I. Le modèle des gaz parfaits

L'**équation d'état du gaz parfait** relie différentes grandeurs macroscopiques qui permettent de le décrire (doc. B et C) :

Quantité de matière n en mol

P en Pa $\rightarrow$ $$P \times V = n \times R \times T$$ $\leftarrow$ T en K

V en m^3

Constante des gaz parfaits en $Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

Si faible pression et pas d'interactions entre particules

II. Premier principe de la thermodynamique

L'énergie totale d'un système est la somme de son énergie macroscopique et microscopique (énergie interne). Soit :

$$E_T = E_c + E_p + U$$

Donc si l'état du système varie, on a donc :

$$\Delta E_T = \Delta_E m + \Delta U$$

Et si le système est au repos on a :

$$\Delta E_T = \Delta U$$

Or si l'énergie interne d'un système a varié, c'est qu'il y a eu un transfert d'énergie. Comme il n'y a que deux modes de transfert possibles d'énergie, soit par travail W, soit par transfert thermique Q, on en déduit finalement que si le système évolue sans échanger de la matière avec l'extérieur on a la relation :

$$\Delta U = W + Q$$

III. Application du premier principe à un système incompressible

Système incompressible, donc $W = O$ (il n'y a pas de déplacement macroscopique)

Alors le premier principe s'écrit :

$$\Delta U = m \cdot c(T_f – T_i) = m \cdot c(\theta_f - \theta_i)$$

IV. Modes de transfert thermiques

Les transferts thermiques peuvent avoir lieu par :
- conduction
- convection
- rayonnement

Définition du flux thermique

Le flux thermique, appelée aussi puissance thermique est le transfert thermique qui s'effectue pendant un temps Δt.

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Le flux est positif s'il est reçu par le système, négatif s'il est donné.

La résistance thermique

La résistance thermique R_{th} caractérise l'opposition d'un milieu au transfert thermique.

$$\Phi = \frac{T_A - T_B}{R_{th}}$$

avec :
R_{th}: capacité thermique massique du système en $°\mathrm{C}\,\mathrm{W}^{-1}$

Analogie avec la loi d'Ohm

$$R_{th} = \frac{L}{\lambda \cdot S}$$

Théorie du corps noir

Un corps noir réémet toutes les radiations qu'il absorbe. Aucune lumière n'est réfléchie ni transmise! En revanche, il émet des radiations dont le spectre dépend de sa température.

Loi de Stefan Boltzman

$p = \sigma \cdot T^4$
avec :
p: puissance surfacique émise par un corps noir en Wm^{-2}
\sigma: constante de Boltzmann $5{,}67 \times 10^{-8}\,\mathrm{Wm}^{-2}\mathrm{K}^{-4}$

V. Effet de Serre et température terrestre moyenne

Il faut faire un bilan d'énergie, donc appliquer le premier principe au système Terre/atmosphère.

Soient:
Q_T: Energie reçue du Soleil
Q_R : Energie réfléchie par le système
Q_E: Energie émise par le système

D'où:

$$\Delta U_{i\to f} = Q_T + Q_R + Q_E$$

Avec $\Delta U_{i\to f} = 0$ on a:

$$Q_R + Q_T + Q_E = 0$$

On divise par Δt on a alors un bilan de puissance:

$$P_R + P_T + P_E = 0$$

On divise par la surface terrestre pour avoir un bilan de puissance surfacique:

$$p_R + p_T + p_E = 0$$

On considère le système comme un corps noir et on utilise la loi de Stefan-Boltzmann pour exprimer la puissance émise par le système en fonction de la température:

$$-p_E = \sigma \cdot T^4$$

On isole la température moyenne de la Terre:

$$T_T = \left(\frac{-p_E}{\sigma}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{p_T + p_R}{\sigma}\right)^{\frac{1}{4}}$$

On définit l'albedo α qui caractérise l'aptitude à renvoyer le rayonnement.

$$\alpha = \frac{|P_T|}{P_i}$$

VI. Loi de Newton

Pour un système incompressible sans échange de matière avec l'extérieur, l'évolution de la température dépend de plusieurs modes de transferts.

Lorsque le principal mode de transfert est la convection dans le fluide, la loi de Newton modélise le flux thermique Φ :

$$\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$$

avec h: coefficient d'échange convectif entre le système incompressible et le milieu extérieur (l'un des deux étant fluide).

D'après le premier principe:

$$\Delta U_{i\to f} = Q$$

Or $Q = \Phi \times \Delta t$ donc $Q = h \times S \times (\theta_e - \theta) \times \Delta t$

Pour un système incompressible on a également,
$\Delta U_{i\to f} = m \cdot c \cdot \Delta\theta$
Soit finalement la relation:
$m \cdot c \cdot \Delta\theta = h \cdot S \cdot (\theta_e - \theta) \times \Delta t$
$\Longrightarrow \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} = \dfrac{h \times S}{m \times c} \times (\theta_e - \theta)$

Et lorsque $\Delta t \to 0$

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$$

C'est l'équation différentielle vérifiée par la température du système. C'est une équation différentielle du premier ordre de la forme:

$y' = ay + b$

Solution générale de l'équation homogène:

$y_h(x) = Ae^{ax}$

Solution particulière:

$y_p(x) = -\frac{b}{a}$

Solution générale de l'équation:

$y(x) = y_h(x) + y_p(x)$