4. Transfert thermique conducto-convectif

a) Loi phénoménologique de Newton

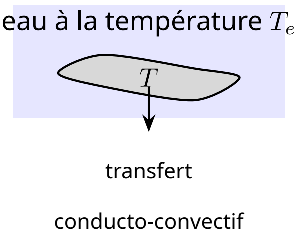
Soit un système incompressible de température initiale T, en contact sur une surface d'aire S avec un fluide de température constante T_e, appelé thermostat. Un transfert thermique s'effectue entre le système et le fluide par conduction (contact) et par convection.

Le flux thermique conducto-convectif transféré à travers la surface d'aire S du système vaut :

$$\boxed{\phi = h \cdot S \cdot (T_e - T)}$$

Donnée

ϕ flux (en W)
h coefficient d'échange convectif (en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
S surface d'échange (en m^2)
T température initiale du système (en K)
T_e température du thermostat (en K)



$S = 1,7\ m^2$; $\theta = 30\ °C$.
$\theta_e = 10\ °C$; $h = 500\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.
Flux thermique transféré :
$\phi = 500 \cdot 1,7 \cdot (10 - 30) = -17\,000\ W \simeq -17\ kW$
$\phi < 0$ car le système **cède** de l'énergie à l'eau.

b) Évolution d'un système au contact d'un thermostat

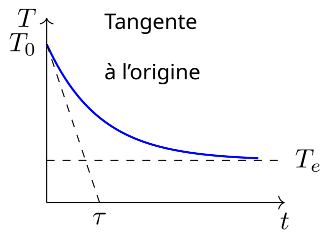
On plonge un corps solide (surface S, cap. thermique c, masse m, temp. initiale T_0) dans un thermostat à T_e. Pendant dt, la température varie de $dT = T(t + dt) - T(t)$.

D'après le 1er principe : $\Delta U = W + Q \implies dU = \delta Q$ (car $\delta W = 0$)
Or $\delta Q = m \cdot c \cdot dT$ et $\delta Q = \phi \cdot dt = h \cdot S \cdot (T_e - T) \cdot dt$

$$\implies m \cdot c \cdot dT = h \cdot S \cdot (T_e - T) \cdot dt$$
$$\implies m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} + h \cdot S \cdot T = h \cdot S \cdot T_e$$

$$\boxed{\frac{dT}{dt} + \frac{1}{\tau} T = \frac{1}{\tau} \cdot T_e}$$

avec $\tau = \frac{m \cdot c}{h \cdot S}$ (en s)



Solution de l'équation différentielle : $T(t) = A + B \cdot e^{-t/\tau}$
À $t = 0, T(0) = T_0 \implies A + B = T_0$
À $t \to \infty, T \to T_e \implies A = T_e$
D'où $B = T_0 - T_e$ et $T(t) = T_e + (T_0 - T_e) \cdot e^{-t/\tau}$