

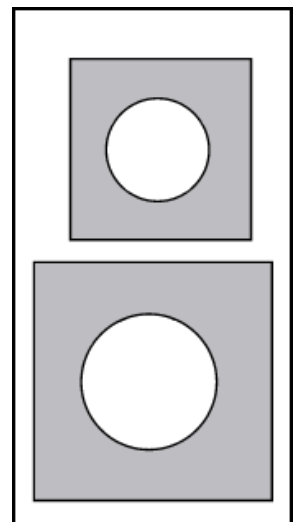
Activité expérimentale

Effets thermiques sur les matériaux

1. Le phénomène de dilatation

1.1 A l'échelle macroscopique

La plupart des matériaux se dilatent lorsque leur température s'élève. Les rails de chemins de fer, les ponts et les mécanismes d'horloge comportent tous des moyens de compenser cette dilatation thermique. La figure 1 représente les rainures de dilatation sur un pont et la figure 2 montre ce que peut devenir une voie de chemin de fer par temps chaud. Lorsqu'un objet homogène se dilate, la distance entre n'importe quelle paire de points de l'objet augmente. La figure 3 montre un bloc de métal dans lequel on a percé un trou. L'objet dilaté ressemble à un agrandissement photographique : le trou s'est agrandi dans les mêmes proportions que le métal ; il n'est pas devenu plus petit.



1.2 A l'échelle microscopique

A l'échelle microscopique, lors d'une augmentation de la température, il y a une augmentation des vibrations des atomes autour de leur position d'équilibre, ce qui provoque une augmentation du rayon moyen des atomes, un accroissement de la distance qui les sépare et donc une augmentation des dimensions macroscopiques des solides, quelle que soit leur composition chimique ou leur structure, cristalline ou amorphe.

2. Dilatation des corps en fonction de la température

On peut étudier la dilatation d'un solide en fonction de la variation d'une dimension linéaire quelconque. Considérons une tige mince de longueur initiale L_0 . On peut

montrer que la variation de longueur ΔL est directement proportionnelle à L_0 et à la variation de température ΔT , ce qu'on peut exprimer sous la forme :

$$\Delta L = \lambda \cdot L \cdot \Delta T$$

ΔL désigne la variation de longueur (m)

λ désigne le coefficient de dilatation linéaire ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

L désigne la longueur initiale (m)

ΔT représente l'écart entre la température finale et la température initiale ($^{\circ}\text{C}$ ou K).

La longueur totale de la tige s'exprimera sous la forme : $L = L_0 + \Delta L$

Citons quelques exemples de coefficients de dilatation linéaire pour les solides :

Matériau	Coefficients de dilatation linéaire ($\cdot 10^{-6} ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Vitro céramique type « zérodur »	0,02
Invars	0,6 à 1,2
Pyrex	3
Verre industriel	6 à 9
Béton	10 à 30
Acier	10 à 12
cuivre	17

La dilatation thermique des solides et des fluides s'exprime en fonction de la variation de volume ΔV , qui est proportionnelle à la variation de température :

$$\Delta V = \gamma \cdot V \cdot \Delta T$$

V désigne le volume initial (m^3)

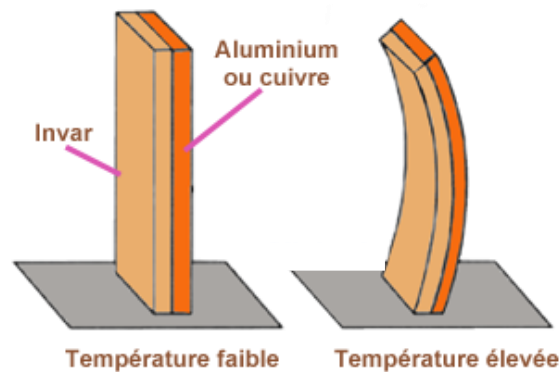
ΔV désigne la variation de volume (m^3)

γ désigne le coefficient de dilatation volumique ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

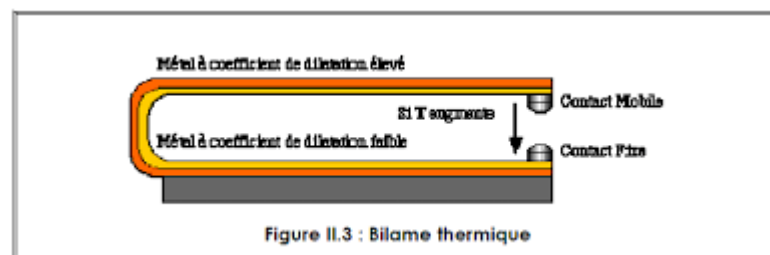
3. Exemples de dilatation en fonction de la température

3.1 Les bilames

Un bilame est constitué de deux bandes de métaux différents, liées sur toute leur surface par colaminage à la température ambiante ou à chaud. Les coefficients de dilatation sont différents. Sous l'effet d'une variation de température, la différence des allongements entre les deux faces induit une courbure du bilame.



Dans certains systèmes, ils permettent un contact entre deux parties d'un circuit lorsque la température augmente. Ainsi, le circuit se ferme et le courant peut circuler à partir d'une certaine température. Lorsque la température diminue, le bilame reprend sa forme de départ, le contact n'est plus assuré et le circuit s'ouvre.



3.2 Verre ordinaire ou pyrex

Un verre de qualité ordinaire dans lequel on verse de l'eau à 100°C voit sa couche interne atteindre rapidement une température élevée alors que la couche externe reste à sa température initiale. Schématisons le verre par deux couches :

La couche interne qui tend à se dilater, mais qui, contrariée par la couche externe, est dans un état de compression biaxiale.

La couche externe qui est dans un état de traction biaxiale.

Les verres sont beaucoup plus résistants en compression qu'en traction, c'est donc sur la partie extérieure du verre que se développeront les fissures conduisant à la rupture.

La même expérience réalisée avec un verre pyrex est sans conséquence.

Parmi les différentes propriétés de ces deux verres, seul le coefficient de dilatation diffère : 9 à $9,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ pour le verre et 3,3 à $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ pour le pyrex, ce qui explique la différence de résistance aux chocs thermiques.

3.3 Expérience de Gravesande

Voir la vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=B_5fYjwrXrQ

A température ambiante, la boule passe tout juste à travers l'ouverture circulaire du support.

Dans un premier temps, on chauffe la boule sans chauffer l'anneau. Qu'observe-t-on ?

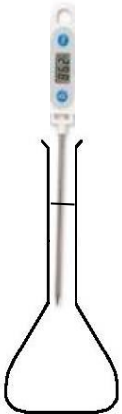
On recommence la même expérience, mais en chauffant la boule et l'anneau en même temps.

Qu'observe-t-on ?



3.4 Manipulation : dilatation d'un liquide

Montage



Faire chauffer de l'eau dans une casserole.

Remplir une fiole jaugée de 100 mL avec cette eau très chaude. Introduire un thermomètre dans l'eau et le fixer afin qu'il reste immobile tout au long de l'expérience. Scotcher une bande de papier millimétré transparent sur la partie cylindrique de la fiole jaugée afin de pouvoir mesurer les variations de hauteur de l'eau au cours du temps.

Mesures et interprétation

1. Toutes les 2 minutes, repérer la variation de hauteur Δh de l'eau dans la fiole par rapport au niveau initial et noter la température du bain. Réaliser 8 à 10 prises de mesures.
2. Compléter les unités de chaque grandeur dans le tableau ci-dessous.
3. A partir du diamètre de la fiole D , du diamètre du thermomètre d et de la variation de hauteur Δh , exprimer la variation de volume ΔV .

T (°C)										
Δh ()										
ΔV ()										

4. A l'aide de Latispro, tracer la courbe $\Delta V=f(T)$

5. Chercher le modèle le plus adapté pour cette courbe.

En déduire si la variation de volume de l'eau est linéaire en fonction de la température. Expliquer le raisonnement utilisé.

6. Le coefficient de dilatation volumique dépend-il de la température ?

4. Exercices

Exercice 1

1. Quelle est à 100 °C la longueur d'une barre d'aluminium qui mesure 1 m à 0 °C ?

$$\lambda_{\text{alu}} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

2. Une barre métallique mesure 1 m à 0 °C et 1001,5 mm à 100 °C. Déterminer le coefficient de dilatation linéaire de l'alliage qui le constitue.

Exercice 2

Le viaduc de Millau (Aveyron) est construit sur 7 piles en béton armé : la plus haute mesure 245 m, la plus petite mesure 78 m. La longueur du tablier du pont est de 2,46 km (valeurs à la température de 20 °C).

Le béton se dilate de la même façon que l'acier, de 0,012 mm par mètre pour une élévation de température de 1 °C.



1. Quel est l'allongement de la plus haute et de la plus petite pile lorsque la température de l'air passe de 20 °C à 42 °C ?

2. Quel est l'allongement du tablier pour la même variation de température ?

Exercice 3

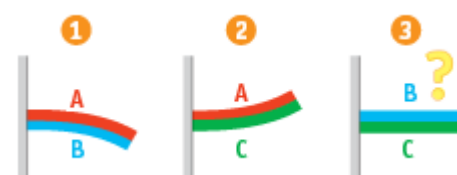
Principe : Les bilames industriels sont formés de deux lames de métaux différents soudées l'une à l'autre.

Quand on chauffe le bilame, le laiton se dilate beaucoup plus que le fer : le bilame se courbe.



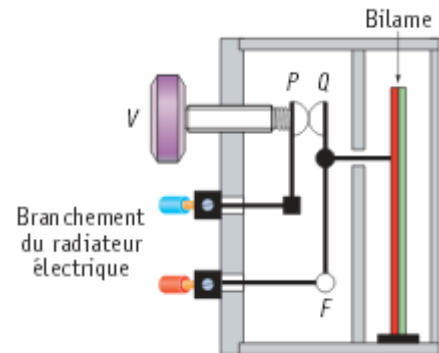
Trois bilames sont constitués de métaux différents A, B et C. Ils se comportent sous l'effet de la chaleur conformément aux dessins 1 et 2.

Comment va s'incurver le bilame du dessin 3 ?



Exercice 4

Le schéma ci-après représente un thermostat d'ambiance. Quand la température du local n'a pas encore atteint la valeur désirée, les palettes P et Q restent en contact et le radiateur électrique est alimenté par le courant. La palette Q peut pivoter autour du point fixe F.



1. Faire le schéma lorsque la température est très élevée et que le bilame est courbé.
Que se passe-t-il dans ce cas ?
2. Quel est le rôle de la vis V ?