

# **PROPRIÉTÉS THERMIQUES ET LA CHALEUR**

**PGC-10**

# KEYWORDS

Température, chaleur, énergie thermique.

Thermodynamique.

# TEMPÉRATURE

...pour mesurer le “degré d'échauffement”.

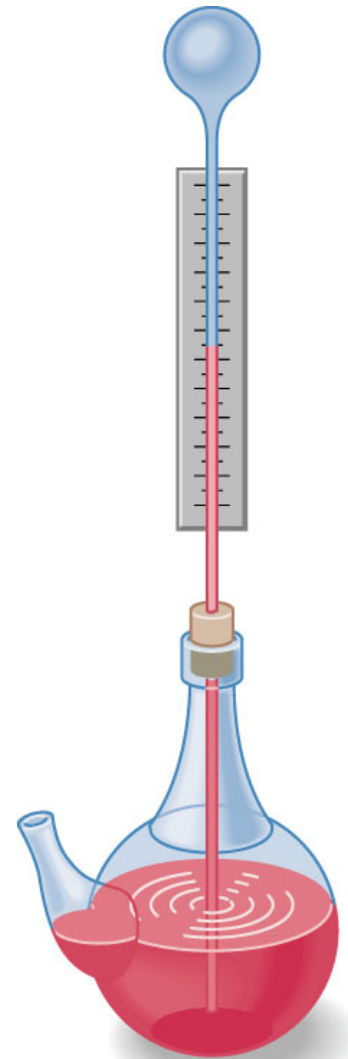
Degré Celsius  $^{\circ}\text{C}$

$T_c = 0^{\circ}\text{C}$     congel. eau     $32^{\circ}\text{F}$

$T_c = 100^{\circ}\text{C}$     ebullit. eau     $212^{\circ}\text{F}$

$$T_F = 32^{\circ} + \frac{9}{5} T_c$$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15 \quad \Rightarrow \quad \text{en S.I.}$$



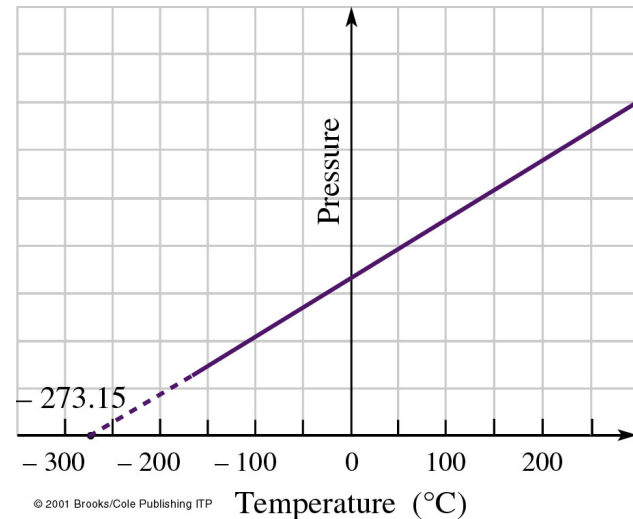
# LA TEMPÉRATURE ABSOLUE ET LE ZERO ABSOLU

$P=0 \Leftrightarrow$  zero absolu

$-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

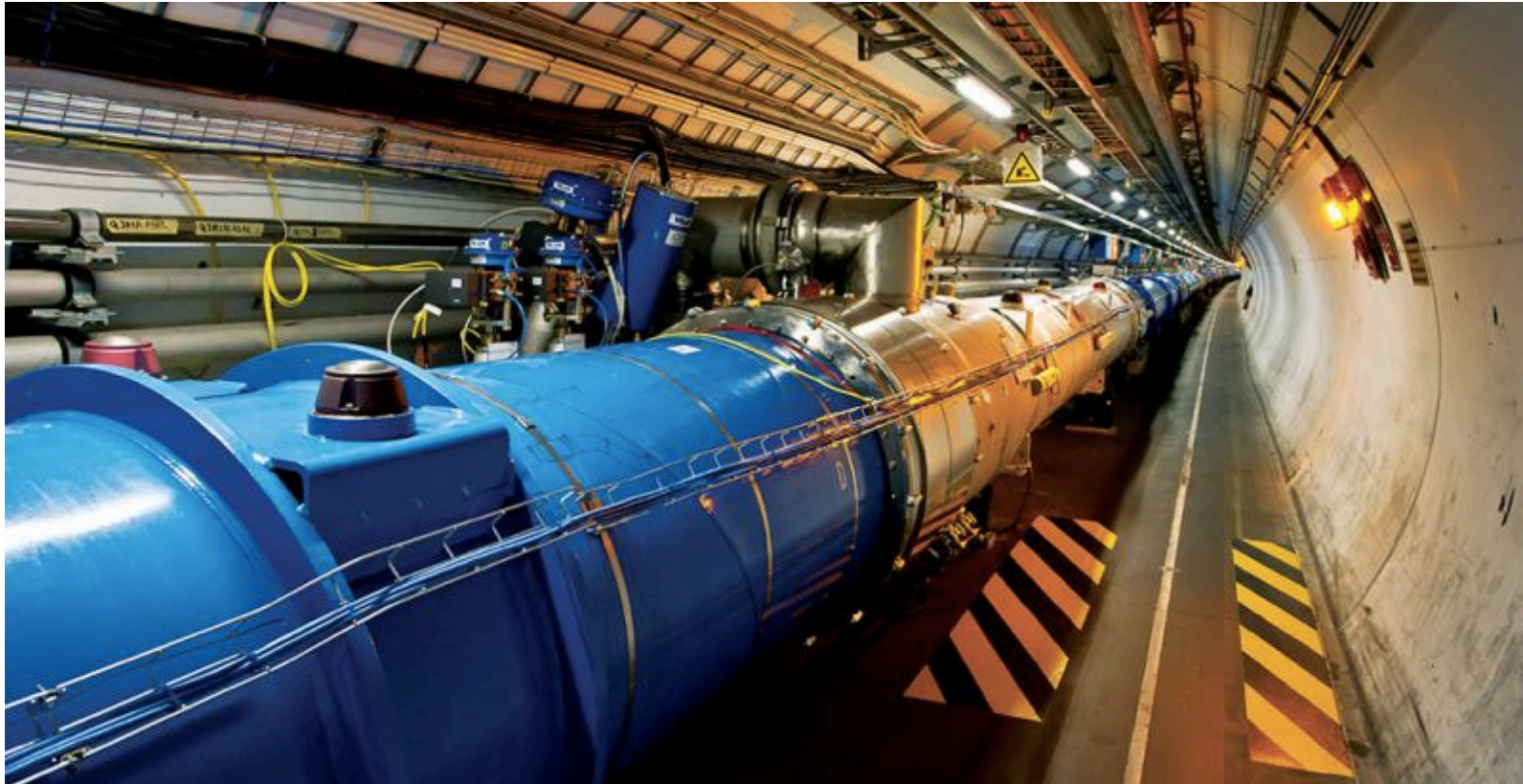
$0\text{ K}$



$T_M = 2.7 \text{ K}$

$T = 1.9 \text{ K}$

# PRÈS DU ZÉRO ABSOLU



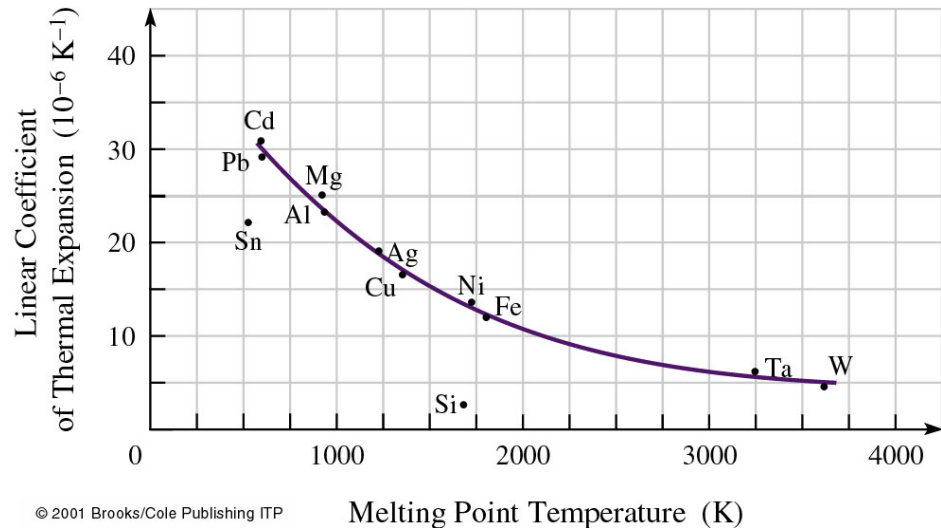
# QUELQUES TEMPERATURES TYPIQUES

°C	Phénomènes	K
-273,2	zéro absolu	0
-269	Ebullition de l'hélium	4,2
-196	Ebullition de l'azote	77,2
-183	Ebullition de l'oxygène	90,2
-79	Congélation de la neige carbonique	194,2
-39	Congélation du mercure	234,2
0	Congélation de l'eau	273,2
~ 37	Température du corps humain	~ 310
78	Ebullition de l'alcool	351
100	Ebullition de l'eau	373,2
327	Fusion du plomb	600
1063	Fusion de l'or	1336
1000-1400	Fusion du verre	1273-1673
1300-1400	Fusion de l'acier	1573-1673
6000	surface du soleil	6273
$15 \times 10^6$	Intérieur du soleil	$15 \times 10^6$

# DILATATION THERMIQUE (SOLIDES)

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dilatation lineique  
coefficient de dilatation lineique

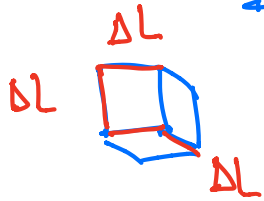


# DILATATION THERMIQUE (SOLIDES)

Dilatation volumique

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T$$

$$\beta \approx 3\alpha$$



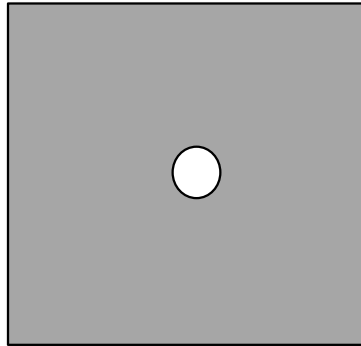
Matériau	$\alpha$ (K <sup>-1</sup> )	$\beta$ (K <sup>-1</sup> )	Temp. (°C)
Aluminium	$22.1 \times 10^{-6}$		-23
Aluminium	$23.0 \times 10^{-6}$	$72 \times 10^{-6}$	20
Aluminium	$33.5 \times 10^{-6}$		527
Ciment	$\sim 12 \times 10^{-6}$	$\sim 35 \times 10^{-6}$	20
Acier	$12 \times 10^{-6}$	$36 \times 10^{-6}$	20
Verre (Pyrex)	$3 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	20



# QUESTION

Une plaque d'acier a une trou au milieu de diamètre de 2cm.

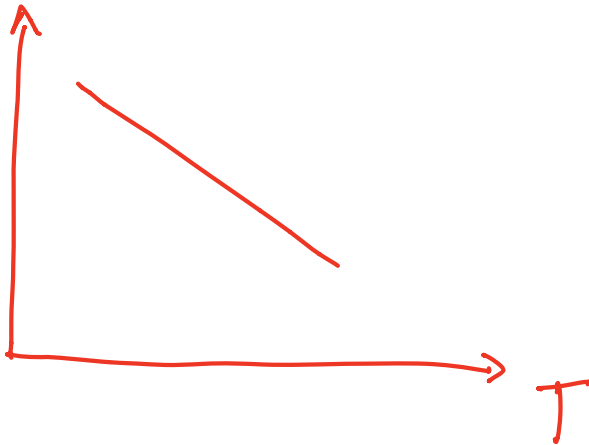
Si on chauffe la plaque, la diamètre du trou augmente ou diminue?



# DILATATION THERMIQUE (LIQUIDES)

densité

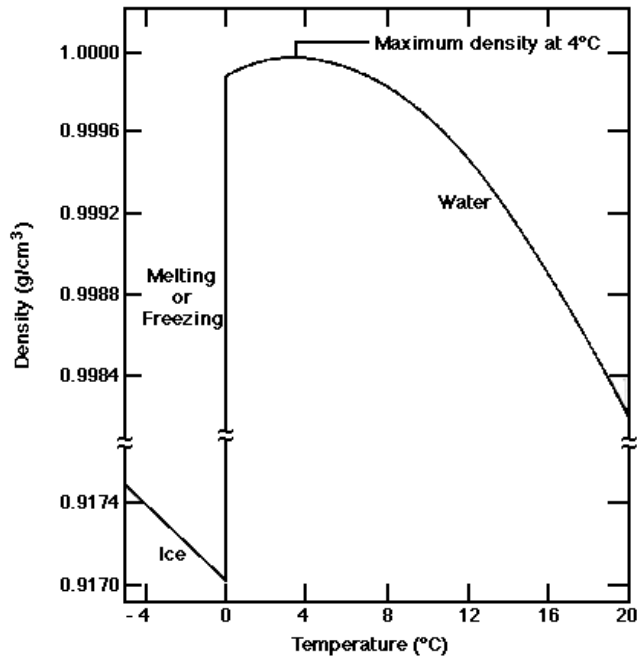
$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$



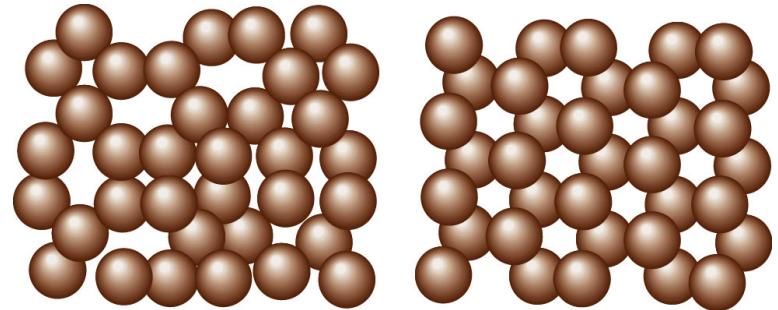
Matériau	$\beta$ ( $\text{K}^{-1}$ )	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )
Acétone	$1487 \times 10^{-6}$	20
Mercure	$181 \times 10^{-6}$	20
Ether	$1630 \times 10^{-6}$	20
Eau	$207 \times 10^{-6}$	20

# CAS PARTICULIER DE L'EAU

## Anomalie dilatométrique



Density of water (and ice) as a function of temperature. Note maximum density of water at 4°C. (Data from Pauling 1953 and Hutchinson 1957: 204.)



Water

(a)

Ice

(b)

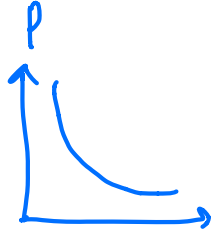
© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

$P, V, T \rightarrow$  absolue

# ÉQUATIONS D'ÉTAT DES GAZ

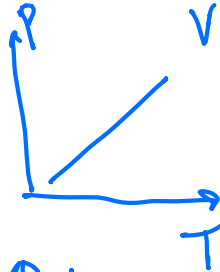
loi de Boyle Mariotte

$$PV = \text{const}, [T: \text{const}]$$



loi de Gay-Lussac

$$P/T = \text{const}, [V: \text{const}]$$



loi de Charles

$$V/T = \text{const}, [P = \text{const}]$$



↳ Dilatation

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = \text{const} = \beta V_0$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

# LOI DES GAZ PARFAITS

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

$$\Rightarrow \underline{PV = nRT}$$

R: constante des gaz  
 $n$ : # moles

$$N = n N_A$$

$$\underline{PV = N k_B T}$$

$k_B$ : constante de Boltzmann

N: # molecules.

$$k_B = \frac{PV}{NT}$$

$$[PV] = N \cdot m = J$$

## Rappel.

$$1 \text{ uma} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ gr}$$

12 u : masse de  ${}^{12}_6\text{C}$

1 mole de C pèse 12 g :  
CO<sub>2</sub> pèse 44 g

$$\frac{\# \text{ molecules}}{\text{mole}} = N_A$$

$$\leadsto N = n \cdot N_A$$

↑  
constituants

↙  
mole

# QUESTION

$$1 \text{ mole} = \frac{m}{M_{\text{atome}}}$$

Nous avons deux boîtes qui ont le même volume. Une des deux est remplie avec d'hélium. L'autre a la même masse d'azote. On a la même pression dans les deux cas. Quelle est la relation entre les deux températures?

- a)  $T_{\text{He}} > T_{\text{N}}$
- b)  $T_{\text{He}} = T_{\text{N}}$
- c)  $T_{\text{He}} < T_{\text{N}}$

$$m_{\text{He}} = m_{\text{N}}$$

$$n_{\text{He}} = \frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{atome He}}}$$

$$n_{\text{He}} ? n_{\text{N}}$$

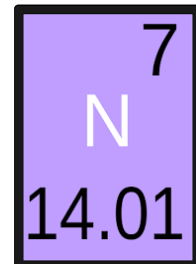
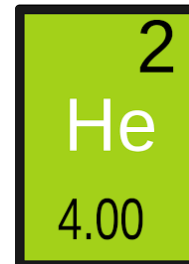
$$n_{\text{N}} = \frac{m_{\text{N}}}{M_{\text{atome N}}}$$

$$m_{\text{at N}} > m_{\text{at He}}$$

$$n_{\text{N}} < n_{\text{He}}$$

$$T_{\text{N}} > T_{\text{He}}$$

$$T = \frac{PV}{nR}$$



# GAZ RÉEL

$$PV = nRT$$

Dans un Gaz parfait, les molécules:

- sont ponctuelles.
- sans interactions, sauf lors de collisions

Dans un Gaz réel, les molécules:

- ont un volume propre.
- interagissent à distance

Corrections  
Taille finie  
de Clausius

$$P(V - nb) = nRT \Rightarrow P(u - b) = RT$$

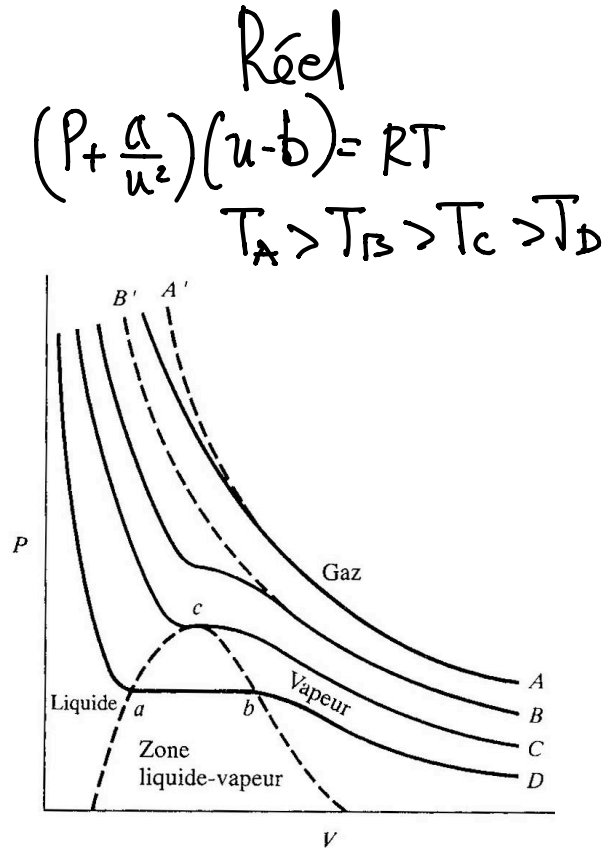
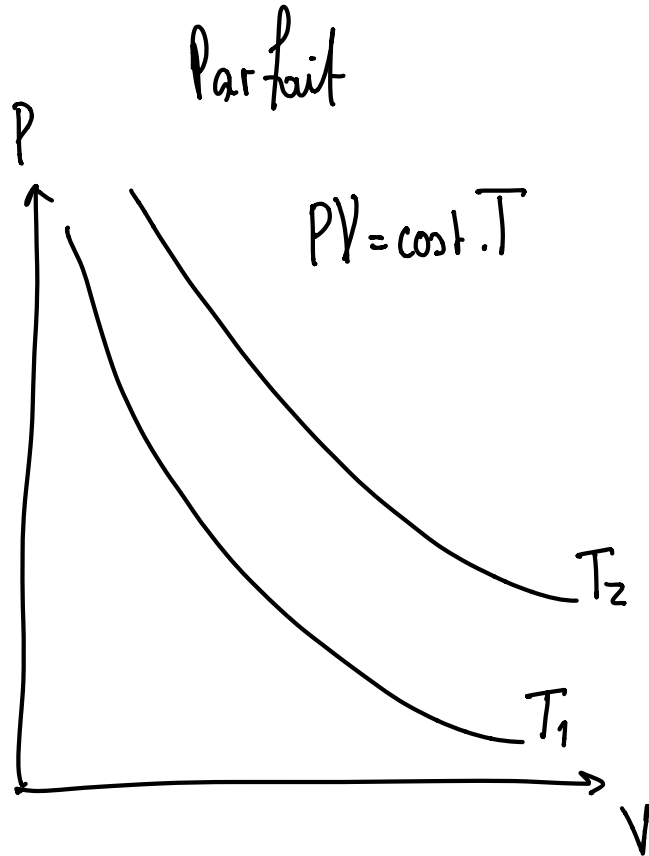
$u = \frac{V}{n}$  : volume disponible par mole

Particules indépendantes  
de Van de Waals

$$\left(P + \frac{a}{u^2}\right)(u - b) = RT$$



# DIAGRAMME P-V



# DIAGRAMME DE PHASE

