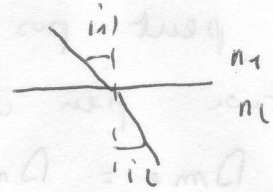
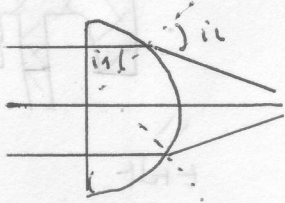


I Observation du Fort Boyard

1) $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ et les rayons sont ds le m plan.



2) Sur le 10 dioptr : incidence normale $\Rightarrow i_1 = 0$ d'où $i_2 = 0$ -- non dévié

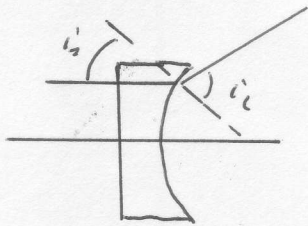


$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

$$\text{or } n_1 > n_2 \Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 > \sin i_1$$

et sin croissante sur $[0, \pi/2]$

$$\Rightarrow i_2 > i_1$$



3) 1) -- convergente -- F' après la lentille

2) -- divergente -- F' avant "

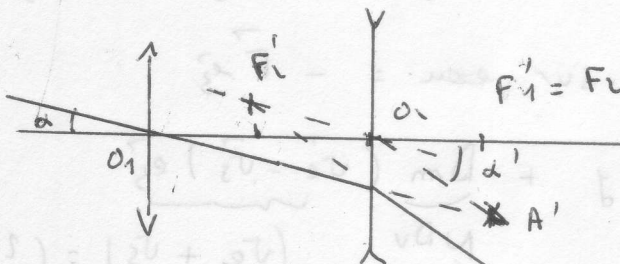
4) afocal si $F'_1 = F_2$ -- $l = |\overline{O_1 O_2}| = |\overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 O_2}|$

$$= |\overline{O_1 F'_1} + \overline{F'_1 O_2}|$$

$$= |f'_1 - f_2|$$

$$= |f'_1 + f'_2|$$

$$= |f'_1 - |f'_2||$$



6) l'image est droite, l'image d'un point haut est en haut comme sans jumelle. ou $\frac{d'}{d} > 0$

7) on utilise le triangle $O_2 A' F_2$ -- $\tan d' \approx d' = \frac{F_2 A'}{|F'_2|}$
 " " " " $O_2 A' F'_1$ -- $\tan d \approx d = \frac{F_2 A'}{F'_1}$

$$\frac{d'}{d} = \frac{F'_1}{|F'_2|}$$

8) $G = 20 = \frac{F'_1}{|F'_2|}$ et $l = f'_1 - |F'_2| = 0,45 = 19 |F'_2|$

$$|F'_2| = \frac{0,45}{19} \approx 1,3 \text{ cm}, \quad F'_1 = 20 \times |f'_2| = 26 \text{ cm}$$

II Fort boyard

1) Le système échange de la matière $\rightarrow$ système ouvert.
On ne peut pas appliquer directement la RFD.

2) question peu claire mais stationnaire $\Rightarrow D_m = 0$

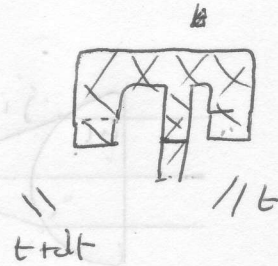
$$D_{me} = D_{ms} \rightarrow \rho V_e S_e = \rho \times V_s \times 2 S_s$$

$$V_e S_e = 2 V_s S_s$$

3)

$$\text{à } t \quad \Sigma \rightarrow d_{me} + m_{\text{ouvert}}(t)$$

$$\text{à } t+dt \rightarrow d_{ms} = d_{me} + m_{\text{ouvert}}(t+dt)$$



4) $D_v = \iint \vec{v}^2 dS = 0$ car incompressible.

$$S_e v_e = 2 V_s S_s$$

$$5) \frac{d\vec{P}_F}{dt} = \frac{\vec{P}_F(t+dt) - \vec{P}_F(t)}{dt} = D_{ms} \vec{v}_s - D_{me} \vec{v}_e$$

$$= \Sigma \vec{P} = P_e S_e \vec{e}_3 + 2 P_o S_s \vec{e}_3 + M_{eau} \vec{y} - F \vec{e}_3$$

$$\text{car ici on veut } \vec{F}_{\text{parois sur eau}} = -F \vec{e}_3$$

$$F = P_e S_e + 2 P_o S_s - M_{eau} y + \frac{D_m}{\rho D_v} (\vec{v}_e - \vec{v}_s) \cdot \vec{e}_3$$

$$(\vec{v}_e + \vec{v}_s) = \left(\frac{2 V_s S_s}{S_e} + v_s \right)$$

$$+ \rho D_v \underbrace{v_s 2 S_s}_{D_v} \left(\frac{1}{S_e} + \frac{1}{2 S_s} \right)$$

6) Écoulement stationnaire, incompressible et parfait.

Pos d'autres forces que le poids et la pression.

$$P + \rho g z + \rho \frac{v^2}{2} = \text{cte} \quad \text{ici entre l'entrée et la sortie.}$$

$$P_e + \rho g z_e + \rho \frac{v_e^2}{2} = P_s + \rho g z_s + \rho \frac{v_s^2}{2}$$

$$\begin{matrix} \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ 0 & P_o & H \end{matrix}$$

$$P_e = P_o + \rho g H + \rho \frac{v_s^2 - v_e^2}{2}$$

$$v_e^2 = \frac{D_v^2}{S_e^2}$$

$$= P_o + \rho g H + \frac{\rho}{2} D_v^2 \left(\frac{1}{4 S_s^2} - \frac{1}{S_e^2} \right)$$

$$v_s^2 = \frac{D_v^2}{4 S_s^2}$$

$$7) F = P_0 (S_e + 2S_s) - M \rho g + \rho g H S_e + \rho Dv' \left(2 + \underbrace{\frac{S_e}{L} \left(\frac{1}{4S_s} - \frac{1}{S_e} \right)}_B \right)$$

$$8) \text{Donc on a } M \rho g = \rho S_e H$$

$$\text{d'où } F = P_0 (S_e + 2S_s) + \rho Dv' B$$

9) On applique le RFD à candidat + planche $\rightarrow$ système fermé

$$M = (M_c + M_{fl}) \quad \rightarrow \quad \vec{0} = M \frac{d\vec{v}}{dt} = M \vec{g} + F \vec{e}_y + \vec{F}_{pression}$$

$$\vec{F}_{pression} = \iint_S P_0 d\vec{S} \quad \text{sur la surface du système.}$$

Or c'est toute la surface fermée qui entoure le candidat et la planche sauf là où il y a de l'eau

$$\vec{F}_{pression} = \iint_{\vec{0}} P_0 (-d\vec{S}) = [P_0 S_e + 2P_0 S_s] \vec{e}_y$$

$$\text{D'où } -Mg - P_0 S_e - 2P_0 S_s + F = 0 \rightarrow Mg = \rho Dv' B$$

$$10) S_e = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{et} \quad S_s = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad Dv = \sqrt{\frac{Mg}{\rho B}}$$

$$v_e = \frac{Dv}{S_e} = 7,15 \text{ m/s}$$

$$v_s = \frac{Dv}{2S_s} = 12,0 \text{ m/s}$$

$$11) \Delta P = P_e - P_0 = \rho g H + \frac{\rho}{L} Dv \left(\frac{1}{4S_s} - \frac{1}{S_e} \right) = 0,9 \text{ bar}$$

$$12) \rho \rightarrow \text{Nm}^{-2} = \text{kg m s}^{-2} \text{ m}^{-2} = \text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$\frac{\mu l}{dl} = \text{kg m}^{-1} \quad \text{d'où } a=2 \quad \text{et } b=1$$

$$13) \text{Puissance de la force de pression} = P_e S_e \vec{e}_y \vec{v}_e + (P_0 2S_s \vec{e}_y \vec{v}_s) \\ = (P_e + \Delta P_c) S_e v_e - P_0 2S_s v_s = Dv (P_e + \Delta P_c - P_0)$$

A priori le modèle est trop simple.

III. Seihen der sal $\text{Ag}^+ + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = (\text{Ag}^+ + 2\text{H}^+) + \text{CO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

1) C'est la pression de la vapeur d'eau à l'équilibre avec l'eau liquide.

Pour que l'eau du sol s'évapore il faut rompre l'équilibre et pour ça il faut $P_{H_2O} < P_{set}$

$P_{H_2O} = P_{\text{sat}}$ = pression partielle de H_2O de l'air.

2) S'il y a du vent de h de $\vec{j} = h(P(H) - P_{sat}(e))$
 $\rightarrow$ et donc le flux $\rightarrow$. Sinon, l'air humide est
 chassé et remplacé par de l'air sec $\rightarrow$ on est toujours
 hors équilibre

3) $\bar{f}_N = -D \text{ grad } n \rightarrow m^{-3}$

4) Bilan de particules entre x et $x+dx \rightarrow dN = 0$
car N ne varie pas sur le temps or $dN = SN$ échangé
 $\rightarrow \frac{SN}{dt}^{stat} = \frac{SN}{dt}^{subst} \rightarrow \underline{\phi_j = ub}$

s) equacion de la diffusion $\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial z^2} = 0 = D \frac{d^2 n}{dz^2}$

$$n(\vec{r}) = A_3 \text{FB} \text{ etc} \quad n(\vec{r}) = \text{or } \phi_s = \iint -D \frac{\partial n}{\partial x} \vec{e}_3 d\vec{S}$$

$$\phi_s = -DS \frac{dn}{dr} \quad \therefore dn = -\frac{\phi_s}{DS} dr$$

$$\rightarrow n(z) - n(z_m) = - \frac{\phi_f}{\rho_s} (z - z_m)$$

$$\therefore n(z) = n(z_m) + \frac{ds}{ds} (z_m - z)$$

6) Loi des gaz parfaits $PV = nRT = \frac{N}{N_A} RT$

$$n = \frac{W}{V} = \frac{P \cdot A \cdot \Delta x}{RT} \quad \therefore n_{\text{vap}} = \frac{P_{\text{Na}} \cdot A}{RT} \quad \text{and } P = P_{\text{set}}$$

$$7) \quad n_{\text{rep}}(z) = \frac{N_{\text{a}} P_{\text{sat}}}{RT} + \frac{\phi_s}{DS} (z_m - z)$$

$$8) \quad P(H) = n_{\text{vap}}(H) \frac{RT}{cA} = P_{\text{sat}} + \frac{\phi_s}{DS} \frac{RT}{cA} (z_m - H)$$

9) A l'interface, ϕ est continue $\rightarrow$ ce qui entre = ce qui sort $\rightarrow Sh(P(H) - P_{\text{sat}}) = -D \frac{dn_{\text{vap}}(H)}{dx} \times S = \phi_s$

$$\phi_s = Sh \left(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}} + \frac{\phi_s}{DS} \frac{RT}{cA} (z_m - H) \right)$$

$$\phi_s \left(1 + h \frac{RT}{DcA} (H - z_m) \right) = Sh(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})$$

$$\phi_s = \frac{Sh(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}{1 + \frac{RT}{DcA} h (H - z_m)}$$

10) L'idée est que ϕ_s = Débit de molécules d'eau qui sortent de la petite cuiller $\rightarrow$ Pour l'eau liquide on a

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= -\phi_s \quad \text{or} \quad \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} (n_{\text{liq}} \times S \times z_m(t)) \\ &= n_{\text{liq}} \times S \times \frac{dz_m}{dt} \\ &= -\phi_s \end{aligned}$$

11)

$$n_{\text{liq}} \times S \times \frac{dz_m}{dt} = - \frac{Sh(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}{1 + h \frac{RT}{DcA} (H - z_m)}$$

$$dz_m \left(1 + h \frac{RT}{DcA} (H - z_m) \right) = - \frac{Sh(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}{n_{\text{liq}}} dt$$

on veut $z_{\text{seiche}} / z_m(z_{\text{seiche}}) = 0$ et $z_m(0) = H$

on intègre entre 0 et z_{seiche} soit $z_m = H$ et $z_m = 0$

$$\int_H^0 dz_m \left(1 + h \frac{RT}{DcA} (H - z_m) \right) = - \frac{h(P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}{n_{\text{liq}}} \times z_{\text{seiche}}$$

$$\left[3m + \frac{hRT}{D\delta a} \left(H_{3m} - \frac{3m}{c} \right) \right]_H = -H + \frac{hRT}{D\delta a} \left(+ \frac{H'}{c} + H' \right)$$

$$= -H + \frac{hRT H'}{2D\delta a}$$

d'où $\tau_{\text{sechage}} = \frac{H + \frac{hRT H'}{2D\delta a}}{\frac{h}{n_{liq}} (P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}$

11) Question peu claire mais ils veulent que l'on analyse

$$H + \frac{hRT}{2D\delta a} H' = H \left(1 + \frac{hRT}{2D\delta a} H \right)$$

$\frac{1}{H_{\text{lin}}}$

si $H \gg H_{\text{lin}}$ on a $\tau_{\text{sechage}} = \frac{H'/H_{\text{lin}}}{\frac{h}{n_{liq}} (P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})} \approx \frac{H'}{a\delta}$

on retrouve $\tau_{\text{diff}} \approx \frac{L^2}{D}$ - le diffusif l'emporte

si $H \ll H_{\text{lin}}$ on a $\tau_{\text{sech}} \approx \frac{H}{\frac{h}{n_{liq}} (P_{\text{sat}} - P_{\text{at}})}$

13) on a des échelles $\neq$ pour H

Fig 11 $\rightarrow H \approx \text{cm}$ Fig 12 $\rightarrow H \approx \text{mm}$
 L on a une parabole $\rightarrow H \gg H_{\text{lin}}$ L on a une "droite" $H \ll H_{\text{lin}}$

Trouver H_{lin} sur le dessin me paraît difficile, on peut l'estimer de l'ordre du mm

($H \approx \text{cm}$ on est en parabole - $H \gg H_{\text{lin}}$)

Sinon on a les valeurs numériques pour l'AN
 $H_{\text{lin}} \approx 4 \text{ mm}$

IV Circulation capillaire

1) cf cours $Re = \frac{\rho V \times D}{\eta}$ si $Re \ll 1$ la viscosité pilote l'écoulement.

2) Il faut connaître la ~~nombre~~ longueur d'un capillaire sachant $L_{tot} = 10^8 \text{ m}$, il manque $N = \text{nombre de capillaires}$

$$\text{or } G = 0.5 \text{ m}^3 = N \times \pi R^2 = N (3 \times 10^{-10}) \dots N = \frac{0.5}{3} 10^{10}$$

$$l = \frac{L_{tot}}{N} = \frac{3}{0.5} 10^{-2} = 6 \text{ cm}$$

3)

$$D_m = \rho v_{moy} \times \pi R^2 \rightarrow \text{inutile ici}$$

$$\text{on utilise } D_m = \rho D_v \text{ et } D_v = \frac{\delta V}{\delta t} = \frac{V_0}{15} = 6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

ceci est la D_m totale la période d'attente par seconde.

$$\text{Pour 1 capillaire on a } D_{m \text{ cap}} = \frac{D_m}{N} = \rho \frac{10^{-4}}{0.5 \times 10^{10}} = 6.6 \times 10^{-14} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{or } v_{moy} = \frac{D_{m \text{ cap}}}{\rho \pi R^2} = \frac{6.6 \times 10^{-14}}{1.1 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\text{d'où } Re = \frac{\rho v_{moy} \times 2R}{\eta} = \frac{1.1 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-4}}{1.6 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^{-3}$$

on a bien un écoulement piloté par la viscosité.

$$4) \text{ div } \vec{v} = 0 = \frac{\partial v}{\partial z} \rightarrow v(r) \rightarrow \vec{v} = v(r) \vec{e}_z$$

$$\frac{D\vec{v}}{Dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} = 0 + \left(v \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right) v(r) \vec{e}_z$$

$$5) \text{ cf cours RFD } m \vec{a} = \vec{0} = \eta \frac{\partial v}{\partial r} \times 2\pi r dz \vec{e}_3 + \frac{dp}{dz} S \vec{e}_3 \quad \text{or } S = \pi r^2$$

$$\eta \frac{dv(r)}{dr} \frac{2}{r} = \frac{dp}{dz}(z) \quad \rightarrow f(r) = g(z) \quad \forall r \text{ et } \forall z$$

$$\text{d'où } \frac{dp}{dz} = K = \text{cte} = \frac{2\eta}{r} \frac{dv}{dr} = \text{cte}$$

6) cf cours $v(r) = \frac{r^2 a}{4\eta} \frac{dp}{dz} + \text{cte}$ or $v(R) = 0$
 d'où $v(r) = \frac{1}{4\eta} \frac{dp}{dz} (r^2 - R^2)$

7) $D_m = \rho D_v = \rho \iint \vec{v} d\vec{S} = \rho \iint v(r) \vec{e}_z R d\theta dr \vec{e}_z$
 $= \rho \int_0^{2\pi} d\theta \times \frac{1}{4\eta} \frac{dp}{dz} \int_0^R (r^2 - R^2) r dr$
 $= \rho \frac{\pi}{2\eta} \frac{dp}{dz} \left[\frac{r^4}{4} - \frac{R^2 r^2}{2} \right]_0^R$

$D_m = - \rho \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{dp}{dz}$ 2. $\left| \frac{dp}{dz} \right| = D_m \frac{8\eta}{\rho \pi R^4}$
 R_v

8) si l'écoulement va de la gauche vers la droite $+\vec{e}_z$ on doit avoir $\frac{dp}{dz} < 0 \Rightarrow P(0) > P(l)$ $\Delta P = P(0) - P(l)$

et $\frac{\Delta P}{l} = D_m \frac{8\eta}{\rho \pi R^4} \Rightarrow \Delta P = D_m \text{cap} l \frac{8\eta}{\rho \pi R^4}$

9) Puissance = $\vec{F} \cdot \vec{v} = P_S v \approx 10^3 \text{ Pa}$

+ $P_e S_e v_e$ et $- P_s S_s v_s \rightarrow$ Puissance tot = $\frac{D_v}{S_v} (P_e - P_s)$

Puissance = $\frac{D_m}{\rho} \Delta P = \frac{D_m l R_v}{\rho}$

10) Puissance = $\frac{1,3 \times 10^3 \times 66 \times 10^{-11}}{1,1 \times 10^3} = 10^{-10} \text{ W}$ pour 1 capillaire

$\hookrightarrow$ total $\rightarrow$ pour le coeur
 $\hookrightarrow P = 0,15 \text{ W}$