

Programme de colles de physique Semaine du 20 au 24 janvier

Ondes mécaniques unidimensionnelles

Ondes sonores dans les fluides

Programme

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).

Solution en OPPH : fonction d'onde, relation de dispersion, impédance acoustique, cas des OPP non harmoniques (décomposée en somme d'OPPH de même direction).

Aspect énergétique : puissance échangée à travers une surface (expression de la densité surfacique de puissance $\vec{\Pi}$), bilan énergétique (obtention de la densité volumique d'énergie acoustique e), cas d'une OPP (expressions de e et $\vec{\Pi}$, vitesse de propagation de l'énergie, cas particulier d'une OPPH).

Intensité sonore : définition, niveau sonore en dB, ordres de grandeur de la surpression et de la vitesse.

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.

Cas des ondes stationnaires.

Onde sphérique harmonique : champ de pression, champ des vitesses, énergie

Capacités exigibles

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.

Exprimer la célérité des ondes acoustiques en fonction de la température pour un gaz parfait.

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.

Utiliser les expressions du vecteur densité de courant énergétique et de la densité volumique d'énergie associés à la propagation de l'onde.

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.

Utiliser une expression fournie pour interpréter par un argument énergétique la décroissance en $1/r$ de l'amplitude.

Ondes électromagnétiques dans le vide

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>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.</p> <p>Ordres de grandeur : laser He – Ne (norme des champs E et B, nombre de photons par seconde), flux solaire moyen (puissance émise), téléphone portable.</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> <p>Relier la direction du vecteur de Poynting et la direction de propagation de l'onde.</p> <p>Citer quelques ordres de grandeur de flux énergétiques surfaciques moyens et les relier aux ordres de grandeur des champs électriques associés.</p>

Polarisation des ondes électromagnétiques

Polariseur dichroïque : loi de Malus.

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

Phénomènes de propagation linéaires – Cours uniquement

Programme	Capacités exigibles
<p>Absorption et dispersion dans un plasma : modèle du plasma peu dense (la composante magnétique de la force de Lorentz est négligeable devant la composante électrique), conductivité imaginaire pure, relation de dispersion. Discussion de la nature du plasma en fonction de la pulsation : dispersif pour $\omega > \omega_p$, onde évanescence pour $\omega < \omega_p$, aspect énergétique.</p>	<p>Justifier la neutralité électrique locale du plasma en présence d'une onde transverse.</p> <p>Établir l'expression de la conductivité électrique complexe du plasma. Établir la relation de dispersion caractéristique d'un phénomène de propagation en utilisant des ondes de la forme $\exp i(\omega t - \underline{k}x)$. Distinguer différents types de comportements selon la valeur de la pulsation. Citer les caractéristiques d'une onde stationnaire évanescence. Interpréter énergétiquement le caractère imaginaire pur de la conductivité électrique complexe du plasma. Justifier que, dans le domaine réactif, une onde électromagnétique harmonique ne transporte aucune puissance en moyenne.</p>

Absorption et dispersion dans un conducteur ohmique : conductivité complexe, structure de l'onde, dispersion et absorption (expression de la vitesse de phase en fonction de $\Re(k)$, distance caractéristique d'atténuation en fonction de $\Im(k)$), effet de peau à basse fréquence (expression de k , distance caractéristique, aspect énergétique), cas des hautes fréquences.

Paquets d'onde : problématique, cas de la superposition de deux OPPH (vitesse de phase de l'onde moyenne, vitesse de groupe de l'enveloppe), paquet d'onde (expression intégrale de Fourier, factorisation en onde moyenne \times enveloppe, vitesse de groupe).

Associer les parties réelle et imaginaire de k aux phénomènes de dispersion et d'absorption. Identifier une analogie avec un phénomène de diffusion. Établir la relation de dispersion des ondes électromagnétiques dans un conducteur ohmique à basses fréquences. Associer l'atténuation de l'onde dans le milieu conducteur à une dissipation d'énergie. Estimer l'ordre de grandeur de l'épaisseur de peau du cuivre à différentes fréquences. Énoncer et exploiter la relation entre les ordres de grandeur de la durée temporelle d'un paquet d'onde et la largeur fréquentielle de son spectre. Déterminer la vitesse de groupe d'un paquet d'ondes à partir de la relation de dispersion. Associer la vitesse de groupe à la propagation de l'enveloppe du paquet d'ondes.

TP

Effet Doppler.