

6. Physique des ondes

Ondes3 Ondes électromagnétiques dans le vide

Équations de propagation d'un champ électromagnétique dans une région sans charge ni courant.	Établir et citer les équations de propagation d'un champ électromagnétique dans le vide.
Structure d'une onde plane progressive harmonique.	Établir et exploiter la structure d'une onde électromagnétique plane progressive harmonique. Utiliser la superposition d'ondes planes progressives harmoniques pour justifier les propriétés d'ondes électromagnétiques planes progressives non harmoniques.
Aspects énergétiques.	Relier la direction du vecteur de Poynting et la direction de propagation de l'onde électromagnétique. Interpréter le flux du vecteur de Poynting en termes particuliers. 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 planes progressives harmoniques : polarisation elliptique, circulaire et rectiligne.	Relier l'expression du champ électrique à l'état de polarisation de l'onde.

Ondes4 Phénomènes de propagation linéaires unidimensionnels

Dispersion et absorption	
Propagation unidimensionnelle d'une onde harmonique dans un milieu linéaire.	Identifier le caractère linéaire d'une équation aux dérivées partielles. Établir la relation de dispersion caractéristique d'un phénomène de propagation en utilisant des ondes de la forme $\exp \pm j(kx - \omega t)$. Distinguer différents types de comportements selon la valeur de la pulsation.
Dispersion, absorption.	Associer les parties réelle et imaginaire de \underline{k} aux phénomènes de dispersion et d'absorption.
Propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu non absorbant et faiblement dispersif : vitesse de phase et vitesse de groupe.	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.

Ondes électromagnétiques dans les milieux matériels	
<p>Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique unidirectionnelle dans un conducteur ohmique de conductivité réelle.</p> <p>Effet de peau dans un conducteur ohmique.</p>	<p>Identifier une analogie avec un phénomène de diffusion.</p> <p>Établir la relation de dispersion des ondes électromagnétiques dans un conducteur ohmique à basses fréquences.</p> <p>Associer l'atténuation de l'onde dans le milieu conducteur à une dissipation d'énergie.</p> <p>Estimer l'ordre de grandeur de l'épaisseur de peau du cuivre à différentes fréquences.</p>
<p>Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique transverse et unidirectionnelle dans un plasma dilué.</p> <p>Conductivité électrique complexe.</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.</p> <p>Interpréter énergétiquement le caractère imaginaire pur de la conductivité électrique complexe du plasma.</p>
<p>Relation de dispersion. Pulsation plasma.</p> <p>Domaine de transparence.</p> <p>Domaine réactif, onde évanescente.</p>	<p>Établir la relation de dispersion des ondes planes progressives harmoniques transverses.</p> <p>Exprimer la vitesse de phase et la vitesse de groupe d'un paquet d'ondes dans le domaine de transparence du plasma.</p> <p>Interpréter la pulsation plasma comme une pulsation de coupure.</p> <p>Citer les caractéristiques d'une onde stationnaire évanescente.</p> <p>Justifier que, dans le domaine réactif, une onde électromagnétique harmonique ne transporte aucune puissance en moyenne.</p>

Interfaces entre deux milieux	
<p>Réflexion et transmission d'une onde électromagnétique plane progressive harmonique polarisée rectilignement à l'interface entre deux milieux d'indices complexes n_1 et n_2 dans le cas d'une incidence normale : coefficients de réflexion et de transmission du champ électrique.</p>	<p>Exploiter la continuité admise du champ électromagnétique dans cette configuration pour obtenir l'expression des coefficients de réflexion et de transmission en fonction des indices complexes.</p> <p>Utiliser les expressions des coefficients de réflexion et de transmission du champ électrique dans des situations variées.</p> <p>Établir et interpréter les expressions des coefficients de réflexion et de transmission en puissance dans le cas d'une interface entre deux milieux diélectriques linéaires, homogènes, isotropes et transparents.</p>

Ondes5 **Approche ondulatoire de la mécanique quantique**

Amplitude de probabilité	
Fonction d'onde $\Psi(x, t)$ associée à une particule dans un problème unidimensionnel. Densité linéique de probabilité de présence.	Normaliser une fonction d'onde. Relier qualitativement la fonction d'onde à la notion d'orbitale en chimie.
Principe de superposition. Interférences.	Relier la superposition de fonctions d'ondes à la description d'une expérience d'interférences entre particules.
Équation de Schrödinger pour une particule libre	
Équation de Schrödinger. États stationnaires.	Utiliser l'équation de Schrödinger fournie. Associer les états stationnaires aux états d'énergie déterminée. Établir et utiliser la forme $\Psi(x, t) = \varphi(x) \exp(-iEt/\hbar)$ pour la fonction d'onde d'un état stationnaire et l'associer à la relation de Planck-Einstein. Distinguer l'onde associée à un état stationnaire en mécanique quantique d'une onde stationnaire au sens usuel de la physique des ondes.
Paquet d'ondes associé à une particule libre. Relation $\Delta k_x \Delta x \geq 1/2$.	Utiliser l'équation de Schrödinger pour déterminer la partie spatiale $\varphi(x)$ des fonctions d'onde stationnaires décrivant une particule libre. Identifier la vitesse d'une particule libre et la vitesse du paquet d'ondes la décrivant. Exploiter l'inégalité de Heisenberg pour relier l'étendue spatiale et l'étendue spectrale du paquet d'ondes décrivant une particule libre.