

9<sup>ème</sup> séance de **Mécanique des fluides**

**Modèle du fluide parfait appliqué aux écoulements instationnaires :  
Ondes sonores**

**1 Généralités : notion d'ondes dispersives ou non**

Résumé de l'annexe B...

faisant le lien avec l'étude précédente des ondes interfaciales...

**2 Ondes sonores... ou de la compressibilité des fluides**

**3 TD**

Ex. 3.3 *Ondes sonores planes* et 3.4 *Coup de bélier*.

---

**Prochain RV : test 1 lundi 31 octobre de 8h45 à 11h45 en salle A304...**



Relation de « dispersion » :

$$\omega = \omega(k)$$

Pourquoi ce terme « dispersion » ?

La réponse en considérant, dans une situation quasi-1D, un « paquet d'ondes » centrées sur le nombre d'onde  $k$  :

$$\zeta(x,t) = \int_{q \in \mathcal{V}(0)} \widehat{A}(k+q) e^{i[(k+q)x - \omega(k+q)t]} dq + c.c.$$

$$\zeta(x,t) = \underbrace{A(x,t)}_{\text{enveloppe lentement variable}} \underbrace{e^{i[kx - \omega(k)t]}}_{\text{porteuse}} + c.c.$$

En 1ère approx. l'enveloppe qui décrit les modulations de la porteuse est une onde se propageant à la **vitesse de groupe**

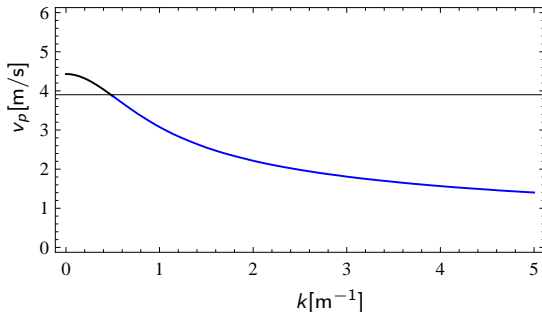
$$v_g(k) = \frac{d\omega}{dk}.$$

Ondes **dispersives**  $\Leftrightarrow v_g$  dépend de  $k$  (ou  $\omega$ )  $\Leftrightarrow v_p = \frac{\omega}{k}$  dépend de  $k$  (ou  $\omega$ ).

## Les ondes de surface sont **dispersives** :

$$v_p^2 = \left(\frac{\omega}{k}\right)^2 = \underbrace{\frac{g}{k} \tanh(kh)}_{\text{terme de gravité}} + \underbrace{\frac{\gamma k}{\rho} \tanh(kh)}_{\text{terme capillaire}}$$

cas d'un bassin ou près de la plage :  $h = 2 \text{ m}$  :  $\sqrt{gh} = 4,4 \text{ m/s}$  :



**Rem :** une étude détaillée des ondes de surface en eau profonde, avec une validation de l'hypothèse « fluide parfait », est proposée dans le pb. 3.2...

## Ondes sonores... ou de la **compressibilité** des fluides

Celle-ci se caractérise par le **coefficient de compressibilité isentropique**

$$\kappa_S = \frac{1}{\rho} \left. \frac{\partial \rho}{\partial p} \right|_S = - \frac{1}{\mathcal{V}} \left. \frac{\partial \mathcal{V}}{\partial p} \right|_S$$

qui permet de relier les fluctuations  $\rho'$  de masse volumique aux fluctuations  $p'$  de pression suivant

$$\rho' = \rho_0 \kappa_S p' .$$

On montre que ces petites fluctuations de pression, de masse volumique et de vitesse se propagent à la vitesse de phase

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \kappa_S}} .$$

Les ondes sonores sont donc **non dispersives**.

**TD :** Ex. 3.3 *Ondes sonores planes* et 3.4 *Coup de bélier*.