PC RESUME 1: introduction physique des ondes

COUPLAGE DE DEUX OSCILLATEURS

Pour ce type de problème, on établit un système d'équations différentielles linéaires couplées du modèle ci-dessous: $m\ddot{\xi}_1 = -K\xi_1 - K'(\xi_1 - \xi_2)$ $\quad m\ddot{\xi}_2 = -K\xi_2 - K'(\xi_2 - \xi_1)$

MODES PROPRES –PULSATIONS PROPRES

On appelle **modes propres** les mouvements pour lesquels les oscillateurs oscillent tous à la même pulsation. Il existe autant de modes propres que de degrés de liberté du système. Les pulsations des modes propres s'appellent **pulsations propres**.

MOUVEMENT GENERAL DES OSCILLATEURS EN REGIME LIBRE

Les mouvements **libres** d'un système dont l'évolution est décrite par un système d'équations différentielles linéaires résultent **d'une superposition de mouvements correspondants aux modes propres du système.** Si un système est excité (par un choix convenable des C.I) dans un de ses modes propres, il y reste.

COUPLAGE DE N OSCILLATEURS

L'équation de l'oscillateur n prend souvent la forme : $\boxed{m\ddot{\xi}_n = K\xi_{n-1} - 2K\xi_n + K\xi_{n+1}}$

Dans la chaîne, le mouvement d'un atome est couplé à ces deux voisins**. Le mouvement de l'un peut se propager à toute la chaîne.**

EQUATION DE D'ALEMBERT

Dans l'approximation d'un milieu continu, la chaîne d'oscillateurs vérifie l'équation de D'Alembert $\boxed{\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = \dfrac{\partial^2\psi}{\partial x^2}}$ c est la **célérité du milieu.**

MODES PROPRES DU MODELE DISCONTINU

Les modes propres sont les solutions particulières pour lesquelles **les oscillateurs vibrent à la même pulsation**. On s'attend à ce qu'il existe n modes propres et donc n pulsations propres.

CORDES VIBRANTES

Elles vérifient l'équation de D'Alembert avec la célérité $\boxed{c = \sqrt{\dfrac{T_0}{\mu}}}$.

Ondes planes stationnaires (OPS)

Une onde est stationnaire si **les variables d'espace et de temps sont découplées**. Elle a donc la, forme **y(x,t) = F(x) G(t).** Les solutions stationnaires de l'équation de D'Alembert sont de la forme : $y(x,t) = a\sin(k.x + \varphi_1)\sin(\omega.t + \varphi_2)$

Les lieux d'amplitude maximale s'appellent **des ventres de vibration**. Les lieux d'amplitude minimale **des nœuds** de vibration.

Les nœuds sont distants de λ/2 comme le sont les ventres. **Un nœud et un ventre successif sont séparés de λ/4.**

OSCILLATIONS LIBRES D'UNE CORDE FIXEE AUX DEUX EXTREMITES

On appelle **mode propre** d'oscillations de la corde les ondes stationnaires sinusoïdales qui satisfont à ses conditions limites.

Longueurs d'onde et pulsations propres sont quantifiées $\boxed{\lambda_n = \frac{2L}{n}}$ et $\boxed{\omega_n = n\frac{\pi c}{L}}$.

OSCILLATIONS FORCEES D'UNE CORDE FIXEE A UNE EXTREMITE: RESONANCE

Un vibreur lui impose des **oscillations forcées** de pulsation ω **(Oscillations forcées à distinguer des oscillations libres).**

Après un transitoire, la corde effectue des oscillations qui forment **des fuseaux d'ondes stationnaires** (présence de noeuds et de ventres), où on distingue deux cas :

- **pour des fréquences particulières correspondant aux fréquences propres** les fuseaux sont amples, bien supérieurs à l'amplitude imposée par le vibreur. Le vibreur apparaît alors pratiquement comme un nœud de vibration. On dit qu'il y a **résonance**.
- pour les autres fréquences, l'oscillation forcée se fait sans résonance.

NOTION D'ONDE PROGRESSIVE

Généralités

Un phénomène physique associé à la grandeur écrite $\mathbf{s(x-ct), s(x+ct), s(t-\frac{x}{c})}$ ou $\mathbf{s(t+\frac{x}{c})}$ est une **onde progressive se propageant dans la direction Ox.**

La présence d'un terme de retard dans s(M,t) caractérise l'onde progressive.

Une surface d'onde est la surface continue formée des points dans le même état physique en même temps.

Si la source émet un signal périodique de **période temporelle T**, on définit une **période spatiale λ. La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde en une période spatiale. Elle vérifie $\boxed{\lambda = cT}$ si c est la célérité de l'onde.**

Onde progressive plane (OPP)

Ses surfaces d'onde sont **des plans parallèles**. **La direction orthogonale aux plans d'onde est la direction de propagation.** Elle est orientée par le vecteur unitaire $\vec{u}$.

L'onde plane progressive peut alors être décrite par: $\boxed{s(t,M) = s(t - \frac{\vec{OM}.\vec{u}}{c})}$

Rem: L'onde plane est un modèle qui décrit, loin de la source, à une onde sphérique.

Onde progressive plane sinusoïdale ou monochromatique (OPPM)

s est alors sinusoïdale de période T et de fréquence f. On a:

$$\boxed{s(t,M) = A\cos\omega(t - \frac{\vec{OM}.\vec{u}}{c}) = A\cos(\omega t - \vec{k}.\vec{OM})}$$

$\vec{k}$ **est le vecteur d'onde** et λ **la longueur d'onde** vérifiant: $\boxed{\vec{k} = \frac{\omega}{c}\vec{u} = \frac{2\pi}{\lambda}\vec{u}}$ et $\boxed{\lambda = cT}$

Rem: la représentation complexe de l'OPPM est: $\underline{s}(M,t) = Ae^{j\omega t}e^{-j\vec{k}.\vec{OM}}$