

• NOMBRE de REYNOLDS:

ACCELERATION
(P.U. MASSE)

F. VISCOSITE'
(P.U. MASSE)

QUELQUES CONSIDERATIONS
SUR LES NOMBRES
SANS DIMENSIONS

1

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \vec{v} + \vec{F}$$

TERME INERTIEL

$$Re = \frac{|\vec{v} \cdot \nabla \vec{v}|}{|\nu \Delta \vec{v}|} \approx \frac{U^2/L}{\nu U/L^2} = \boxed{\frac{UL}{\nu} = Re}$$

NOMBRE de
REYNOLDS

$\vec{v} \rightarrow U$: VITESSE de REFERENCE
 $x \rightarrow L$: LONGUEUR de REFERENCE

DIAMETRE TUYAU dans les CONDUITES
CORDE PROFIL AIL AVION

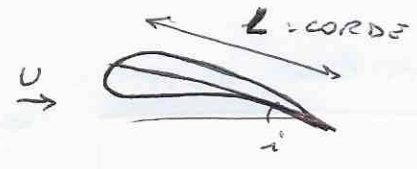
$Re \ll 1 \Rightarrow$ VISCOSITE' IMPORTANTE (par rapport au terme inertiel)
ÉCOULEMENT LAMINAIRE

$Re \gg 1 \Rightarrow$ INERTIE IMPORTANTE (par rapport au terme visqueux)
ÉCOULEMENT TURBULENT

• EX.: NOMBRE de REYNOLDS pour l'AILÉ d'un AVION

$L = 2m$ (corde)

$U = 800 \frac{km}{h} = 222 m/s$



vol à $z = 10000 m \Rightarrow \nu = 35 cSt = 35 \cdot 10^{-2} St = 35 \cdot 10^{-6} \underbrace{10^4 St}_{\text{dans le SI}}$

$\Rightarrow Re = \frac{UL}{\nu} = \frac{2 \cdot 222}{35 \cdot 10^{-6}} = 12,7 \cdot 10^6 \gg 1$

• NOMBRE de FROUDE

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \vec{v} + \vec{F}$$

souvent (HYDRODYNAMIQUE) c'est la
PESANTEUR: $\vec{F} = -g \vec{e}_z$

$$Fr = \frac{\text{EN. CIN.}}{\text{EN. POT. GRAV.}} = \frac{U^2}{g L}$$

$$K = \frac{1}{2} \rho U^2 \approx \rho U^2$$

$$E_p = \rho g z \approx \rho g L$$

$L = \begin{cases} \text{HAUTEUR (COURS D'EAU)} \\ \text{LONGUEUR de la CARÈNE (NAVIÈRE)} \end{cases}$

Partie immergée de la coque d'un bateau.

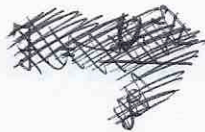
NOMBRE de FROUDE

ce nombre apparaît essentiellement dans les phénomènes à surface libre (cours d'eau, biefs, ports, marées, ...)

Des fois, on utilise aussi:

$$F_f = \sqrt{Fr} = \frac{U}{\sqrt{g L}}$$

NOMBRE de FROUDE - REECH



Fr, F_f caractérisent l'importance relative des quantités d'accélération et des forces de pesanteur.

PROJETS MACHINES (INGÉNIEUR) → souvent conduisent à des calculs intraitables.

⇒ On doit se contenter d'HYPOTHÈSES SIMPLIFIATRICES plus ou moins fondées.

⇒ On a intérêt à vérifier les hypothèses faites pour le calcul en construisant une MAQUETTE. (surtout pour des machines nouvelles, dont le projet ne peut pas s'appuyer sur des résultats d'essais de machines semblables).

MAQUETTE : prix de revient modeste ⇒ MISE AU POINT de la machine et, éventuellement, des TRANSFORMATIONS qui seraient prohibitives sur la machine prototype réelle.

ESSAIS SUR MAQUETTE → NÉCESSAIRES dans certains cas :
p.ex. : CONCEPTION D'UN AVION ; il faut étudier les manœuvres nécessaires pour effectuer certains types de vol.

↓
il FAUT CONNAÎTRE les LOIS de SIMILITUDE qui permettent de calculer les caractéristiques de la machine réelle à partir de celles de la maquette, et de prévoir le fonctionnement de machines semblables.

MÉCANIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES :

Pour que la SIMILITUDE soit COMPLÈTE, il faut que les 3 rapports des FORCES de VISCOSITÉ, des FORCES de VOLUME et des QUANTITÉ d'ACCÉLÉRATION soient ÉGAUX, c'est-à-dire que les CONDITIONS de REYNOLDS et de FROUDE soient satisfaites à la fois.

MAQUETTE : INDICE 1 ; SYSTÈME RÉEL : INDICE 2

$$a) \text{ c. de REYNOLDS : } \frac{U_1 L_1}{\nu_1} = \frac{U_2 L_2}{\nu_2}$$

$$b) \text{ c. de FROUDE : } \frac{U_1}{\sqrt{L_1 g}} = \frac{U_2}{\sqrt{L_2 g}}$$

→ EMPLOI des c. de SIMILITUDE :

Souvent, les deux conditions a, b sont incompatibles. Dans chaque cas, on choisit la plus importante.

a) PRINCIPAUX CAS D'APPLICATION de la c. de REYNOLDS :

Valable si les forces de pesanteur et la compressibilité du fluide sont négligeables.

- ÉCOULEMENTS dans les TUYAUX
- MACHINES HYDRAULIQUES
- ESSAIS en SOUFFLERIE ($U < 150 \text{ m/s}$)

b) PRINCIPAUX CAS D'APPLICATION de la c. de FROUDE :

Valable quand les forces de pesanteur sont prépondérantes.

- ESSAIS AU BASSIN des CARÈNES
- ÉCOULEMENTS avec SURFACE LIBRE

REMARQUE :

Pour les écoulements des fluides compressibles, il existe une autre condition, basée sur le NOMBRE de MACH :

$$M = \frac{U}{c_s} ; c_s = 343,2 \text{ m/s pour l'air sec à } T = 20^\circ\text{C}$$

$$M \ll 1 \Rightarrow \text{INCOMPRESSIBLE}$$