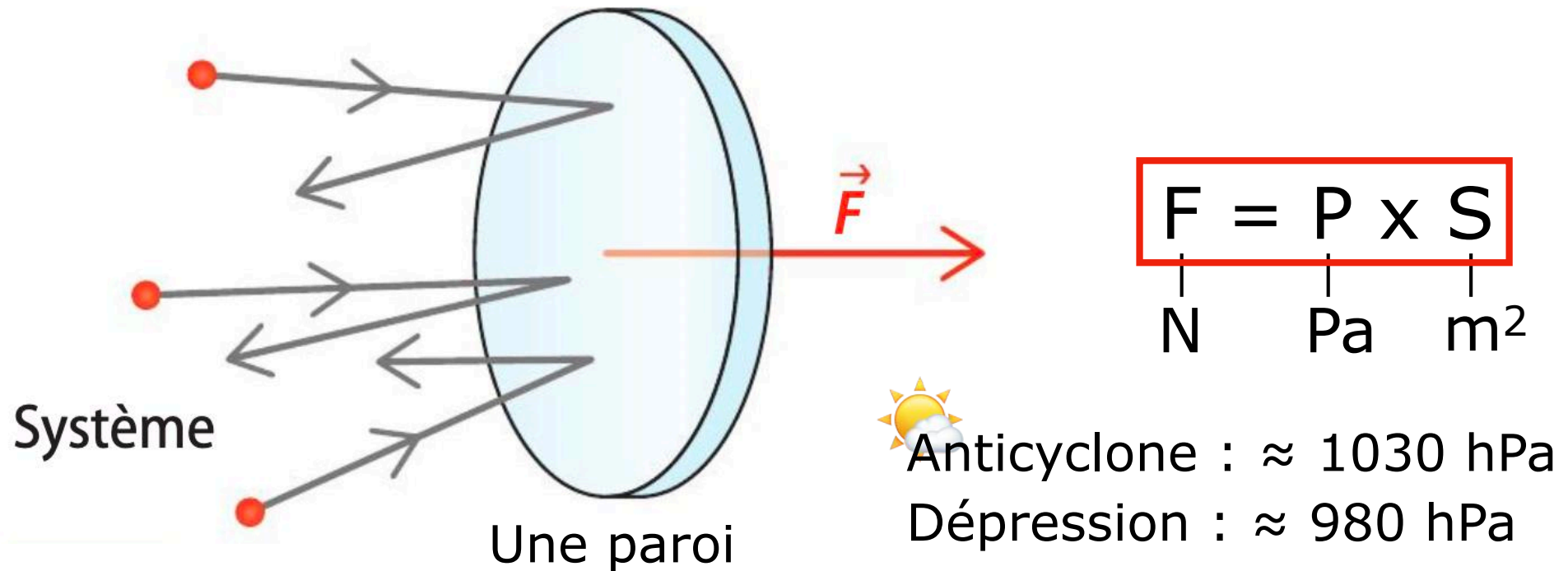


Ludwig Boltzmann (1844-1906) est l'un des pères fondateurs de la thermodynamique moderne.

Il est l'auteur des principes de base concernant l'irréversibilité.

Rappel sur la pression

Surface d'aire S



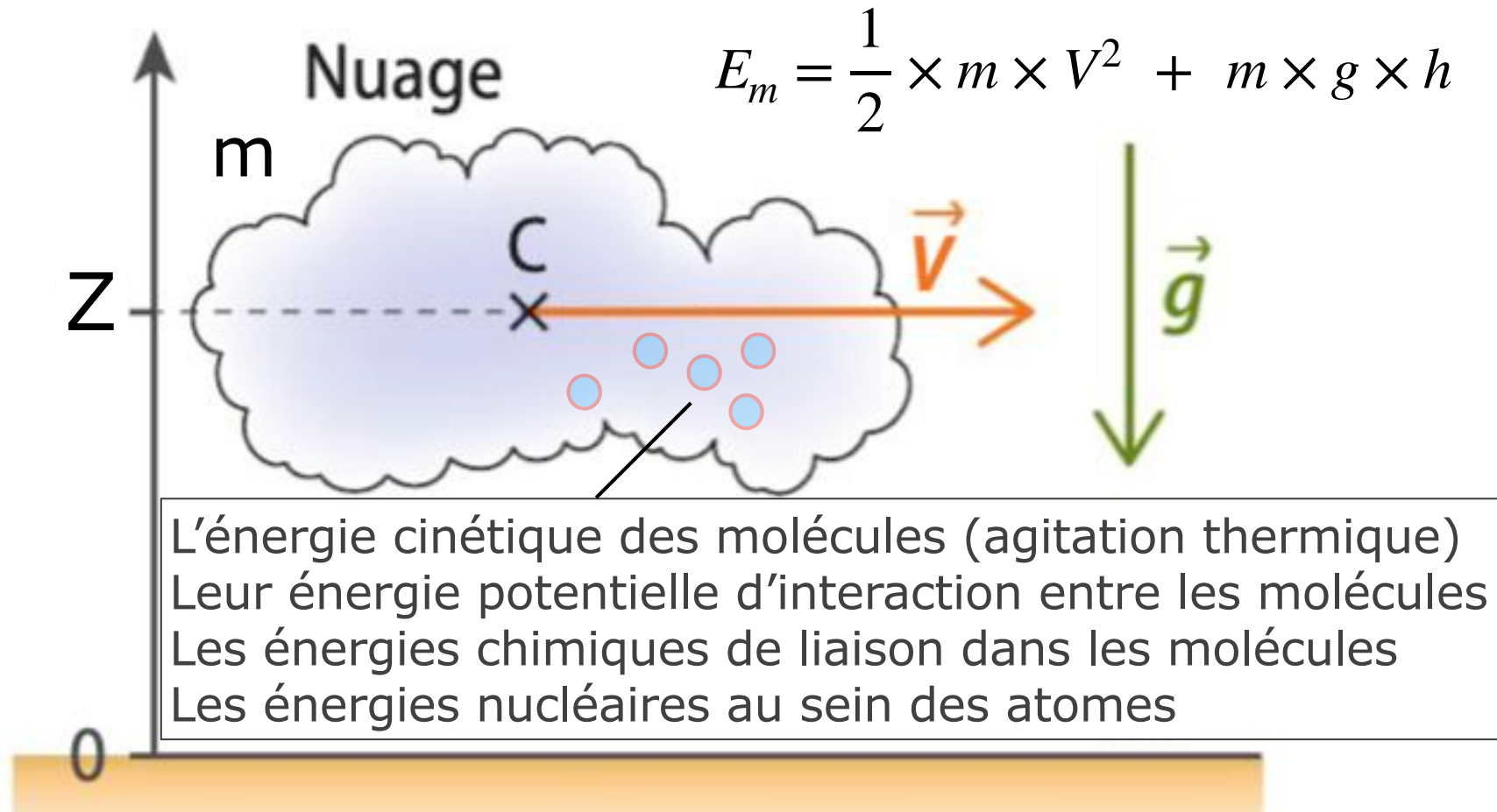
Autres unités de la pression :

► Une atmosphère $\approx 1,013 \times 10^5$ Pa

📌 C'est l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique au niveau de la mer.

► Un bar = 1×10^5 Pa

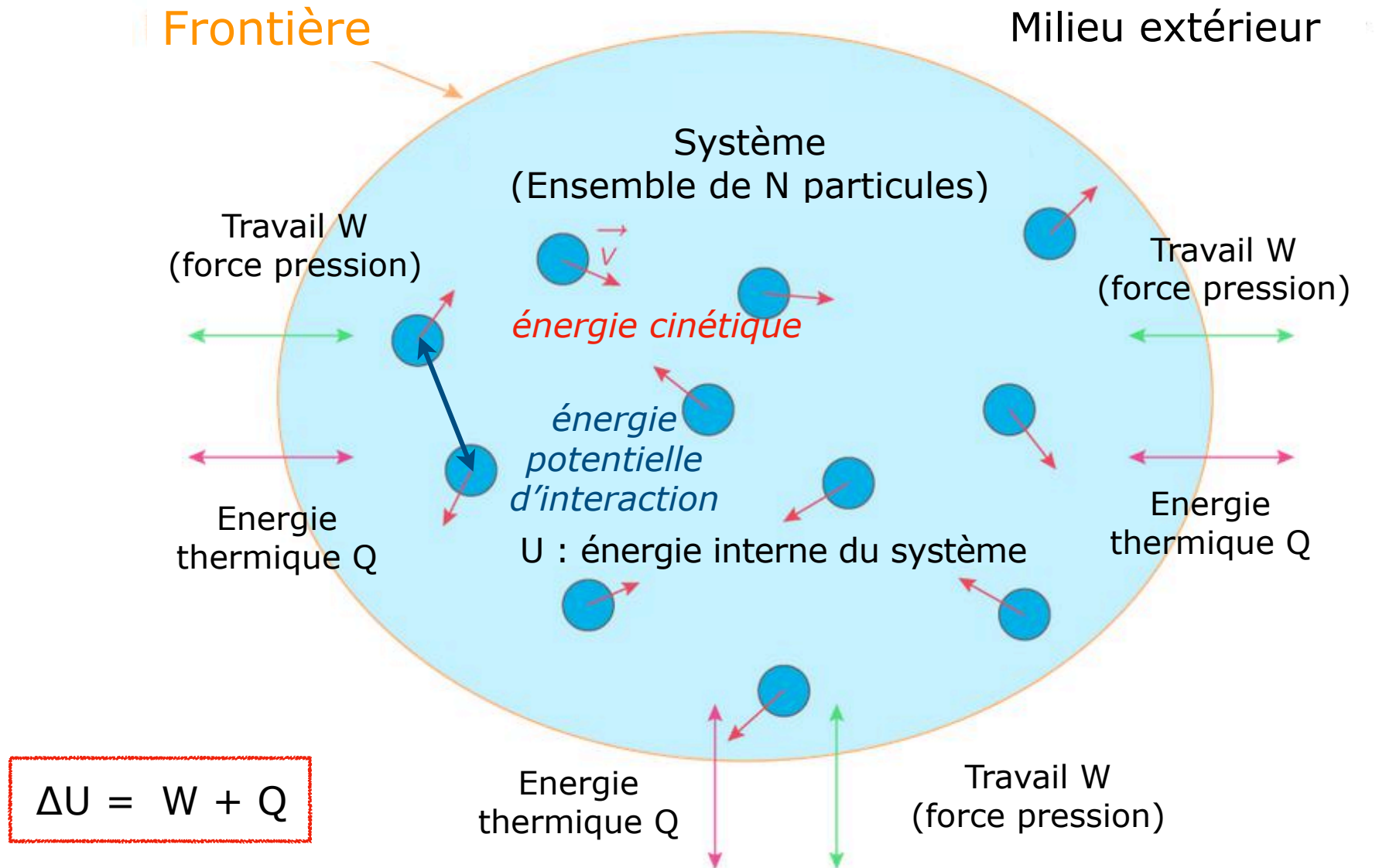
Énergie totale d'un nuage



Énergie Interne

📖 **L'énergie interne U** d'un système thermodynamique est la somme de toutes les énergies **microscopiques** de ses constituants. Elle s'exprime en joules (J).

Premier principe de la thermodynamique



La variation d'énergie interne d'un système fermé est égale à l'énergie qu'il échange avec l'extérieur sous forme de travail et/ou de transfert thermique.

Exemple : bouilloire électrique



W_e correspond à l'énergie reçue du réseau électrique par une bouilloire.

Q l'énergie thermique fournie à l'eau par celle-ci.

Pour la bouilloire :

$W_e > 0$ et

$Q < 0$.

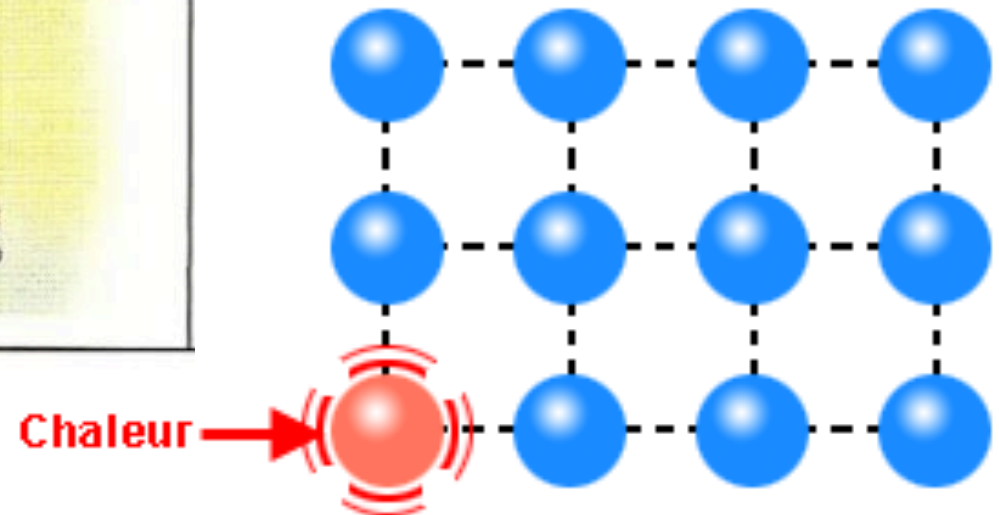
$$Q = C \times \Delta T = m \times c \times \Delta T \text{ avec } \begin{cases} C \text{ capacité thermique (J. K}^{-1}\text{)} \\ c \text{ capacité thermique massique (J. K}^{-1}\text{. kg}^{-1}\text{)} \\ Q \text{ transfert thermique (J)} \\ \Delta T \text{ variation de température (K)} \end{cases}$$

Nom	Capacité thermique massique (J kg ⁻¹ K ⁻¹)
Cuivre	385
Fer	444
Aluminium	897
Éthanol	2500
Eau liquide	4185

Mécanismes physiques de transfert thermique

Transfert par conduction thermique

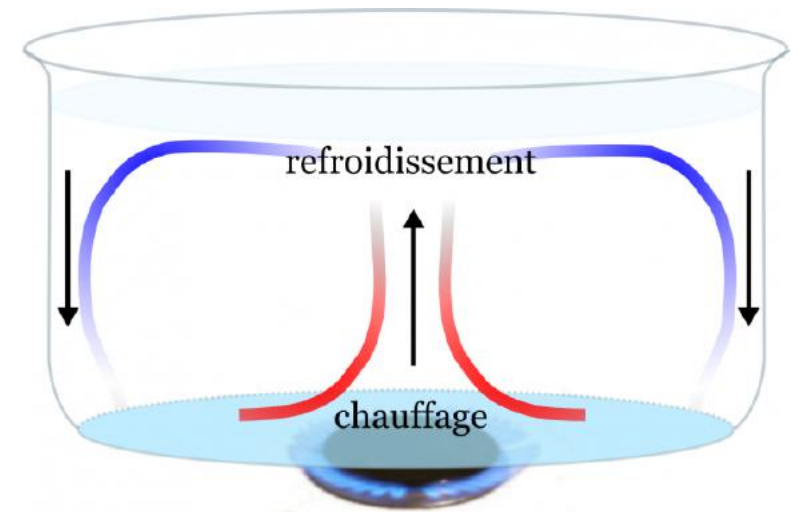
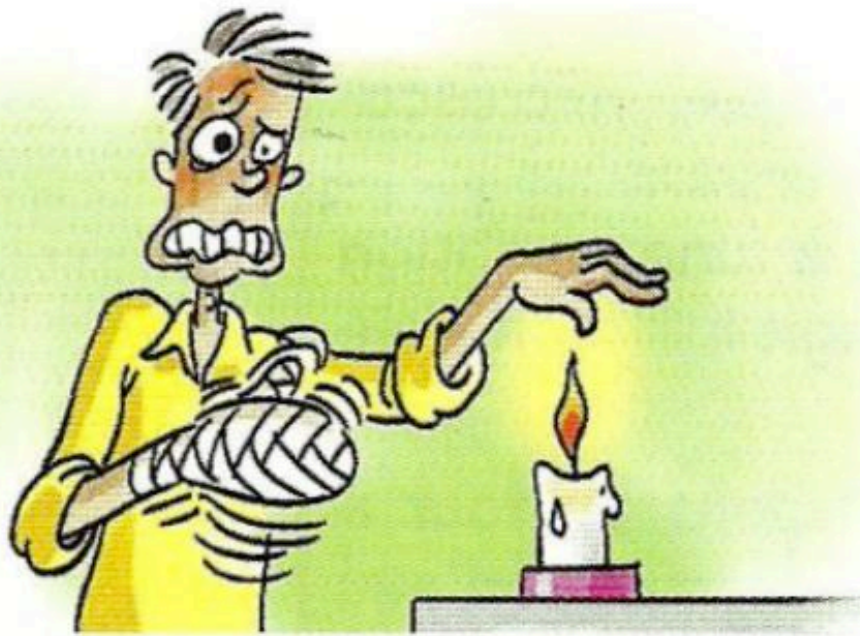
L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, mais sans déplacement d'ensemble de celle-ci.



Mécanismes physiques de transfert thermique

Transfert par convection thermique

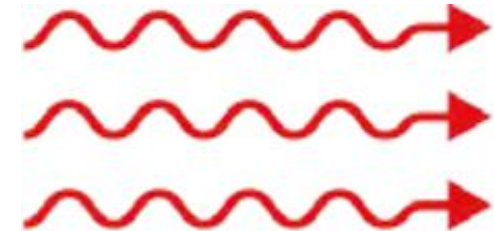
L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière et avec déplacement d'ensemble de celle-ci.

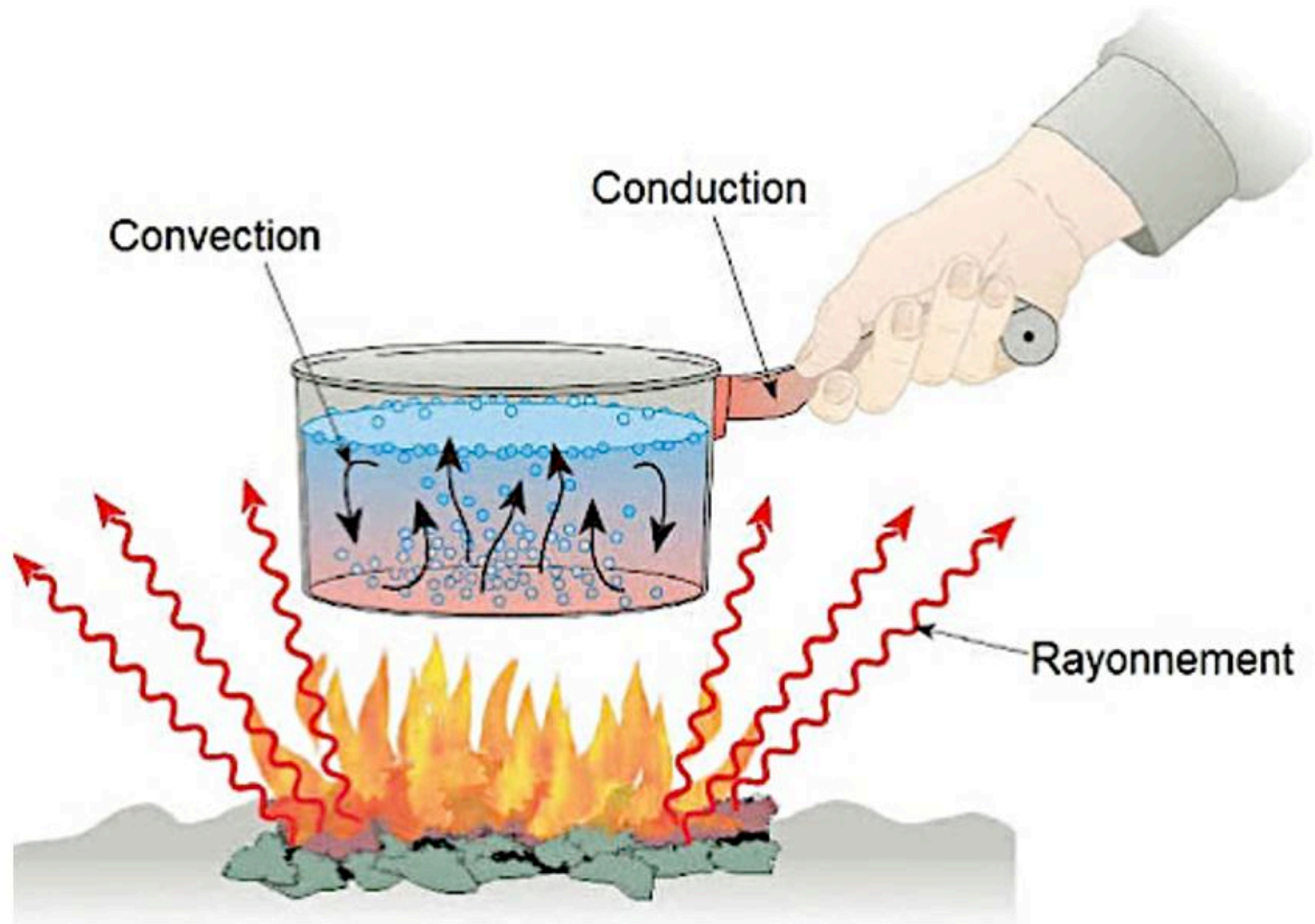


Mécanismes physiques de transfert thermique

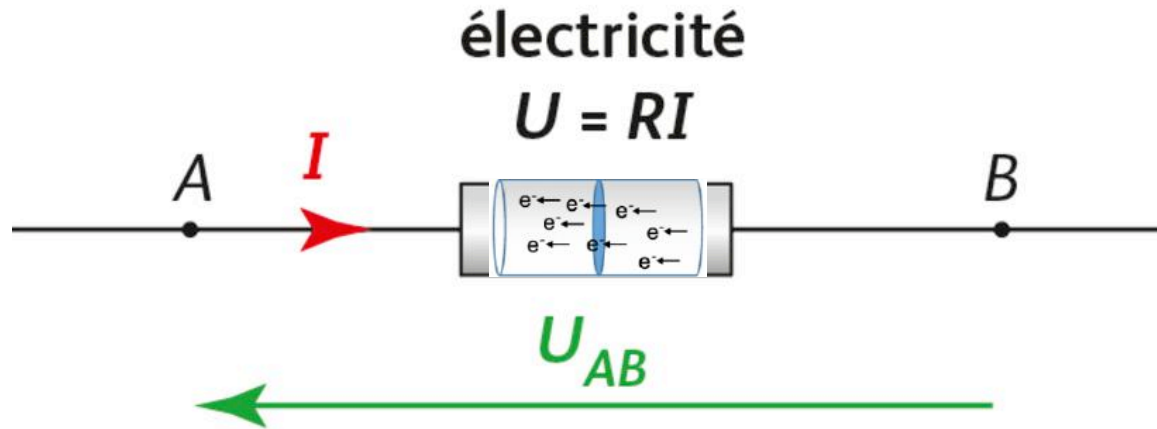
Transfert par rayonnement

L'énergie transportée par rayonnement et reçue par le système accentue l'agitation thermique de la matière. Ce transfert s'effectue même dans le vide.



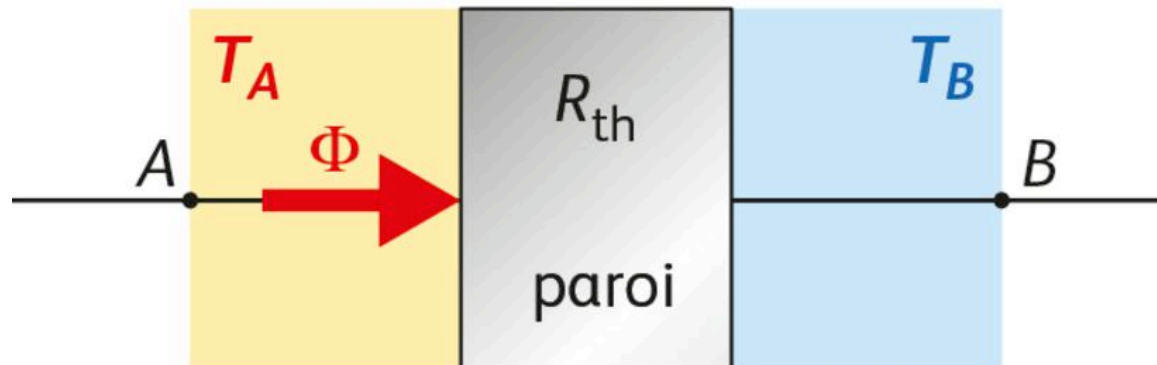


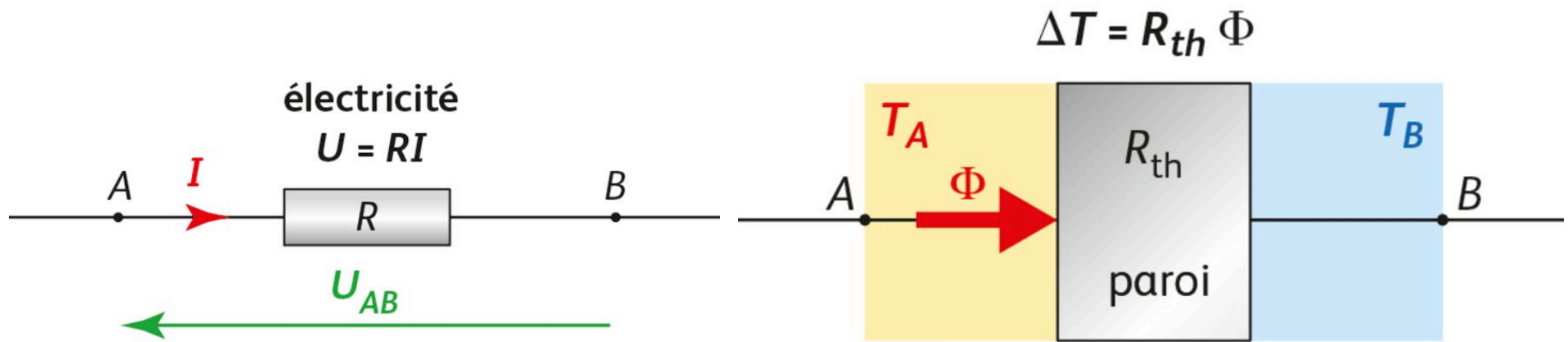
Analogie avec l'électricité



conduction thermique

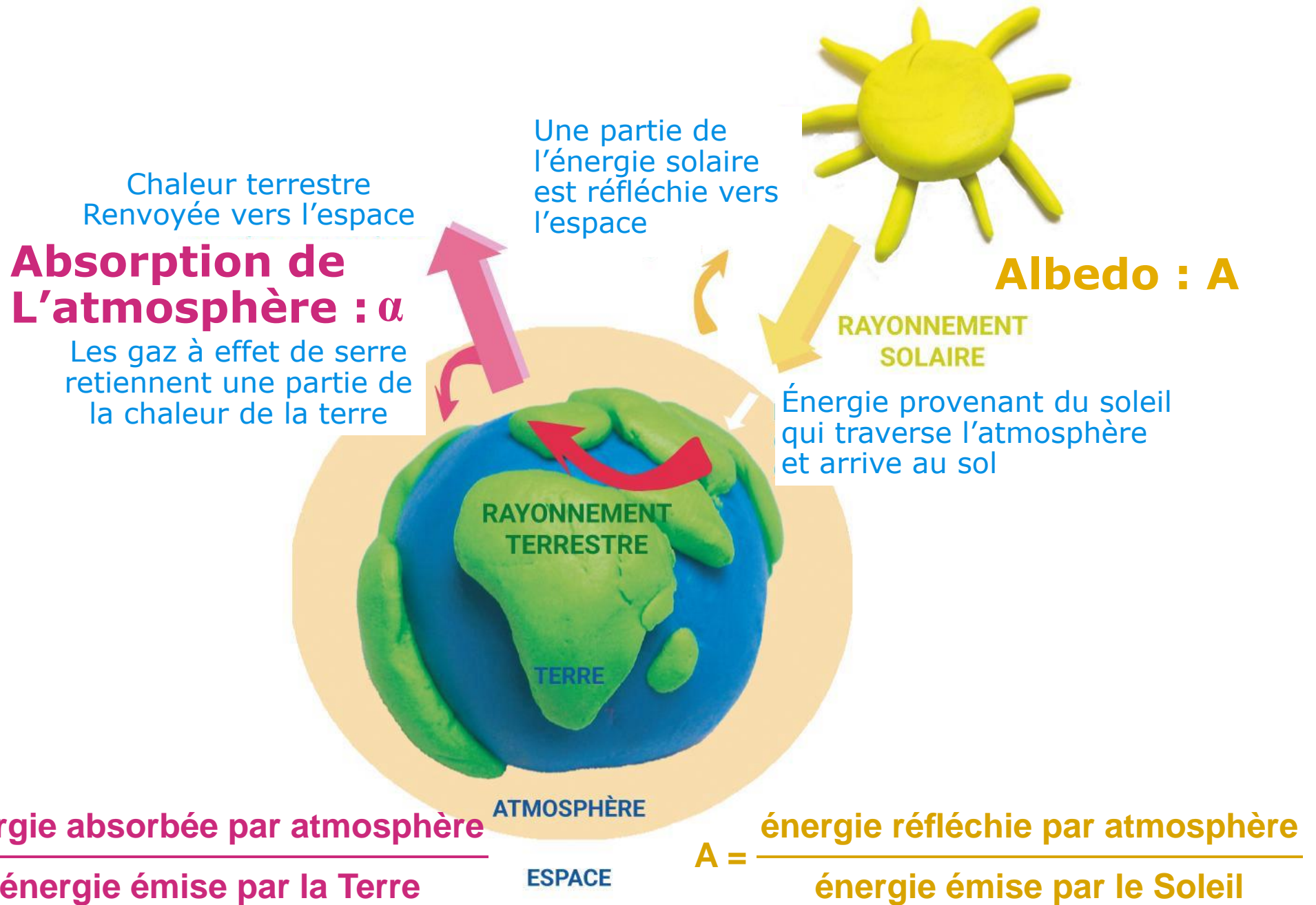
$$\Delta T = R_{th} \Phi$$



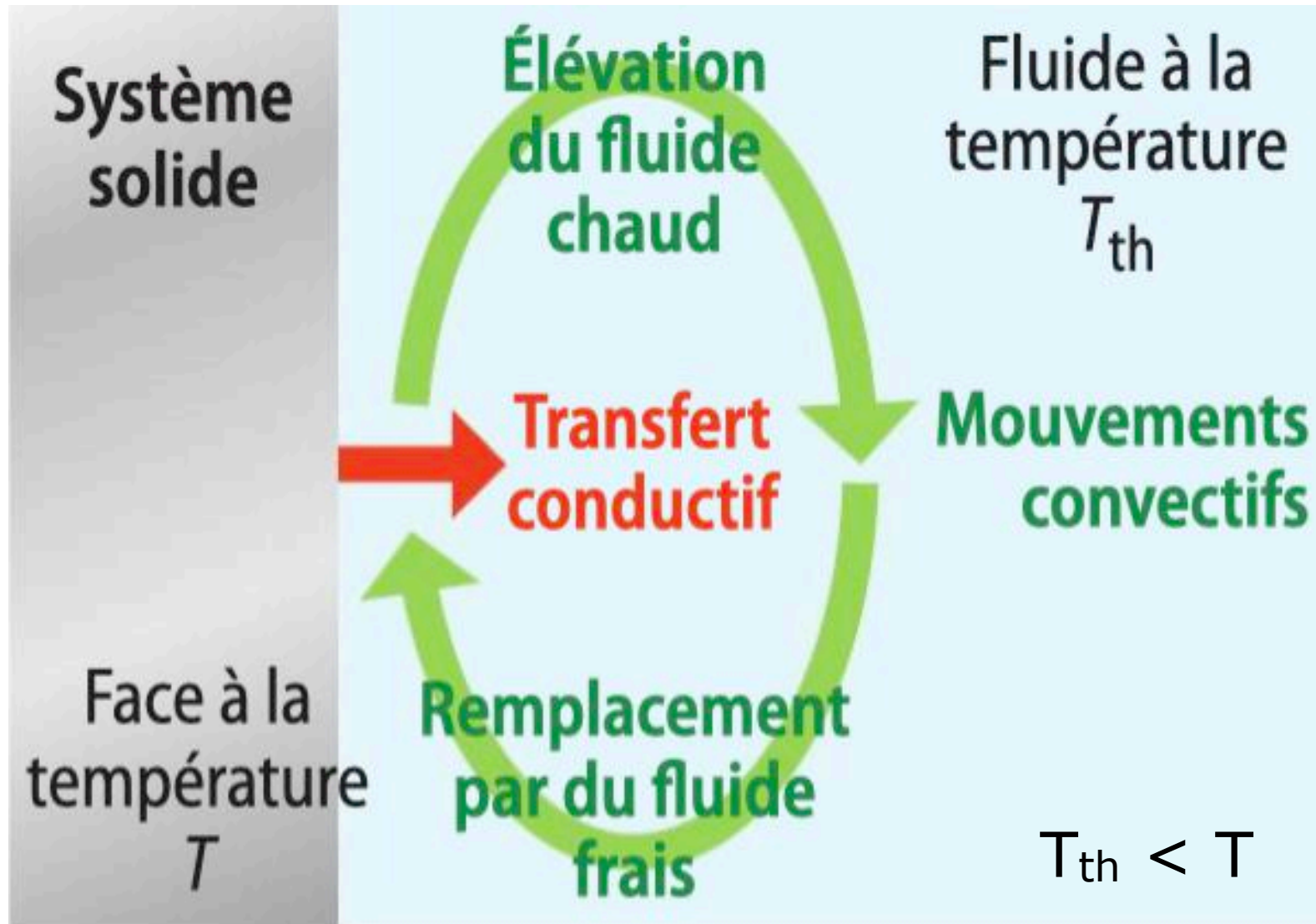


Electricité	Thermique
Tension électrique $U_{AB} = V_A - V_B$	Différence température $\Delta T = T_A - T_B$
Courant électrique I (flux d'électrons)	Flux thermique ϕ
Résistance électrique R	Résistances thermique $R_{\text{thermique}} = e/(\lambda \times S)$

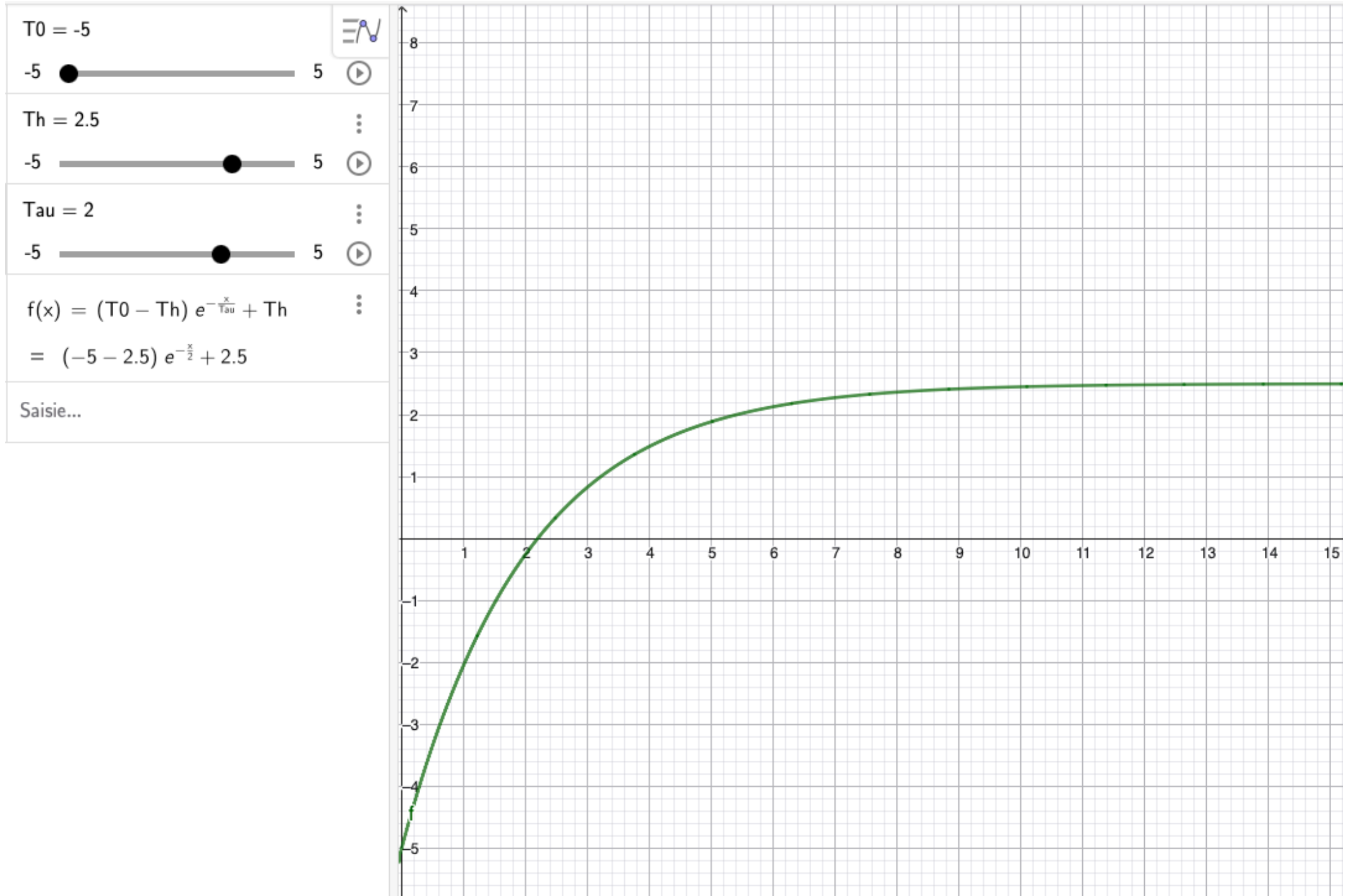
l'effet de serre



Mécanisme conducto-convectif



Réchauffement : $T_0 < T_{th}$



Refroidissement : $T_0 > T_{th}$

