou balance de ménage
- thermomètre
- thermoplongeur
- multimètre réseau ou compteur électrique

Energie - température atteinte par de l'eau recevant une énergie de 10 Wh**CM2.01****Atelier ApEn ChMa-Intro****Item Vous avez dit énergie 6.05**

Phase	conceptualisation
Concepts	énergie chaleur_massique pertes température
Sujet	Chaleur massique préconceptualisation

Indications didactiques

Présentée ainsi, cette situation pourrait être considérée comme une situation d'immersion: "essayez pour voir!" Elle pourrait aussi être considérée comme situation de réinvestissement: "vous avez les connaissances vous permettant de prévoir sans essayer!"

Dans la séquence présentée dans "Vous avez dit énergie?", elle est utilisée comme amorce à une situation de conceptualisation (Voir le **défi** ci-dessous et la SP de l'**item N° 7.05**).

Ce n'est pas écrit dans la consigne, mais l'enseignant est attentif aux réactions de élèves. Il peut leur demander ce qu'ils pensent avant de faire l'expérience. Du coup il est possible que des hypothèses émergent. On peut voir diverses approches: certains élèves font des estimations, parfois avec des hypothèses plausibles comme: "je pense que 1 wattheure, ça doit chauffer un litre de 1 degré". D'autres font de hypothèses en inversant une proportionnalité: "10 wattheures pour 10 décilitres, ça doit faire 100 degrés". Les prévisions pour la température atteinte par l'eau peuvent aller de 10 degrés à 100 degrés. Les discussions entre les élèves montrent qu'ils savent que l'eau bout à 98 ou 100 °C et que l'on ne peut pas s'attendre à ce qu'elle chauffe à une température plus élevée (avec des élèves plus jeunes ce fait n'est pas du tout établi !).

En faisant l'expérience, ils trouvent tous que la température de l'eau s'élève d'environ 8°C. Ils constatent, si cela s'est produit, que ceux qui avaient fait l'hypothèse selon laquelle 1 Wh d'énergie chauffe un 1 l d'eau de 1 degré avaient eu une assez bonne prévision. Cette hypothèse (simpliste) se trouve validée aux yeux de quelques élèves. Pour les autres, l'expérience contredit cette hypothèse: "8 degrés pour 10 wattheures, c'est pas 10 !"

Théorie

Sachant que la chaleur massique de l'eau est de 1,16 Wh/(kg•K), on peut calculer que 10 Wh apporté à un litre d'eau fait monter sa température de $10 / 1,16 = 8,6$ °C.

En réalité la température atteinte est plus basse car l'énergie apportée chauffe aussi le récipient et parce qu'une partie de cette énergie est perdue dans l'air environnant.

Il faut encore noter qu'une part de l'énergie "perdue" sert à la vaporisation de l'eau. Ce phénomène devient très important pour des températures se rapprochant de la température d'ébullition. Avec 1 litre d'eau prise à la température ambiante, la température finale est assez basse pour limiter ce type de pertes.

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

Pages suivantes :

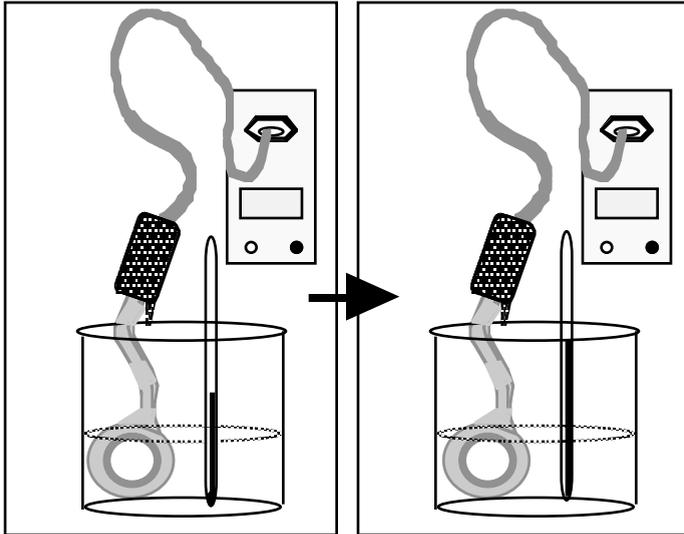
Documents d'accompagnement

La même énergie dans deux fois plus d'eau, qu'est-ce que ça fait ?

VADE 5.02a

SP CM1.07

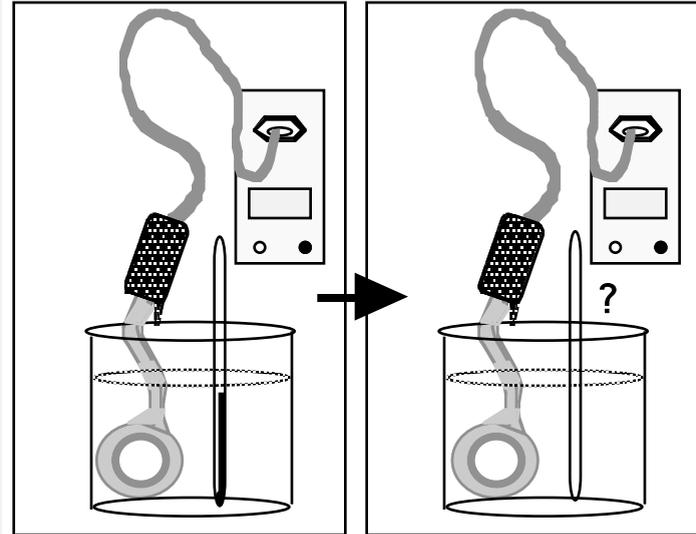
On apporte 6 gouttes d'énergie à 1,5 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Avant de chauffer l'eau

Après que l'on ait chauffé

On apporte 6 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Avant de chauffer l'eau

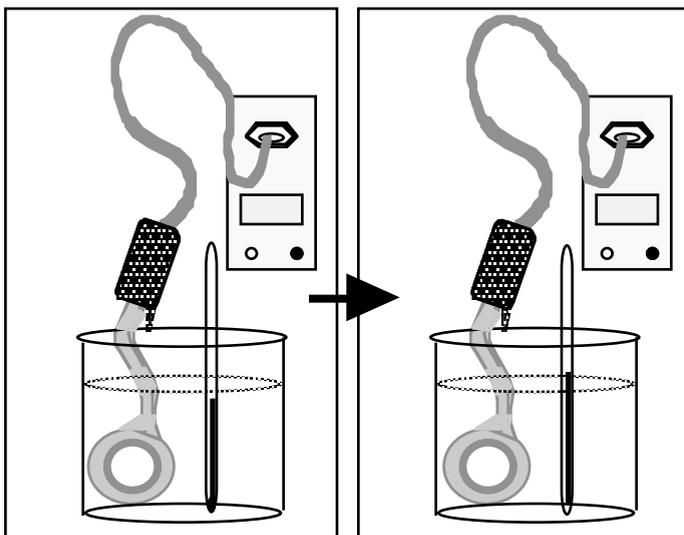
Après que l'on ait chauffé

Deux fois plus d'énergie dans la même quantité d'eau, qu'est-ce que ça fait ?

VADE 5.02b

SP CM1.08

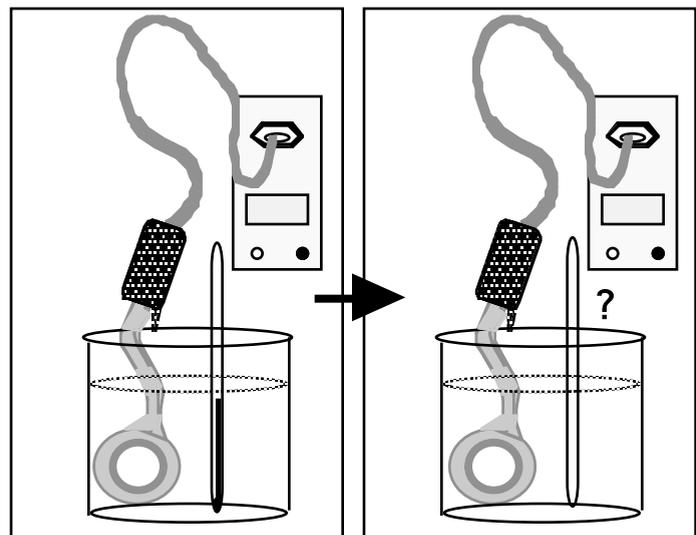
On apporte 4 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Avant de chauffer l'eau

Après que l'on ait chauffé

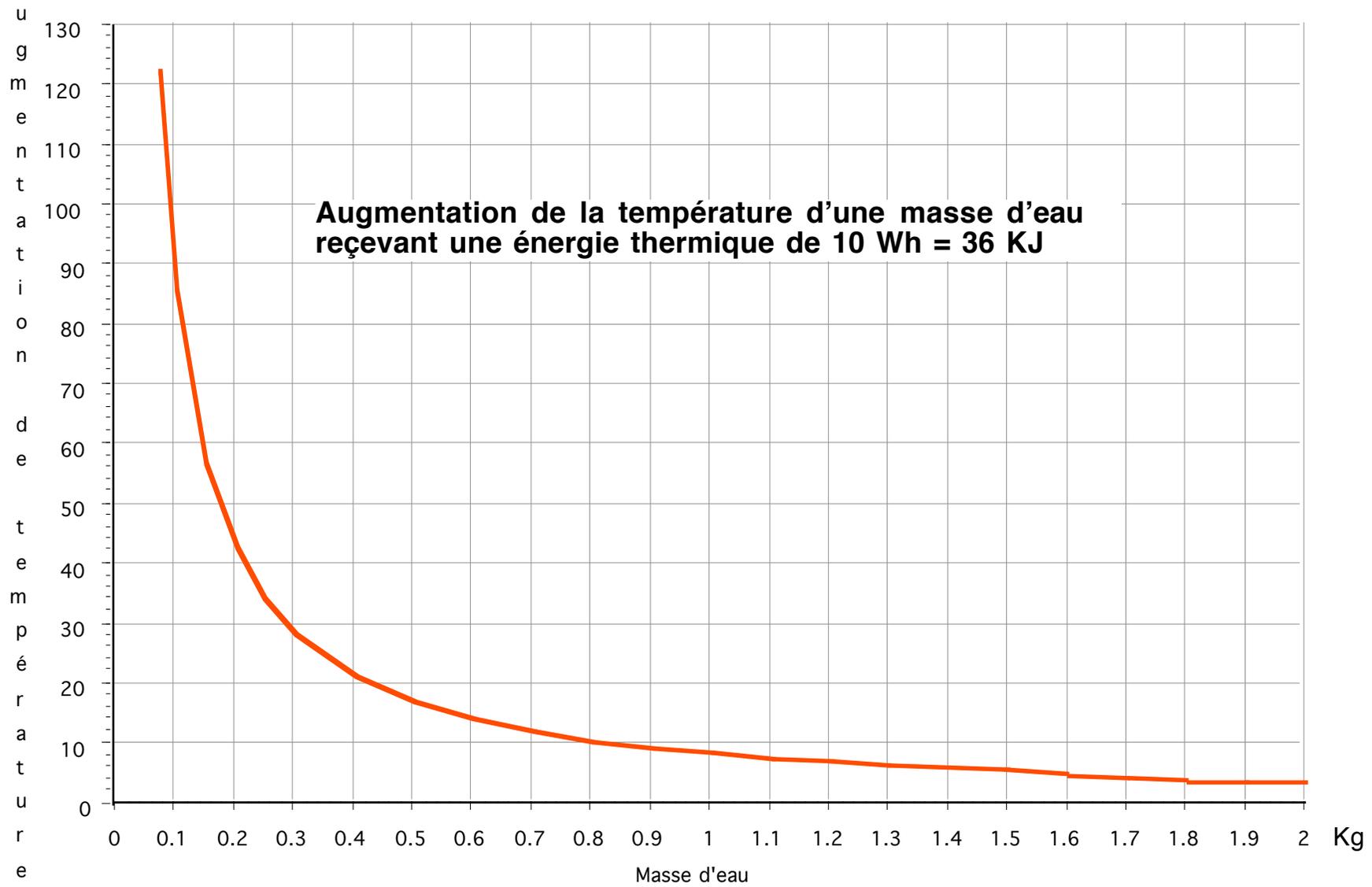
On apporte 8 gouttes d'énergie à 3 dl d'eau avec le thermoplongeur.



Avant de chauffer l'eau

Après que l'on ait chauffé

A °C



Atelier sur le thème **Approche de l'Énergie (ApEn)**

Pages suivantes :

Questionnaire à choix multiple de réponses (QCM)

37

EN 4

Deux tasses contiennent de l'eau chaude.
L'eau de la première tasse se refroidit de 15 degrés en 5 minutes tandis que l'eau de la seconde tasse se refroidit seulement de 10 degrés en 5 minutes.

Pour moi, cela peut provenir du fait que la première tasse contenait au départ...

- moins d'eau que la seconde tasse
- plus d'eau que la seconde tasse
- de l'eau plus chaude que la seconde tasse
- de l'eau moins chaude que la seconde tasse
-

Energie thermique température

4 ChMa Introd

38

EN 18

Sur une table se trouvent depuis longtemps un pot d'eau, un cube de fer et un cube de bois.
Que peut-on dire de la température de l'eau du pot si on y plonge le cube de bois ou le cube de fer ?

On constate que...

- l'eau se refroidit si on y plonge le cube de fer car le fer est une matière qui tire de la chaleur
- l'eau se réchauffe si on y plonge le cube de bois car le bois est toujours un peu plus chaud que la température ambiante
- la température de l'eau ne change pas si l'on y plonge le fer ou le bois car tous ces corps sont à la température ambiante
- l'eau se refroidit si on y plonge le cube de fer car le fer est toujours un peu plus froid que la température ambiante
- l'eau se refroidit si on y plonge le cube de bois car le bois est une matière qui tire de la chaleur

Equilibre thermique

4 ChMa Introd

39

EN 30

Pour chauffer de la matière, qu'il s'agisse d'une maison, d'une marmite d'eau ou du corps humain, il faut apporter de l'énergie (appelée énergie thermique) à cette matière.

Je pense que lorsqu'un corps se refroidit, c'est que cette énergie thermique ...

- diminue d'intensité sans quitter le corps qui se refroidit
- est absorbée par la matière
- reste dans le corps mais se transforme en énergie froide
- quitte le corps en se conservant
- quitte le corps sans se conserver (elle disparaît)

Energie dilution

4 ChMa Introd

40

EN 39

Pour être chauffée, l'eau, comme toutes les substances, demande de l'énergie.

Pour chauffer 1 litre (1 kg) d'eau de 1 degré, il faut...

- 1000 joules
- 1 Wh
- 1,16 Wh
- 1160 Wh
-

Chaleur massique de l'eau

4 ChMa Introd

41

EN 40

Pour être chauffée, l'eau, comme toutes les substances, demande de l'énergie.

Au laboratoire, on chauffe 1 litre d'eau de 10°C à 30°C. Pour cela, il faut une certaine énergie. Si maintenant on chauffe 0,5 litre d'eau de 40°C à 70°C, il faut une énergie...

plus petite qu'avant

plus grande qu'avant

pratiquement égale à celle qu'il a fallu avant

que l'on ne peut pas comparer à celle qu'il a fallu avant car il nous manque la chaleur massique de l'eau

Chaleur massique de l'eau

4 ChMa Introd

37 EN 4 Concepts: puissance pertes température_eau Compétence: représentation

Pour moi, cela peut provenir du fait que la première tasse contenait au départ...

moins d'eau que la seconde tasse

plus d'eau que la seconde tasse

de l'eau plus chaude que la seconde tasse

de l'eau moins chaude que la seconde tasse

38 EN 18 Concepts: Compétence: représentation

On constate que...

l'eau se refroidit si on y plonge le cube de fer car le fer est une matière qui tire de la chaleur

l'eau se réchauffe si on y plonge le cube de bois car le bois est toujours un peu plus chaud que la température ambiante

la température de l'eau ne change pas si l'on y plonge le fer ou le bois car tous ces corps sont à la température ambiante

l'eau se refroidit si on y plonge le cube de fer car le fer est toujours un peu plus froid que la température ambiante

l'eau se refroidit si on y plonge le cube de bois car le bois est une matière qui tire de la chaleur

39 EN 30 Concepts: transformation_énergie Compétence: représentation

Je pense que lorsqu'un corps se refroidit, c'est que cette énergie thermique ...

diminue d'intensité sans quitter le corps qui se refroidit

est absorbée par la matière

reste dans le corps mais se transforme en énergie froide

quitte le corps en se conservant

quitte le corps sans se conserver (elle disparaît)

40 EN 39 Concepts: chaleur_massique_eau Compétence: savoir

Pour chauffer 1 litre (1 kg) d'eau de 1 degré, il faut...

1000 joules

1 Wh

1,16 Wh

1160 Wh

41 EN 40 Concepts: chaleur_massique_eau Compétence: savoir calcul

Au laboratoire, on chauffe 1 litre d'eau de 10°C à 30°C. Pour cela, il faut une certaine énergie. Si maintenant on chauffe 0,5 litre d'eau de 40°C à 70°C, il faut une énergie...

plus petite qu'avant

plus grande qu'avant

pratiquement égale à celle qu'il a fallu avant

que l'on ne peut pas comparer à celle qu'il a fallu avant car il nous manque la chaleur massique de l'eau