

## Programme de colles de physique Semaine du 15 au 19 janvier

### Équations de Maxwell

### Ondes mécaniques unidimensionnelles

Programme	Capacités exigibles
<p>Onde transversale sur une corde vibrante : modèle, simplification pour les petits mouvements, équation de propagation, célérité de l'onde.</p> <p>Onde longitudinale dans un solide élastique : modèle des oscillateurs couplés, approximation des milieux continus, loi de Hooke : lien entre le module de Young et le modèle microscopique des oscillateurs couplés, équation de propagation, célérité de l'onde.</p> <p>Solution en ondes planes progressives. Fonction d'onde pour les OPPH (rappels de sup), relation de dispersion, vitesse de phase, notation complexe. Extension aux OPP non harmoniques (<i>aucune connaissance théorique sur la transformation de Fourier n'est exigible</i>).</p> <p>Solution en onde stationnaire : onde stationnaire harmonique (rappel de sup)</p> <p>Modes propres d'une corde fixée à ses extrémités. Solution harmonique : modes propres. Cas général : superposition des modes propres, lien entre la forme des solutions et la décomposition en série de Fourier des conditions initiales.</p> <p>Oscillations forcées d'une corde fixée à une extrémité. Solution en onde stationnaire harmonique : la résonance est obtenue aux pulsations propres de la corde.</p>	<p>Établir l'équation d'onde décrivant les ondes transversales sur une corde vibrante infiniment souple dans l'approximation des petits mouvements transverses.</p> <p>Exploiter le modèle de la chaîne d'atomes élastiquement liés pour relier le module d'Young d'un solide élastique à ses caractéristiques microscopiques.</p> <p>Établir l'équation d'onde décrivant les ondes mécaniques longitudinales dans une tige solide.</p> <p>Identifier l'équation de d'Alembert. Relier qualitativement la célérité d'ondes mécaniques, la raideur et l'inertie du milieu support.</p> <p>Utiliser qualitativement l'analyse de Fourier pour décrire une onde non harmonique.</p> <p>Différencier une onde stationnaire d'une onde progressive.</p> <p>Décrire les modes propres d'une corde vibrante fixée à ses deux extrémités.</p> <p>Interpréter quantitativement les résonances observées avec la corde de Melde en négligeant l'amortissement.</p>

### Ondes sonores dans les fluides

Programme	Capacités exigibles
<p>Établissement de l'équation de propagation : équations locales, approximation acoustique (linéarisation des équations locales), équation de propagation à 3 dimensions (pour la surpression et la vitesse), célérité du son (expression dans un gaz parfait, ordres de grandeur dans un GP et dans un liquide).</p> <p>Solution en OPPH : fonction d'onde, relation de dispersion, impédance acoustique, cas des OPP non harmoniques (décomposée en somme d'OPPH de même direction).</p> <p>Aspect énergétique : puissance échangée à travers une surface (expression de la densité surfacique de puissance <math>\vec{\Pi}</math>), bilan énergétique (obtention de la densité volumique d'énergie acoustique <math>e</math>), cas d'une OPP (expressions de <math>e</math> et <math>\vec{\Pi}</math>, vitesse de propagation de l'énergie, cas particulier d'une OPPH).</p> <p>Intensité sonore : définition, niveau sonore en dB, ordres de grandeur de la surpression et de la vitesse.</p> <p>Réflexion et transmission en incidence normale : conditions aux limites à l'interface entre deux fluides non miscibles, coefficients de réflexion et transmission en amplitude, coefficients de réflexion et transmission en énergie.</p> <p>Cas des ondes stationnaires.</p> <p>Onde sphérique harmonique : champ de pression, champ des vitesses, énergie</p>	<p>Classer les ondes acoustiques par domaines fréquentiels. Valider l'approximation acoustique. Établir, par une approche eulérienne, l'équation de propagation de la surpression acoustique dans une situation unidimensionnelle en coordonnées cartésiennes. Utiliser l'opérateur laplacien pour généraliser l'équation d'onde.</p> <p>Exprimer la célérité des ondes acoustiques en fonction de la température pour un gaz parfait.</p> <p>Exploiter la notion d'impédance acoustique pour faire le lien entre les champs de surpression et de vitesse d'une onde plane progressive harmonique. Utiliser le principe de superposition des ondes planes progressives harmoniques.</p> <p>Utiliser les expressions du vecteur densité de courant énergétique et de la densité volumique d'énergie associés à la propagation de l'onde.</p> <p>Utiliser la notion d'intensité acoustique en décibel et citer quelques ordres de grandeur. Expliciter les conditions aux limites à une interface. Établir les expressions des coefficients de transmission et de réflexion. Associer l'adaptation d'impédance au transfert maximum de puissance.</p> <p>Utiliser une expression fournie pour interpréter par un argument énergétique la décroissance en <math>1/r</math> de l'amplitude.</p>

### Ondes électromagnétiques dans le vide – Cours uniquement

Programme	Capacités exigibles
<p>Équation de propagation.</p> <p>Solution en OPPH : forme des solutions, notation complexe, structure de l'onde (équations de Maxwell en notation complexe et conséquences), généralisation aux OPP non harmoniques.</p> <p>Polarisation des OPPH : polarisation elliptique, circulaire et rectiligne. Décomposition d'une polarisation quelconque en ondes polarisées rectilignement ou circulairement.</p>	<p>Établir et citer les équations de propagation d'un champ EM dans le vide.</p> <p>Établir et décrire la structure d'une OPPH. Utiliser le principe de superposition d'OPPH pour justifier les propriétés des OPP.</p> <p>Relier l'expression du champ électrique à l'état de polarisation d'une onde.</p>

Propagation de l'énergie : densité volumique d'énergie  $u_{em}$  (équiartition entre énergie électrique et magnétique), vecteur de Poynting (expression en fonction de  $u_{em}$ , valeur moyenne), vitesse de propagation de l'énergie.

Ordres de grandeur : laser  $He - Ne$  (norme des champs  $E$  et  $B$ , nombre de photons par seconde), flux solaire moyen (puissance émise), téléphone portable.

Relier la direction du vecteur de Poynting et la direction de propagation de l'onde.

Citer quelques ordres de grandeur de flux énergétiques surfaciques moyens et les relier aux ordres de grandeur des champs électriques associés.

### Polarisation des ondes électromagnétiques – Cours uniquement

Polariseur dichroïque : loi de Malus.

Lames birefringentes : déphasage, lame demi-onde, lame quart d'onde.

### TP

Effet Doppler.