

ONDES

OD1 : Phénomènes de propagation, Équation de d'Alembert, COURS et EXERCICES

Chaîne d'oscillateurs couplés

1. Chaîne discrète d'oscillateurs couplés :
 - ✓ Oscillateur unique, pulsation propre, pulsation de résonance.
 - ✓ Système de deux oscillateurs couplés, modes propres, pulsations propres, pulsations de résonance.
 - ✓ Système de N oscillateurs couplés.
2. Chaîne d'oscillateurs couplés dans l'approximation des milieux continus :
 - ✓ **Démonstration de l'équation de propagation** (Équation de d'Alembert), célérité.
 - ✓ Application aux ondes élastiques dans les solides.
 - ✓ Relation entre la raideur équivalente des ressorts et l'énergie potentielle d'interaction.
3. Modèle mésoscopique du solide, module de Young :
 - ✓ Loi de Hooke, module de Young.
 - ✓ **Démonstration de l'équation de propagation** (Équation de d'Alembert), célérité.

Autres exemples

1. Équation de propagation des ondes de courant et de tension dans un câble coaxial ou une ligne bifilaire à partir du modèle des constantes réparties.
2. Équation de Propagation des ondes électromagnétiques dans le vide.

Solutions de l'équation de d'Alembert

1. Solutions à une dimension :
 - ✓ Forme générale des solutions.
 - ✓ Interprétation physique : OPP(+), OPP(-), surface d'onde.
 - ✓ Grandeurs couplées, notion d'impédance caractéristique.
2. Solutions à 3 dimensions : Exemple des ondes sphériques, passage en O , onde localement plane.
3. Ondes planes progressives monochromatiques OPPM.
 - ✓ Vecteur d'onde, phase, lieux équiphases, période temporelle T , période spatiale λ , pulsation ω , vecteur d'onde.
 - ✓ Vitesse de phase, vitesse de groupe, relation de dispersion.
 - ✓ Notation complexe.
4. Solutions à variables séparées : Ondes stationnaires.
 - ✓ **Recherche de solutions à variables séparées.**
 - ✓ Propriétés des ondes stationnaires, nœuds, ventres.
 - ✓ Les ondes stationnaires, comme les OPPM(\pm), constituent une base à partir de laquelle on peut construire une réponse quelconque.

OD2 : Cordes vibrantes, COURS et EXERCICES

Équation de propagation, solutions

- ✓ **Démonstration de l'équation de propagation.**
- ✓ Ondes planes progressives : OPP(+), OPP(-), grandeurs couplées, impédance d'une corde; OPPM.
- ✓ Ondes stationnaires, taux d'onde stationnaire
- ✓ Aspect énergétique : puissance transmise dans la corde, énergie cinétique linéique, énergie potentielle linéique, applications aux OPP.

Corde de Melde

1. Solutions de l'équation d'onde : Modes propres, solution générale.
2. Régime libre : Détermination des coefficients de Fourier à partir des conditions initiales, utilisation des fonctions $f(x) = y(x, 0)$ et $g(x) = \frac{\partial y}{\partial t}(x, 0)$ et de leurs transformées $\tilde{f}(x)$ et $\tilde{g}(x)$ fonctions périodiques ($2L$), impaires coïncidant avec $f(x)$ et $g(x)$ sur $[0, L]$.
3. Régime forcé, résonance.

OD3 : Ondes électromagnétiques dans le vide illimité, COURS et EXERCICES

Structure d'une onde électromagnétique dans le vide illimité (OPP)

- ✓ Transversalité et orthogonalité des champs
- ✓ Relation de structure
- ✓ OPPM, relation de dispersion

Polarisation

- ✓ Définition, polarisation elliptique, rectiligne, circulaire gauche et droite.

Représentation complexe

- ✓ Nouvelle écriture des opérateurs différentiels, nouvelle écriture des équations de Maxwell,
- ✓ polarisation

Approche énergétique

- ✓ Densité d'énergie électromagnétique u_{em} , vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ dans le cas d'une OPP(\pm), relation $\vec{\Pi} = u_{em}c\vec{u}$.
- ✓ Densité d'énergie électromagnétique, vecteur de Poynting dans le cas d'une OPPM(\pm), valeurs moyennes (temporelles).
Utilisation des grandeurs complexes $\underline{\vec{\Pi}} = \frac{\underline{\vec{E}} \wedge \underline{\vec{B}}^*}{2\mu_0}$ et $\underline{u}_{em} = \frac{\varepsilon_0 \underline{\vec{E}} \cdot \underline{\vec{E}}^*}{4} + \frac{\underline{\vec{B}} \cdot \underline{\vec{B}}^*}{4\mu_0}$ pour accéder directement aux valeurs moyennes.
- ✓ Vitesse de propagation de l'énergie électromagnétique.
- ✓ Approche corpusculaire : $\langle u_{em} \rangle = n(h\nu)$ et $\langle P \rangle = \langle \Pi \rangle S = D_\gamma \times (h\nu)$ où D_γ est le débit de photons à travers S .