THERMODYNAMIQUE

— TERMINALE – PHYSIQUE-CHIMIE —

1. LE MODÈLE DU GAZ PARFAIT

Grandeurs **macroscopiques** (P, V, T en **kelvins**, ρ) issues du comportement microscopique.

$$PV = nRT \qquad R = 8{,}314\,\mathrm{J/(mol\cdot K)}$$

P en Pa, V en $\mathrm{m^3}$, T en K. Entités ponctuelles, sans interaction : modèle en défaut à **forte pression** et **basse température**.

Volume d'une mole de dioxygène

$\theta = 20\,^\circ\mathrm{C}$, $P = 1{,}013\times10^5\,\mathrm{Pa}$:

1. $T = 20 + 273 = 293\,\mathrm{K}$;
2. $V = \dfrac{nRT}{P} = 2{,}4\times10^{-2}\,\mathrm{m^3} = 24\,\mathrm{L}$;
3. on retrouve le volume molaire usuel.

T : **agitation thermique** ; P : **chocs** sur les parois ; ρ : entités par unité de volume.

2. ÉNERGIE INTERNE ET PREMIER PRINCIPE — 3. CAPACITÉ THERMIQUE

Énergie interne U : somme des énergies **microscopiques** (agitation, interactions, liaisons). Pour un système au repos :

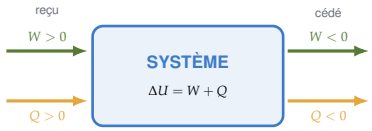
$$\Delta U = W + Q$$

- **reçu** par le système : positif ; **cédé** : négatif ;
- ΔU décrit l'**état**, W et Q des **échanges** ;
- transfert thermique spontané : du **chaud** vers le **froid**.

Système **incompressible** (liquide, solide) :

$$\Delta U = C\,\Delta T = m\,c\,(T_f - T_i)$$

c eau $= 4185\,\mathrm{J/(kg\cdot K)}$; aluminium 900 ; air 1000.



Bouilloire de 2,0 kW, 1,5 L de 20 à 100 °C

$Q = mc\Delta T = 1{,}5\times4185\times80 = 5{,}0\times10^5\,\mathrm{J}$

$\Delta t = \dfrac{Q}{\mathcal{P}} = 2{,}5\times10^2\,\mathrm{s} \approx 4$ min (plus en pratique : pertes).

Un **écart** de température est le même en °C et en K.

4. LES TROIS MODES DE TRANSFERT THERMIQUE

Mode	Mécanisme	Exemple
Conduction	de proche en proche	cuillère chaude
Convection	déplacement de fluide	radiateur
Rayonnement	ondes électromagnétiques	Soleil

Flux thermique Φ (W) à travers une paroi de résistance thermique R_{th} (K/W) :

$$\Phi = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{th}}} \qquad R_{\text{th}} = \frac{e}{\lambda S}$$

Isoler un mur de béton

$S = 20\,\mathrm{m^2}$, $e = 20\,\mathrm{cm}$, $\lambda = 1{,}0\,\mathrm{W/(m\cdot K)}$, $\Delta T = 15\,\mathrm{K}$:

$R_{\text{th}} = 1{,}0\times10^{-2}\,\mathrm{K/W}$, $\Phi = 1{,}5\times10^3\,\mathrm{W}$.

+ 10 cm de laine de verre : $R_{\text{iso}} = 0{,}125\,\mathrm{K/W}$; en série, les résistances **s'additionnent** : $R_{\text{tot}} = 0{,}135$, $\Phi' = 1{,}1\times10^2\,\mathrm{W}$, divisé par 13.

5. BILAN RADIATIF DE LA TERRE

Loi de **Stefan-Boltzmann** (corps noir) et **albédo** A (fraction renvoyée) :

$$\frac{\mathcal{P}}{S} = \sigma T^4 \qquad \sigma = 5{,}67\times10^{-8}\,\mathrm{W/(m^2\cdot K^4)}$$

Reçu sur un **disque** πR_T^2, émis par une **sphère** $4\pi R_T^2$:

$$(1-A)S_0 = 4\sigma T^4$$

Température moyenne de la Terre

$S_0 = 1361\,\mathrm{W/m^2}$, $A = 0{,}30$:

$$T = \left(\frac{0{,}70\times1361}{4\times5{,}67\times10^{-8}}\right)^{1/4} = 255\,\mathrm{K} = -18\,^\circ\mathrm{C}$$

Température réelle 15 °C : l'**effet de serre** apporte 33 °C.

Fonte des glaces : A diminue, le réchauffement s'amplifie.

6. LA LOI DE NEWTON ET LE REFROIDISSEMENT

Contact avec un thermostat à T_e : $\Phi = hS(T - T_e)$. Premier principe sur $\mathrm{d}t$: $mc\,\mathrm{d}T = -hS(T-T_e)\mathrm{d}t$.

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_e}{\tau} \qquad \tau = \frac{mc}{hS}$$

$$T(t) = T_e + (T_0 - T_e)\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$$

Même forme que le circuit RC (chapitre 12).

Café à 85 °C, pièce à 20 °C, $\tau = 12$ min

$\theta(12) = 20 + 65\,\mathrm{e}^{-1} = 44\,^\circ\mathrm{C}$

$55\,^\circ\mathrm{C}$: $\mathrm{e}^{-t/12} = \frac{35}{65}$, $t = -12\ln 0{,}538 = 7{,}4$ min.

Piège : un *écart* de température est identique en °C et en K, mais une température absolue doit toujours être convertie.

À RETENIR

- $PV = nRT$, T en kelvins.
- $\Delta U = W + Q$: reçu > 0, cédé < 0.
- Incompressible : $\Delta U = mc\Delta T$.
- $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{\text{th}}}$; R_{th} en série s'additionnent.
- Newton : $T = T_e + (T_0 - T_e)e^{-t/\tau}$.

pierre-carree.fr