

L'énergie thermique ?

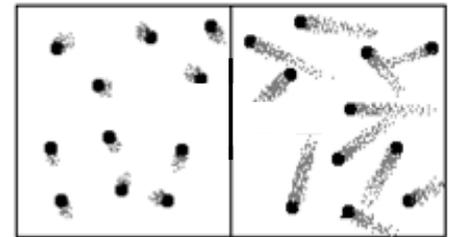
Activité : Quelle unité pour la température en physique ?

Document 1 : Qu'est-ce que la température au niveau microscopique ?

Un corps matériel examiné à l'échelle microscopique se conçoit comme composé de particules (atomes, molécules, ions ...) qui ne restent pas immobiles les uns par rapport aux autres, mais sont continuellement agitées par des mouvements plus ou moins désordonnés.

Tous ces mouvements de vibration, de rotation ou de translation subis par les innombrables particules présupposent qu'elles soient pourvues d'une "énergie d'agitation" que le physicien ne saurait évaluer séparément pour chacune d'entre elles, mais dont il peut estimer à l'échelle macroscopique la valeur moyenne au sein du corps qu'il étudie. C'est cette moyenne de l'énergie d'agitation qui caractérise la température du corps ainsi étudié.

A quel phénomène physique est liée la température ?



Document 2 : Qu'est ce qu'une échelle de température ?

Une échelle de température est une échelle de référence permettant de repérer quantitativement (c'est-à-dire à l'aide d'un nombre) la température d'un corps matériel, que celui-ci soit solide, liquide ou gazeux.

Pareil repérage est naturellement lié à la sensation de chaud ou de froid, elle-même issue des différences entre les conditions thermiques dans lesquelles peut évoluer le corps humain.

La nécessité de clarifier la distinction entre chaleur et température et la difficulté à prendre conscience de cette nécessité, n'ont pas peu contribué à ralentir les tentatives d'établissement d'une référence des températures.

Ainsi, les premiers instruments de mesure de la "chaleur" furent des instruments qualitatifs : ils mettaient en évidence les conséquences des variations de la température sur un élément matériel (l'eau liquide qui se dilate quand elle reçoit de la chaleur par exemple), mais ne mesuraient pas la température elle-même.

C'est aux XVII^e et XVIII^e siècles que cette notion fut correctement appréhendée, les savants européens ayant alors établi que la définition d'une telle échelle requérait trois conditions :

- l'existence d'un instrument permettant de mesurer les variations de volume d'un corps en fonction de la température.
- la définition de deux points fixes servant de repères. Ceux-ci devaient être faciles à reproduire, afin que tous les constructeurs de thermomètres puissent fabriquer des instruments fondés sur les mêmes références.
- enfin, l'attribution d'un nombre à chacun de ces deux points repères et la définition d'une subdivision de l'intervalle de repérage situé entre eux. La subdivision adoptée est généralement constituée par les sous-multiples de 10. Quant aux nombres attribués aux points repères, ils ont été très variables.

À l'heure actuelle, trois échelles courantes restent utilisées : **l'échelle Celsius, l'échelle Fahrenheit et l'échelle absolue** , auxquelles correspondent respectivement **les degrés Celsius, les degrés Fahrenheit et les Kelvins**.



Comment stocker l'énergie thermique ?

Activité : Quelle est l'énergie liée à la température ?

Document 1 : Qu'est-ce que l'énergie interne ?

À l'échelle microscopique, les particules constituant le système sont animées de mouvements individuels et cette agitation augmente avec la température : on l'appelle l'agitation thermique. Les molécules possèdent donc de l'énergie cinétique microscopique qui est liée à l'agitation thermique et donc à l'énergie thermique.

Ces molécules possèdent également une énergie potentielle microscopique qui est une énergie potentielle d'interaction entre des particules. Elle correspond à une énergie due aux interactions ou aux répulsions entre paires de particules.

L'énergie interne est la somme des énergies cinétique et potentielle microscopiques, c'est l'énergie liée à la structure interne microscopique de la matière et elle est notée **U**.

1. Qu'appelle-t-on énergie interne ?

.....

2. Que se passe-t-il au niveau énergétique quand on chauffe un corps ?

.....

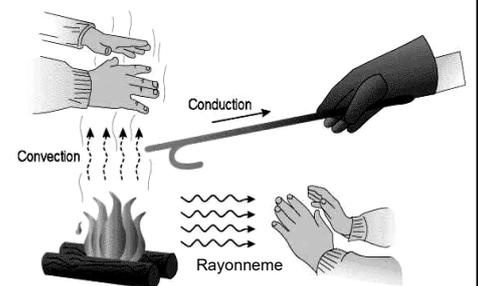
3. Sera-t-il capable de restituer cette énergie ultérieurement ?

.....

Document 2 : Les modes de transfert thermique

Le transfert thermique est le passage d'énergie d'un corps chaud vers un corps froid. Il y a 3 modes de transfert thermique :

- **Conduction** : si l'on chauffe l'extrémité d'une barre métallique, on remarque que la température de l'autre extrémité augmente très vite. Les particules de la partie chaude communiquent une partie de l'agitation thermique aux particules voisines et ainsi de suite : l'agitation thermique se transmet de proche en proche de la région chaude vers la région froide sans transport de matière. Il existe de bons conducteurs thermiques comme les métaux et de bons isolants thermiques comme la laine de verre, le polystyrène, le vide...
- **Convection** : l'énergie est transférée par mélange de la matière, il y a transport de matière (exemple de l'air chauffé au voisinage d'un radiateur). L'air chaud est plus léger que l'air froid : l'air chaud s'élève et en s'élevant, se refroidit en échangeant de l'énergie avec les couches supérieures.
- **Rayonnement** : l'énergie est transportée sous forme de radiations électromagnétiques (exemple du Soleil). Tout corps chaud émet des radiations électromagnétiques qui transportent de l'énergie



1. Quels sont les 3 modes de transfert thermique ? Donner des exemples de la vie courante :

.....

2. Par quel mode de transfert thermique un climatiseur refroidit-il une pièce en été ?

.....
.....

La variation d'énergie interne reçue ou perdue par un matériau lors d'un transfert thermique est donnée par :

$$Q = \Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Cette relation peut aussi s'écrire :

$$Q = U_{finale} - U_{initiale} = m \cdot c \cdot (T_{finale} - T_{initiale})$$

Avec :

Q :

U :

T :

c : capacité calorifique massique du matériau ()

m : masse du matériaux ()

3. A quelle variation de grandeur est proportionnelle la variation d'énergie interne lors d'un transfert thermique?

.....
.....

Etude du chauffage d'un local en béton

Un local est ouvert en plein hiver après une longue période d'inactivité. L'air et les parois en béton (murs, plafond et sol) sont à la température de 0°C . On souhaite chauffer ce local à la température de 20°C .

Données Techniques :

Dimensions du local en mètres $L \times \ell \times h = 11,0 \times 7,0 \times 3,0$

Volume de béton pour les murs, le sol et le plafond : $V = 262 \text{ m}^3$

Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,25 \text{ kg/m}^3$; Masse volumique du béton $\rho_{\text{béton}} = 2\,200 \text{ kg/m}^3$

Capacité thermique massique de l'air : $c_{\text{air}} = 1\,005 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Capacité thermique massique du béton : $c_{\text{béton}} = 880 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Prix du kWh : 0,0839 €

$1 \text{ J} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$

$T = \theta + 273,15$

1. Calculer le volume de l'air, puis la masse d'air à chauffer.

.....

.....

.....

.....

2. Calculer la masse de béton à chauffer.

.....

.....

.....

.....

3. Calculer l'énergie interne U_{air} nécessaire pour porter à 20°C la température de l'air du local.

.....

.....

.....

.....

Quand le local sera chauffé, la face intérieure des murs sera à la température de 20°C et celle extérieure à 0°C , nous prendrons une température finale moyenne des murs à 10°C .

4. Calculer l'énergie interne $U_{\text{béton}}$ nécessaire pour porter à 10°C la température des parois en béton.

.....

.....

.....

.....

5. Que remarque-t-on ?

.....

.....

6. Calculer l'énergie totale nécessaire pour chauffer le local en unité SI puis en kWh .

.....

.....

.....

7. Calculer le coût du chauffage.

.....

.....

L'énergie thermique

TP : Quel matériau choisir pour une bonne isolation ?

Document 1 : Qu'est-ce qu'un bilan thermique ?

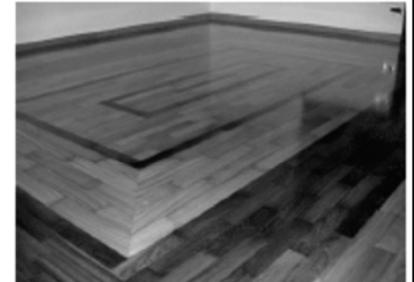
Dans une maison, où toutes les pièces sont à la même température, on marche pieds nus sur les trois types de sols suivants :



1



2



3

1. Les classer par ordre de sensation, du matériau le plus « chaud » au matériau le plus « froid ».

.....

.....

Ces matériaux sont pourtant tous à la même température.

Pour comprendre cette « sensation », nous allons pratiquer plusieurs démarches expérimentales.

Mode opératoire :

Démarche expérimentale I : « Etoile »

On veut classer différents métaux (cuivre, fer, laiton et aluminium) par conduction croissante.

Placer un peu de paraffine dans les encoches sur chacun des métaux de l'étoile.

Faire chauffer le centre de l'étoile à l'aide d'une bougie.

2. Déterminer le classement de la conduction des différents métaux.

.....

.....

.....

Démarche expérimentale II : « Glaçons »

<p>Matériel mis à la disposition des élèves :</p> <p>5 plaques de différents matériaux</p> <p>5 glaçons</p> <p>Une éponge.</p>	<p>Consignes données au groupe :</p> <p>Placer un glaçon sur chaque plaque</p>
---	---

3. Par quel mode de transfert thermique l'échange se fait-il ?

.....

.....

4. Ainsi dans cette expérience le classement des matériaux qui conduit le mieux la chaleur à celui qui conduit le moins bien la chaleur est :

.....

.....

Démarche expérimentale III : « Carton »

<p><u>Matériel mis à la disposition des élèves :</u> Un carton bi-couleur (blanc et noir) 2 capteurs de température Un logiciel d'acquisition de données : Logger pro Une lampe de bureau 40W Une potence</p>	<p><u>Consignes données au groupe :</u> Placer la lampe face au carton (à 5cm) Connecter les 2 capteurs sur l'interface d'acquisition, les placer sous les feuilles Lancer le logiciel Logger pro Mesurer les températures sur 10 min</p>
--	--

5. A quel mode de transfert correspond cette expérience ?

.....
.....

6. Que pouvez-vous conclure ?

.....
.....

L'énergie thermique ?

TP : Pourquoi y'a-t-il des pertes thermiques dans une maison ?

Document 1 : Qu'est-ce qu'un bilan thermique ?

Un bilan thermique est l'examen de toute l'installation thermique du logement en passant en revue :

- l'isolation de la maison
- le système d'aération
- la qualité du chauffage
- la production d'eau chaude.

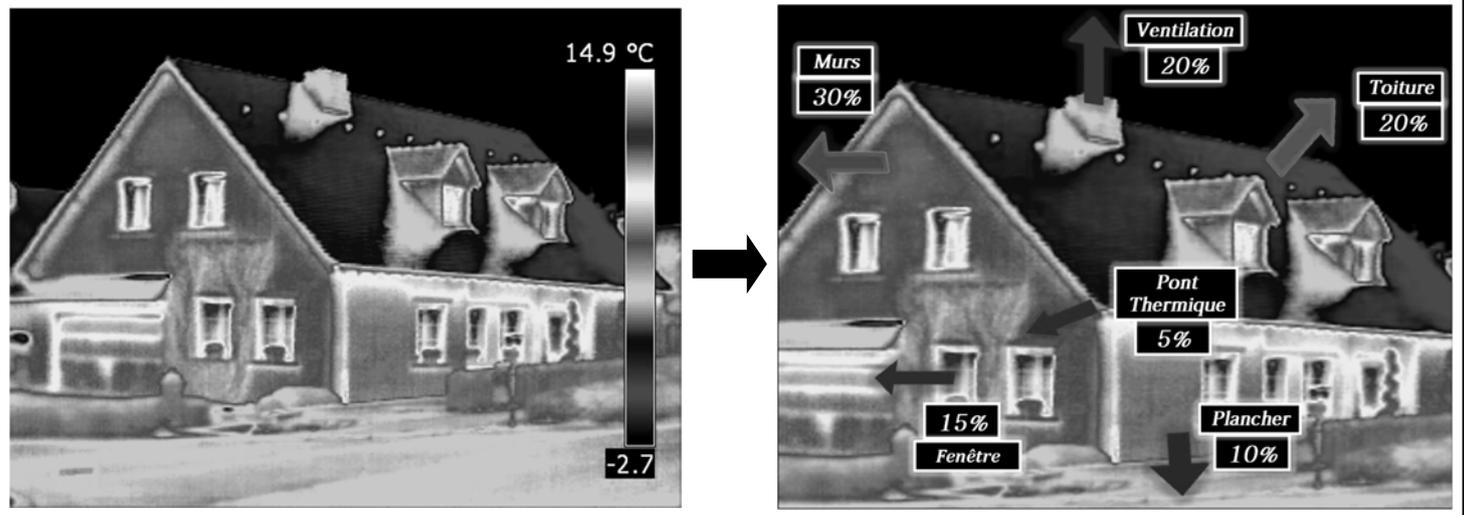
Pour l'isolation, on utilise la thermographie qui permet de connaître les déperditions thermiques d'un logement.

Principe : Des images faites dans l'infrarouge et en [hiver](#) avec une caméra infrarouge, mettent en évidence les défauts d'[isolation thermique](#). Elles aident les propriétaires à prioriser les investissements en [économies d'énergie](#) (par exemple l'isolation des combles ou de terrasses).

La thermographie infrarouge permet de rendre visible les déperditions du logement grâce à un [thermogramme](#) et à une échelle de couleurs, qui peuvent servir à produire des cartes.

La thermographie peut aussi mettre en évidence des défauts d'isolation de [réseaux de chaleurs](#) ou de certains systèmes industriels.

On analyse ensuite l'image avec l'échelle de couleur, on en déduit le pourcentage de perte d'énergie par pôle et on peut constituer un diagramme de transfert d'énergie :



Quels sont les trois principaux pôles de déperdition thermique dans une maison ?

.....

.....

Pourquoi y'a-t-il des pertes et pourquoi dépendent-elles du matériau rencontré ?

I. Que sont les pertes ?

Pour comprendre pourquoi il y a des pertes thermiques dans une maison nous allons étudier ce qui se passe lorsqu'on plonge un métal chaud dans de l'eau froide.

1. Quel type d'énergie sera mis en jeu dans l'expérience ?

.....

.....

.....

Afin de n'étudier que ce qui se passe entre l'eau et le métal, il faut nous affranchir de ce qui peut se passer avec le milieu extérieur (l'air ambiant).

Pour cela, l'expérience va se dérouler dans un calorimètre qui est une enceinte adiabatique, c'est-à-dire qu'il limite au maximum les échanges thermiques avec l'extérieur.

Sur la durée de l'expérience on considèrera que le calorimètre n'échangera pas d'énergie avec l'extérieur.

On dispose de morceaux de fer/carrelage plongés dans un liquide à température : $\theta_i(fer) = \dots\dots\dots$



Mode opératoire :

- ✓ Verser une masse $m_{eau} = 150\text{ g}$ (soit 150 mL) d'eau à température ambiante dans un bécher.
- ✓ Mesurer la température initiale de l'eau : $\theta_i(eau) = \dots\dots\dots$
- ✓ Prélever un morceau de fer (**chaud**) à l'aide d'une pince et le placer immédiatement dans le bécher.
- ✓ Placer le bécher dans le calorimètre et le fermer.
- ✓ Patienter 10 min.
- ✓ Quand l'ensemble est stabilisé, noter la température de l'eau : $\theta_f(eau) = \dots\dots\dots$
- ✓ Peser le morceau de fer : $m_{fer} = \dots\dots\dots$
- ✓ Quelle est d'après vous la température finale du morceau de fer : $\theta_f(fer) = \dots\dots\dots$

Exploitation des résultats de l'expérience :

2. Que s'est-il passé ?

.....
.....

- ✓ Sortir le morceau de fer avec les doigts.

3. A quelle température est-il ?

.....
.....

4. Faire un diagramme de transfert d'énergie représentant les transferts thermiques ayant lieu entre l'eau froide et le morceau de fer chaud, lors de l'expérience :

5. On dit que l'eau a *gagné/perdu* de l'énergie thermique car sa température a *augmenté/diminué* et le fer a *gagné/perdu* de l'énergie thermique car sa température a *augmenté/diminué*.

6. Faire un diagramme de transfert d'énergie représentant les transferts thermiques ayant lieu dans le cas suivant entre l'air et le café :



7. Définir un transfert thermique en complétant le texte suivant :

L'énergie thermique se déplace toujours du corps le plus *froid/chaud* vers le corps le plus *froid/chaud*, c'est-à-dire de l'objet ayant la température la *plus/moins* élevée vers celui qui a la température la *plus/moins* élevée.

Le corps initialement perd de l'énergie lors du transfert thermique et le corps initialement gagne de l'énergie lors du transfert thermique.

Le transfert thermique cesse quand les deux corps sont à la

8. Que sont en réalité « les pertes » dans une maison ?

.....
.....

II. Pourquoi les pertes dépendent-elles du matériau ?

La **capacité thermique massique** d'un matériau permet de quantifier la possibilité qu'a un matériau d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie.

La **capacité thermique massique d'un matériau, c'est l'..... qu'il faut**
fournir à un kilogramme de matériau pour le chauffer d'.....

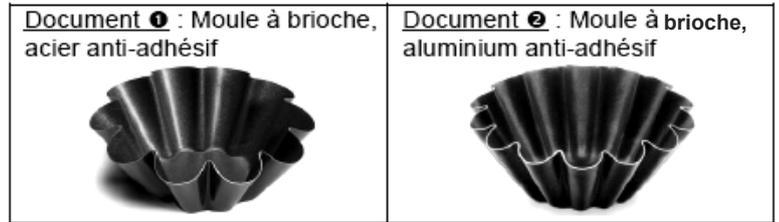
Par exemple « le plâtre a une capacité thermique massique $c = 830 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ » peut se lire comme : pour élever d'un degré la température d'un kilo de plâtre, il faut 830 *Joules*.

Plus la capacité thermique d'un matériau est grande, plus grande sera la quantité d'énergie échangée au cours d'une transformation s'accompagnant d'une variation de la température de ce corps.

Substance	Capacité thermique massique c en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
Air	1 005
Aluminium	897
Eau	4 185
Fer	444
Acier	446
Béton	880
Verre	720 - 830
Bois	2 390 - 2 700
Tuiles	1 000

L'eau a une grande capacité thermique massique, donc pour changer la température de l'eau de 1°C il faut lui ajouter ou soustraire une grande quantité d'énergie thermique. L'eau chauffe donc lentement et se refroidit lentement et c'est pour cette raison qu'elle est utilisée pour transférer l'énergie thermique dans les radiateurs.

Charlotte sort du four deux moules à pâtisserie de forme identique qui ont chauffé à 200 °C dans le four. L'un est en acier et l'autre en aluminium :



1. Les moules sont mis à l'air libre pour refroidir. Lequel des deux refroidira le plus vite ?

.....

.....

Les murs d'une maison sont en béton.

2. A surface égale, quelle partie de la maison refroidira le plus vite en hiver, les murs ou les vitres de la maison ?

.....

.....

.....

3. Comment expliquer que les murs (30%) font pourtant perdre plus d'énergie à une maison que les vitres (15%) ?

.....

.....

4. Pourquoi la toiture est-elle responsable de pertes plus faibles (20%) que les murs alors que leur surface est sensiblement la même ?

.....

.....

3. Comment faire un bilan thermique ?

La quantité d'énergie thermique reçue ou perdue par un matériau lors d'un transfert thermique dépend donc de la capacité thermique massique du matériau. Elle dépend aussi de sa masse et de la variation de température du matériau :

$$Q = m \times c \times (\theta_{final} - \theta_{initial})$$

Quantité d'énergie thermique en ...

masse en

capacité thermique massique en J/kg.°C

Variation de température en

La quantité d'énergie thermique transférée à un système est telle que :

- Si $\theta_{final} > \theta_{initial}$ alors $(\theta_{final} - \theta_{initial}) > 0$ donc $Q > 0$: le système reçoit/cède de l'énergie
- Si $\theta_{final} < \theta_{initial}$ alors $(\theta_{final} - \theta_{initial}) < 0$ donc $Q < 0$: le système reçoit/cède de l'énergie

Exploitation des résultats de l'expérience :

Rappel du phénomène physique étudié :

On plonge un métal chaud dans de l'eau froide

Rappels des mesures effectuées :

- masse du morceau de fer : $m_{fer} = \dots\dots\dots$
- masse de l'eau : $m_{eau} = 150 \text{ g}$
- température initiale de l'eau : $\theta_i = \dots\dots\dots$
- température finale de l'eau : $\theta_f = \dots\dots\dots$

1. Exprimer la quantité d'énergie Q_{eau} reçue/cédée par transfert thermique par l'eau en fonction de m_{eau} , c_{eau} , $\theta_f(eau)$ et $\theta_i(eau)$ et la calculer

.....
.....

2. Exprimer la quantité d'énergie Q_{fer} reçue/cédée par transfert thermique par le morceau de fer en fonction de m_{fer} , c_{fer} , $\theta_f(fer)$ et $\theta_i(fer)$.

.....
.....

3. Faire le **bilan thermique** de l'ensemble [**eau + fer**] en complétant le texte suivant :

Comme à l'intérieur d'un calorimètre il n'y a pas d'échange thermique avec l'extérieur, toute l'énergie reçue/cédée par l'eau a été reçue/cédée par le fer. C'est à dire que $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

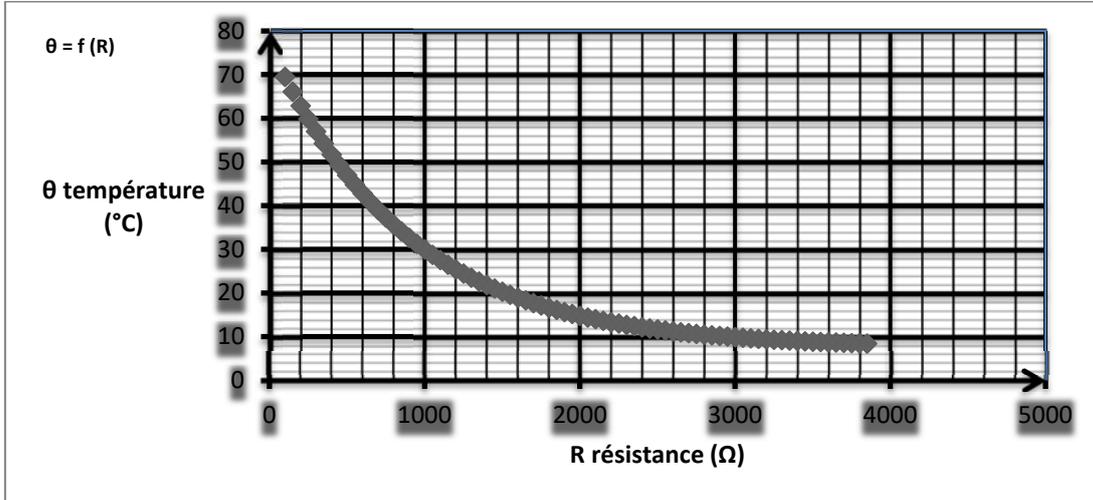
4. Calculer alors la capacité thermique massique du fer c_{fer} .

.....
.....
.....
.....
.....

Exercices

Exercice 1 : Thermistance CTN

Pour mesurer des températures on utilise une thermistance CTN. On réalise la courbe d'étalonnage représentée ci-dessous. On veut déterminer la température de l'eau contenue dans un récipient.



On plonge la CTN dans l'eau et on mesure la valeur de la résistance à l'aide d'un ohmmètre. On trouve $R_{CTN} = 1,27 \text{ k}\Omega$

Un logiciel permet de trouver l'équation de la courbe tracée.

On trouve $\theta = 69,37 \times \text{EXP}(-0,001129.R) + 7,555$ avec R en ohm et θ en °C.

EXP (e^x) touche **2ND** **LN** ou **SHIFT** **LN** de la calculatrice

1) En utilisant la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'eau. On fera clairement apparaitre les traits de construction.

.....

.....

2) Retrouver la valeur de la température en utilisant l'équation de la modélisation.

.....

.....

.....

.....

3) Compléter le texte :

Les molécules d'un gaz sont en perpétuel mouvement, animées de vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde. De même les atomes, molécules, ions constituant les liquides et les solides ne sont pas immobiles mais en continuelle agitation.

Lorsqu'on chauffe un corps, on l'agitation des particules qui le constituent, et sa température

Lorsqu'on le refroidit, on l'agitation et sa température

Si on le refroidit suffisamment, ses particules sont alors et on atteint la température la plus basse que l'on puisse obtenir.

On définit une échelle de température, appelée échelle, pour laquelle le zéro correspond à cette température la plus basse, appelée **zéro absolu**, et notée 0 K.

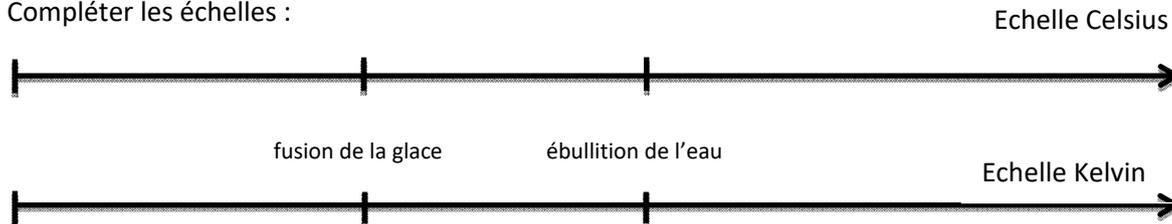
La température absolue, notée T , s'exprime en kelvin (K). Elle est liée à la température θ , par la relation :

$$T = \dots\dots\dots \text{ avec } \theta : \dots\dots\dots$$

$$T : \dots\dots\dots$$

Ainsi si on connaît T (en K) et que l'on cherche θ ($^{\circ}\text{C}$) on utilise la formule :

4. Compléter les échelles :



5. Compléter le tableau

T (en K)	4		
θ (en $^{\circ}\text{C}$)		37	250

6. Quelle est la valeur de la température en kelvin de l'eau mesurée par la thermistance CTN au début de l'exercice ?

Exercice 2 : Energie interne et température

Variation d'énergie interne et variation de température.

1. Compéter :

Lorsque la température d'un corps solide ou liquide varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f , la quantité de chaleur Q (ou énergie thermique) transférée est :

$$Q = \Delta U = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Cette relation peut aussi s'écrire :

$$Q = U_{finale} - U_{initiale} = m \cdot c \cdot (\theta_{finale} - \theta_{initiale})$$

Avec :

- Q :
- U :
- θ :
- c :
- m :

1. Déterminer les formules permettant de trouver les variables recherchées :

si on connaît Q et c et $\Delta\theta$, la formule permettant de trouver m est :

si on connaît Q et c et θ_f et θ_i la formule permettant de trouver m est :

si on connaît Q et m et $\Delta\theta$, la formule permettant de trouver c est :

si on connaît Q et m et θ_f et θ_i , la formule permettant de trouver c est :

si on connaît Q et m et c , la formule permettant de trouver $\Delta\theta$ est :

si on connaît Q et c et m et θ_i la formule permettant de trouver θ_f est :

Exercice 3 : Transfert thermique

La capacité thermique c dépend de la substance constituant le solide ou le liquide.

Etat	Solide				Liquide		
Substance	<i>Fer</i>	<i>Aluminium</i>	<i>Béton</i>	<i>Brique</i>	<i>Eau</i>	<i>Huile</i>	<i>Alcool</i>
$c \text{ (} J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1} \text{)}$	460	903	880	840	4180	2000	2400
$Q \text{ (} J \text{)}$							

1. On veut déterminer la quantité de chaleur Q transférée lorsque l'on augmente la température de $10^\circ C$ de $1,0 \text{ kg}$ de fer.

Méthode : Rechercher l'inconnue (ce que l'on demande de calculer) et écrire la formule utilisée
Identifier les grandeurs connues dans l'énoncé ou dans les données.
Noter le détail du calcul avec les conversions si nécessaires
Effectuer le calcul et noter le résultat sans oublier les unités

Exercice 4 : Faire des pâtes

Pour faire des pâtes, on commence par faire bouillir de l'eau :

1. Déterminer l'énergie thermique (ou chaleur) nécessaire Q pour amener $3,0 \text{ L}$ d'eau de $20^\circ C$ à $90^\circ C$
RAPPEL : 1 L d'eau a une masse de 1 kg

2. On utilise une plaque de cuisson de puissance $P = 5,0 \text{ kW}$. Quelle sera la durée nécessaire pour réaliser l'opération précédente ?

Exercice 5 : Déterminer une capacité thermique massique

On place dans un calorimètre une masse $m = 500 \text{ g}$ d'eau. La température est $\theta_i = 18^\circ\text{C}$. On néglige la capacité thermique du calorimètre.

On plonge dans le calorimètre un bloc de cuivre de masse $m_2 = 500 \text{ g}$ porté à $\theta_2 = 83^\circ\text{C}$. La température finale est $\theta_f = 23^\circ\text{C}$.

1. Exprimer la variation d'énergie interne de l'eau et la calculer.

2. Ecrire l'équation qui résulte de la conservation de l'énergie (un schéma pourra aider)

3. En déduire la capacité thermique massique du cuivre

Exercice 6 : Chambre froide

Pour conserver une masse $m = 10 \text{ kg}$ de viande, on utilise une chambre froide maintenue à 3°C . La température initiale de la viande est de 18°C .

Données :

Capacité thermique massique de la viande : $c = 3135 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

Calculer la variation d'énergie interne de la viande lorsqu'on la place dans cette chambre froide.