

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE	
I: GENERALITE SUR LA MATIERE	3
I-1 : Les constituants élémentaires de la matière	3
I-1-1 :Structure de l'atome	3
I-1-2 :La molécule	4
I-2 : Energie potentielle d'interaction entre les atomes.....	5
I-3 : Interaction moléculaire.....	6
I-4 : Les états de la matière.....	7
I-4-1 :L'état solide.....	7
I-4-2 :L'état liquide	8
I-4-3 :L'état gazeux	8
II: LA TEMPERATURE	10
II-1 : La notion de température.....	10
II-2 : Les grandeurs thermométriques	10
II-3 : Influence de la température sur le mouvement des molécules	10
II-3-1 :Dans les gaz	11
II-3-2 :Dans les liquides	11
II-3-3 :Dans les solides	11
III : LA DILATATION DE LA MATIERE	11
III-1: Dilatation des solides	11
III-1-1 :Dilatation linéaire	11
III-1-2 :Dilatation volumique	15

III-2 :Dilatation des liquides	17
III-2-1 :Dilatation apparente et dilatation absolue	17
III-2-2 Coefficient de dilatation absolue	17
III-2-3 :Coefficient de dilatation apparente d'un liquide	18
III-2-3 :Dilatation particulière de l'eau	18
III-3 :Dilatation à pression constante des gaz	20
III-3-1 :La dilatation d'un gaz.....	20
III-3-2 :Le coefficient de dilatation sous pression constante	20
III-3-3 :Le binôme de dilatation des gaz. L'introduction à la température absolue	21
IV : APPLICATIONS	22
IV-1:Le thermostat	22
IV-1-1 :Principe	22
IV-1-1 :Différents types	22
IV-2:Thermomètre à dilatation de liquide	25
IV-2-1 :Equilibre thermique	25
IV-2-2 :Principe des thermomètres à dilatation apparente de liquide	25
IV-2-3 :Existence des températures fixes.....	25
IV-1-4 :Description d'un thermomètre	27
IV-1-5 :La graduation ; l'échelle Celsius.....	27
IV-1-6 :Echelle Kelvin ou échelle absolue	28
IV-1-7 :Condition d'utilisation des thermomètres.....	29

DEUXIEME PARTIE

I : PRESENTATION DU DIDACTICIEL	30
I-1 : Plan général du didacticiel	30
I-2 : Fonctionnement du didacticiel.....	32
II : LES FENETRES RELATIVES AUX MODULES	32
II-1: Interface d'acceiul	32
II-2 : Introduction	33
II-3 : Objectifs	33
II-4 : Prérequis	34
II-5 : Dilatation des solides	40
II-6 : Dilatation des liquides	55
II-7 : Dilatation des gaz	67
II-8 : Evaluation	73
CONCLUSION	81
Bibliographie	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure de la matière	3
Figure 2 : Modèle de Bohr d'un atome.....	4
Figure 3 : Modèle compact de la molécule d'eau.....	5
Figure 4 : Énergie potentielle U et la force d'attraction F entre deux atomes en fonction de la distance de séparation	5
Figure 5 : Énergie potentielle U et la force d'attraction F entre deux molécules en fonction de la distance de séparation r	6
Figure 6 : Exemple d'un réseau cristallin : Structure cubique à faces centrées	7
Figure 7 : La structure dispersée de gaz dioxygène	8
Figure 8 : Le modèle du gaz : Chaque cercle représente une molécule se déplaçant à grande vitesse	9
Figure 9 : Système moléculaire de la matière.....	9
Figure 10 : Sensation de la température.....	10
Figure 11 : Impact de la chaleur sur le mouvement de vibration des particules	11
Figure 12a : Dilatomètre à cadran	12
Figure 12b : Dilatation d'une tige	12
Figure 13 : Dilattation d'une sphère métallique.....	15
Figure 14 : Dilatation volumique d'un liquide	17
Figure 15 : Courbe de dilatation de l'eau	19
Figure 16 : Dilatation d'un gaz sous pression constante.....	20
Figure 17 : Principe d'une régulation de température	22
Figure 18 : Le bilame	22
Figure 19: Le thermostat d'un fer à repasser.....	23
Figure 20 : Principe d'un thermostat à bilame.....	23
Figure 21 : Principe d'un thermostat à canne	24

Figure 22 : Principe d'un thermostat à dilatation de liquide	24
Figure 23 : Thermoscope.....	25
Figure 24 : La température fixe de la glace fondante.....	26
Figure 25 : Température fixe de l'eau pure en ébullition.....	26
Figure 26 : Thermomètre à dilatation de liquide.....	27
Figure 27 : Détermination du point cent.....	27
Figure 28 : Détermination du point zéro.....	28
Figure 29 : Correspondance entre les échelles Celsius, Kelvin et Fahrenheit.....	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Distance des atomes dans divers molécule.....	6
Tableau 2: Distance moyenne de séparation entre deux molécules	6
Tableau 3a: Allongement d'une barre en fonction de la température	13
Tableau 3b: Allongement d'une barre en fonction de sa longueur.....	13
Tableau 4: Coefficient de dilatation linéaire	14
Tableau 5: Coefficient de dilatation des liquides.....	18
Tableau 6: Variation du volume de l'eau en fonction de la température	19
Tableau 7: Domaine d'emploi de quelque thermomètre	29

INTRODUCTION

L'enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire pourrait être passionnant si les objectifs généraux étaient atteints.

La déperdition des élèves dans les séries scientifiques semble être confirmée si l'échec provient des approches pédagogiques et des outils de transmission des connaissances. Le professeur devrait donc chercher des moyens et méthodes pour améliorer la qualité l'enseignement de physique-chimie.

Une des approches utilisées en sciences physiques est la démarche classique : on part de l'observation courante en réalisant une expérience et l'attention est captée sur le phénomène à étudier. On s'attache à dégager de l'ensemble des lois qualitatives et des lois quantitatives qui se traduisent par des formules mathématiques.

Certes, cette démarche permet d'atteindre les objectifs visés dans la discipline de sciences physiques. Mais, actuellement, cet enseignement souffre d'un manque ou d'une insuffisance de matériels d'expérimentation d'où l'enseignement s'oriente vers la théorie plutôt que vers l'expérience.

Un enseignement de la physique qui s'appuie sur l'utilisation des ressources numériques contenant des simulations et des animations des phénomènes à étudier peut-être une solution à ce manque de matériels. En effet, à défaut de manipulations réelles, on peut proposer à nos élèves des travaux pratiques virtuels qui les préparent à la démarche expérimentale, un des objectifs généraux de l'enseignement de la physique à atteindre.

Ce mémoire se situe dans l'ensemble des études et recherches au sein du C.E.R PHYSIQUE-CHIMIE. Il vise l'amélioration de l'enseignement de la matière physique par l'utilisation de la nouvelle technologie. Ce travail intitulé « SIMULATION SUR ORDINATEUR DU PHENOMENE DE DILATATION » est un outil d'aide à l'enseignement/apprentissage de la dilatation du volume d'un corps.

Le travail se divise en deux parties. La première partie met en place des repères théoriques correspondant au thème étudié et la deuxième partie concerne la mise en œuvre du didacticiel de simulation que nous avons conçu et élaboré dans le cadre de l'enseignement/apprentissage du phénomène de dilatation.

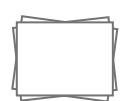
Les repères théoriques portent sur des éléments physiques nécessaires pour l'étude de la dilatation des corps. Nous commençons d'abord par les généralités sur la matière. Ce paragraphe traite les constituants de la matière : atomes, molécules. On parle aussi des interactions atomiques et moléculaires ainsi que les états de la matière et leurs propriétés physiques. La notion de température et les grandeurs thermométriques sont introduites dans le 2^{ème} paragraphe. L'influence de la température sur le mouvement des particules dans un corps termine ce paragraphe.

Dans le troisième paragraphe nous avons étudié la dilatation thermique de la matière c'est-à-dire la dilatation des solides, des liquides et des gaz. L'étude de la dilatation des solides est caractérisée par la détermination de la dilatation linéaire et volumique, des coefficients de dilatation linéaire et volumique ainsi que leurs relations. Pour la dilatation des liquides nous étudierons la dilatation du volume du liquide et le coefficient de dilatation des liquides ainsi que la dilatation de l'eau. La dilatation à pression constante est caractérisée pour les gaz. La notion de température absolue est introduite dans cette partie.

Le quatrième paragraphe constitue les applications de la dilatation du volume : les thermomètres à dilatation, les bilames et les thermostats.

Le logiciel de simulation comprend des cours et des travaux pratiques virtuels concernant la dilatation de la matière. Il présente d'abord une introduction suivie des objectifs que l'apprenant doit atteindre ensuite, le pré requis qui porte sur la mesure de volume et de température. Le thème d'étude se divise en trois parties: « dilatation des solides », « dilatation des liquides » et « dilatation des gaz ». Chaque partie est introduite par quelques observations courantes qui mettent en évidence le phénomène de dilatation de la matière, puis des expériences virtuelles qui peuvent expliquer ce phénomène sont présentées. A partir de ces expériences, on tire des interprétations et des conclusions sur la variation du volume en fonction de la température. Ainsi des travaux pratiques virtuels sont programmés pour illustrer l'étude de la dilatation thermique.

Des évaluations formatives sont proposées à la fin de l'étude



Première partie

I. GENERALITES SUR LA MATIERE

I-1 Les constituants élémentaires de la matière

(<http://www.ac-nancy-metz.fr/Pers-etabCollPhillipeDegneulles/file/physique/3eme/constituant+de+la+matiere.pdf>)

Depuis l'antiquité, les hommes cherchent à savoir de quoi est faite la matière. Pour le savant grec Démocrite, « la matière est constituée d'une multitude de petits corps invisibles, indivisibles et éternels : les atomes ». Cette vision de la matière est encore globalement vraie de nos jours.

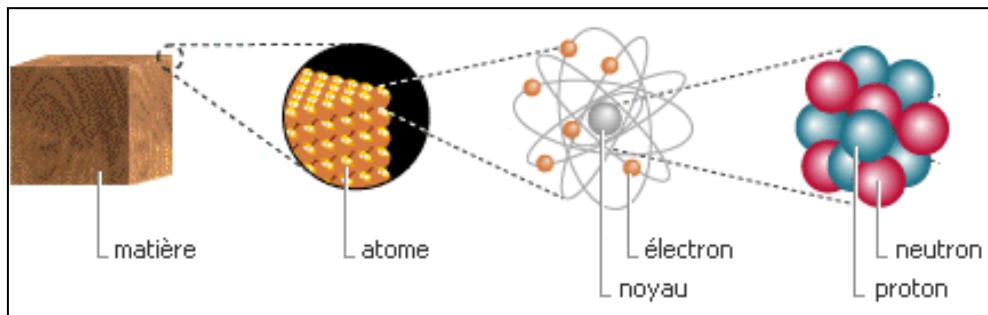


Figure 1 : structure de la matière

La matière est formée d'un très grand nombre de petites particules : **les atomes** et les **molécules**. Par exemple le métal cuivre est formé d'un nombre très élevé d'atomes de cuivre. L'eau est constituée par des très nombreuses molécules d'eau.

I-1-1 Structure de l'atome

(<http://www.ac-nancy-metz.fr/Pers-etabCollPhillipeDegneulles/file/physique/3eme/constituant+de+la+matiere.pdf>)

Toutefois, elle est affinée en 1911 par le physicien Ernest Rutherford qui découvre, d'une part, que la quasi-totalité de la masse d'un atome est concentrée dans un tout petit volume chargé positivement : **le noyau** ; et d'autre part, que **les électrons** (chargés négativement) gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil. Il faut encore attendre une vingtaine d'années pour découvrir la nature des particules qui constituent le noyau : **les protons** (de charge positive) et **les neutrons** (électriquement neutres). Ces deux particules sont appelées **nucréons**

Les atomes sont donc constitués d'un noyau (formé de nucléons) dont les dimensions sont de l'ordre de quelques femtomètres ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$; cette grandeur est parfois appelée "un fermi"). Le noyau est entouré d'un nuage d'électrons. Les dimensions de l'atome sont celles de son nuage électronique. Ces dimensions varient d'un atome à l'autre mais restent de l'ordre de quelques angströms ($1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$).

Pour assurer une liaison chimique entre les atomes, les électrons des divers nuages se mettent en commun ou s'échangent ; les nuages électroniques se recouvrent. La conséquence en est que la distance interatomique est de l'ordre de l'angström.

a- L'électron :

C'est la particule de masse $m_e = 0,9 \cdot 10^{-30}$ kg.

Il possède une charge électrique négative : $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Un atome d'une espèce donnée contient un nombre bien défini d'électrons, appelé "**nombre atomique**" et noté Z. Le nuage électronique (et donc Z) définit les propriétés chimiques de l'atome.

b- Les nucléons :

Les nucléons sont de deux sortes : le proton et le neutron. Le proton possède une charge $e = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C tandis que le neutron est neutre. La masse d'un nucléon varie peu selon qu'il est proton ou neutron : $m_n = 67 \cdot 10^{-27}$ kg.

c- Le noyau :

Le noyau atomique contient des nucléons. Le nombre de nucléons est le «**nombre de masse**», il est noté A.

L'atome étant neutre, les protons y sont en nombre Z, égal au numéro atomique de l'atome. Par contre le nombre de neutrons est variable selon l'isotope considéré d'une espèce donnée.

La notation employée pour désigner un noyau est ${}_Z^A X$ où X désigne le nom de l'atome. Lorsqu'on considère seulement un noyau, z est appelé "**nombre de charge**".

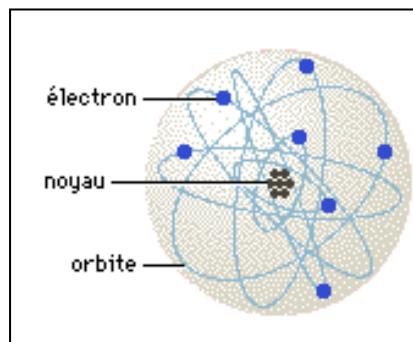


Figure 2 : modèle de Bohr d'un atome

I-1-2 La molécule

La molécule est la plus petite particule possible d'un composé à l'état libre, constituée par deux ou plusieurs atomes identiques ou différents. Ces atomes sont liés entre eux par une liaison appelée **liaison covalente**. Cette liaison est obtenue par la mise en commun de deux électrons des couches externes des deux atomes.

Chaque élément chimique ne peut former qu'un nombre donné de liaisons covalentes : on appelle ce nombre **la valence** de l'élément en question.

Certains corps sont aussi constitués d'ions qui sont liés entre eux par des liaisons ioniques. Une molécule est définie d'abord par la nature des différents éléments qui la composent et le nombre d'atomes de chaque espèce. C'est ce qui est donné par la formule brute d'une molécule : par exemple, la molécule d'eau, de formule brute H₂O, est formée de deux atomes d'hydrogène (H) et d'un atome d'oxygène (O).

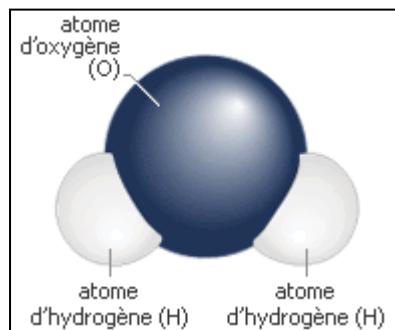


Figure 3 : modèle compact de la molécule d'eau

I-2 Énergie potentielle d'interaction entre les atomes

(RAFARASOA M.- C. (1994). *Étude de quelque propriété physique de la matière*, Ecole Normale Supérieure.)

Deux atomes A et B en présence l'un de l'autre interagissent. Cette interaction varie suivant la distance r qui les séparent.

La figure suivante représente l'énergie potentielle d'interaction U et la force d'interaction F en fonction de la distance de séparation moyenne r de deux atomes.

Lorsque la distance de séparation des deux atomes est grande, l'interaction est faible et elle est attractive. Cette attraction augmente à mesure que l'on approche les deux atomes et finit par atteindre un maximum.

Si on rapproche d'avantage les deux atomes, l'attraction diminue et s'annule pour une valeur de r égale à r_0 . La distance r_0 est appelée distance moyenne d'équilibre qui traduit la stabilité du système.

Pour les valeurs de r inférieur à r_0 , l'interaction entre les deux atomes devient répulsive et croît si rapidement qu'il est pratiquement impossible de réduire encore plus cette distance.

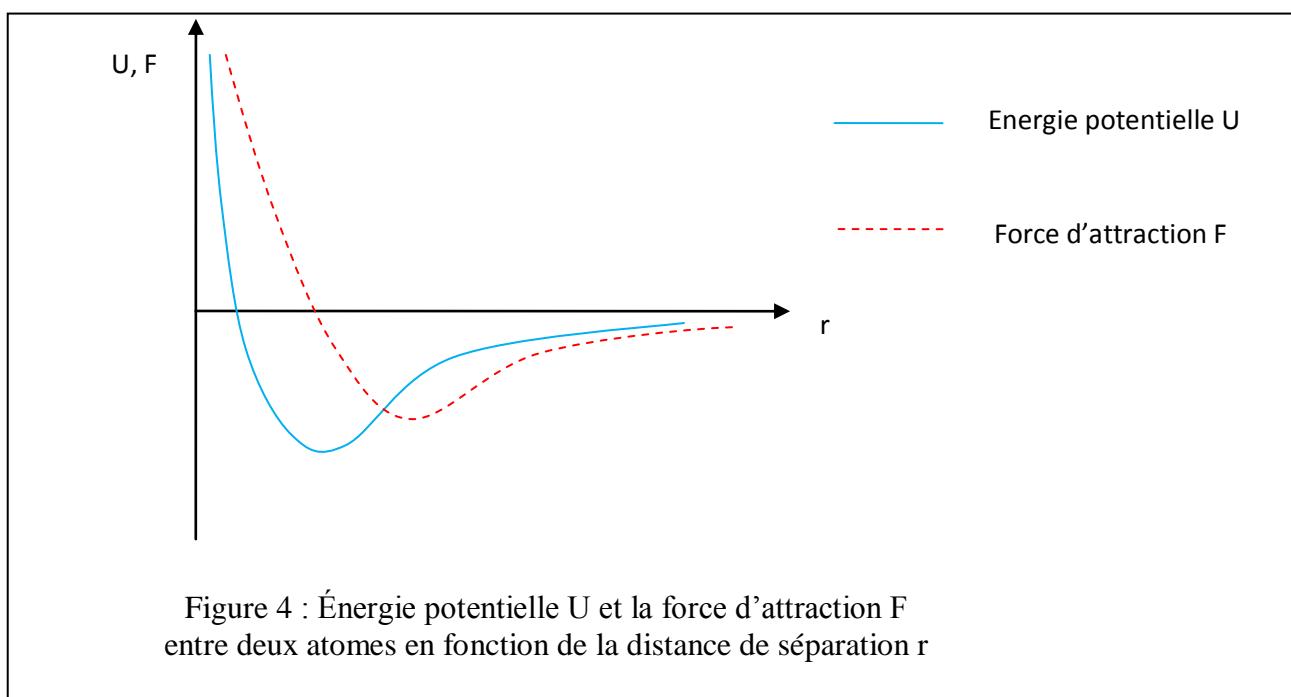


Figure 4 : Énergie potentielle U et la force d'attraction F entre deux atomes en fonction de la distance de séparation r

La valeur de r_0 ainsi que la profondeur du puits de potentielle caractérisent chaque paire d'atomes.

Le tableau 1 donne la valeur de r_0 pour quelques paires d'atomes :

Paire d'atomes	O-O	H-H	I-I	O-H (dans H ₂ O)
r_0 (A)	1,21	0,75	2,26	0,99

Tableau 1 : distance des atomes dans diverses molécules

I-3 Interaction moléculaire

(RAFARASOA M.- C. (1994). *Étude de quelque propriété physique de la matière*, École Normale Supérieure.)

Il existe aussi entre les molécules des forces d'interaction analogues aux forces d'interaction atomiques.

La courbe d'interaction moléculaire a la même allure que celle de l'interaction atomique avec des différences substantielles.

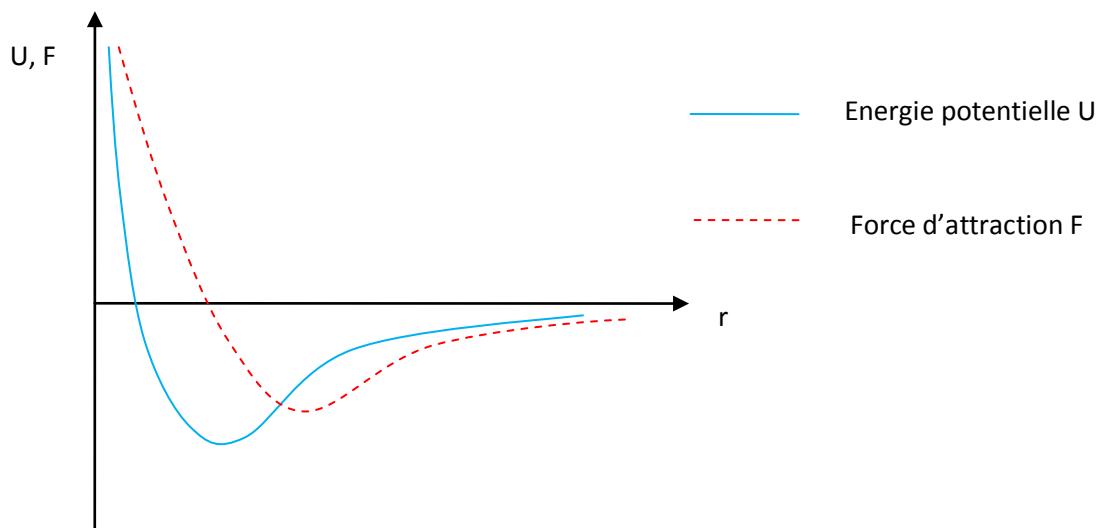


Figure 5 : Énergie potentielle U et la force d'attraction F entre deux molécules en fonction de la distance de séparation r

La valeur de r_0 varie suivant les paires de molécules comme l'indique le tableau 2 :

Paire de molécule	Dioxygène-dioxygène	Diiode-Diiode	O-H (dans eau-eau)
r_0 (a)	2,9	3,5	1,7

Tableau 2 : distance moyenne de séparation entre deux molécules

I-4 Les états de la matière

Dans une première approche on distingue trois états de la matière :

I-4-1 L'état solide

a- Propriété physique

Les corps solides présentent toujours la même forme et conservent donc un même volume quelles que soient les circonstances.

Il existe deux types de solide : les solides compacts et les solides pulvérisés.

Les solides compacts sont des solides qui ont une dimension plus importante que la poudre
Les solides pulvérisés sont des solides sous forme de poudre

(RANDRIANARIMANANA H.-F.(2010). *Support numérique sur les propriétés des gaz*, École Normale Supérieure.)

b- Structure et mouvement des particules

Les atomes ou les molécules constituant un solide forment un réseau en se maintenant très rapprochés et pratiquement immobiles. Ils sont disposés régulièrement.

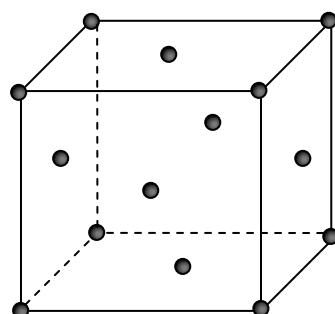


Figure 6 :
Exemple d'un réseau cristallin :
Structure cubique à faces centrées

Dans un réseau cubique à faces centrées d'un cristal d'argent par exemple, les atomes du métal sont distribués de façon que leurs noyaux occupent les sommets d'un cube. La répartition quasi-indéfinie de ce motif cristallin dans les trois directions de l'espace engendre le cristal. Ces particules ne sont pas immobiles. Elles exécutent des mouvements de vibration autour de leur position moyenne d'équilibre imposée par l'édifice cristallin.

(RANDRIANARIMANANA H. - F. (2010). *Support numérique sur les propriétés des gaz*, École Normale Supérieure.)

(RAFARASOA M.- C. (1994). *Étude de quelque propriété physique de la matière*, École Normale Supérieure.)

I-4-2 L'état liquide

a- Propriété physique

Les liquides prennent la forme des récipients qui les contiennent sans occuper cependant tout l'espace mis à leur disposition car ils conservent toujours le même volume.

b- Structure et mouvement des particules

Dans les liquides, les molécules sont rapprochées les unes des autres. Elles n'ont pas de position fixe mais l'attraction moléculaire est cependant importante pour que les molécules soient confinées dans le volume qui le contient.

Les molécules des liquides peuvent se déplacer dans toutes les directions. Chaque molécule reste toujours dans l'entourage des mêmes voisines.

I-4-3 L'état gazeux

a. Propriété physique

Les gaz comme les liquides n'ont pas de forme propre et prennent celle des récipients qui les contiennent mais qui, à la différence des liquides, occupent tout le volume disponible.

b. Structure et mouvement des particules

Les gaz sont formés de molécules (atomes) qui n'occupent pas de position fixe et qui sont assez espacées les unes des autres.

Dans les conditions ordinaires de température et de pression, le volume de toutes les molécules d'un gaz ne représente que le millième du volume occupé par l'ensemble de ce gaz. Les molécules d'un gaz sont alors séparées par des distances qui sont très grandes par rapport à leur dimension ; on dit que les gaz ont une structure dispersée.

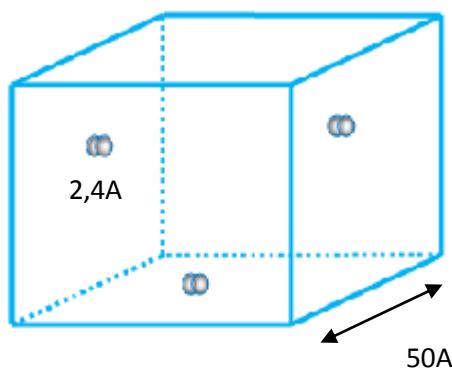


Figure 7 : la structure dispersée de gaz dioxygène.
(Grossie environ 5 millions de fois)
(CHIROUZE P.-J., BERENGER M. et VENTO R. (1980). *Science physique 3^e*, Armand Colin.)

Dans les gaz, l'attraction moléculaire est faible donc les molécules peuvent se déplacer librement.

Alors les molécules d'un gaz ne sont pas immobiles. Elles se déplacent au hasard dans toutes les directions de l'espace à des vitesses dépassant souvent 1500 km/h et entrent en collision de très nombreuse fois avec les parois du récipient sur lesquelles elles rebondissent.

Ainsi, dans un gaz, les molécules s'agitent de façon désordonnée, se déplacent rapidement, s'entrechoquent et rebondissent sur les parois. On dit que, à l'état gazeux règne le **chaos moléculaire**.

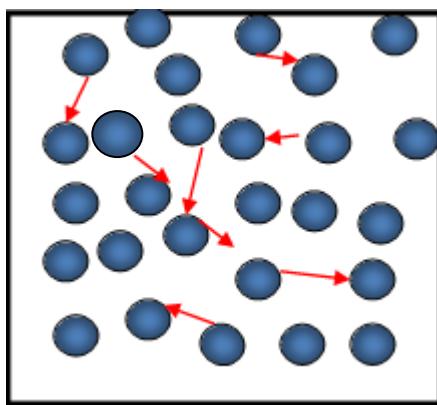


Figure 8:
Le modèle du gaz :
Chaque cercle représente une molécule se déplaçant à grande vitesse

(TOMASINO A., LAUTRETTE M. et FONTAINE G. (1988). *Physique 1res S.E*, Nathan.)

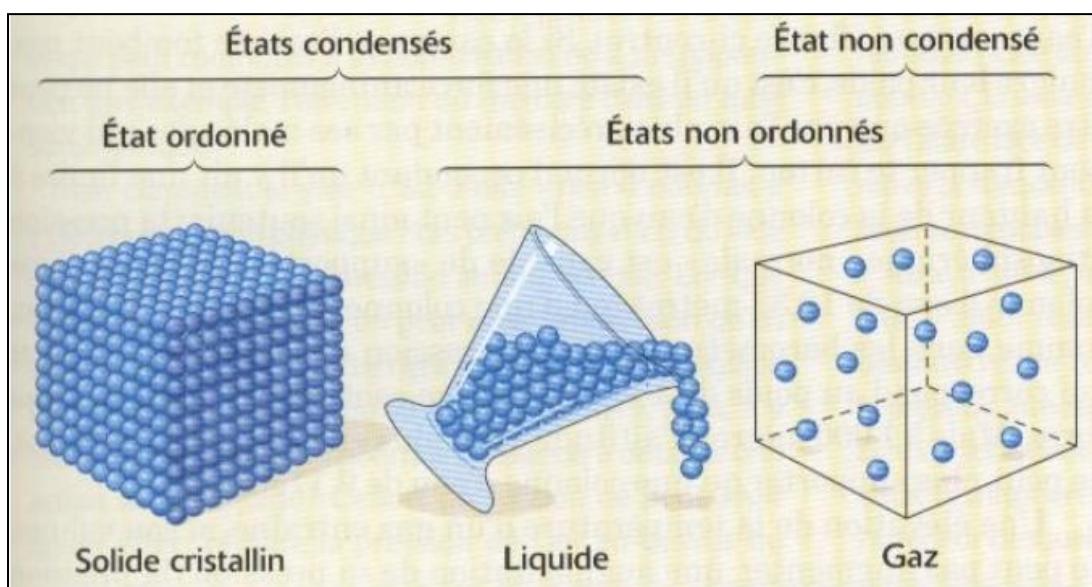


Figure 9 :
Système moléculaire de la matière

I- LA TEMPERATURE

II -1 La notion de température

<http://gte.univ-littoral.fr/workspaces/documents-m-perrot/cous-thermo.pdf>
<http://cours.montigny.free.fr/temperature et dilatation.pdf>

La notion de température a son origine dans les sensations de froid ou de chaud que nous éprouvons en touchant les corps. Or cette sensation est subjective et dépend des sensations antérieures. Pour apprécier une température, on ne peut pas se fier à notre toucher.

Si nous plongeons notre main droite dans l'eau froide, et la main gauche dans l'eau chaude, puis les deux ensembles dans l'eau tiède, l'eau parait chaude à la main droite et froide à la main gauche. (figure11)

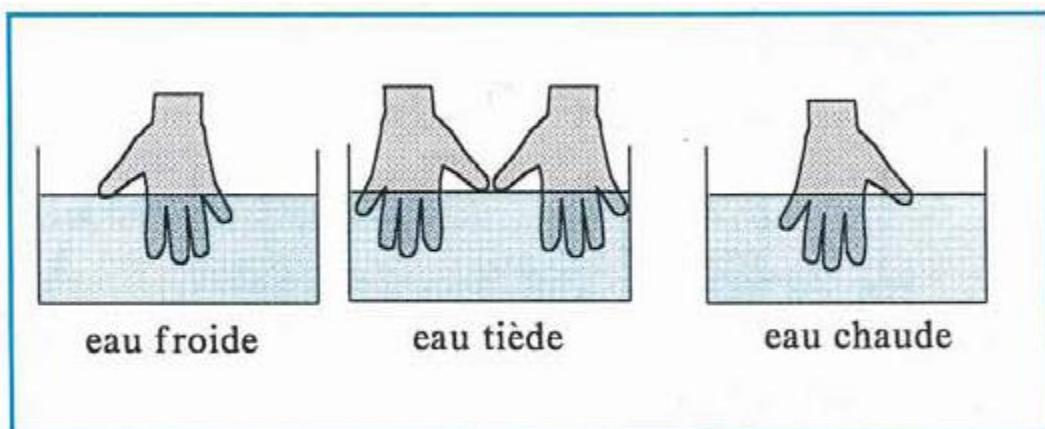


Figure 10: sensation de la température

Pour repérer la température, on fait appel aux phénomènes physiques mesurables qui accompagnent les variations de température.

II -2 Les grandeurs thermométriques

Certaines grandeurs physiques varient avec la température. Citons :

- La longueur et le volume d'un solide
- Le volume d'un liquide ou d'un gaz
- La résistance d'un conducteur ou d'un semi-conducteur
- Les propriétés des cristaux liquides

Elles peuvent être utilisées pour construire un thermomètre, instrument destiné à repérer les températures.

II -3 Influence de la température sur le mouvement des molécules

Il existe une relation directe entre la température et la vitesse moyenne des molécules. La vitesse moyenne varie avec la température : plus la température augmente plus l'énergie cinétique moyenne des molécules croît.

II-3-1 Dans les gaz

La molécule la plus simple dans les gaz est la molécule monoatomique. Un apport de chaleur à un tel gaz augmente l'énergie cinétique moyenne de chaque atome constituant le gaz. Toute la chaleur est transformée en énergie cinétique de translation, donc la vitesse des molécules augmente et leurs mouvements sont plus accélérés.

Pour un gaz diatomique, l'énergie thermique est transformée en énergie cinétique de translation, de rotation et de vibration.

II-3-2 Dans les liquides

Dans les liquides, sous l'effet de la chaleur, les molécules vont gagner de l'énergie cinétique de translation. En plus des liaisons qui existent entre ces molécules, des énergies potentielles vont être emmagasinées. En outre, ces molécules peuvent tourner. Une partie de l'énergie thermique sera transformée en énergie cinétique de rotation.

II-3-3 Dans les solides

Dans les solides, la situation est beaucoup plus compliquée. Les molécules (atomes-ions) sont fortement liées et ne peuvent effectuer que des oscillations autour de leur position d'équilibre. Sous l'effet de la chaleur, ces particules vont gagner de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle. L'amplitude de vibration devient plus ample.

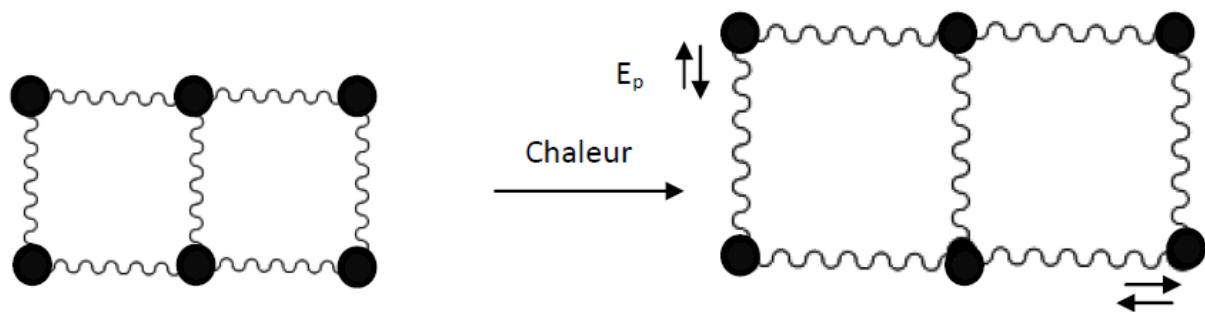


Figure 11 :

Impact de la chaleur sur le mouvement de vibration des particules

II- LA DILATATION DE LA MATIERE

III-1 Dilatation des solides

III-1-1 Dilatation linéaire

a- *Les lois de la dilatation linéaire des solides homogènes*

Pour un solide de forme allongée comme un fil, une tige ou une barre, la dilatation dûe à une élévation de température se manifeste surtout par l'augmentation de la longueur. Nous allons mettre en évidence ce phénomène de la dilatation linéaire avec le dispositif schématisé par la figure 12a:



Figure 12a : dilatomètre à cadran
[\(http://www.joel-houzet.fr/cours/tp/tp_dilatometrie.pdf\)](http://www.joel-houzet.fr/cours/tp/tp_dilatometrie.pdf)

Le dilatomètre à cadran permet de mesurer l'allongement d'une tige métallique. La tige est fixée à une extrémité tandis que l'autre peut coulisser librement en s'appuyant sur la base de l'aiguille du cadran. À froid, l'aiguille est sur le zéro.

On verse dans le réservoir un peu d'alcool à brûler que l'on enflamme. L'échauffement de la tige va provoquer son allongement. Plus le métal se dilate, plus la valeur indiquée par l'aiguille est élevée.



Figrue 12b : Dilatation d'une tige

Expérience 1

Chaufsons une barre métallique de longueur l_0 et observons l'évolution de la longueur de cette barre.

Tant que les variations de températures imposées à la barre ne sont pas très importantes, la température restant comprise entre 0°C et 100°C par exemple, on constate que si

l'accroissement est doublé ou triplé, l'allongement de la barre est sensiblement multiplié par deux ou par trois. La variation de la longueur de la barre est donnée par le tableau 3a

Température	Longueur
T_0	L_0
$T_0 + \Delta t$	$L_0 + \Delta l$
$T_0 + 2\Delta t$	$L_0 + 2\Delta l$
$T_0 + 3\Delta t$	$L_0 + 3\Delta l$

Tableau 3a : allongement d'une barre en fonction de la température

Expérience 2

Reprendons l'expérience précédente en chauffant une autre barre de même nature que la barre précédente mais de longueur $2l_0$. Comparons ensuite l'allongement de la barre avec celui de la barre précédente pour une même élévation de température

Les résultats de cette expérience sont donnés par le tableau 3b

Température	Longueur	
T_0	L_0	$L' = 2l_0$
$T_0 + \Delta t$	$L_0 + \Delta l$	$L' + 2\Delta l$
$T_0 + 2\Delta t$	$L_0 + 2\Delta l$	$L' + 4\Delta l$
$T_0 + 3\Delta t$	$L_0 + 3\Delta l$	$L' + 6\Delta l$

Tableau 3b: allongement de la barre en fonction de sa longueur

Conclusion:

A partir de ces deux expériences, nous pouvons déduire les lois de la dilatation linéaire : **l'augmentation de la longueur Δl d'un solide porté de la température t_0 à la température t est :**

- Proportionnelle à sa longueur initiale l_0
- Proportionnelle à l'élévation de température $\Delta t = t - t_0$

b- Coefficient de dilatation linéaire

Considérons une barre faite d'une substance homogène

A la température t_0 , sa longueur est l_0

Soit l sa longueur qu'elle prend à une certaine température t

Pour l'ensemble de la barre et une élévation de température de Δt , l'allongement est :

$$\Delta l = l - l_0.$$

Cet allongement est proportionnel à l'augmentation de température : $\Delta l = k\Delta t$

Il est aussi proportionnel à la longueur initiale de la barre. Alors nous pouvons écrire $k = \lambda l_0$

D'où on a : $\Delta l = \lambda l_0 \Delta t$

Ainsi, on définit le coefficient de dilatation linéaire :

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} = \frac{l - l_0}{l_0(t - t_0)}$$

Comme l'expression $\frac{l - l_0}{l_0}$ est le quotient de deux longueurs, sa valeur ne dépend pas du choix de l'unité de longueur, de sorte que le coefficient λ est indépendant de l'unité de longueur choisi ; **il ne dépend que de la nature du solide considéré.**

La dilatation linéaire des solides est faible. La valeur du coefficient de dilatation est de l'ordre de 10^{-5}

Le tableau 4 donne les valeurs numériques des coefficients de dilatation linéaire de quelques solides.

Solide	Coefficient de dilatation linéaire (K^{-1})	Solide	Coefficient de dilatation linéaire (K^{-1})
Aluminium	2.3×10^{-5}	Potassium	8.3×10^{-5}
Argent	1.9×10^{-5}	Sodium	7.2×10^{-5}
Chrome	0.65×10^{-6}	Tungstène	0.4×10^{-5}
Cuivre	1.7×10^{-5}	Zinc	3.6×10^{-5}
Étain	2.2×10^{-5}	Corps divers	
Fer	1.20×10^{-5}	Laiton	1.9×10^{-5}
Magnésium	2.5×10^{-5}	Invar	0.12×10^{-5}
Nickel	1.3×10^{-5}	Verre ordinaire	0.8×10^{-5}
Or	1.4×10^{-5}	Verre pyrex	0.3×10^{-5}
Platine	0.9×10^{-5}	Verre de silice	0.06×10^{-5}
Plomb	2.9×10^{-5}	Silice fondu	0.052×10^{-5}

Tableau 4 : coefficient de dilatation linéaire
(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

c- Les relations de dilatation linéaire

De l'expression du coefficient de dilatation linéaire λ , on peut tirer :

$$l - l_0 = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t ; l = l_0 + \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

D'où, en mettant l_0 en facteur,

$$l = l_0 (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

Ainsi, la longueur d'une barre à la température t est égale au produit de sa longueur à t_0 par le **binôme de dilatation linéaire** ($1 + \lambda \Delta t$)

III-1-2 Dilatation volumique

a- Les caractères de la dilatation volumique des solides homogènes

L'élévation de température d'un solide s'accompagne d'un accroissement de son volume dû à l'augmentation simultanée de toutes ses dimensions ; c'est le phénomène de la dilatation volumique que nous allons mettre en évidence par l'expérience schématisée par la figure 13

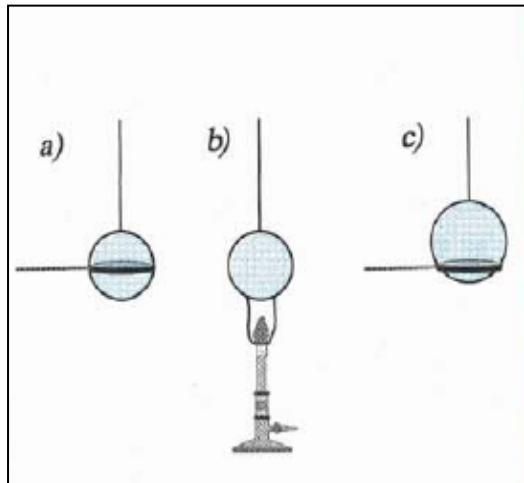


Figure 13 : dilatation d'une sphère métallique

- a) La sphère passe à travers l'anneau
- b) On chauffe la sphère métallique avec un bœuf bunsen
- c) La sphère ne passe plus à travers l'anneau : son volume a augmenté

Lorsque la température croît de t_0 à t , chaque dimension est multipliée par le même binôme de dilatation $(1 + \lambda \cdot \Delta t)$; par suite, *le solide demeure géométriquement semblable à lui-même*.

b- Le coefficient de dilatation volumique

On peut définir le coefficient de dilatation cubique de la même manière que celui de la dilatation linéaire.

Soit V_0 le volume du solide à la température t_0 ; V son volume à la température t .

Le coefficient de dilatation volumique est défini par :

$$K = \frac{V - V_0}{V_0 \cdot \Delta t}$$

A partir de cette relation, on peut aussi tirer les formules de dilatation volumique :

$$V = V_0 (1 + K \Delta t)$$

Ainsi, le volume d'une barre à la température t est égal au produit de son volume à t_0 par le **binôme de dilatation volumique** ($1 + k \Delta t$)

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

c- Relation entre le coefficient de dilatation volumique K et le coefficient de dilatation linéaire λ

Considérons un parallélépipède de volume $a_0 \cdot b_0 \cdot c_0$ d'un corps isotrope (le coefficient λ est le même dans toutes les directions). Elevons la température de ce corps de Δt , la longueur de chaque arrête devient respectivement:

$$a_0 \rightarrow a_0 (1 + \lambda \Delta t)$$

$$b_0 \rightarrow b_0 (1 + \lambda \Delta t)$$

$$c_0 \rightarrow c_0 (1 + \lambda \Delta t)$$

Le volume final vaut donc :

$$\begin{aligned} V &= a_0 b_0 c_0 (1 + \lambda \Delta t)^3 \\ &= V_0 (1 + 3\lambda \Delta t + 3\lambda^2 \Delta t^2 + \lambda^3 \Delta t^3) \end{aligned}$$

Comme la valeur du coefficient de dilatation λ est très petite, on peut négliger les termes $3\lambda^2 \Delta t^2 + \lambda^3 \Delta t^3$.

On a alors : $V = V_0 (1 + 3\lambda \Delta t)$

Or, nous pouvons aussi exprimer V en fonction de V_0 et du binôme de dilatation cubique :

$$V = V_0 (1 + K \Delta t)$$

D'où $1 + K \Delta t \approx 1 + 3\lambda \Delta t$ Ce qui implique :

$$K \approx 3\lambda$$

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

d- Variation de la masse volumique

Soit m la masse d'un solide dont le volume est V_0 à la température t_0 , à la température t , sa masse n'a pas varié mais son volume est devenu : $V = V_0(1 + K \Delta t)$

La masse volumique du solide, a donc diminué passant de la valeur : $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$ à la valeur

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + K \Delta t)}$$

$$\text{D'où : } \rho = \frac{\rho_0}{(1 + K \Delta t)}$$

La masse volumique d'un solide à la température t est égale au quotient de sa masse volumique à t_0 par le binôme de dilatation cubique.

III-2 Dilatation des liquides

III-2-1 Dilatation apparente et dilatation absolue

L'échauffement d'un liquide s'accompagne nécessairement de deux phénomènes : la dilatation du liquide et la dilatation du récipient contenant ce liquide.

Expérience

Considérons un ballon surmonté d'un tube de verre de faible diamètre.

L'eau remplit le ballon et atteint un niveau A dans le tube. Plongeons le ballon dans l'eau très chaude.

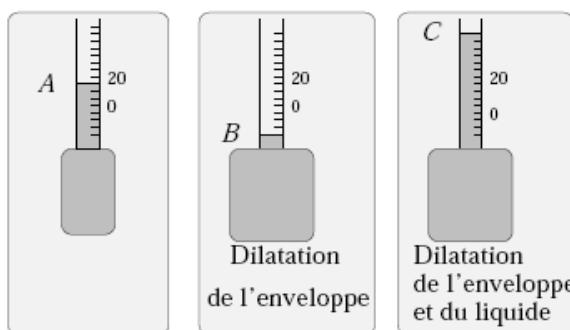


Figure 14 : dilatation volumique d'un liquide

Observation :

Le niveau du liquide baisse jusqu'en B et remonte ensuite en C au-dessus du niveau A.

Interprétations

La descente de A en B du liquide correspond à la dilatation du ballon.

Le liquide se dilate après le ballon.

Le liquide se dilate davantage que le ballon puisque le point C est au-dessus du point A.

Définitions

La différence entre la dilatation du liquide et celle du ballon s'appelle la **dilatation apparente**.

La variation réelle de volume du liquide, qui ne tient pas compte de la variation de volume de l'enveloppe s'appelle la **dilatation absolue**.

III-2-2 Coefficient de dilatation absolue

L'augmentation du volume réel d'un liquide entre les températures t_0 et t est proportionnelle au volume initial V_0 et à l'élévation de température $\Delta t = t - t_0$

D'où l'expression : $V = V_0(1 + \alpha \Delta t) = V_0[1 + \alpha(t - t_0)]$

- **a** est le coefficient de dilatation absolue du liquide
- **(1 + at)** est le binôme de dilatation absolue du liquide.

Le tableau 5 donne les valeurs numériques des coefficients de dilatation absolue de quelques liquides.

Liquide	Coefficient de dilatation (K^{-1})
Chloroforme	1.3×10^{-3}
Mercure	0.18×10^{-3}
Alcool éthylique	1.1×10^{-3}
Éther	1.6×10^{-3}
Acétone	1.4×10^{-3}
Benzène	1.1×10^{-3}
Glycérine	0.5×10^{-3}
Sulfure de carbone	1.2×10^{-3}

Tableau 5 : coefficient de dilatation des liquides

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

III-2-3 Coefficient de dilatation apparente d'un liquide

Au cours de l'élévation de température, la variation :

- du volume de l'enveloppe est : $\Delta V_{env} = V_0 \cdot K \cdot \Delta t$
- du volume du liquide $\Delta V_{liq}^{réelle} = V_0 \cdot a \cdot \Delta t$
- apparente du volume du liquide est : $\Delta V_{liq}^{app} = V_0 a' \Delta t$

Les trois variations sont liées par :

$$\begin{aligned}\Delta V_{liq}^{app} &= \Delta V_{liq}^{réelle} - \Delta V_{env} \\ V_0 \cdot a' \cdot \Delta t &= V_0 a \Delta t - V_0 K \Delta t \\ \text{Alors on a : } a' &= a - K\end{aligned}$$

$\Rightarrow a'$: coefficient de dilatation apparente du liquide

III-2-4 Dilatation particulière de l'eau

L'étude expérimentale de la dilatation de l'eau en fonction de la température montre que l'eau se dilate de façon anormale : son volume passe par un minimum au voisinage de 4°C où elle présente un maximum de densité.

Le tableau 6 représente la variation du volume massique de l'eau en fonction de la température :

Température T (°C)	0	2	4	6	8	10	12	20
Volume V (cm ³)	1000.00	999.90	999.87	999.90	999.99	1000.14	1000.32	1001.64
Dilatation V-V ₀ (cm ³)	-	-0.10	-0.13	-0.10	-0.01	+0.14	+0.32	+1.64

Tableau 6 : variation du volume de l'eau en fonction de la température
(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

Cette variation est représentée par la figure 19 :

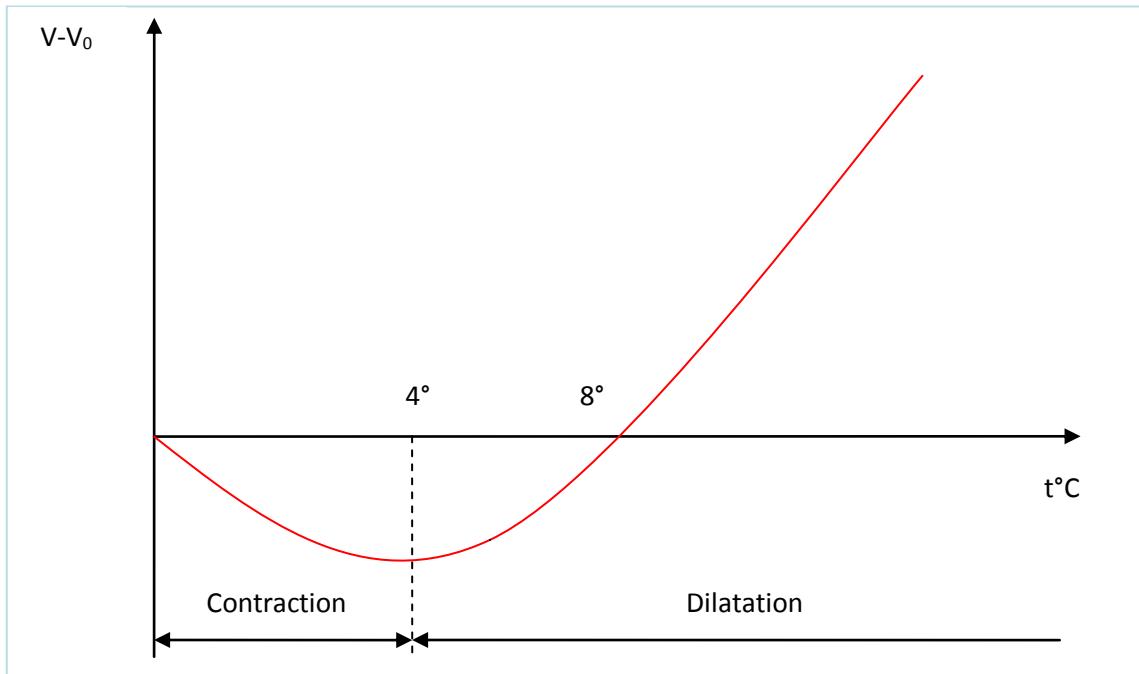


Figure 15: courbe de dilatation de l'eau
(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

Il en sort de cette représentation graphique que :

- Le volume de l'eau diminue quand la température s'élève de 0°C à 4°C . Ensuite, l'eau se dilate mais le fait que le graphique diffère notablement d'une droite prouve que cette dilatation n'est pas proportionnelle à l'élévation de température.
- La masse volumique de l'eau présente un maximum à la température 4°C puisque, à cette température, le volume d'une certaine masse d'eau passe par un minimum

III-3 Dilatation à pression constante des gaz

III-3-1 La dilatation d'un gaz

Les dilatations des solides et des liquides ont été implicitement supposées produites par une élévation de température à pression constante. Pour les gaz une variation du volume entraîne nécessairement une variation de la pression et de la température.

Pour les gaz, on distingue les variations :

- A pression constante
- A volume constant

Dans cette partie, on s'intéresse à la variation du volume à pression constante ou dilatation à pression constante.

L'expérience schématisée par la figure 17 montre qualitativement la dilatation à pression constante de l'air à l'intérieur d'un ballon.

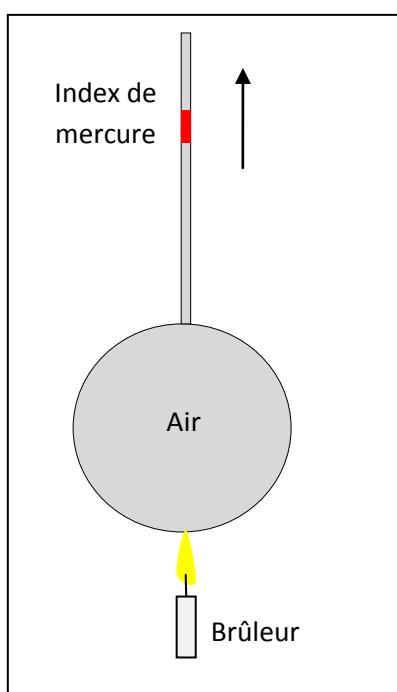


Figure 16 : Dilatation d'un gaz sous pression constante

Si on chauffe le ballon, on observe un déplacement de l'index dans le sens de la flèche. Comme la pression exercée par le milieu extérieur ne varie pas, la cause de ce déplacement ne peut être que la dilatation du gaz emprisonné, accompagnant l'élévation de température.

III-3-2 Le coefficient de dilatation sous pression constante

La définition de la dilatation d'un gaz à pression constante est similaire à la définition de la dilatation cubique (volumique) d'un solide.

L'augmentation de volume $V - V_0$ d'un gaz porté de la température t_0 (volume V_0) à la température t (volume V) est proportionnelle au volume initial V_0 et à l'élévation de température $\Delta t = t - t_0$:

$$\Delta V = V - V_0 = V_0 \propto \Delta t$$

Alors on obtient :

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0 \alpha \Delta t}$$

⇒ **α : coefficient de dilatation sous pression constante**

Des expériences de laboratoire montrent que :

- Pour un même gaz, étudié successivement sous différentes pressions, la valeur du coefficient de dilatation α ne dépend pas de la pression imposée au gaz
- La valeur de α est indépendante de la température à laquelle on porte le gaz
- Pour les divers gaz étudiés (dihydrogène, dioxygène, diazote, etc.) Les valeurs de leurs coefficients de dilatation α sont pratiquement égales

Ces résultats sont résumés dans **la loi de Gay-Lussac** :

Le coefficient de dilatation d'un gaz à pression constante est indépendant :

- **De la nature du gaz**
- **De la pression**
- **De la température**

Sa valeur est sensiblement $\alpha \approx 3,66 \cdot 10^{-3} \approx \frac{1}{273}$

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

III-3-3 Le binôme de dilatation des gaz. L'introduction à la température absolue

De l'expression de coefficient de dilatation α , nous tirons : $V = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$

Le facteur $(1 + \alpha \Delta t)$ est appelé **binôme de dilatation à pression constante**

Comme $\alpha \approx \frac{1}{273}$, on peut écrire : $V = V_0 \left(\frac{273+t}{273} \right)$

Posons $273+t = T$: t exprime la température absolue correspondant à la température Celsius t

T est exprimé en **degré kelvin (°k)**

La relation $V = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$ s'écrit donc : $V = V_0 \cdot \frac{T}{273}$

Ainsi, on obtient : $\frac{V}{T} = \frac{V_0}{273}$

D'où
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_1}{T_1} = \text{Constante}$$

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

A pression constante, le volume d'une masse invariable de gaz est proportionnel à sa température absolue

III- APPLICATIONS

IV-1 Le thermostat

Les thermostats sont des dispositifs destinés à maintenir constante la température d'un corps. Exemples : solide (fer à repasser), de liquide (chauffe-eau), ou d'enceinte (réfrigérateur, four, pièces d'habitation). Ils ont souvent un double rôle de régulateur (obtention de la température désirée) et de sécurité (limitation de la température)

IV-1-1 Principe

Du fait des variations de température, un solide, un liquide ou une vapeur provoquent, en se dilatant, l'ouverture ou la fermeture du circuit électrique responsable du chauffage. Ce sont des interrupteurs sensibles aux variations de température.

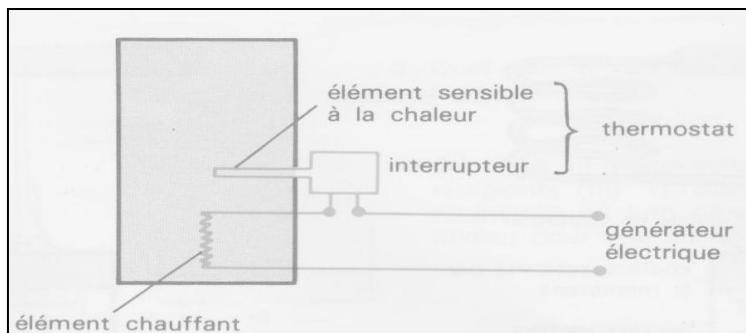


Figure 17: principe d'une régulation de température
(SAISON A., MALLAURS P., HARSANY F., HUBER P. et SEYFRIED B. (1978). *Éveil à la science physique 5 e*, Fernand Nathan.)

IV-1-2 Différents types

On distingue différents types de thermostat selon les appareils dans lesquels on les emploie:

a. Thermostat à bilame :

La bilame est une pièce constituée de deux lames métalliques accolées de coefficient de dilatation différent

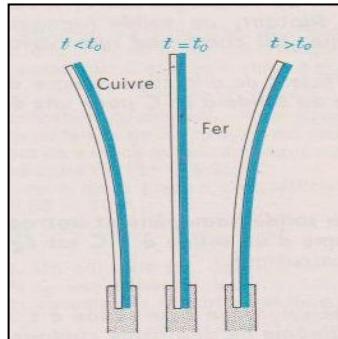


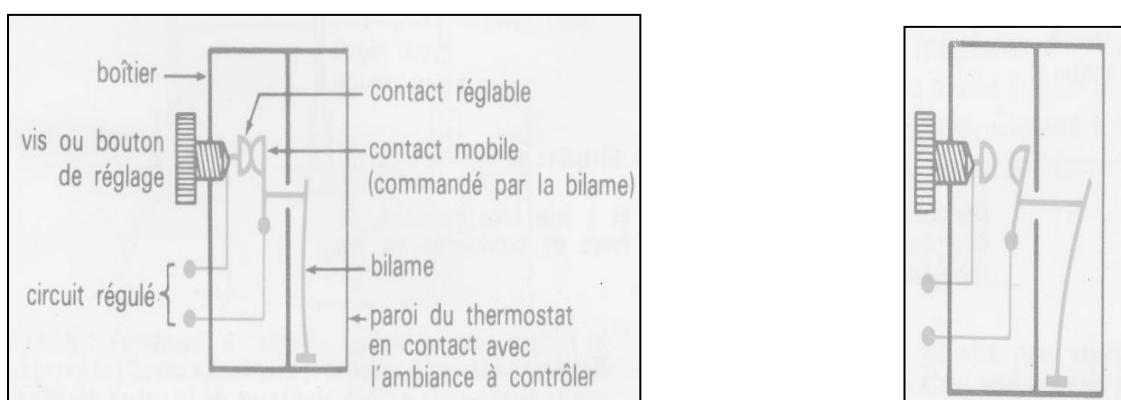
Figure 18 : le bilame se courbe lorsque sa température varie

Lorsque la bilame est chauffé, les deux matériaux qui la constituent se dilatent de façon différente : la lame dont le coefficient de dilatation est élevé se dilate plus que l'autre lame. Par conséquent, la bilame s'incurve. Cette déformation a pour effet d'interrompre le courant en ouvrant le circuit électrique. Lorsque la température diminue, elle reprend sa forme initiale.

Le thermostat à bilame est employé dans le fer à repasser, les friteuses électriques, les fours électriques, le chauffage des maisons.



Figure 19 : le thermostat d'un fer à repasser est un bilame



L'ambiance à contrôler n'a pas atteint la température de fonctionnement du thermostat : la bilame est froide, le contact est fermé. Le circuit régulé est sous tension.

L'ambiance à contrôler a dépassé la température de fonctionnement du thermostat : la bilame chauffée suffisamment s'est courbée et a ouvert le contact. Le circuit régulé est hors tension

Figure 20: principe d'un thermostat à bilame
(SAISON A., MALLAURS P., HARSANY F., HUBER P. et SEYFRIED B. (1978). *Éveil à la science physique 5 e*, Fernand Nathan.)

b. Le thermostat à canne :

Il est surtout utilisé dans les chauffe-eau électriques. L'élément sensible (la canne) est placé dans une gaine immergée dans l'eau du réservoir. Une tige en métal très peu dilatable est placée dans un tube en métal très dilatable, le laiton. À une extrémité, la tige et le tube sont soudés. À l'autre extrémité, la tige est libre et reliée à un contact mobile

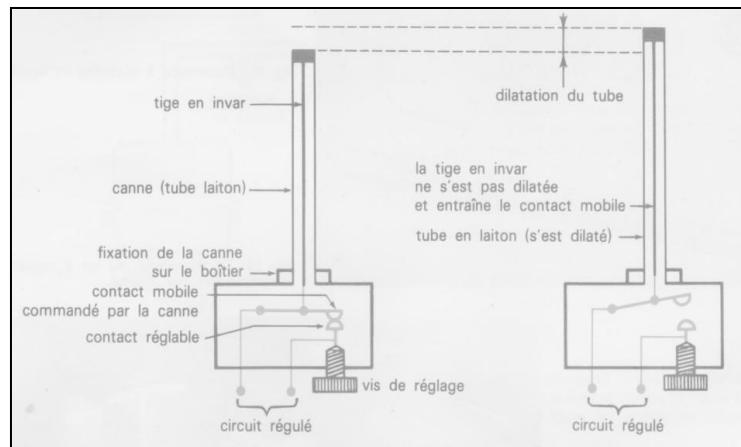
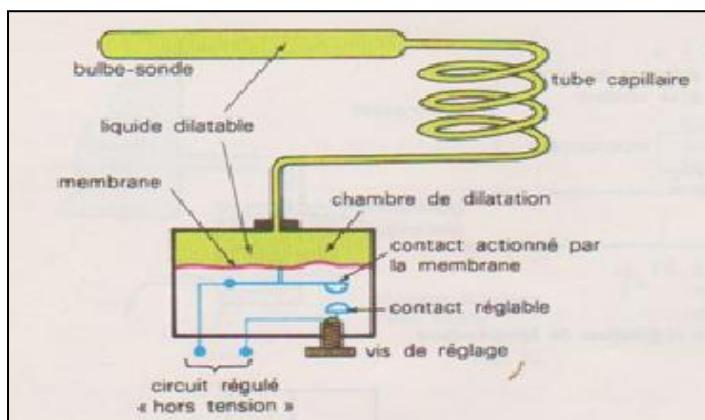


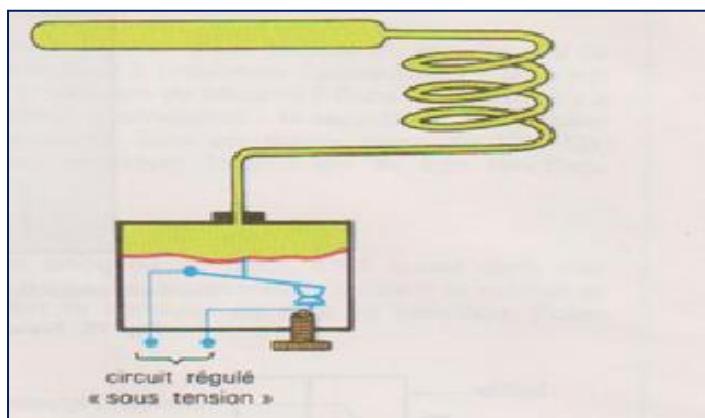
Figure 21 : principe d'un thermostat à canne
 (SAISON A., MALLAURS P., HARSANY F., HUBER P. et SEYFRIED B. (1978). *Éveil à la science physique 5 e*, Fernand Nathan.)

c. Le thermostat à dilatation de liquide :

Reconnaissable à leur sonde et à leur tube capillaire, ils équipent le plus souvent les fours des cuisinières ou les réfrigérateurs



a- La température de réglage non atteinte : dans le cas d'un réfrigérateur, tant que la température reste inférieure à la valeur désirée, le circuit réglé reste ouvert



b- Température de réglage atteinte : le liquide s'est dilaté, la membrane déformée actionne le contact. Le circuit est fermé dès que la température s'élève au-dessus de la valeur désirée ; le moteur

Figure 22: principe d'un thermostat à dilatation
 (SAISON A., MALLAURS P., HARSANY F., HUBER P. et SEYFRIED B. (1978). *Éveil à la science physique 5 e*, Fernand Nathan.)

IV-2 Thermomètre à dilatation de liquide

(CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.)

On attribue l'invention du premier thermomètre à un célèbre savant italien Galilée en 1592 : c'était le thermomètre à dilatation des gaz. Divers perfectionnement furent apportés au XVII^e siècle mais chaque thermomètre était gradué d'une façon arbitraire. Il fallut attendre 1889 qu'une échelle légale de température fût définie.

IV-2-1 Équilibre thermique

Considérons un petit ballon surmonté d'un tube très fin dans lequel on a mis du mercure jusqu'en S

La position de la surface libre S dans le tube_ qui peut être repérée sur une graduation _ dépend de la température de l'ensemble verre-mercure.

Ce dispositif est appelé *thermoscope*.

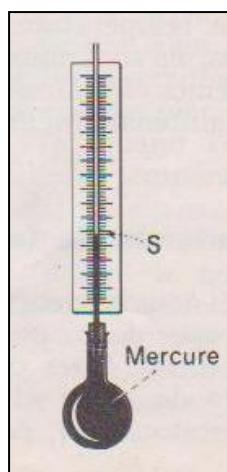


Figure 23: thermoscope

Mettons de l'eau dans une enceinte dont la paroi ne permet pas à l'air extérieur d'en chauffer ou d'en refroidir le contenu et immergeons le thermoscope dans cette eau.

On observe que la surface libre S monte ou diminue plus ou moins selon que l'eau est plus ou moins froide ou chaude, puis qu'elle se stabilise.

Lorsque le niveau du mercure se fixe, on dit qu'un **équilibre thermique** s'établit entre le thermoscope et l'eau dans laquelle il est immergé. Les deux corps ont des **températures égales**.

IV-2-2 Principe des thermomètres à dilatation apparente de liquide

- Mettons successivement le thermoscope en équilibre thermique avec différents corps.
- Repérer pour chacun de ces corps le nombre lu sur la graduation lorsque le niveau S du mercure dans le tube s'immobilise.

A partir de ces nombres, on peut classer les températures des corps.

Sur ce principe sont construits les thermomètres à dilatation de liquide.

IV-2-3 L'existence de températures fixes

- Immergeons successivement le thermoscope dans plusieurs mélanges de glace et de l'eau pure contenant des masses différentes de glace et d'eau en présence.

On constate que pour tous ces mélanges, la surface libre S se fixe en face de la même division de la graduation.

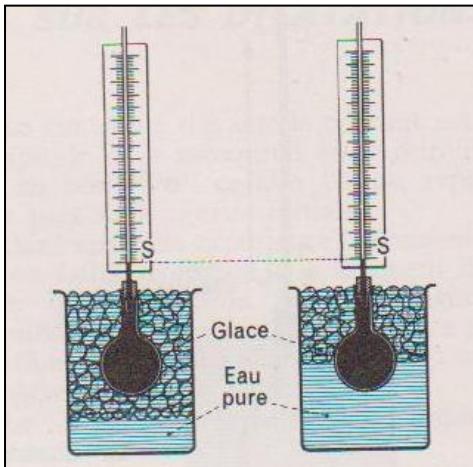


Figure 24: la température fixe de la glace fondante

Ce fait expérimental définit la température des mélanges de glace et d'eau pure. Cette température fixe est appelée **zéro degré Celsius (0°c)**.

- Plaçons le thermoscope dans la vapeur qui surmonte de l'eau pure maintenue en vive ébullition.

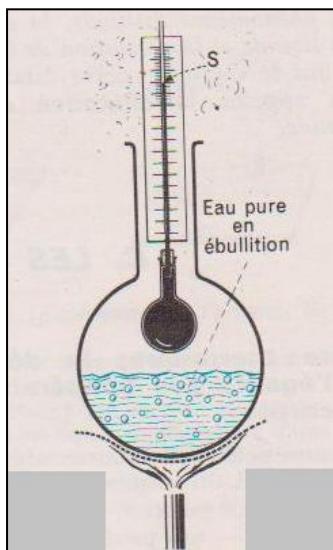


Figure 25 : température fixe de l'eau pure en ébullition

On constate que la surface libre s du mercure s'immobilise et conserve la même position pendant toute la durée de l'ébullition.

Cette température fixe dépend de la pression exercée par l'atmosphère sur le liquide en ébullition ; la température fixe à la pression atmosphérique normale est appelée **cent degré Celsius (100°c)**

IV-2-4 Description d'un thermomètre à dilatation de liquide

Un thermomètre à dilatation de liquide comprend un réservoir en verre mince, d'une capacité voisine de 1cm^3 , auquel on a soudé une tige en verre épais percée d'un canal cylindrique de très faible diamètre.

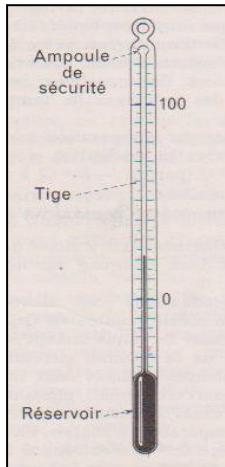


Figure 26: thermomètre à dilatation de liquide

IV-2-5 La graduation ; l'échelle Celsius

Pour tracer les graduations d'un thermomètre, on effectue les procédés suivants :

- On place d'abord le thermomètre dans une étuve spéciale où il se met en équilibre thermique avec de la vapeur d'eau bouillante.

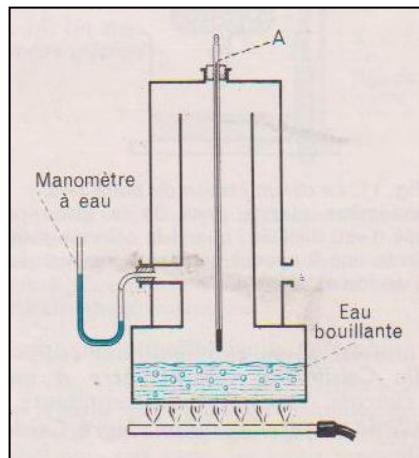


Figure 27: détermination du point cent

La position A du niveau du liquide dans le tube représente **le trait cent** de la graduation.

- On plonge ensuite dans la glace fondante. Quand l'équilibre thermique est établi, on marque la nouvelle position du niveau du liquide. C'est **le trait zéro** de la graduation.

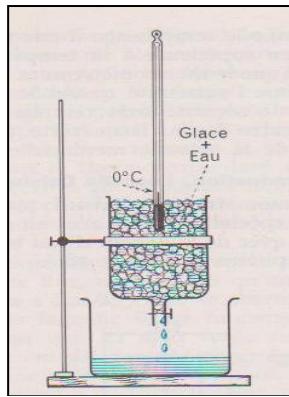


Figure 28: détermination du point zéro

- Enfin, l'intervalle compris entre les traits zéro et cent est divisé en 100 parties égales et les mêmes divisions sont continuées au-dessous du trait zéro.
La température ainsi obtenue est appelée **l'échelle Celsius** du thermomètre. Chacune de ses divisions représente un intervalle de température de **un degré Celsius**.

IV-2-6 Échelle kelvin ou échelle absolue

Nous avons défini dans l'étude de dilatation des gaz une autre température que la température Celsius : **la température absolue t**

La température absolue s'exprime en kelvin (symbole: k). Le kelvin est l'unité de température internationale d'unité.

La température absolue T et la température Celsius t sont liées par la relation :

$$T = t + 273$$

Les deux échelles sont donc simplement décalées de 273°C. Par conséquent, la différence de deux températures s'exprimera par la même valeur numérique dans les deux échelles.

$$T_2 - T_1 = t_2 - t_1$$

La correspondance entre les deux échelles et une troisième : l'échelle fahrenheit utilisée dans les pays anglo-saxons est représentée par la figure 29:

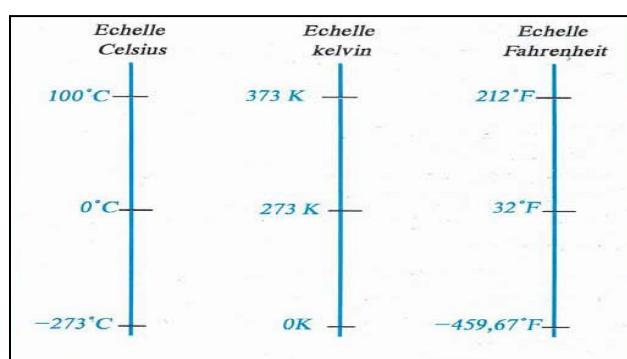


Figure 29: Correspondance entre les échelles Celsius, Kelvin et Fahrenheit

IV-2-7 Condition d'utilisation des thermomètres

Le thermomètre à dilatation de liquide est un instrument familier à tout le monde ; mais on ignore bien souvent les conditions très strictes de construction et d'emploi, qui, seules peuvent faire de lui un instrument de haute précision. Ces conditions dépendent de la nature du liquide dans le thermomètre.

Le tableau 7 indique le domaine d'emploi de quelques thermomètres selon la nature du liquide qui le constitue :

liquide	Domaine d'emploi (°C)	Coefficient de dilatation (°C) ⁻¹
Pentane	-200 à +20	
Alcool éthylique	-110 à +100	$1,17 \cdot 10^{-3}$
Toluène	-90 à +100	$1,03 \cdot 10^{-3}$
Mercure	-38 à + 650	$0,182 \cdot 10^{-3}$
Mercure Gallium	0 à +1000	

Tableau 7: domaine d'emploi de quelques thermomètres
(<http://cours.montigny.free.fr/temperature et dilatation.pdf>)

Deuxième partie

Cette partie constitue le prolongement didactique des repères théoriques développés précédemment.

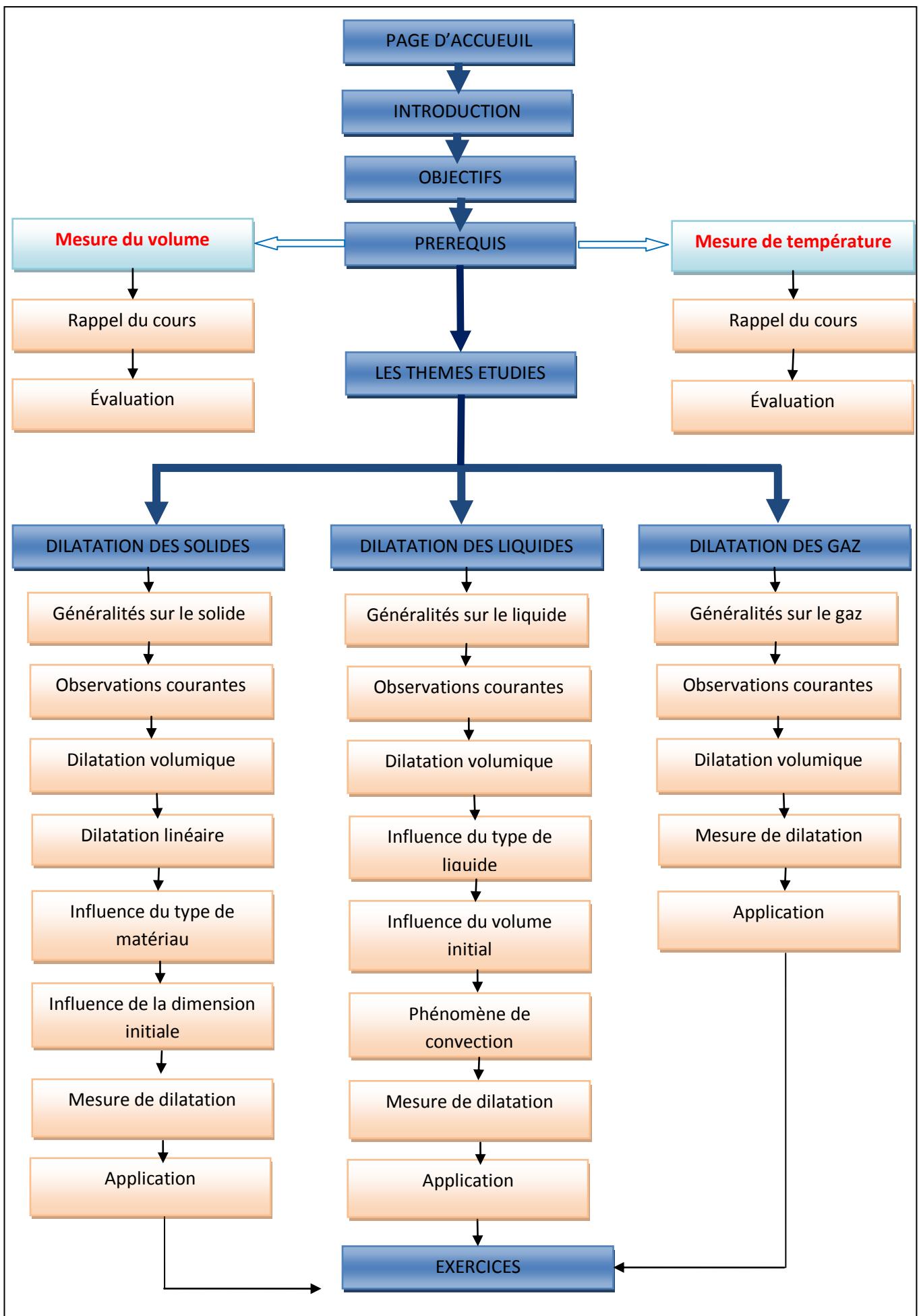
Ce didacticiel a été élaboré à l'aide du language Action Script 2 du logiciel Macromedia Flash8. Nous avons choisi ce language pour la facilité qu'elle procure pour concevoir une interface ou « language orienté objet » malgré sa complexité pour traiter les applications mathématiques

En outre, avec l'extension « .exe » il s'execute avec tous les ordinateurs sous Windows et avec l'extension « .swf » de Macromedia Flash 8, le fichier est de l'ordre de 100 kiloOctets ce qui facilite son téléchargement sur internet.

I. PRESENTATION DU DIDACTICIEL

I-1 Plan général du didacticiel

Le diagramme de la figure ci-après montre le plan général du didacticiel que nous proposons aux élèves dans les classes secondaires.



I-2Fonctionnement du didacticiel

On clique les boutons pour ouvrir les différents modules d'apprentissage contenus dans le didacticiel.

On clique sur la flèche « SUIVANT » pour passer à la page suivante et la flèche «RETOUR » pour revenir à la page précédente.

Les boutons « Sommaires » permet d'afficher les thèmes que l'on veut voir ou étudier. Ce sont les boutons :

- DILATATION DES SOLIDES
- DILATATION DES LIQUIDES
- DILATATION DES GAZ
- EXERCICES

II. LES FENETRES RELATIVES AUX MODULES

Les contenus du didacticiel sont présentés dans cette partie

II-1 Interface d'accueil

Une interface d'accueil s'ouvre lors du démarrage du logiciel et montre le titre du module



II-2 L'introduction

La fenêtre introduction s'ouvre lorsqu'on clique sur le bouton « ENTRER».

C'est un petit paragraphe qui parle brièvement ce que l'on trouvera dans le didacticiel

INTRODUCTION

Cet didacticiel vous propose des modules d'apprentissage concernant la dilatation de la matière ,c'est-à-dire la dilatation des solides, des liquides et des gaz. Il comporte des simulations , des observations courantes, des expériences pour mettre en évidence le phénomène de dilatation d'un solide, d'un liquide et d'un gaz.

Il contient aussi des cours et des exercices qui vous aident à approfondir votre connaissance



II-3 Objectifs

Cette page contient les objectifs généraux et les objectifs spécifiques à atteindre à l'issue du module

OBJECTIFS

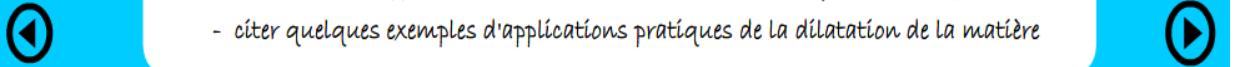
=> Objectifs généraux

- Expliquer l' effet de la chaleur sur les propriétés physiques de la matière
- Interpréter le phénomène de dilatation.
- Connaître l'ordre de grandeur des phénomènes de dilatation
- mesurer la dilatation des solides , des liquides et des gaz

=> Objectifs spécifiques

A l'issue de ce didacticiel, vous devez être capable de(d'):

- expliquer la déformation physique des corps quand la température varie
- mettre en évidence la dilatation des solides, des liquides et des gaz
- distinguer la dilatation linéique et la dilatation volumique
- expliquer le phénomène de convection
- mesurer les coefficients de dilatation des solides , des liquides et des gaz
- citer quelques exemples d'applications pratiques de la dilatation de la matière



II-4 Prérequis

Les tests des connaissances nécessaires pour aborder le module sont développés dans cette partie

La première fenêtre affiche les différentes tâches qui sont traitées. Elles sont accessibles en cliquant sur les boutons correspondants

RAPPELS

Avant de commencer l'étude de la dilatation thermique, veuillez consulter les rappels ci-dessous

- MESURE DE VOLUME
- MESURE DE TEMPERATURE

[Je passe...](#)

a. Mesure de volume

Rappel sur le volume d'un corps.

3- Unité de volume et de capacité

L'unité internationale de volume est le **mètre cube (m³)**

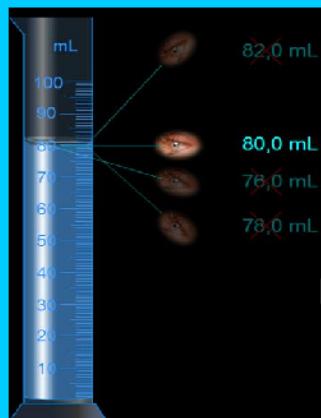
On exprime aussi le volume avec la capacité: **le litre (L)**

Unité de volume	m ³			dm ³			cm ³		
Unité de capacité				hL	daL	L	dL	cL	mL
Valeur en litre			1000	100	10	1	0.1	0.01	0.001

4- Mesure du volume d'un liquide

Pour mesurer le volume d'un liquide:

- verser le liquide dans une éprouvette graduée posée sur un plan horizontal
- lire le volume en plaçant l'œil au niveau de la surface libre du liquide



3- Unité de volume et de capacité

L'unité internationale de volume est le **mètre cube (m³)**

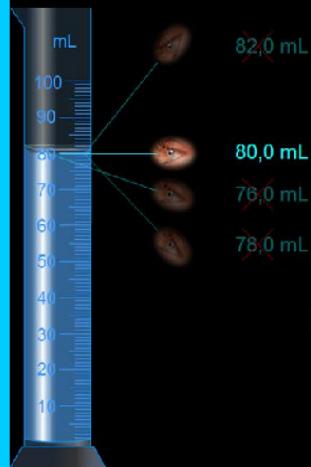
On exprime aussi le volume avec la capacité: le **litre (L)**

Unité de volume	m ³			dm ³			cm ³		
Unité de capacité				hL	daL	L	dL	cL	mL
Valeur en litre			1000	100	10	1	0.1	0.01	0.001

4- Mesure du volume d'un liquide

Pour mesurer le volume d'un liquide:

- verser le liquide dans une éprouvette graduée posée sur un plan horizontal
- lire le volume en plaçant l'œil au niveau de la surface libre du liquide



Ce résumé permet de rappeler les points essentiels sur le volume d'un corps.

La fenêtre suivante présente des exercices tests concernant la mesure de volume

On commence le test par les conversions des unités de volume. Dans cette fenêtre, l'apprenant écrit sa réponse dans la case blanche. Il peut vérifier sa réponse en cliquant sur le bouton « Valider »

Complétez les conversions

$$37.2 \text{ m}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3 \text{ Valider >>}$$

$$60000 \text{ cm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3 \text{ Valider >>}$$

$$0.042 \text{ dm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3 \text{ Valider >>}$$

$$0.2 \text{ dm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 \text{ Valider >>}$$

$$5 \text{ L} = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3 \text{ Valider >>}$$

$$0.75 \text{ cm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 \text{ Valider >>}$$

$$86 \text{ dL} = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 \text{ Valider >>}$$

$$0.2 \text{ dm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ L} \text{ Valider >>}$$

$$2 \text{ cm}^3 = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ L} \text{ Valider >>}$$

$$43 \text{ L} = \boxed{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3 \text{ Valider >>}$$



Ci après un exemple de résultat obtenu

Complétez les conversions

37.2 m ³	=	23	dm ³	Non: 3.72 m ³ = 37200 dm ³
60000 cm ³	=	600	dm ³	Non: 60000 cm ³ = 60 dm ³
0.042 dm ³	=	42	cm ³	Bonne réponse
0.2 dm ³	=	200	m ³	Non: 0.2 dm ³ = 0.0002 m ³
5 L	=	5	dm ³	Bonne réponse
0.75 cm ³	=	750	m ³	Non: 0.75 cm ³ = 0.00000075 m ³
86 dL	=	8600	m ³	Non: 86 dL = 0.0086 m ³
0.2 dm ³	=	2	L	Non: 0.2 dm ³ = 0.2 L
2 cm ³	=	200	L	Non: 2 cm ³ = 0.002 L
43 L	=	4300	cm ³	Non: 43 L = 43000 cm ³

◀ ▶

La fenêtre suivante montre la mesure du volume des liquides. Ci-dessous un exemple de résultats obtenus après validation des réponses

Mesurer le volume d'un liquide

The image shows three graduated cylinders against a black background. Each cylinder has a scale from 0 to 100 mL. The first cylinder on the left contains a green liquid up to the 80 mL mark. The second cylinder in the middle contains a red liquid up to the 160 mL mark. The third cylinder on the right contains a yellow liquid up to the 8 mL mark.

◀	$V=$ 89 mL Non: V=76 mL	$V=$ 65 mL Non: V= 160 mL	$V=$ 80 mL Non: V=8 mL	▶
---	----------------------------	------------------------------	---------------------------	---

Ensuite, on passe à la mesure du volume d'un solide.

Après avoir validé la réponse, on a le résultat suivant :

Mesurer le volume d'un solide

The figure shows two vertical graduated cylinders. The left cylinder contains water with a mark at 80 mL. A small gold-colored rectangular block labeled "100 g" is placed next to it. The right cylinder contains water with a mark at 100 mL. When the block is submerged, the water level rises to approximately 135 mL. The difference between the initial water level (80 mL) and the new water level (135 mL) is 55 mL, which is the volume of the block.

Cette expérience permet de mesurer le volume d'un solide dont la forme n'est pas "simple".

1. Lire la valeur du volume V_1 d'eau déjà présente dans l'éprouvette. Retenir cette valeur.
2. Lire la valeur du nouveau volume V_2 lorsque la masse marquée est plongée dans le liquide
4. Calculer $V_2 - V_1$. Le résultat donne le volume du solide. Ce résultat sera donné en centimètres cubes car les millilitres sont réservés aux liquides.

Le volume de la marquée est: **35 cm³**

Votre réponse n'est pas vraie.
Le volume du liquide déplacé est:
 $V_2 - V_1 = 12 \text{ mL}$.
Alors le volume de la masse marquée est
 $V = 12 \text{ cm}^3$

◀ ▶

b. Mesure de température

On fait d'abord un rappel de cours concernant la température et ses différentes unités de mesure. Ensuite on passe aux exercices correspondants

Rappel

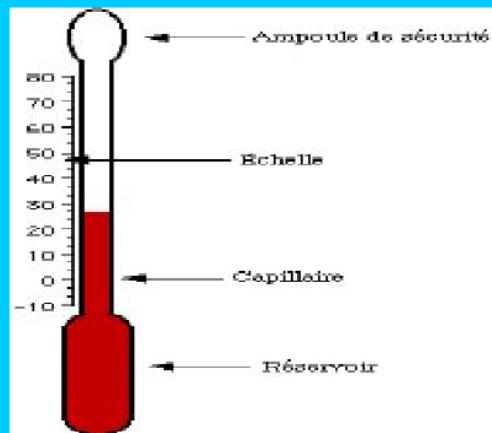
Notion de température:

La notion de température est liée à la sensation de chaud ou de froid que nous procure le toucher. Or, cette sensation est subjective et dépend des sensations antérieures.

Pour repérer la température, on fait appel aux phénomènes physiques mesurables qui accompagnent les variations de température.

Les thermomètres

Ce sont des appareils utilisés pour mesurer la température.



Voilà la description d'un thermomètre à liquide



Les échelles de températures

Pour mesurer la température, on utilise les échelles de températures : Celsius, Kelvin et Fahrenheit.

Ces échelles sont obtenues par les conventions sur le température de l'eau dans les états suivants :

	Celsius	Kelvin	Fahrenheit
glace fondante	0°C	273°K	32°F
eau bouillante	100°C	373°K	212°F



Relations entre les échelles de températures

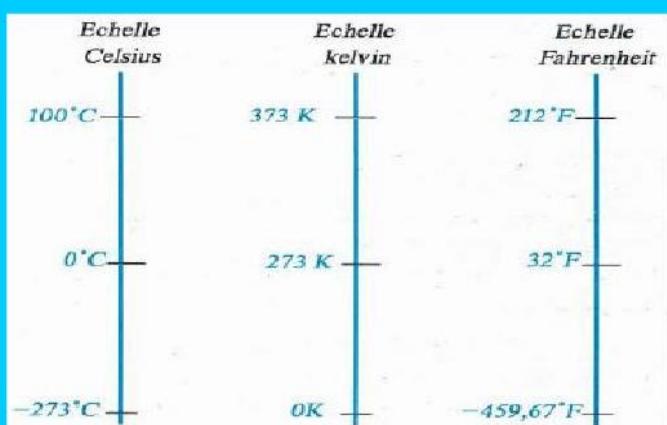
La température Kelvin T et la température Celsius t sont liées par :

$$T = t + 273$$

La température Fahrenheit t' et la température Celsius t sont liées par :

$$t' \approx 1,8 t + 32$$

D'où les correspondances suivantes :



Les exercices consistent à déterminer les correspondances entre les unités de mesure de température. Ci-après un exemple de résultat obtenu :

Complétez :

$$0^\circ\text{C} = \boxed{273} \text{ K}$$

Bonne réponse

$$25^\circ\text{C} = \boxed{298} \text{ K}$$

Bonne réponse

$$20^\circ\text{C} = \boxed{456} {}^\circ\text{F}$$

Non: $20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$

$$50^\circ\text{C} = \boxed{} {}^\circ\text{F}$$

Non: $50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$

$$0 \text{ K} = \boxed{} {}^\circ\text{C}$$

Non: $0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$

$$100 \text{ K} = \boxed{} {}^\circ\text{C}$$

Non: $100 \text{ K} = -73^\circ\text{C}$

$$150 \text{ K} = \boxed{4434} {}^\circ\text{F}$$

Non: $150 \text{ K} = -189.4^\circ\text{F}$

$$350 \text{ K} = \boxed{43} {}^\circ\text{F}$$

Non: $350 \text{ K} = 170.6^\circ\text{F}$

$$68^\circ\text{F} = \boxed{123} {}^\circ\text{C}$$

Non: $68^\circ\text{F} = 20^\circ\text{C}$

$$122^\circ\text{F} = \boxed{455} {}^\circ\text{C}$$

Non: $122^\circ\text{F} = 50^\circ\text{C}$

$$176^\circ\text{F} = \boxed{5434} \text{ K}$$

Non: $176^\circ\text{F} = 353 \text{ K}$

$$212^\circ\text{F} = \boxed{45} \text{ K}$$

Non: $212^\circ\text{F} = 373 \text{ K}$



II-5 Dilatation des solides

Cette partie propose l'étude de la dilatation des solides.

Les thèmes à traiter sont affichés dans la première fenêtre

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------

Cliquez sur les boutons ronds pour choisir le titre correspondant:

- GENERALITES SUR LES SOLIDES
- OBSERVATIONS COURANTES
- DILATATION VOLUMIQUE
- DILATATION LINEAIRE
- INFLUENCE DU TYPE DE MATERIAU SUR LA DILATATION
- INFLUENCE DE LA DIMENSION INITIALE SUR LA DILATATION
- MESURE DE DILATATION
- APPLICATIONS DU PHENOMENE DE DILATATION

[Accueil](#)

II-5-1 Généralités sur les solides

Quelques propriétés des solides sont présentées dans cette partie

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------

Propriétés physiques des solides

Les corps solides ont une forme propre et conservent donc un même volume quelles que soient les circonstances.

Il existe deux types de solide : **les solides compacts** et **les solides pulvérisés**.

Un solide compact est un solide qui a une dimension plus importante que la poudre

Un solide pulvérisé est un solide sous forme de poudre



Le caillou est un solide compact



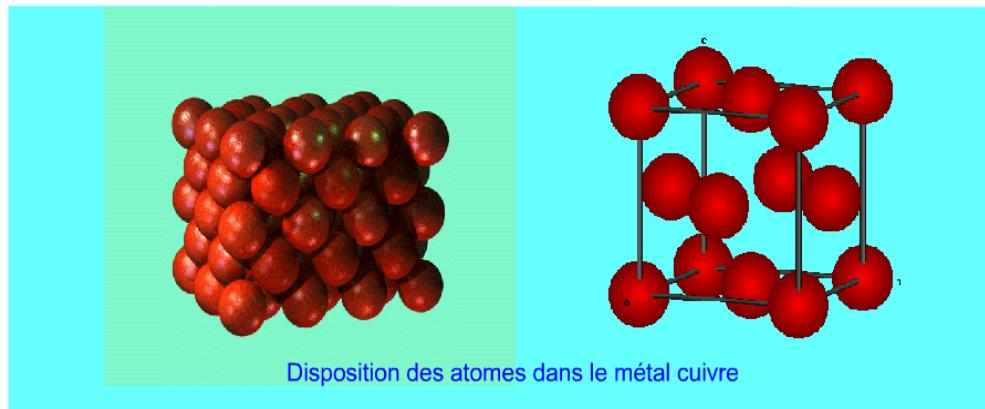
La farine est un solide pulvérisé

◀▶

Structure moléculaire

Les atomes ou les molécules d'un corps à l'état solide sont ordonné(e)s et rapproché(e)s les un(e)s des autres. Les distances entre ces atomes sont du même ordre de grandeur que leurs dimensions. Ce qui donne au solide son caractère indéformable et difficile à comprimer.

Ces particules (atomes ou ces molécules) ne sont pas immobiles ou isolés, elles vibrent autour d'une position bien déterminée.



II-5-2 Observations courantes

Cette partie présente quelques observations qui montrent l'existence du phénomène de dilatation des solides

Observation 1:

Il est fréquent d'observer des ponts dont la chaussée semble fendue sur toute sa largeur ; la fente rectiligne est souvent cachée par une plaque métallique.

Cette fente appelée **joint de dilatation** est nécessaire.



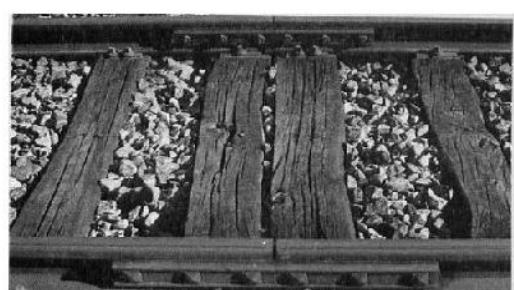
joint de dilatation d'un pont



Observation 2:

Lorsqu'on voyage en train, on entend encore sur certaines lignes un bruit saccadé et régulier.

Les rails ne sont pas jointifs et ce bruit est dû au choc des roues au passage d'un rail à l'autre.
Les rails possèdent des **joints de dilatation**

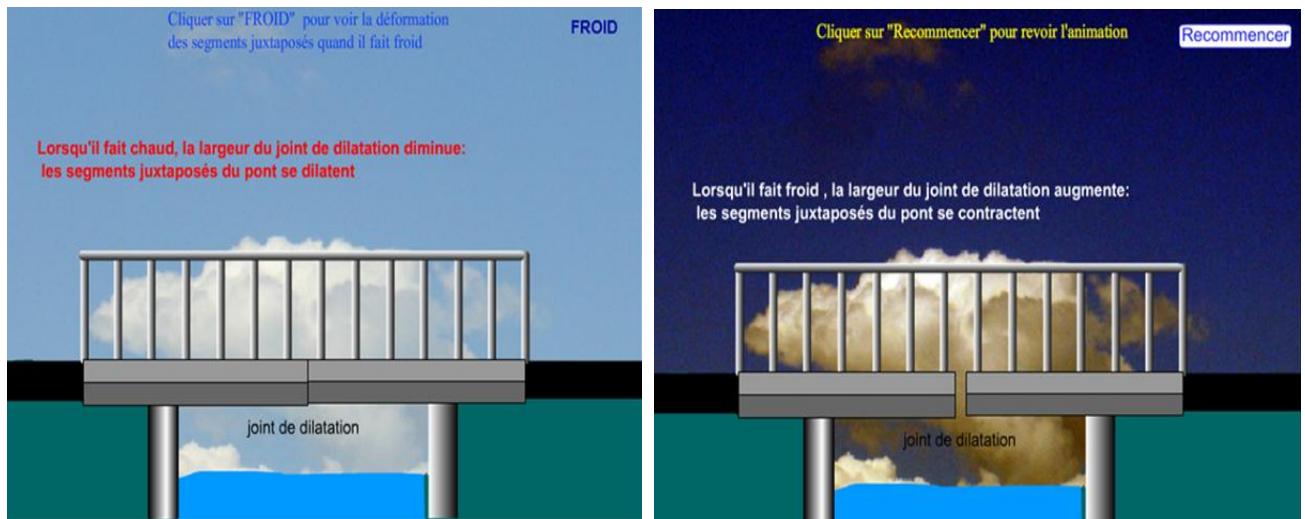


joint de dilatation d'un rail



La fenêtre suivante contient l'animation permettant d'expliquer le principe du joint de dilatation d'un pont.

En appuyant sur « CHAUD » ou « FROID » on observe le comportement du joint de dilatation du pont lorsqu'il fait chaud ou froid.



II-5-3 Dilatation volumique

La dilatation du volume d'un solide est expliquée par l'expérience de 'S Gravesande

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------

Le phénomène de dilatation volumique

Expérience de l'anneau de 'S Gravesande

Objectif:
mettre en évidence la dilatation volumique d'un solide

Matériels:
- une sphère métallique
- un anneau métallique

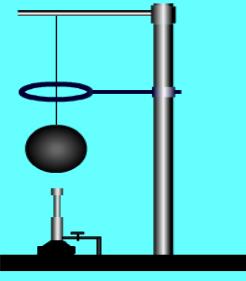
Mode opératoire:

- o A la température ambiante, faire passer l'anneau à travers la sphère métallique
- o Chauffer la sphère (mais pas l'anneau)
- o Essayer à nouveau de faire passer la sphère dans l'anneau

Une sphère métallique en laiton passe très exactement dans un anneau fait du même métal

◀
▶

La fenêtre suivante présente l'animation de l'expérience et les questions correspondante

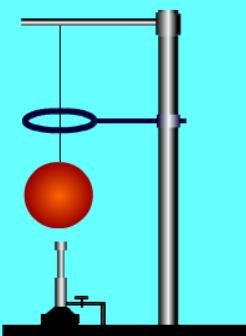
Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
<p>Observez bien l'animation et répondez aux questions ci-contre</p> <p>Faites passer l'anneau à travers la sphère métallique</p> 	<p>Noter vos observations et conclure</p> <p>Observation : <input type="text"/></p> <p>Valider >>></p> <p>Conclusion : <input type="text"/></p> <p>Valider >>></p> <p>Que se passe-t-il lorsque la sphère est refroidie ? <input type="text"/> Valider >>></p> <p>Qu'appelle-t-on dilatation? <input type="text"/> Valider >>></p>		

Résultats :

- Lorsque la sphère est encore froide, elle passe dans l'anneau
- Lorsqu'elle est chauffée, elle ne peut plus traverser l'anneau

Lorsqu'on termine la manipulation, on peut répondre aux questions proposées. L'apprenant écrit ses réponses dans les zones de texte. Il peut vérifier sa réponse en appuyant sur le bouton « valider ». Si aucune réponse n'est écrite dans la zone de texte, il apparait un message d'erreur : « Saisissez d'abord votre réponse »

Voilà les réponses attendues pour chaque question :

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
<p>Observez bien l'animation et répondez aux questions ci-contre</p> <p>Passez de nouveau l'anneau à travers la sphère</p> 	<p>Noter vos observations et conclure</p> <p>Observation : <input type="text"/></p> <p>Quand la sphère est chauffée, elle ne passe plus dans l'anneau</p> <p>Conclusion : <input type="text"/> on</p> <p>Sous l'action de la chaleur, la sphère augmente de volume, on dit qu'elle se dilate</p> <p>Que se passe-t-il lorsque la sphère est refroidie ? <input type="text"/> La sphère passe à nouveau dans l'anneau. Son volume a donc diminué. On dit qu'elle se contracte</p> <p>Qu'appelle-t-on dilatation? <input type="text"/> C'est le phénomène observé lorsque les dimensions d'une sphère métallique augmentent sous l'action de la température. Inversement, en se refroidissant, la sphère se contracte</p>		

II-5-4 Dilatation linéaire

Cette partie développe le phénomène de dilatation linéaire des solides de formes allongées

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Le phénomène de dilatation linéaire

Introduction

Lorsqu'un corps se dilate, ses dimensions augmentent dans toutes les directions : c'est son volume qui augmente. Dans le cas d'un solide de forme allongée (barre, tige), la dilatation se manifeste principalement par une variation de longueur. C'est la dilatation linéaire

◀

▶

La fenêtre suivante présente une expérience virtuelle qui met en évidence la dilatation d'un fil

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Expérience d'un fil métallique parcouru par un courant

Objectif:
mettre en évidence la dilatation linéaire d'un solide

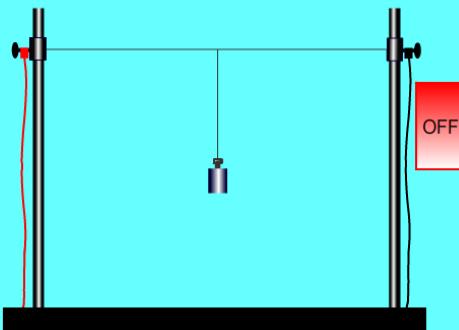
Matériel:
- un fil métallique tendu entre deux supports et parcouru par un courant électrique

Mode opératoire:
- réaliser le montage en faisant traverser le fil par un courant électrique
- observer la déformation du fil

◀

▶

Cliquer sur le bouton "OFF" pour faire passer le courant puis observer la déformation du fil.
Répondez ensuite aux questions ci-contre



Noter vos observations et conclusions

Observation :

Valider >>>

Conclusion :

Valider >>>

Que se passe-t-il une fois que l'on coupe le courant ?

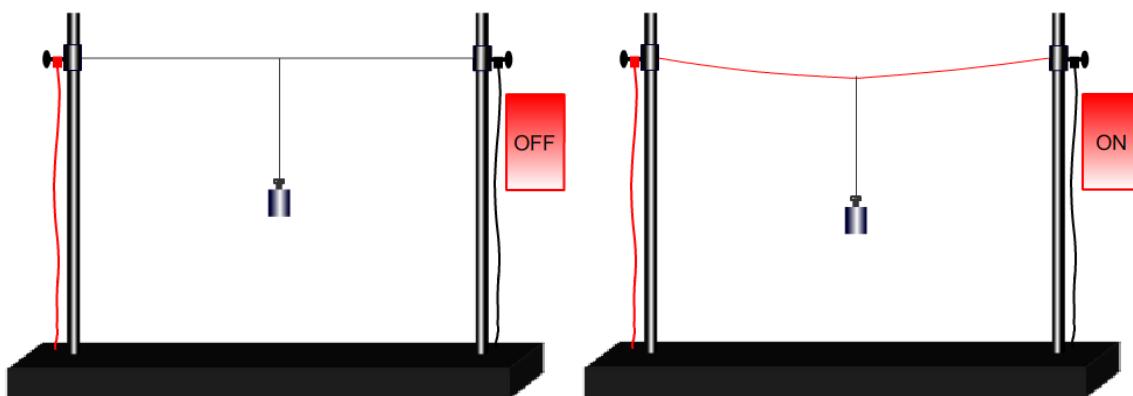
Valider >>>

Qu'appelle-t-on dilatation linéaire?

Valider >>>



Le résultat de l'expérience est représenté ci-dessous :



Les réponses attendues aux questions correspondantes sont affichées ci-après :

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Cliquer sur le bouton "OFF" pour faire passer le courant puis observer la déformation du fil.
Répondez ensuite aux questions ci-contre

Noter vos observations et conclusions

Observation :

Après quelques instants, le fil commence à se détendre et la masse marquée descend légèrement et atteint une position finale

Conclusion :

Le passage du courant échauffe le fil (il peut être à l'incandescence). Le fil s'allonge lorsque sa température augmente.
On dit que le fil se dilate linéairement.

Que se passe-t-il une lorsque l'on coupe le courant ?

Dès que le courant est interrompu, le fil reprend sa longueur initial. Il se raccourcit en se refroidissant.
On dit que le fil se contracte

Qu'appelle-t-on dilatation linéaire?

C'est le phénomène observé lorsque la longueur d'un solide de forme allongée (barre, tige, fil) augmente sous l'action de la température.

II-5-5 Influence du type de matériau sur la dilatation

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Influence du type de matériau sur la dilatation

Expérience d'un fil métallique parcouru par un courant

Objectif:
Comparer les dilatations de différents métaux

Matériel:
des fils métalliques en cuivre, en fer et en aluminium, tendus entre deux supports et parcourus par un même courant électrique

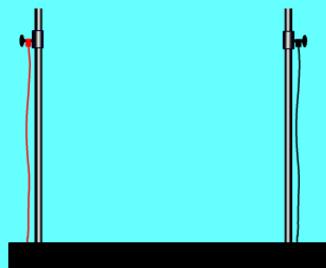
Mode opératoire:
On recommence l'expérience précédente avec d'autres fils de même longueur, même rayon mais de natures différentes, parcourus par un même courant

Choisir d'abord le fil utilisé

Cliquez sur le bouton "OFF" pour faire passer le courant puis observer la déformation du fil.

Répondez ensuite aux questions ci-contre

- fil d'aluminium
- fil de cuivre
- fil de fer



Noter vos observations et conclusions

Observation :

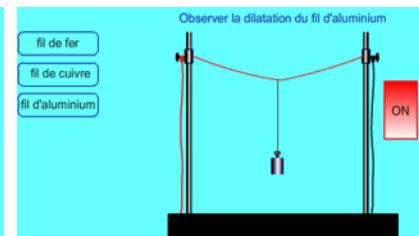
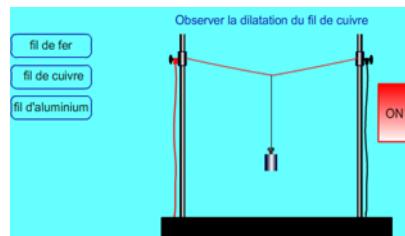
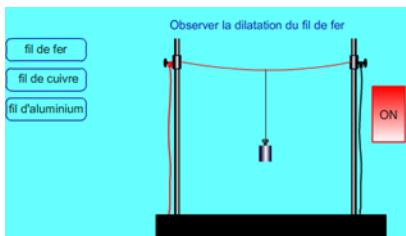
Conclusion :

D'après ce que vous avez observé, quel est le métal le plus dilatable?

De quoi dépend la dilatation des solides?



Les résultats obtenus sont :

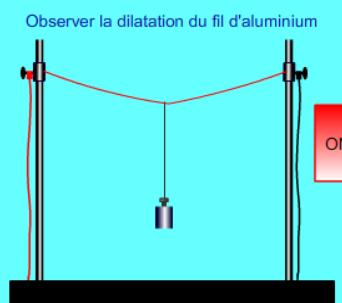


Choisir d'abord le fil utilisé

Cliquez sur le bouton "OFF" pour faire passer le courant puis observer la déformation du fil.

Répondez ensuite aux questions ci-contre

- fil de fer
- fil de cuivre
- fil d'aluminium



Noter vos observations et conclusions

Observation :

La masse marquée descend plus avec l'aluminium qu'avec le cuivre et le fer.

Conclusion : conclusion

Le type de matériau influe sur la dilatation

D'après ce que vous avez observé, quel est le métal le plus dilatable?

le fer L'aluminium se dilate le plus

De quoi dépend la dilatation des solides?

la dilatation,

La dilatation d'un solide dépend de la **nature du solide**



II-5-6 Influence de la longueur initiale sur la dilatation

Dilatation des solides

Dilatation des liquides

Dilatation des gaz

Exercices

Influence de la longueur initiale sur la dilatation

Expérience d'un fil métallique parcouru par un courant

Objectif:

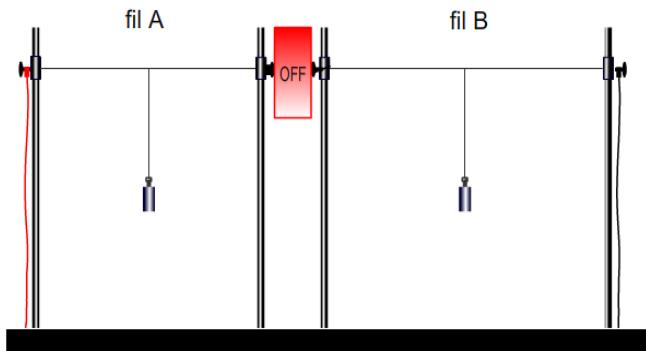
Comparer les dilatations de deux solides de même nature mais de dimensions différentes.

Matériel:

- deux fils de cuivre de longueur différentes tendus entre deux supports et parcourus par un même courant électrique

Mode opératoire:

- On reprend l'expérience précédente avec deux fils de même nature mais de longueur différente



Les résultats obtenus sont :

Dilatation des solides

Dilatation des liquides

Dilatation des gaz

Exercices

Cliquer sur le bouton "OFF" pour faire passer le courant puis observer la déformation des fils.

Répondez ensuite aux questions ci-contre

Noter vos observations et conclusions

Observation :

aaa

La masse marquée descend plus avec le fil B qu'avec le fil A.

Conclusion :

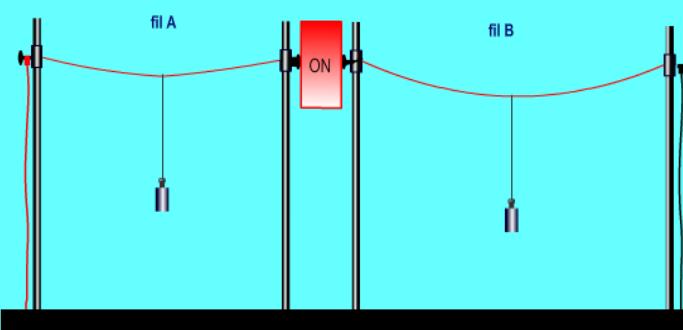
aaa

Un solide de longueur initiale plus importante se dilate plus qu'un solide de longueur faible

De quoi dépend la dilatation des solides?

aa

La dilatation d'un solide dépend de la **dimension initiale du solide**



II-5-7 Mesure de dilatation

Cette fenêtre contient une expérience virtuelle qui simule la variation de la longueur d'une barre métallique en fonction de la température

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Mesure de dilatation d'un solide

Pour mesurer la dilatation linéaire d'une tige, on utilise le dilatomètre à cadran. C'est un appareil qui permet de mesurer l'allongement de tiges métalliques de même longueur mais de nature différente. La tige métallique est fixée à une extrémité tandis que l'autre peut coulisser librement en s'appuyant sur la base de l'aiguille du cadran. A froid, l'extrémité de l'aiguille est sur le zéro. On verse dans le réservoir un peu d'alcool à brûler que l'on enflamme. L'échauffement de la tige va provoquer un allongement. Plus le métal se dilate, plus la valeur indiquée par l'aiguille est élevée

cadran
tige métallique
vis de serrage de la tige
réservoir à alcool

◀ ▶

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Allongement de la barre $\Delta l = 0$ mm
Température 25 °C
Aiguille
Barre
Réservoir d'alcool
Allumette

CONSIGNES

Déplacer l'allumette vers le réservoir d'alcool pour chauffer la barre
Observer la déviation de l'aiguille du dilatomètre

◀ ▶

On obtient les résultats suivants

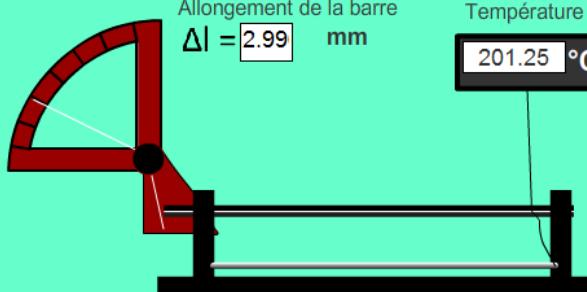
Dilatation des solides **Dilatation des liquides** **Dilatation des gaz** **Exercices**

Cliquez ici 

T°C	ΔL (mm)
55	0.51
88.75	1.08
100	1.27
118.75	1.59
133.75	1.84
145	2.04
156.25	2.23
167.5	2.42
175	2.55
182.5	2.67
190	2.80
197.5	2.93
201.25	2.99

Allongement de la barre $\Delta l = 2.99$ mm

Température 201.25 °C



CONSIGNES
Appuyez sur le bouton rouge pour toute élévation de température de 20°C environ
Lorsqu'on enregistre quinze valeurs de température et de l'allongement correspondant, la courbe de dilatation de la barre s'affichera

D'où la courbe de dilatation

Dilatation des solides **Dilatation des liquides** **Dilatation des gaz** **Exercices**

Verifier que tous les points de coordonnées ($T; \Delta L$) se trouvent sur une même droite

T°C	ΔL (mm)
55	0.51
88.75	1.08
100	1.27
118.75	1.59
133.75	1.84
145	2.04
156.25	2.23
167.5	2.42
175	2.55
182.5	2.67
190	2.80
197.5	2.93
201.25	2.99
201.25	2.99
201.25	2.99



Afficher la suite ...  

Cette fenêtre s'affiche lorsqu'on appuie sur le bouton « Afficher la suite... »

Annuler	Affichage	Connexion	Débugger
Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices

Tous les points de coordonnées ($T, \Delta L$) se trouvent sur une même droite
La courbe représentant la variation de l'allongement de la tige en fonction de la température est alors une droite.

La pente de cette droite est donnée par : $a = \frac{l - l'}{t - t'} = \frac{\Delta l}{\Delta t}$

Cette valeur est aussi proportionnelle à la longueur initiale de la tige : $a = \lambda \cdot l_0$

Alors on obtient l'équation suivante : $\Delta l = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$ ou $\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}$

λ est appelé coefficient de dilatation linéaire (linéique) de la tige. Son unité est K^{-1}

La fenêtre suivante contient les questions auxquelles l'apprenant peut répondre à partir des résultats observés dans l'expérience. Les réponses attendues pour ces questions sont affichées dans la fenêtre suivante :

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Comment varie la dilatation linéaire de la tige?

La dilatation linéaire de la tige varie proportionnellement à l'élévation de sa température. Elle est aussi proportionnelle à sa longueur initiale
D'où le coefficient de dilatation linéaire: $\lambda = \frac{l - l_0}{l_0(t - t_0)}$

Déterminer le coefficient de dilatation linéaire de la tige étudiée dans l'expérience précédente (la longueur initiale de la tige est $l_0=1m$)

Lorsque la température varie de $25^\circ C$ à $190^\circ C$, la barre de longueur initiale 1m s'allonge de 2,8mm
Alors: $\lambda = \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{1(190 - 25)} = 1,7 \cdot 10^{-5} K^{-1}$

Les fenêtres suivantes affichent les lois de dilatation des solides déduites de l'expérience précédente

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Lois de dilatation des solides

La dilatation des solides est très faible, mais les conséquences peuvent être importantes.

Dilatation linéique

Considérons une tige métallique : à une certaine température T , sa longueur est l ; portons-la à la température T' , sa longueur devient l' . Pour une variation de température $\Delta T = T' - T$, la tige a donc subit un allongement $\Delta l = l' - l$.

Loi de dilatation linéique: $\Delta l = \lambda l \Delta t$

◀

▶

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Voilà les valeurs du coefficient de dilatation linéaire λ de quelques solides

Matériau	$\lambda(K^{-1})$	Matériau	$\lambda(K^{-1})$
• Invar (64 % fer, 36 % nickel)	$0,08 \cdot 10^{-5}$	• Argent	$1,9 \cdot 10^{-5}$
• Platine	$0,9 \cdot 10^{-5}$	• Aluminium	$2,3 \cdot 10^{-5}$
• Fer	$1,1 \cdot 10^{-5}$	• Zinc	$2,8 \cdot 10^{-5}$
• Acier doux et fonte grise	$1,2 \cdot 10^{-5}$	• Porcelaine	$0,8 \cdot 10^{-5}$
• Nickel	$1,3 \cdot 10^{-5}$	• Verre ordinaire	$0,7 \text{ à } 0,9 \cdot 10^{-5}$
• Or	$1,4 \cdot 10^{-5}$	• Verre pyrex	$0,3 \cdot 10^{-5}$
• Cuivre	$1,7 \cdot 10^{-5}$	• Quartz fondu	$0,07 \cdot 10^{-5}$
• Bronze (80% cuivre, 20% étain)	$1,8 \cdot 10^{-5}$	• Bois de sapin	$0,3 \cdot 10^{-5}$
• Laiton (70% cuivre, 30% zinc)	$1,8 \cdot 10^{-5}$	• Ebonite (de 15°C à 35°C)	$8 \cdot 10^{-5}$

◀

▶

Dilatation volumique

La dilatation d'un solide de forme quelconque se produit dans toutes les directions, lorsque tous ses points sont portés à la même température. On observe donc une variation de volume égale à $\Delta V = V' - V$ (par analogie à la dilatation linéique)

Loi de dilatation volumique : $\Delta V = K V \Delta t$

K est appelé coefficient de dilatation volumique du solide et dépend de la nature du matériau. Les valeurs des coefficients volumiques s'obtiennent avec une bonne exactitude à partir des coefficients linéiques correspondants par la relation : **$K = 3 \lambda$**



II-5-8 Applications du phénomène de dilatation

Cette partie contient l'application pratique de la dilatation de solide tel que la bilame

La bilame

1) Description

Deux lames réalisées avec des matériaux différents (par exemple fer et cuivre), sont fixées l'une à l'autre par soudage ou rivetage. L'ensemble des lames constitue la bilame

Cet appareil très simple est utilisé dans les disjoncteurs thermiques et permet de couper facilement le contact en cas de surchauffe de l'appareil. Le principe de la bilame est aussi utilisé pour entre-ouvrir les fenêtres des serres en cas de forte chaleur..



lame moins dilatable (ex: fer)

lame plus dilatable (ex: cuivre)

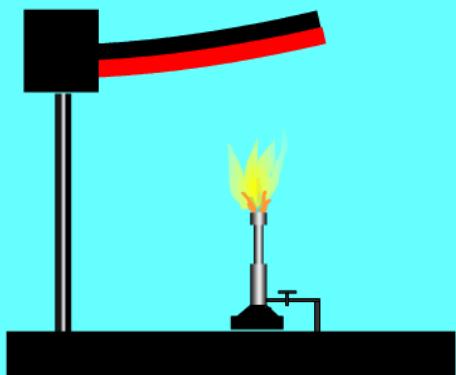


Cette fenêtre présente une animation qui explique le comportement de la bilame lorsqu'elle est chauffée

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

2) Fonctionnement

Cliquer sur le brûleur pour augmenter la température puis observer la déformation de la bilame



Noter vos observations et conclusions

Observation :

zzzzzz

Lorsqu'on allume le bec bunsen, la bilame s'incurve du côté du fer. Quand on éteint le feu, il reprend sa forme initiale

Conclusion :

sdqd

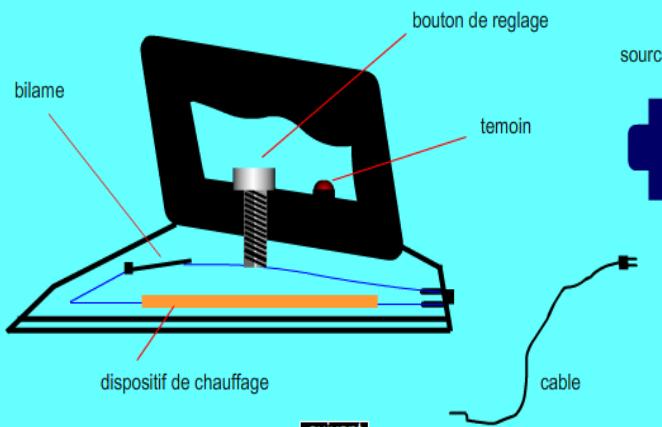
Le cuivre se dilate plus que le fer. La bilame s'incurve alors du côté du métal le moins dilatable

La fenêtre suivante représente le rôle de la bilame dans un fer à repasser

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

2) Exemple d'utilisation: thermostat d'un fer à repasser

Déplacer le câble pour relier le fer avec la source . Observer la déformation de la bilame quand le fer est branché sur le secteur



Noter vos observations:

dd

Lorsque le fer est alimenté, le témoin s'allume. Le dispositif de chauffage commence à s'échauffer. La bilame va se déformer

Noter vos interprétations :

dddd

Lorsque la température ambiante n'est pas encore atteinte, la bilame est froide, le contact est fermé. Le fer est sous tension
Quand la température ambiante est dépassée, la bilame s'est courbée et a ouvert le contact. Le fer est hors tension.

Quel est le rôle de la bilame du fer à repasser?

dss

La bilame sert à obtenir la température désirée . Elle joue le rôle de régulateur de température. La bilame constitue donc le thermostat du fer à repasser

II-6 Dilatation des liquides :

Cette partie renferme l'étude de la dilatation des liquides.

Les thèmes à traiter sont affichés dans la première fenêtre

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Cliquez sur les boutons ronds pour choisir le titre correspondant:

- GENERALITES SUR LES LIQUIDES
- OBSERVATIONS COURANTES
- DILATATION VOLUMIQUE
- INFLUENCE DU TYPE DE LIQUIDE SUR LA DILATATION
- INFLUENCE DU VOLUME INITIAL SUR LA DILATATION
- MISE EN EVIDENCE DU PHENOMENE DE CONVECTION
- MESURE DE DILATATION
- APPLICATIONS DU PHENOMENE DE DILATATION

[Accueil](#)

II-6-1 Généralités sur les liquides

Cette fenêtre contient quelques propriétés des liquides

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Propriétés physiques des liquides

Les liquides comme l'eau ont des formes indéterminées :

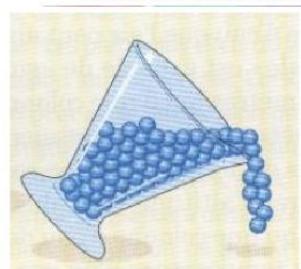
- le liquide prend la forme du récipient qui le contient : il n'a pas de forme propre.
- dans le récipient qui le contient, un liquide s'étale.
- la surface libre d'un liquide au repos est plane et horizontale.

Structure moléculaire des liquides

On peut imaginer facilement que les molécules d'un liquide roulement les unes sur les autres ce qui leur permet de couler ou de prendre la forme du récipient qui les contient. Quand on chauffe un liquide, le mouvement des molécules augmente et quelques-unes peuvent s'échapper de la surface. Elles se déplacent ensuite rapidement en s'écartant les unes des autres et forment un gaz.



Les liquides n'ont pas de forme propre

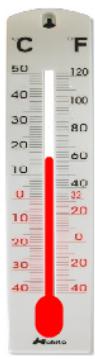


Les molécules d'un liquide sont moins serrées, elles roulement les unes sur les autres et s'étalent parfaitement.

[◀](#)

II-6-2 Observation courante

Cette fenêtre présente le comportement du liquide d'un thermomètre quand il fait chaud ou froid

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
<p>Observation courante</p> <p>Lorsqu'on place un thermomètre à mercure dans des endroits différents, on constate que le niveau du mercure à l'intérieur varie selon la température.</p> <p>L'animation ci-contre explique le comportement du mercure du thermomètre quand la température de l'endroit où il se trouve varie</p>  <p>mercure du thermomètre</p>	<p>Animation</p>  <p>Endroit froid Endroit chaud</p>		

Résultats qu'on peut observer dans cette animation :



II-6-3 Dilatation volumique

Une animation qui simule la dilatation volumique d'un liquide est donnée dans cette fenêtre

Le phénomène de dilatation volumique d'un liquide

Expérience

Objectif:

mettre en évidence la dilatation d'un liquide

Matériels :

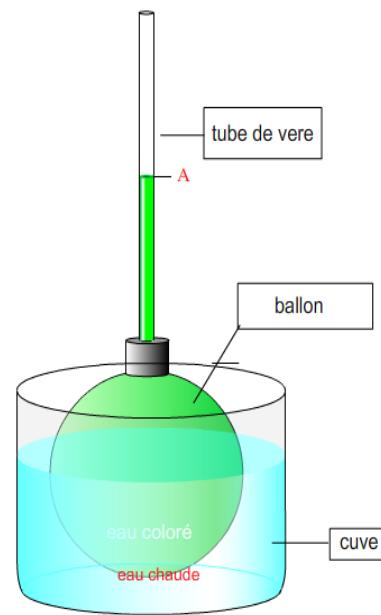
- un ballon
- un tube de verre
- un récipient

Produit:

- eau chaude
- eau colorée

Mode opératoire:

- Remplir complètement un ballon surmonté d'un tube de verre avec de l'eau colorée
L'eau monte dans le tube jusqu'à un niveau que l'on repère et que l'on note A.
- Plonger le ballon dans un récipient d'eau chaude



Les démarches à suivre pour cette animation :

- Pour plonger le ballon dans le bain marie, on met le curseur de la souris sur le ballon
- Tout en maintenant le bouton gauche enfoncé, on glisse le ballon jusqu'à la cuve d'eau chaude.

Résultat : dès que le ballon est plongé dans l'eau chaude, le niveau du liquide dans le tube descend légèrement jusqu'en un point B puis monte jusqu'au point C.

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

A l'aide de la souris, faire glisser le ballon et plonger le dans le récipient d'eau chaude.
Observer le niveau du liquide dans le tube

Noter vos observations:
ghg

Lorsque le ballon est plongé dans l'eau chaude' le niveau de l'eau dans le tube descend légèrement (jusqu'au niveau B), puis remonte jusqu'au niveau C.

Noter vos interprétations :
CXWCV

Plongé dans l'eau chaude, le verre du ballon se dilate en premier il peut donc contenir un volume plus grand. L'eau est encore froide, elle a conservé son volume initial, donc le niveau baisse. Une fois chaud, le ballon de verre ne se dilate plus . Le liquide se dilate à mesure qu'il s'échauffe et son volume augmente

Compte tenu de vos observations, que peut-on dire de la dilatation des solides par rapport à celle des liquides?
CXW

On constate que le liquide descend légèrement puis remonte jusqu'à une hauteur plus grande
=> pour une même élévation de température, un liquide se dilate plus qu'un solide de même volume

II-6-4 Influence du type de liquide sur la dilatation

Une animation qui compare les dilatations des liquides différents est proposée dans cette partie

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Influence du type de liquide sur la dilatation

Expérience

Objectif
L'objectif de cette expérience est de comparer la dilatation de trois liquides : l'éthanol , le mercure et l'eau.

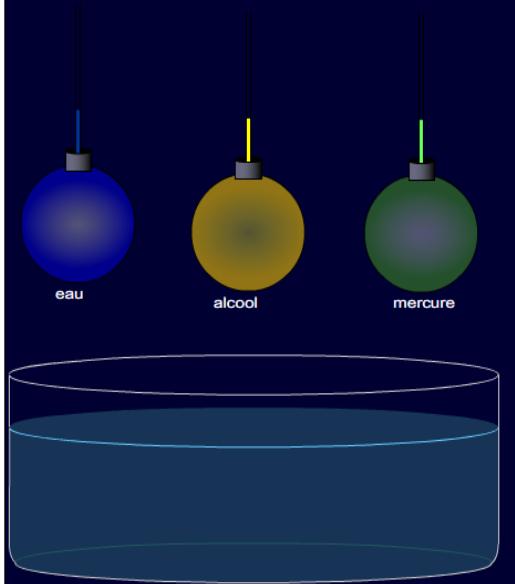
Matériels :
- trois ballons identiques , surmontés des tubes de verre
- une cuve d'eau chaude (bain marie)

Produit:
- eau colorée
- mercure
- alcool

Protocole :

On reprend l'expérience précédente avec les trois liquides différents. Ils ont le même volume

A l'aide de la souris , plonger successivement l'eau, l'alcool et le mercure dans l'eau chaude



Noter vos observations:

Valider >>>

Noter vos interprétations :

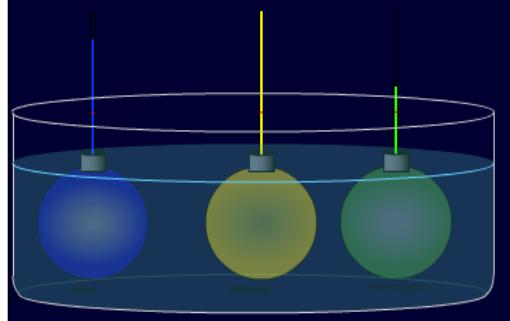
Valider >>>

Noter votre conclusion

Valider >>>

Les résultats obtenus :

A l'aide de la souris , plonger successivement l'eau, l'alcool et le mercure dans l'eau chaude



Noter vos observations:

Les niveaux des liquides sont différents: Le niveau de l'alcool est plus haut que celui de l'eau et du mercure.

Noter vos interprétations :

Les liquides se dilatent et l'alcool se dilate plus que l'eau et le mercure

Noter votre conclusion

La dilatation des liquides dépend alors **de la nature du liquide**

II-6-5 Influence du volume initiale sur la dilatation

Dilatation des solides

Dilatation des liquides

Dilatation des gaz

Exercices

Influence du volume initial initial sur la dilatation

Expérience

Objectif:

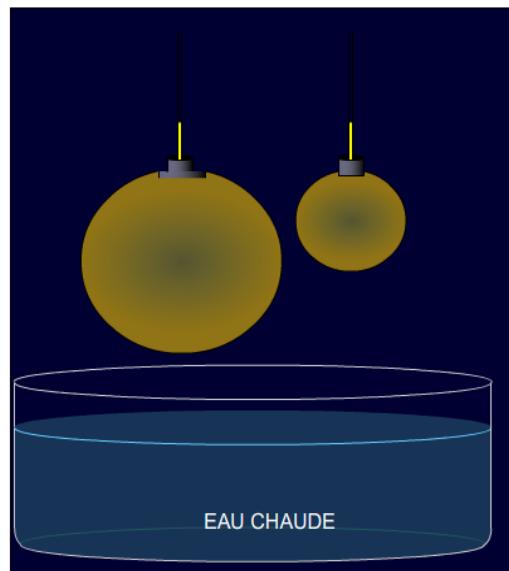
Comparer les dilatations de deux liquides de même nature mais de volume différents.

Matériel:

- deux ballons de volumes différents surmontés du même tube.

Mode opératoire:

- On remplit les deux ballons de l'eau à la même hauteur par rapport au réfrigérant



Dilatation des solides

Dilatation des liquides

Dilatation des gaz

Exercices

Comparer les niveaux de liquide dans les tubes



Noter vos observations et conclusions

Observation :

dsd

L'eau monte d'avantage dans le tube du ballon.

Conclusion :

en

Un liquide volume initial important se dilate plus qu'un liquide de volume faible.

De quoi dépend la dilatation des solides?

de

La dilatation d'un liquide dépend du volume initial du solide

II-6-6 Le phénomène de convection

Le phénomène de convection est expliqué dans cette partie

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

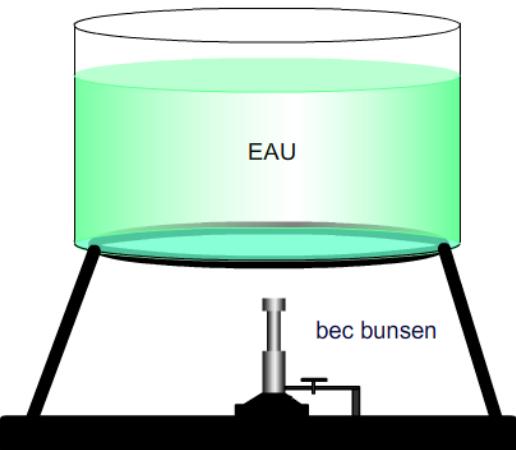
Le phénomène de convection

Expérience

Objectif:
L'expérience schématisée ci-contre a pour but de mettre en évidence le phénomène de convection

Mode opératoire:
Verser de l'eau dans un récipient puis chauffer avec un bécu bunsen

Observer le mouvement du liquide quand la partie inférieure du récipient est chauffée



◀ ▶

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

L'animation ci-dessous explique le mouvement des particules du liquide quand on le chauffe



Noter vos observations:

dff

On observe un mouvement du liquide . Au centre du récipient, les particules montent et sur les parois, elles descendent.

Il y a élévation de la température de l'eau, donc dilatation. Que peut-on dire de la masse volumique de l'eau à haute température ?
(pour rappel, $\rho=m/V$)

sdss

Le volume augmente à cause de la dilatation, donc la masse volumique diminue.

Que fait un corps dont la masse volumique est plus faible que celle de l'eau froide ?

ddd

Il remonte à la surface

A partir de ces 2 dernières questions et des observations que vous avez faites après avoir réalisé l'expérience, comment pouvez-vous expliquer le phénomène ?

ddd

L'eau qui se trouve en contact de la source de chaleur s'échauffe, se dilate et sa masse volumique diminue ; elle devient moins dense et tend à monter dans le liquide. Elle est remplacée par l'eau froide, plus dense, qui descend le long des

◀ ▶

Réponse proposée pour la dernière question :

« L'eau qui se trouve en contact de la source de chaleur s'échauffe, se dilate et sa masse volumique diminue ; elle devient moins dense et tend à monter dans le liquide. Elle est remplacée par l'eau froide, plus dense, qui descend le long des parois du récipient, qui à son tour, s'échauffe. Il se crée, dans le liquide, des courants de convection qui permettent l'échauffement de toute la masse d'eau ».

II-6-7 Mesure de dilatation

Cette partie contient une expérience virtuelle qui simule la variation du volume d'un liquide en fonction de la température

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Mesure de dilatation d'un liquide

Expérience

On réalise l'expérience schématisée par la figure ci-contre.
Elle montre la variation du volume du liquide lorsque la température augmente.
Cette variation de volume en fonction de la température nous permet de déterminer le coefficient de dilatation du liquide

Indicateur de température
00.00 °C

Dilatomètre volumétrique
Becher
Liquide coloré
Plaque chauffante

◀ ▶

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

AIDE

température
20.00 °C

OFF Cliquez ici

◀ ▶

Pour mettre la plaque chauffante en marche, on clique sur le bouton « Fermer le courant ». Le bouton « Afficher les valeurs » sert à afficher en même temps la température et le volume du liquide quand le chauffage est en marche.

On obtient les résultats suivants :

Dilatation des solides **Dilatation des liquides** **Dilatation des gaz** **Exercices**

T (°C)	V (cm ³)
20.00	50.00
22.4	50.13
28	50.44
29.6	50.52
32	50.66
34	50.77
36	50.88
38	50.99
40	51.1
42	51.21
44	51.32
46	51.43
48	51.54
50	51.65
52	51.76
54	51.87
56	51.98
58	52.09

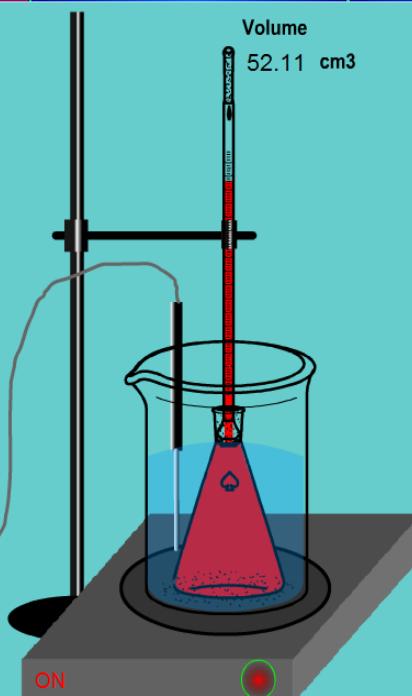
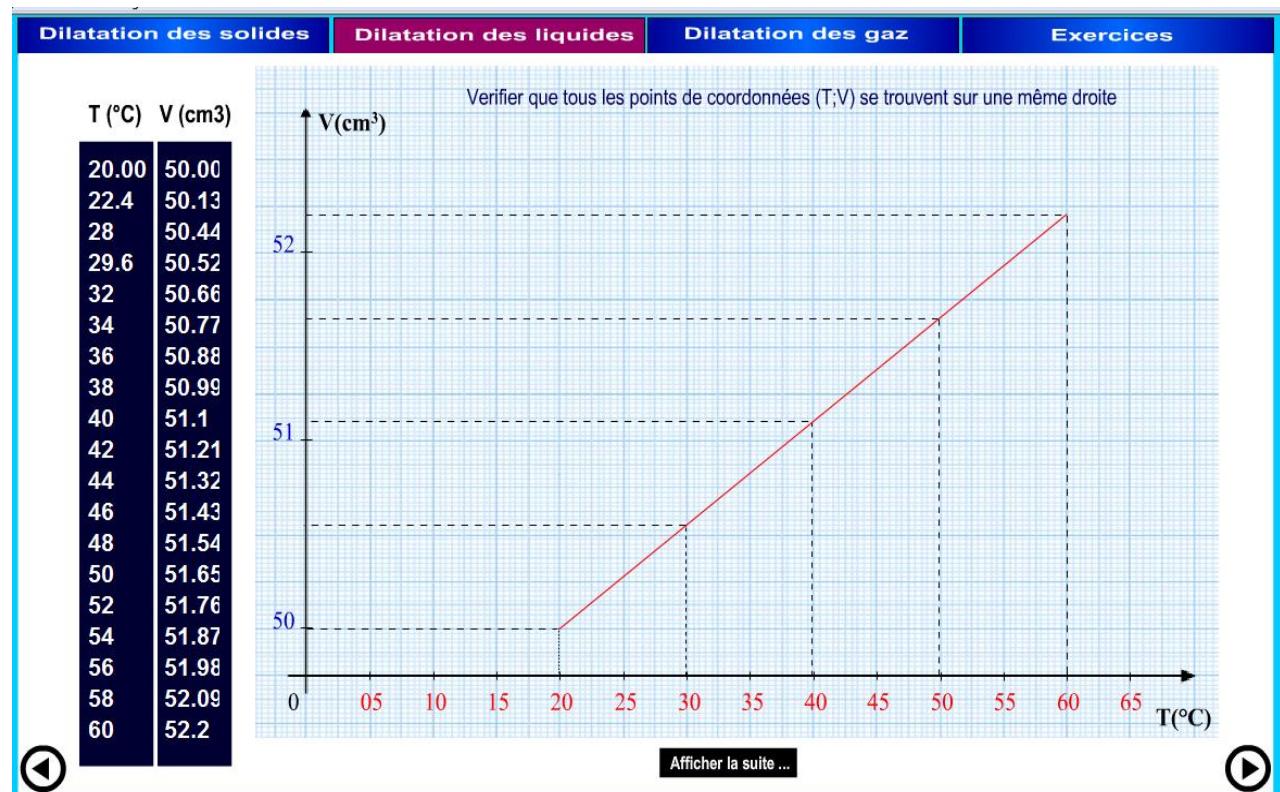
Cliquez ici

afficher les valeurs

température  °C
58.4

Volume 52.11 cm³

ON 

La fenêtre ci-dessous s'affiche quand on clique sur le bouton « Afficher la suite... »

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Tous les points de coordonnées (T, V) se trouvent sur une même droite

La courbe représentant la variation du volume du liquide en fonction de la température est alors une droite.

$$\text{La pente de cette droite est donnée par : } k = \frac{V - V'}{t - t'} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Cette valeur est aussi proportionnelle au volume initial du liquide : $k = aV_0$

Alors on obtient l'équation suivante : $\Delta V = aV_0 \cdot \Delta t$

$$\text{ou } a = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta t}$$

a est appelé **coefficent de dilatation absolue** du liquide. Il est exprimé en K^{-1}



La fenêtre suivante contient les questions auxquelles l'apprenant peut répondre à partir des résultats observés dans l'expérience. Les réponses attendues pour ces questions sont affichées ci-dessous :

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Comment varie la dilatation du liquide?

aaa

La dilatation du liquide varie proportionnellement à l'élévation de sa température. Elle est aussi proportionnelle au volume initial du liquide

D'où le coefficient de dilatation : $a = \frac{V - V_0}{V_0(T - T_0)}$

Déterminer le coefficient de dilatation du liquide étudié dans l'expérience précédente

1232

Le volume initial du liquide est $V_0 = 50\text{cm}^3$;
la température initiale est $T_0 = 20^\circ\text{C}$

En utilisant la formule précédente, on obtient:
 $a = 1,1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$



Les fenêtres suivantes affichent les lois de dilatation des liquides déduites de l'expérience précédente

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Lois de dilatation des liquides

On utilise souvent la dilatation volumique des liquides

Considérons un liquide : à une certaine température T , son volume est V ; portons-la à la température T' , sa longueur devient V' . Pour une variation de température $\Delta T = T' - T$, le liquide a donc subi une augmentation de volume $\Delta V = V' - V$

Loi de dilatation volumique : $\Delta V = a \cdot V \cdot \Delta T$

◀

▶

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Valeurs du coefficient de dilatation linéaire "a" de quelques liquides

liquide	a (K^{-1})
• Acétone	$1,4 \cdot 10^{-3}$
• Alcool éthylique	$1,1 \cdot 10^{-3}$
• Benzène	$1,1 \cdot 10^{-3}$
• Chloroforme	$1,3 \cdot 10^{-3}$
• Ether	$1,6 \cdot 10^{-3}$
• Glycérine	$0,5 \cdot 10^{-3}$
• Mercure	$0,18 \cdot 10^{-3}$
• Sulfure de carbone	$1,2 \cdot 10^{-3}$

◀

▶

Variation de la masse volumique

Quand la température d'un liquide ou d'un solide augmente, son volume augmente.

Par définition, la masse volumique est égale à m/V . Or, si le volume augmente avec la température, la masse volumique, elle diminue.

Soit m la masse d'un liquide dont le volume est V_0 à la température T_0 et V à la température T .

$$\text{La masse volumique du liquide à la température } T_0 \text{ est : } \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

$$\text{A la température } T, \text{ cette masse volumique devient : } \rho = \frac{m}{V}$$

On sait que le volume V du liquide à $T^\circ\text{C}$ peut s'écrire : $V = V_0(1 + a \cdot \Delta T)$

$$\text{Alors, on peut écrire : } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + a \cdot \Delta T)} = \frac{m}{V_0} \times \frac{1}{(1 + a \cdot \Delta T)} \quad \text{D'où } \rho = \frac{\rho_0}{(1 + a \cdot \Delta T)}$$



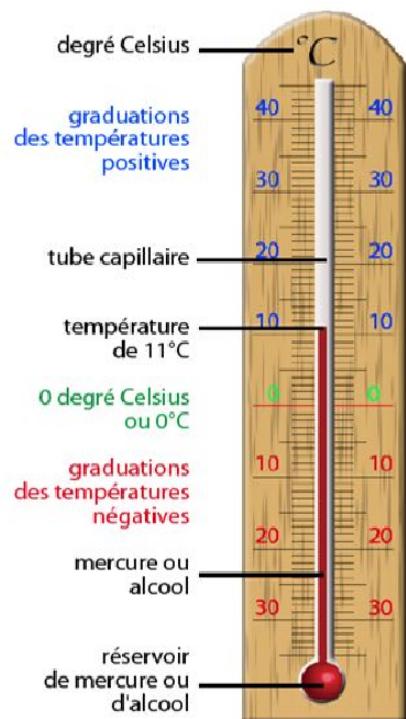
II-6-8 Application

Application la dilatation du liquide

Thermomètre à liquide

Les thermomètres à liquide utilisent la mesure de la dilatation d'un fluide en fonction de la température. Le thermomètre le plus communément utilisé est le thermomètre à mercure. Il se compose d'un tube capillaire en verre, de diamètre uniforme, s'évasant dans un réservoir rempli de mercure à l'une de ses extrémités. L'ensemble est étanche, afin de préserver un vide partiel dans le tube. Si la température augmente, le mercure se dilate et monte dans le tube. La température peut alors être lue sur une échelle graduée.

Le mercure sert généralement à mesurer les températures usuelles ; on emploie également l'alcool, l'éther et d'autres liquides, en fonction de leurs points de congélation et d'ébullition, qui déterminent la plage de températures dans laquelle on peut les utiliser. Dans des régions où la température est assez basse, il est souhaitable d'employer des thermomètres à alcool. Lorsque les températures sont glaciales, on utilise des thermomètres à toluène.



II-7 Dilatation des gaz

Cette partie renferme l'étude de la dilatation des gaz.

Les thèmes à traiter sont affichés dans la première fenêtre

Fichier Annexe Contenu Aide

Dilatation des solides Dilatation des liquides **Dilatation des gaz** Exercices

Choisissez parmi les titres ci-dessous:

- GENERALITES SUR LE GAZ
- OBSERVATIONS COURANTES
- DILATATION VOLUMIQUE
- MESURE DE DILATATION

Acceuil

II-7-1 Généralités sur le gaz

Quelques propriétés de gaz sont présentées dans cette fenêtre

Dilatation des solides Dilatation des liquides **Dilatation des gaz** Exercices

Qu'est ce qu'un gaz?

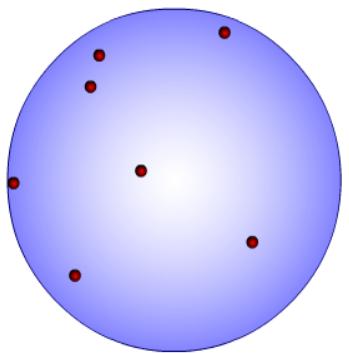
Propriétés physiques

Un gaz est un fluide. Il n'a pas de forme propre, mais à la différence des liquides, un gaz occupe tout l'espace dans lequel il se trouve.

La plupart des gaz sont invisibles car ils sont transparents et incolores, mais on peut sentir leur existence à cause de leur odeur et leur mouvement comme le vent...

Structure moléculaire

Les molécules des gaz sont en mouvement perpétuel, désordonné. Elles sont dispersées et peuvent avoir des vitesses qui atteignent des centaines de mètre par seconde



Mouvement des particules d'un gaz

◀

II-7-2 Observation courante

Cette fenêtre présente le comportement de l'air contenue dans un ballon de baudruche quand il fait chaud ou froid

Dilatation des solides Dilatation des liquides **Dilatation des gaz** Exercices

Observation courante

Obsrevons un ballon de baudruche partiellement dégonflé
L'animation ci-contre représente le changement observé sur le ballon.

1- Lorsque le ballon est exposé au soleil , il semble regonfler : son volume augmente.
2- Quand il fait froid, le ballon redéveloppe. Son volume diminue

Aide

VALIDER

Animation

CHAUD

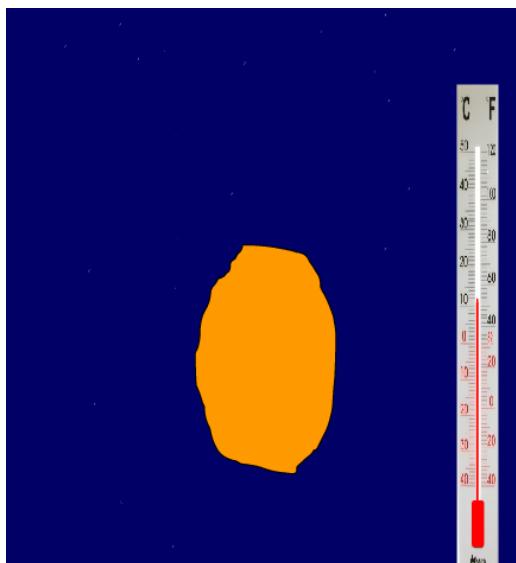
Thermomètre



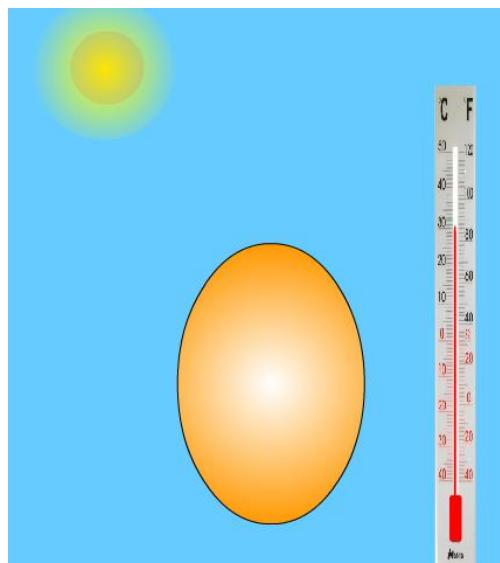
Ballon partiellement gonflé.



Résultats observés lorsqu'on clique sur « FROID » ou « CHAUD »



FROID



CHAUD

II-7-3 Dilatation volumique

Cette partie contient une simulation qui illustre la dilatation d'un gaz

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Le phénomène de dilatation volumique d'un gaz

Expérience

Objectif:
Mettre en évidence la dilatation de l'air

Matériels utilisés :

- Un ballon relié à un tube capillaire coudé
- Index de mercure

Mode opératoire :

- Placer l'index à l'intérieur du tube capillaire relié au ballon contenant une quantité constante d'air.
- Chauffer ensuite l'air enfermé dans le ballon à l'aide d'une bougie.
- Reprendre l'expérience en plongeant le ballon dans le mélange réfrigérant

Dispositif destiné à mettre en évidence la dilatation d'un gaz

◀
▶

La fenêtre suivante représente l'animation qui illustre la dilatation et la contraction de l'air enfermé dans le ballon quand il est chauffé et quand il se refroidit.

Résultats :

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Noter vos observations:

fsd

Lorsque la bougie est placée sous le ballon, l'index de mercure se déplace vers l'extérieur du tube

Noter vos interprétations

eee

Le déplacement de l'index de mercure est dû à l'augmentation du volume de l'air dans le ballon.
Le volume de l'air augmente lorsqu'il gagne de la chaleur. On dit que l'air se dilate

Lorsque l'air enfermé dans le ballon est chauffé , comment varie le mouvement de ses particules?

fff

Les molécules de l'air sont en mouvement désordonné dans le ballon.
L'apport de chaleur à ces molécules augmente leur vitesse
D'où le mouvement devient plus rapide.

◀
▶

Dilatation des solides **Dilatation des liquides** **Dilatation des gaz** **Exercices**

RECOMMENCER

Noter vos observations:
aa

Lorsque le ballon est plongé dans le réfrigérant, l'index de mercure se déplace vers l'intérieur du tube

Noter vos interprétations:
aaa

Le déplacement de l'index de mercure est dû à la diminution du volume de l'air dans le ballon.
Le volume de l'air diminue lorsqu'il perd de la chaleur. On dit que l'air se contracte

Lorsque l'air enfermé dans le ballon est refroidie , comment varie le mouvement de ses particules?
aaa

Les molécules de l'air sont en mouvement désordonné dans le ballon.
La diminution de la chaleur réduit la vitesse des molécules

◀ ▶

Remarque : on peut visualiser le mouvement des particules de l'air en cliquant sur la loupe

II-7-4 Mesure de dilatation

Cette expérience consiste à mesurer le volume de l'air enfermé dans un ballon lorsque la température augmente.

Fenêtres relatives au déroulement de cette expérience :

Dilatation des solides **Dilatation des liquides** **Dilatation des gaz** **Exercices**

Expérience

On réalise l'expérience schématisée par la figure ci-contre.
Elle montre la variation du volume de l'air lorsque la température augmente.
Cette variation de volume en fonction de la température permet de tracer la courbe de dilatation du gaz et de déterminer le coefficient de dilatation du gaz

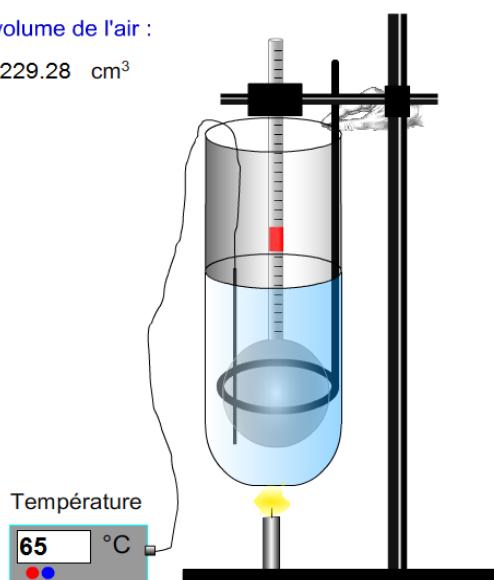
Indicateur de température
25.00 °C

Brûleur

◀ ▶

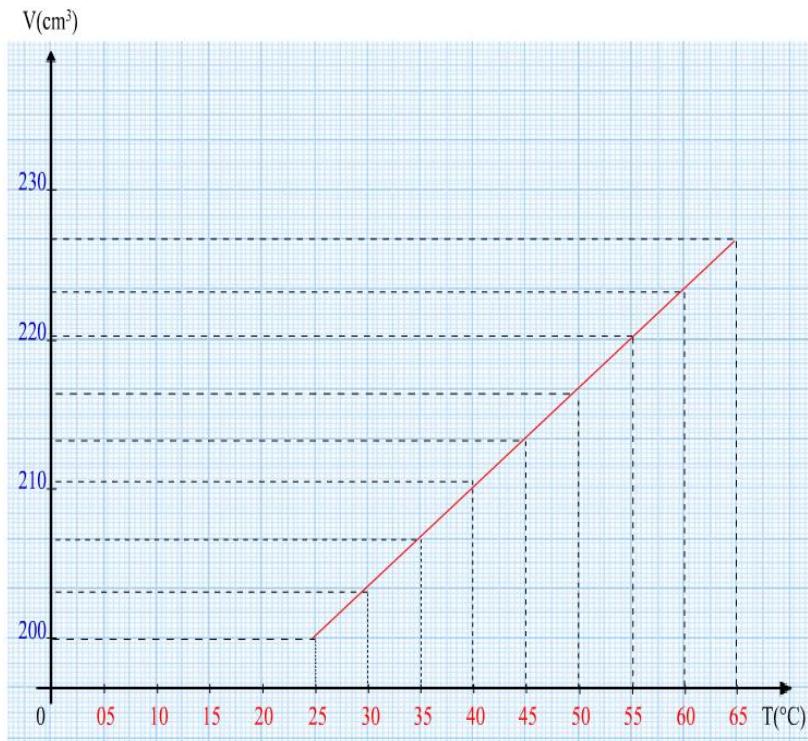
T (EN °C)	V (EN cm ³)
25.00	200.00
30	203.66
35	207.32
40	210.98
45	214.64
50	218.3
55	221.96
60	225.62
65	229.28

volume de l'air :

229.28 cm³

Verifier que tous les points de coordonnées ($T;V$) se trouvent sur une même droite

T (EN °C)	V (EN cm ³)
25.00	200.00
30	203.66
35	207.32
40	210.98
45	214.64
50	218.3
55	221.96
60	225.62
65	229.28
65	229.28

[Afficher la suite ...](#)

Tous les points de coordonnées (T , V) se trouvent sur une même droite
La courbe représentant la variation du volume de l'air en fonction de la température est alors une droite.

$$\text{La pente de cette droite est donnée par : } k = \frac{V - V'}{t - t'} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Cette valeur est aussi proportionnelle au volume initial du gaz : $k = \alpha V_0$

Alors on obtient l'équation suivante : $\Delta V = \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T$

$$\text{ou } \alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$$

α est appelé **coefficient de dilatation** du gaz.



La fenêtre suivante contient les lois de dilatation des gaz

Lois de dilatation des gaz

Considérons un gaz : à une certaine température T , son volume est V ; portons-le à la température T' , son volume devient V' . Pour une variation de température $\Delta T = T' - T$, le gaz a donc subi une augmentation de volume $\Delta V = V' - V$ **Loi de dilatation volumique : $\Delta V = \alpha \cdot V \cdot \Delta T$**

Loi de Gay-Lussac

- Le coefficient de dilatation α ne dépend pas de la pression imposée au gaz, pourvue que la pression demeure constante pendant les mesures de dilatation
- Le coefficient de dilatation α ne dépend pas de la température à laquelle on porte le gaz
- Pour les divers gaz étudié (comme l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, etc.), les valeurs de leurs coefficients de dilatation sont pratiquement égales

$$\text{Sa valeur est sensiblement : } \alpha \approx 3,66 \cdot 10^{-3} \approx \frac{1}{273}$$



On exprime la température absolue T correspondant à la température Celsius t par :

$$T = t + 273$$

A pression constante, le volume d'une masse invariable de gaz est proportionnel à sa température absolue :

$$\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'} = \text{Constante}$$



II-8 Evaluations

Cet didacticiel se termine par des évaluations permettant de tester la connaissance acquise par l'apprenant à la fin de l'étude de dilatation de la matière.

La fenêtre contenant ces évaluations s'ouvre lorsqu'on clique sur « Exercice »

EXERCICES

Cette page contient des exercices concernant la dilatation des solides, des liquides et des gaz.

Ces exercices permettent d'évaluer vos connaissances à propos de la dilatation thermique.

Les questions sont sous forme de « question à choix multiples ».

Choisissez vos réponse en cliquant sur le bouton à gauche puis cliquez sur « SUIVANT » pour passer à la question suivante.

Pour vérifier la réponse choisie ou consulter la correction, appuyer sur « VÉRIFIER »

Chaque bonne réponse mérite un point. Un commentaire s'affichera lorsque vous terminez toutes les questions

[SUIVANT](#)

[Accueil](#)

Afin d'obtenir des réponses précises, les questions sont formulées sous forme de questions à choix multiples. L'apprenant choisit une réponse parmi les trois réponses proposées.

Chaque bonne réponse mérite un point. Un commentaire s'affichera si toutes les questions sont répondues

On peut voir le nombre de bonne réponse au bas de la page.

On clique sur « SUIVANT » pour passer à la question suivante.

Page contenant la première question :

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Question n°01

Quelle est à 100 °C la longueur d'une barre d'aluminium qui mesure 1 m à 0 °C ? $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-5}$

I = 1.0023 m
 I = 1.023 m **VERIFIER**
 I = 1.23 m

Nombre de bonne réponse **0** sur **10**

SUIVANT

La correction est apparue quand on clique sur « VERIFIER »

Dilatation des solides Dilatation des liquides Dilatation des gaz Exercices

Question n°01

Quelle est à 100 °C la longueur d'une barre d'aluminium qui mesure 1 m à 0 °C ? $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-5}$

I = 1.0023 m
 I = 1.023 m
 I = 1.23 m

On a $l - l_0 = \lambda l_0 (t - t_0)$
D'où $l = l_0 + \lambda l_0 (t - t_0)$ ou $l = l_0 [1 + \lambda (t - t_0)]$
Pour $l_0 = 1\text{m}$ $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-5}$; $t = 100^\circ\text{C}$ et $t_0 = 0^\circ\text{C}$:
$$l = 1 [1 + \lambda = 2,3 \cdot 10^{-5} (100 - 0)]$$

Alors $l = 1,0023\text{m}$

Nombre de bonne réponse **0** sur **10**

SUIVANT

Les autres questions sont les suivantes :

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Question n°02

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

$\lambda = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
 $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
 $\lambda = 15 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

On a $l - l_0 = \lambda l_0 (t - t_0)$
D'où $\lambda = \frac{l - l_0}{l_0 (t - t_0)}$
Pour $l_0 = 1\text{m}$ $l = 1,0015\text{m}$; $t = 100^\circ\text{C}$ et $t_0 = 0^\circ\text{C}$
 $\lambda = \frac{1,0015 - 1}{1(100 - 0)}$ Alors $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Nombre de bonne réponse 0 sur 10

SUIVANT

Dilatation des solides	Dilatation des liquides	Dilatation des gaz	Exercices
------------------------	-------------------------	--------------------	-----------

Question n°03

Un câble en aluminium a une longueur de 500 m à 0 °C.
Calculer son allongement entre 0 et 30 °C.

$\Delta l = 34,5 \text{ m}$
 $\Delta l = 3,45 \text{ m}$
 $\Delta l = 0,345 \text{ m}$

On a $l - l_0 = \lambda l_0 (t - t_0)$ ou $\Delta l = \lambda l_0 \Delta t$
Pour $l_0 = 500\text{m}$ $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-5}$; $t = 30^\circ\text{C}$ et $t_0 = 0^\circ\text{C}$:
 $\Delta l = 2,3 \cdot 10^{-5} \times 500 \times (30 - 0)$
 $\Delta l = 0,345 \text{ m}$

Nombre de bonne réponse 1 sur 10

SUIVANT

Question n°04

La longueur d'une tige de cuivre est 1 m à 0 °C. Quelle doit être à 0 °C la longueur d'une tige de fer pour qu'à 80 °C les 2 tiges aient la même longueur ? $\lambda_{\text{fer}} = 1,2 \cdot 10^{-5}$ $\lambda_{\text{cuivre}} = 1,7 \cdot 10^{-5}$

- $l_{\text{fer}} = 1,0004 \text{ m}$
- $l_{\text{fer}} = 1,04 \text{ m}$
- $l_{\text{fer}} = 1,4 \text{ m}$

La longueur du cuivre à la température t est donné par :

$$l_c = l_{0c} (1 + \lambda_c l_{0c} \Delta t)$$

Pour le fer, on a : $l_f = l_{0f} (1 + \lambda_f l_{0f} \Delta t)$

Comme $l_c = l_f$ on peut écrire
 $l_{0c} (1 + \lambda_c l_{0c} \Delta t) = l_{0f} (1 + \lambda_f l_{0f} \Delta t)$ alors $l_{0f} = \frac{l_{0c} (1 + \lambda_c \Delta t)}{(1 + \lambda_f \Delta t)}$

$$l_{0f} = \frac{1 (1 + 1,7 \cdot 10^{-5} \times 80)}{(1 + 1,2 \cdot 10^{-5} \times 80)} \quad l_{0f} \approx 1,0004 \text{ m}$$

Nombre de bonne réponse

2

sur

10

SUIVANT

Question n°05

Une barre en acier a une longueur de 20 m à 15°C.

Quelle variation de longueur subit-elle entre -20 °C et 40 °C ? $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-5}$

- $\Delta l = 0,02 \text{ m}$
- $\Delta l = 0,002 \text{ m}$
- $\Delta l = 0,2 \text{ m}$

Pour une variation de température $\Delta t = t' - t$, l'allongement de la barre de longueur l à t °C et l' à t' °C est : $\Delta l = l' - l = \lambda l \Delta t$

Lorsque la température varie de 15°C à 40°C, l'allongement de la barre est
 $\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 20 \times (40-15) = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

D'où sa longueur devient $l' = l + \Delta l = 20,006 \text{ m}$

Alors, si la température varie de -20°C à 40°C, l'allongement de la barre est
 $\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 20,006 \times (40+20) = 0,02 \text{ m}$

Nombre de bonne réponse

2

sur

10

SUIVANT

Question n°06

Une citerne en fer a une contenance de 1000 L à 20 °C. Quelle est sa contenance à 10 °C ?

- V = 999,0064L
- V = 999,064L
- V = 999,64L

Pour une variation de température $\Delta t = t - t'$, la variation du volume de la citerne de volume V à t °C et V' à t' °C est : $\Delta V = V - V' = K \cdot V \cdot \Delta t$ avec $K=3\lambda$

Pour $V = 1000 \text{ L} = 1 \text{ m}^3$; $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-5}$; $t' = 20^\circ\text{C}$ et $t = 10^\circ\text{C}$:

$$\Delta V = 3 \times 1,2 \cdot 10^{-5} \times 1 \times (20-10) = -3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

D'où sa capacité devient : $V = V' + \Delta V = 0,99964 \text{ m}^3 = 999,64 \text{ L}$

Nombre de bonne réponse

2 sur 10

SUIVANT

Question n°07

Sachant que la masse volumique de l'or à 0 °C est 19200 kg/m³ et que son coefficient de dilatation linéaire est 10^{-5} . Quelle est sa masse volumique à 20 °C.

- $\rho = 19188,48 \text{ kg/cm}^3$
- $\rho = 19288,48 \text{ kg/cm}^3$
- $\rho = 19388,48 \text{ kg/cm}^3$

Soit ρ_0 la masse volumique de l'or à 0°C

A 20°C, cette masse volumique prend la valeur

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + K \Delta t}$$

Comme $K=3\lambda$ et $\lambda = 10^{-5}$

$$\rho = \frac{19200}{1 + 3 \cdot 10^{-5} \times 20} = 19188,48 \text{ kg/m}^3$$

Nombre de bonne réponse

3 sur 10

SUIVANT

Question n°08

La masse volumique du chloroforme à 20 °C est 1490 kg/m³ et 1520 kg/m³ à 0 °C. Quel est le coefficient de dilatation volumique du chloroforme.

- a = 1,0267.10⁻³ K⁻¹
- a = 1,0167.10⁻³ K⁻¹
- a = 1,0067.10⁻³ K⁻¹

A 20°C, cette masse volumique prend la valeur

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + a\Delta t}$$

A partir de cette relation, on exprime le coefficient de dilatation :

$$a = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho \cdot \Delta t} = \frac{1520 - 1490}{1490 \times 20} \quad \text{Alors } a=1,0067.10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Nombre de bonne réponse

4

sur

10

SUIVANT

Question n°09

Un gaz occupe 3 m³ à 50 °C. Quel est son volume à 200 °C sous pression constante ?

- V = 4,04 m³
- V = 4,4 m³
- V = 4,004 m³

D'après la loi de dilatation des gaz : $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$$\text{D'où } V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

On a : T₁=50+273= 323°K et T₂ = 200 + 273 = 473°K

$$\text{Alors } V_2 = 3 \times \frac{473}{323} = 4,4 \text{ m}^3$$

Nombre de bonne réponse

4

sur

10

SUIVANT

Question n°10

Un ballon de volume pratiquement invariable 100 cm^3 comporte un tube vertical ayant une section de 2 mm^2 dans lequel un index de mercure isole à l'intérieur du ballon une masse d'air constante.

Quelle est la longueur dont se déplace l'index quand la température croît de 15°C à 16°C ?

- h = 18,03 cm
- h = 18,003 cm
- h = 18,3 cm

D'après la loi de dilatation, la variation du volume de l'air en fonction de la température est $\Delta V = \alpha V_0 \Delta T$

Posons S la section du tube verticale et h l'hauteur du mercure . On a :

$$\Delta V = S \cdot h$$

$$\text{D'où } h = \frac{\alpha V_0 (T_2 - T_1)}{S} = \frac{3,66 \cdot 10^{-3} \times 100 (16 - 15)}{2 \cdot 10^{-2}}$$

$$h = 18,3 \text{ cm}$$

Nombre de bonne réponse

5 sur 10

SUIVANT

Si l'apprenant a répondu aux dix questions, le logiciel donne un commentaire lorsqu'on clique sur « Suivant ». Le commentaire varie selon selon le nombre de bonnes réponses obtenu :

Cinq bonnes réponse sur 10. C'est un résultat moyen!

Nombre de bonne réponse

5 sur 10

Les commentaires qui peuvent apparaître sont :

Nombre de bonnes réponses	Commentaire
0	"Aucune bonne réponse. Consultez la leçon et vérifiez bien votre calcul"
1	"Une bonne réponse sur 10, c'est encore insuffisant. Vérifier bien votre devoir"
2	"Deux bonnes réponses sur 10, c'est encore insuffisant. Vérifier bien votre devoir"
3	"Trois bonnes réponses sur 10, c'est un bon début mais ce n'est pas encore la moyenne"
4	"Quatre bonnes réponses sur 10. Presque la moyenne !"
5	"Cinq bonnes réponses sur 10. C'est un résultat moyen!"
6	"Vous avez plus de la moyenne ! Courage, à 4 bonnes réponses, vous aviez 10 sur 10 !"
7	"Vous avez plus de la moyenne ! Courage, à 3 bonnes réponses, vous aviez 10 sur 10 !"
8	"Vous avez plus de la moyenne ! Courage, à 2 bonnes réponses, vous aviez 10 sur 10 !"
9	"Vous avez plus de la moyenne ! Courage, à une bonne réponse, vous aviez 10 sur 10 !"
10	"Parfait, vous avez trouvé toutes les bonnes réponses !";

CONCLUSION

Notre travail consiste à concevoir un logiciel de simulation du phénomène de dilatation de la matière. Au terme de ce travail, nous pouvons dire que l'apprentissage des sciences physiques tire profit de l'utilisation de l'ordinateur. Ce travail contient essentiellement deux parties : la première partie contient les repères théoriques nécessaires pour l'étude de la dilatation thermique ; la deuxième partie comporte la conception du logiciel.

Ce logiciel contient essentiellement quatre paragraphes à part l'introduction et le pré requis: la dilatation des solides, la dilatation des liquides, la dilatation des gaz et les exercices.

Il est vrai que la simulation ne remplace pas l'expérience réelle ni sur le plan physique ni sur le plan psychologique de l'élève, mais, face aux problèmes rencontrés dans l'enseignement scientifique tels que l'insuffisance des matériels didactiques, l'inexistence des laboratoires, elle peut aider l'enseignant à transmettre la connaissance aux élèves. Elle peut servir aussi d'un support de cours et permettre à l'élève d'évaluer ses acquis. L'intérêt de ce logiciel est que l'apprenant pourrait travailler individuellement.

Nous tenons à remarquer que cet ouvrage n'est qu'un essai sur l'apprentissage des sciences physiques. Il peut être en tout moment amélioré suivant les progrès dans le domaine de l'informatique et des nouvelles technologies.

Enfin, il reste encore beaucoup de choses à faire. L'utilisation de ce logiciel demande quelques mesures. Les enseignants et les élèves doivent avoir une connaissance en informatique. En plus, l'établissement scolaire doit posséder des ordinateurs. Alors la réussite scolaire exige aussi des enseignants polyvalents et des établissements bien équipés. Qui sont donc les responsables qui doivent s'occuper du développement de l'enseignement secondaire surtout dans les pays sous-développés comme le nôtre ?

Bibliographie :

Livres consultées :

- CESSAC J., ROULET B. et TREHERNE G. (1967). *Physique 2^e T*, Nathan.
- CHIROUZE P.-J., BERENGER M. et VENTO R. (1980). *Science physique 3^e*, Armand Colin.
- SAISON A., MALLAURS P., HARSANY F., HUBER P. et SEYFRIED B. (1978). *Éveil à la science physique 5^e*, Fernand Nathan.
- TOMASINO A., LAUTRETTE M. et FONTAINE G. (1988). *Physique 1res S.E*, Nathan.

Mémoires consultées :

- RANDRIANARIMANANA H.-F(2010). *Support numérique sur les propriétés des gaz*, École Normale Supérieure.
- RAFARASOA M.- C. (1994). *Étude de quelque propriété physique de la matière*, École Normale Supérieure.

Webographie :

- <http://www.ac-nancy-metz.fr/Pers-etabCollPhillipeDegneulles/file/physique/3eme/constituant+de+la+matiere.pdf>
- <http://www.avrsb.ca/sites/defaut/files/homwork/dilatation et contraction au quotidien>
- <http://www.cours.montigny.free.fr/temperature et dilatation.pdf>
- <http://www.gte.univ-littoral.fr/workspaces/documents-m-perrot/cous-thermo>.
- <http://www.joel-houzet.fr/cours/tp/ dilatometrie.pdf>
- <http://www.physthema.ulg.ac.be/teaching/cours/coursphysique>
- http://www.thierry.col2.fee.fr/restreint/exovidéo_lycée/tp-seconde/tp8.html

Auteur: ANDRIAMANANTSOA Tokiniaina Elie Falinirina

Contact: +261330491520

Titre: SIMULATION SUR ORDINATEUR DU PHENOMENE DE DILATATION

Nombre de page: 81

Nombre de tableaux: 7

Nombre de figures : 28

RESUME

Titre : Simulation sur ordinateur du phénomène de dilatation

Ce travail est axé sur l'étude de la dilatation volumique des corps. Il comprend deux parties. La première partie est constituée des théories à propos de la matière et la dilatation thermique

La deuxième partie contient la présentation du didacticiel que nous avons conçu

Le didacticiel se divise en trois parties : dilatation des solides, dilatation des liquides et dilatation des gaz.

Chaque partie est introduite par la présentation d'un phénomène quotidien qui est axé sur la dilatation volumique d'un corps.

Des expériences virtuelles sont proposées dans le didacticiel. Elles sont élaborées pour:

- mettre en évidence le phénomène de dilatation d'un corps
- expliquer l'influence de la nature du corps sur la dilatation
- expliquer l'influence de la dimension initiale du corps sur la dilatation
- mesurer la dilatation d'un corps

Mots clés : animation, simulation, dilatation linéaire des solides, dilatation volumique des solides, dilatation des liquides, dilatation des gaz, coefficient de dilatation