

Freinage d'un glisson

Frottement de l'air

solide

eau

$$\begin{aligned} Re < 1 & \quad f_{air} = -\alpha \vec{v} \quad \text{ou} \quad f_{air} = -\frac{1}{2} \rho C_x S v^2 \vec{e}_x \quad C_x = 1,1 \quad (\text{pour une plaque}) \\ f_{sol} &= -\mu R \vec{e}_x = -\mu P \vec{e}_x \quad \mu_{glace, metal} = 0,02 \\ f_{eau} &= -\eta \frac{dV}{dz} \vec{e}_x \quad \text{où } V \text{ selon écoulement de Couette plan} \\ f_{eau} &= -\frac{\eta}{e} v(t) \vec{e}_x \quad V = \frac{v(t)}{e} z \end{aligned}$$



en régime stationnaire laminaire

Données

$$\begin{aligned} \eta_{air} &\approx 10^{-6} \text{ Pa.s} \\ \eta_{eau} &\approx 10^{-3} \text{ Pa.s} \\ \lambda_{metal} &= 102 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1} \\ \lambda_{glace} &= 31 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1} \\ L_{fus.ion} &= 334 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ \lambda_{eau} &= 0,6 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1} \\ C_s &\approx 1 \end{aligned}$$

Hyp: Table horizontale.
glace = cube de 1 cm de côté : $l \approx 1 \text{ cm}$
1^{re} phase: freinage à sec: $f_{gliss, air}$
 $0 < t < t_0$
 $Re \approx \frac{\rho_{air} v_0 l}{\eta_{air}}$; $Re < 1$ si $v_0 < \frac{\eta_{air}}{\rho_{air} l} = \frac{10^{-6}}{10^{-2}} = 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$

$$Re > 10^3 \text{ si } v_0 > 10^3 \frac{\eta_{air}}{\rho_{air} l} = 10^{-1} \text{ ms}^{-1}$$

* On considère donc au début du mouvement que $f_{air} = -\frac{1}{2} \rho C_s S v^2 \vec{e}_x$; $S = l^2$

$$* f_{sol} = -\mu mg \vec{e}_x$$

T.C.I: $m \dot{v} = -\mu mg - \frac{\rho C_s S v^2}{2}$

Ordres de grandeur: $\mu mg \approx 10^3 \cdot (10^{-2})^2 \times 10 = 10^{-2} \text{ N}$ ($\mu \approx 1$)

$$\rho_{air} C_s S v_0^2 \approx 1 \times (10^{-2})^2 \times v_0^2 = 10^{-4} v_0^2$$

$$\rho_{air} C_s S v_0^2 \approx \mu mg \text{ si } v_0 \approx 10 \text{ ms}^{-1}$$

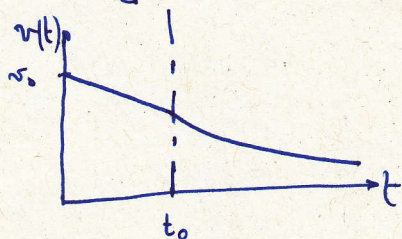
Hypothèse: frottement négligeable

$$\Rightarrow \dot{v} = -\frac{\mu g}{m} \rightarrow v(t) = -\frac{\mu g}{m} t + v_0$$

(ou) Énergétiquement $dE_c = S W = m \dot{v} v dt = -\mu g dx \rightarrow \dot{v} = -\frac{\mu g}{m}$

2^e phase: Une couche de glace fondue forme un film lubrifiant de freinage se fait par cisaillement.

$$m \dot{v} = -\frac{\eta}{e} v(t) \rightarrow \dot{v} + \frac{\eta}{e m} v = 0 \rightarrow v(t) = v(t_0) e^{-(t-t_0)/\tau} \quad \text{où } \tau = \frac{e m}{\eta}$$



- Questions: 1) Quelle masse de glace fondue pour passer au freinage par cisaillement?
- 2) Condition du régime stationnaire dans l'écoulement de Couette sous le glacon.
- 3) la perte de masse du glacon nécessaire au bilan de qte' de mouvement.

1) Ex: 100 couches moléculaires $e \approx 100 \times 100 \text{ pm} = 10^{-8} \text{ m}$

Masse de glace fondue $m = e \times l^2 \times \rho_{\text{eau}} = 10^{-8} \times 10^{-4} \times 10^3 = 10^{-9} \text{ kg} = 10^{-6} \text{ g}$

Energie de fusion nécessaire: $\Delta H = m \times l_{\text{fusion}} = 334 \times 10^{-6} \text{ J} = 0,334 \times 10^{-3} \text{ J}$

La hyp: cette énergie vient de la perte d'énergie cinétique du glacon

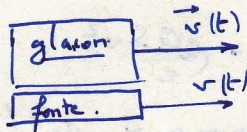
$\Delta H = -\Delta E_c \rightarrow v(t_0) = \sqrt{v_0^2 + \frac{2}{m_g} \Delta H}$; $m_g = 0,92 \text{ g} \approx 1 \text{ g}$

$v(t_0) = \sqrt{v_0^2 + \frac{2}{10^{-3}} \times 0,334 \times 10^{-3}} \approx \sqrt{v_0^2 + 0,6}$

2) Evolue la durée de diffusion dans la pellicule d'eau. $D = \frac{e^2}{\tau}$

$\tau = \frac{e^2}{D} = \frac{e^2}{2/\rho c} = \frac{10^{-8}}{0,6/10^3 \times 4,18 \times 10^3} = \frac{10^{-8} \times 4,18 \times 10^6}{0,6} \approx 10^{-2} \text{ s}$

3)



$\vec{p}(t) = m_g(t) \vec{v}(t)$

$\vec{p}(t+dt) = (m_g(t) - dm) \vec{v}(t+dt) + dm \vec{v}(t+dt)$

$\approx m_g(t) \vec{v}(t) + m_g(t) \cdot d\vec{v} - dm \vec{v} + dm \vec{v}$

$\frac{d\vec{p}}{dt} = m_g(t) \frac{d\vec{v}}{dt}$