

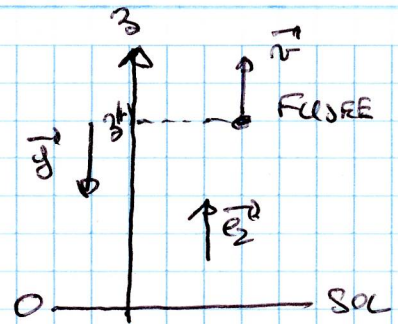
flu01

TRÈS CALCULATOIRE

(a) Cg COURS - CALCUL LOURD

FORCE DE POUSÉE

$$\vec{T} = + Q_{el} \vec{e}_2$$



(b) POUR QUE LA FUJÉE DÉCOLLE, IL FAUT QUE, AU DÉPART, LA FORCE DE POUSÉE SOIT SUPÉRIEURE AU POIDS EN NORME

$$\hookrightarrow Q_{el} > (m_0 + m_c) g \Rightarrow Q_{min} = \frac{(m_0 + m_c) g}{\alpha}$$

(c) JE POSE $\alpha / Q = \alpha Q_{min}$

REF : TERRESTRE GALILEEN
SYSTÈME : FUJÉE EN VOL

(c) A $t=0$ $z=0$ $v=\dot{z}=0$ LE MOTEUR FUJÉE DÉMARRE
LA FUJÉE DÉCOLLE
 $t > 0$ PLUS DE CONTACT AVEC LE SOL

PPD $m(t) \vec{a} = m(t) \vec{g} + \vec{T}$ TANT QUE $m(t) \geq m_0$

Donc totale $m(t) = (m_0 + m_c) - \alpha t$
 $= (m_0 + m_c) \left[1 - \frac{\alpha g t}{g} \right]$

POUR $t / m(t) \geq m_c$ DONC $t \leq t_{max} = \left(\frac{m_c}{m_0 + m_c} \right) \frac{g}{\alpha g}$

$$\ddot{z} = \vec{a} = -g + \frac{Q_{el}}{m} = -g + \frac{\alpha g}{1 - \frac{\alpha g t}{g}}$$

INTEGRATION $\int dt$ $v(t) = -gt - g \ln \left(1 - \frac{\alpha g t}{g} \right) + Cte$ (c)

Puis $v_{max} = v(t_{max})$ (ENSUITE, LE POIDS EST RÉSIDUEL
DONC LA VITESSE RAJONNE)

$$\hookrightarrow v_{max} = g \left[\ln \left(\frac{m_0 + m_c}{m_0} \right) - \frac{m_c}{\alpha (m_0 + m_c)} \right]$$

(AD) OK

AN α - FROTTEMENTS NÉGLIGÉS
RÉSULTAT PEU RÉALISTE

REF : TERRESTRE GALILEEN

SYST : BILLE NAJDE $m = \frac{4\pi b^3}{3} \mu_0$
PLUS PRATIQUE.

FORCES APPLIQUEES :

* POIDS $\vec{P} = \mu_0 \frac{4\pi b^3}{3} \mu_0 \vec{g}$

* ARCHIMEDE $\vec{\pi} = -\mu \frac{4\pi b^3}{3} \mu_0 \vec{g}$

* TENSION DU RESSORT $\vec{T} = -k(\ell_{eq} + z(t) - \ell_0) \vec{e}_z$

* STOKES $\vec{f} = -6\pi\eta b \vec{v}$

[PFD] $m \vec{a} = \vec{P} + \vec{\pi} + \vec{T} + \vec{f}$
 $= \vec{P} + \vec{\pi} - k(\ell_{eq} - \ell_0) \vec{e}_z - k z \vec{e}_z + \vec{f}$

① EQUILIBRE $z = cte \quad \dot{z} = 0 \quad \ddot{z} = 0$
DONNE $\ell_{eq} = \dots$

② LE PFD DEVIENT $m \vec{a} = -k z \vec{e}_z - 6\pi\eta b \dot{z} \vec{e}_z$

$\rightarrow \ddot{z} + \left(\frac{6\pi\eta b}{m}\right) \dot{z} + \left(\frac{k}{m}\right) z = 0$

$\Rightarrow \left[\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \right] \quad \left[\lambda = \frac{1}{2\omega_0} \left(\frac{6\pi\eta b}{m} \right) = \frac{3\pi\eta b}{\sqrt{k m}} \right]$

③ OH POUR $\lambda = 0 \Rightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

④ ON CHERCHE UNE BASE DES SOLUTIONS EN INTUANT $z(t) = z_0 e^{\lambda t}$
 $z_0 \neq 0$

L'EQUA DIFF $\Rightarrow$ POLYNOME $\lambda^2 + 2\lambda\omega_0\lambda + \omega_0^2 = 0$
 $\Delta = 4\omega_0^2(\lambda^2 - 1)$

REGIME PSEUDO-SINUSOÏDAL $\Delta < 0 \quad \lambda > 1$

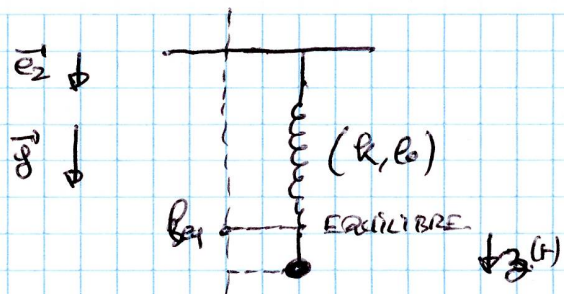
$\rightarrow \lambda = \frac{-2\omega_0\lambda \pm \omega_0\sqrt{1-\lambda^2}}{2}$
ATTENUATION ω PSEUDO-PULSATION DES OSCILLATIONS

$\rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = T_0 \times \frac{1}{\sqrt{1-\lambda^2}}$

⑤ [VIEUX] L'ENONCE SEANCE NOUS ACCUSE SUR TERT.

MAIS IL EST PEUT-ÊTRE PLUS PRATIQUE DE SUIVRE L'ATTENUATION

DE CONSTANCE DE TEMPS $\tau = \frac{1}{\lambda\omega_0} = \frac{m}{3\pi\eta b} \quad \Rightarrow$ MESURE DE τ
 $\Rightarrow$ CALCUL DE η



flu04

BENJACOB DE DONNÉES, RIEN QUE DU CALCUL NUMÉRIQUE
ON PEUT S'Y PERDRE

AU NIVEAU DU SÈCHE-CHEVEU : SECTION $\approx 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
 $D_v \approx 22 \text{ L/s} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

↳ vitesse du fluide $v = \frac{D_v}{\text{SECTION}} \approx 11,32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

CALCULONS LE NOMBRE DE REYNOLDS AU NIVEAU DE LA BALLE
DE PING PONG.

MASS VOLUMIQUE DE L'AIR $\rho \approx 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 (À CALCULER AVEC LOI
DES GP)
 SECTION BALLE $\approx 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$$Re = \frac{\rho (\text{Diamètre balle}) v}{\eta} \approx 45000$$

⇒ LA TRAÎNÉE EST QUADRATIQUE.

POIDS DE LA BALLE DE PING-PONG : $P = mg \approx 27 \text{ mN}$

FORCE DE TRAÎNÉE :

$$F = \frac{1}{2} C (\text{SECTION BALLE}) v^2 \approx 32 \text{ mN} > P$$

⇒ LA FORCE DE TRAÎNÉE PEUT SOULÉVER LA BALLE DE PING-PONG.

POUR LA SUITE : PLUS ON S'ÉLOIGNE DU SÈCHE-CHEVEU, PLUS
LA VITESSE DE L'AIR EST FAIBLE

SUFFISAMMENT LOIN : TRAÎNÉE < POIDS

SUFFISAMMENT PRÈS : TRAÎNÉE > POIDS

⇒ ∃ UN POINT INTERMÉDIAIRE OÙ TRAÎNÉE = POIDS
LA BALLE S'Y STABILISE. ÉQUILIBRE STABLE.

fleeOS

SOPHISTIQUE,

À SIMPLIFIER POUR AVANCER

① REVOIR NOTION FUJÉE COURS.
FORMULE DE LA POUSSEE À CONNAÎTRE.

② VOUS DEVEZ ABSOLUMENT RECONNAÎTRE BERNOLLI

DANS LE RÉFÉRENTIEL DE LA BOUTEILLE (NON GALILÉEN) (a)

EN NEGLIGEANT L'INFLUENCE DE LA RESISTANCE (b)

EN SUPPRIMANT L'ÉCOULEMENT PERMANENT (FAUX)

③ (a) APPARITION D'UNE ACCELERATION D'ENTRAÎNEMENT QUI MODIFIE LA VALEUR DE g . [HP en PHYSIQUE]

(b) SI ON NEGLIGE L'INFLUENCE DE g , ON PEUT AUSSI NEGLIGER CELLE DE g MODIFIÉE.

④ POUR L'AIR COMPRIMÉ, ÉVACUATION RAPIDE DONNE LES ÉCHANGES DE CHALEUR N'ONT PAS LE TEMPS DE SE FAIRE
⇒ TRANSFORMATION ADIABATIQUE

HYP. REVERSIBLE (faux) ⇒ 150 S

$$\Rightarrow P V^\gamma = \text{cte} = P_i V_i^\gamma$$

ON REMPLACE DANS ②

$$\Rightarrow \mu = \sqrt{\frac{2}{\gamma}} \cdot \sqrt{\frac{P_i V_i^\gamma - P_0}{V^\gamma}} \quad (\text{X})$$

⑤ POUR LA MASSE TOTALE, ON PEUT NEGLIGER LA MASSE D'AIR.

$$m(t) \stackrel{m_0}{=} m_0 + \mu (V_0 - V(t)) \Rightarrow \left| \frac{dm}{dt} = -\mu \left(\frac{dV}{dt} \right) \right| \quad (\gamma)$$

⑥ L'EAU EST INCOMPRESSIBLE ⇒ CONSERVATION DU DÉBIT VOLUMIQUE

$$\boxed{+ \frac{dV}{dt} = \mu \cdot A} \quad (\beta)$$

⑦ (a) et (b) ⇒ $V(t)$ ÉVENTUELLEMENT NUMÉRIQUE. PUIS μ
(c) ⇒ EXPRESSION DE $\left(\frac{dm}{dt} \right)$

ON REPORTE ALORS DANS ① - LA RÉSOLUTION (NUMÉRIQUE ?)
DONNE $w(t)$.

fla 06-

[RAPPEL] BERNOLLI $P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z = \text{cte}$ EST UNE ECRITURE DE LA CONSERVATION DE L'ENERGIE EN J.m^{-3} . LA PRISE EN COMPTE DES FROTTEMENTS ENTRAIENE UNE DIMINUTION DE CETTE GRANDEUR. A DEBIT DONNE, SECTION DONNEE, HAUTEUR DONNEE, CELA ENTRAIENE UNE CHUTE DE PRESSION PROP A LA DISTANCE PARCOURUE.]

② cf cours sur LA CLEPSYDRE



$$\begin{aligned} \Rightarrow D_{\text{max}} &= N_0 S \\ &= \sqrt{2gH} S \\ &\approx 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ &\quad (20 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}) \end{aligned}$$

② 2 cm d'eau sur 10 m $\Rightarrow$ 2 m d'eau sur 1 km
chute de pression $\Delta P \approx 0,2 \text{ bar}$
A CONNAITRE (10 m d'eau $\approx$ 1 bar)

SONT DONC UNE PERTE D'ENERGIE VOLUMIQUE DE $2 \cdot 10^4 \text{ J.m}^{-3}$
(1 bar $\approx 10^5 \text{ J.m}^{-3}$)

(AD) PUISSANCE = (ENERGIE VOLUMIQUE) (DEBIT VOLUMIQUE)

$$\rightarrow \text{Puissance \text{à} fournir} = (\Delta P) D_{\text{max}} \approx 4 \text{ W}$$

LA PUISSANCE A FOURNIR SERAIT FAIBLE, ON POURRAIT SE PASSER DE LA POMPE, CE QUI FERAIT BAISSE UN PEU LE DEBIT (env. 10%)

ONDES 05

② * ON NEGLIGE L'INFLUENCE DU POIDS
 * CALCULS LIMITES A L'ORDRE 1 POUR LES PERTURBATIONS
 * LES ECHANGES DE CHALEUR N'ONT PAS LE TEMPS DE SE FAIRE $\Rightarrow$ EVOLUTION ADIABATIQUE QU'ON SUPPOSE EN PLUS REVERSIBLE

③ EQUATION $\left\{ \begin{array}{l} (1) : \text{CONSERVATION DE LA MATIERE} \\ (2) : \text{BILAN MECANIQUE (PFD) VOLUMIQUE} \\ (3) : \text{ECriture EVOLUTION ISO-S.} \end{array} \right.$

④ (3) $\Rightarrow \mu = (\mu_0 \chi_s) p$

$$\left. \begin{array}{l} (1) \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial n} = -\chi_s \frac{\partial p}{\partial r} \\ (2) \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial p}{\partial n} \end{array} \right\} \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial n} = -\chi_s \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \right) = c^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right) \\ \text{avec } c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \chi_s}} \end{array} \right.$$

⑤ IL FAUT AJOUTER LA NOUVELLE FORCE VOLUMIQUE DS (2)
 $\hookrightarrow \Delta \vec{u} = \Delta(u(n,t) \vec{e}_n) = \frac{\partial^2 u}{\partial n^2} \vec{e}_n \xrightarrow{(1)} \Delta \vec{u} = -\chi_s \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \vec{e}_n$

$$\left. \begin{array}{l} (1) \frac{\partial u}{\partial n} = -\chi_s \frac{\partial p}{\partial r} \\ (2) \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial p}{\partial n} - \frac{\eta \chi_s}{\mu_0} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \end{array} \right\} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial^2 p}{\partial n^2} - \frac{\eta \chi_s}{\mu_0} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

$$\hookrightarrow \underbrace{\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}}_{\text{d'Alembert}} = c^2 \underbrace{\left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right)}_{\text{effet du frottement}} + \chi_s \eta c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2 \partial t}$$

⑥ ON ENVOIE LA FORME PROPOSEE DANS L'EDP PRECEDENTE EN SIMPLIFIANT PAR L'EXP (NON NULLE) et $p_0 \neq 0$
 $-c_0^2 = -R^2 c^2 + (\chi_s \eta c^2) (-R^2) \gamma c_0$

ON OBTIENT LA FORME PROPOSEE AVEC (RELATION DE DISPERSION) $\left| c = \frac{\eta}{\mu_0 c^2} = \eta \chi_s \right|$

$\hookrightarrow k$ EST FORCEMENT COMPLEXE

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Re}(k) \rightarrow \text{PROPAGATION} \\ \text{Im}(k) \rightarrow \text{ATTENUATION} \end{array} \right.$

AD : c'est un temps.

ONDE ES - SUIVE

$$R^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \cdot \frac{1 - j\frac{c}{\omega}}{1 + \frac{c^2}{\omega^2}} \approx \frac{\omega^2}{c^2} (1 - j\frac{c}{\omega}) \quad (\text{ORDRE 1})$$

$\swarrow$
 $\ll 1$

POUR EXPLIQUER, LE + SINCE EST DE REPARTIR DS L'AUTRE SENS
A L'ORDRE 1

$$R \approx \frac{\omega}{c} (1 - j\frac{c}{\omega}) \Rightarrow R^2 \approx \frac{\omega^2}{c^2} (1 - j\frac{c}{\omega})^2$$

$$\approx \frac{\omega^2}{c^2} \left[1 - 2j\frac{c}{\omega} + \frac{c^2}{\omega^2} \right]$$

ORDRE 2

$$\approx \frac{\omega^2}{c^2} (1 - j\frac{c}{\omega})$$

OK

(ATTENTION) : L'ENONCE NE PARLE PAS DE L'AUTRE SOLUTION
(OPPOSEE DE CELLE FOURNI)
CE SERA LA 1^{re} CHOSE DANS L'AUTRE SENS.

ON ECRIT DONC $R = R_1 - j R_2$ $R_1 \approx \frac{\omega}{c}$ $R_2 \approx \frac{\omega^2 c}{2c}$

$$\hookrightarrow p(x, t) = p_0 e^{j(\omega t - R_1 x)} = p_0 e^{-R_2 x} e^{j(\omega t - R_1 x)}$$

$\downarrow$
 $\frac{1}{2}$
 e
 ATTENUATION

PROPAGATION A LA VITESSE
 C SELON LES ω

$$S = \frac{1}{R_2} = \frac{2c}{\omega c}$$

AU DELA D'UNE DISTANCE PARCOURUE DE QUELQUE S, L'ONDE
PEUT ETRE CONSIDEREE COMME ABSORBEE PAR LE MILIEU.

COMPARAISON AIR-EAU

$$\frac{S_{\text{air}}}{S_{\text{eau}}} = \left(\frac{c_{\text{air}}}{c_{\text{eau}}} \right) \left(\frac{\rho_{\text{eau}}}{\rho_{\text{air}}} \right) \approx 10^{-3}$$

$\hookrightarrow$ L'ONDE SONORE SE PROPAGE BEAUCOUP MOINS
LOIN DANS L'EAU QUE DANS L'AIR.