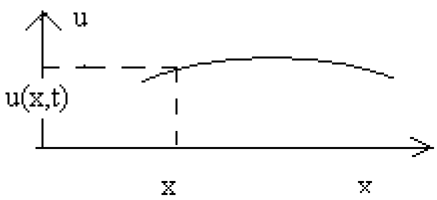
MP5 Physique

plan du cours de de propagation d'ondes mécaniques

I. ONDES MÉCANIQUES SUR UNE CORDE :

1) Équation de propagation d'un ébranlement transversal le long d'unne corde :



$$\mu\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

2) Cas important d'une corde tendue et fixe à ses deux extrémoités :

les vibrations sinusoïdales de la corde de longueur L ont des pulsations ω telles que : $\omega = n\frac{\pi c}{L}$ (ce sont les pulsations propres de la corde)

II. PROPAGATION D'ONDES ACOUSTIQUES :

1. Introduction qualitative :

On étudie les petits mouvements, et les petites déformations liées à ces petits mouvements, d'un fluide parfait. De plus, on suppose:
1) qu'à l'équilibre, la masse volumique μ est indépendante du point du fluide considéré, c'est-à-dire qu'elle est uniforme;
2) que le mouvement du fluide est un écoulement irrotationnel.

Dans ce cours, on se limitera à l'approximation de l'acoustique, c'est-à-dire qu'on supposera que :
1) le mouvement du fluide est oscillatoire ;
2) le mouvement du fluide est d'amplitude très faible.

conséquences : $\mu_e=\mu-\mu_0$, $p=P-P_0$ et v sont des infiniment petits

De plus, le fluide étant parfait, l'absence de contraintes tangentielles entraîne que seules de petits mouvements longitudinaux pourront se propager au sein du fluide.

2. Principe fondamental de la dynamique en mécanique des fluides (ou : équation d'Euler) :

$$\mu a = f_v - \overrightarrow{\text{grad}} P \qquad \text{(E)}$$

où : $f_v = \mu g$

$$a = \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + \left(v.\overrightarrow{\text{grad}}\right)v = \frac{\partial v}{\partial t} + \overrightarrow{\text{rot}} \quad v \wedge v + \frac{1}{2}\overrightarrow{\text{grad}}\left(v^2\right)$$

donc, dans l'approximation de l'acoustique : $\mu_0 \dfrac{\partial v}{\partial t} = -\overrightarrow{\text{grad}} p$

3. Équation de conservation de la matière (ou "de continuité") :

$$\mu_0 \text{div} \quad v + \frac{\partial \mu}{\partial t} = 0$$

4. Caractère isentropique de l'évolution du fluide :

$$\mu_e = \mu_0 \chi_S p$$

5. Equation de propagation de la surpression :

$$\Delta p - \mu_0 \chi_S \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0$$

6. Equation de propagation de la vitesse :

$$\Delta v - \mu_0 \chi_S \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0$$

7. Etude de la célérité des ondes acoustiques :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \chi_S}}$$

pour les gaz : $c = \sqrt{\dfrac{\gamma RT}{M}}$

pour les liquides : $c_{liquide} > c_{gaz}$ pour la même température et la même pression

8. Cas particulier de la propagation unidimensionnelle :

pour une OPPS(+x) : $v = -\frac{p}{\mu_0 c} u_x$

définition : $Z = \mu_0 c$ est appelée impédance acoustique spécifique du milieu

9. Energie d'une onde acoustique plane progressive :

théorème (admis) : pour une onde acoustique quekconque la densité volumique d'énergie acoustique est : $w_{ac} = \frac{1}{2}\mu_0 v^2 + \frac{1}{2}\chi_S p^2$

théorème (admis) : pour une onde acoustioque plane progressive : $w_{ac} = \mu_0 v^2 = \chi_S p^2 = \frac{p^2}{\mu_0 c^2}$

définition : l'intensité acoustique à travers une surface S est la puissance de l'onde acoustique traversant S

théorème : $I_S = p.v$

définition : le niveau acoustique d'une onde acoustique est : $N_{dB} = 10\log\frac{I}{I_0}$, où I est l'intensité de l'onde à travers l'unité de surface et I_0 est l'intensité minimale par unité de surface pereceptible par une oreille humaine moyenne, c'est-à-dire : $I_0 = 10^{-12}$ W.m^{-2}