

## OD4 – Phénomènes de propagation linéaires unidimensionnels

6.2. Phénomènes de propagation linéaires unidimensionnels		
6.2.1. 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 $\exp\pm j(\underline{k}x - \omega t)$ . Distinguer différents types de comportements selon la valeur de la pulsation.	On prendra comme exemples le plasma et une chaîne d'oscillateurs.
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. <b>Étudier la propagation d'une onde électrique dans un câble coaxial.</b> <i>Capacité numérique</i> : à l'aide d'un langage de programmation, simuler la propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu dispersif et visualiser le phénomène d'étalement.	On verra en TP la partie sur la propagation d'une onde électrique dans le câble coaxial.
6.2.2. Ondes électromagnétiques dans les milieux matériels		
Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique unidirectionnelle dans un conducteur ohmique de conductivité réelle. Effet de peau dans un conducteur ohmique.	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.	
Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique transverse et unidirectionnelle dans un plasma dilué. Conductivité électrique complexe.	Justifier la neutralité électrique locale du plasma en présence d'une onde transverse. Établir l'expression de la conductivité électrique complexe du plasma. Interpréter énergétiquement le caractère imaginaire pur de la conductivité électrique complexe du plasma.	
Relation de dispersion. Pulsation plasma. Domaine de transparence. Domaine réactif, onde évanescente.	Établir la relation de dispersion des ondes planes progressives harmoniques transverses. Exprimer la vitesse de phase et la vitesse de groupe d'un paquet d'ondes dans le domaine de transparence du plasma. Interpréter la pulsation plasma comme une pulsation de coupure. Citer les caractéristiques d'une onde stationnaire évanescente. Justifier que, dans le domaine réactif, une onde électromagnétique harmonique ne transporte aucune puissance en moyenne.	

## I – Dispersion et absorption

I-1) Exemple en mécanique

I-2) OPPH généralisées

- a) Relation de dispersion
- b) Relation de dispersion de la chaîne de pendules couplés

I-3) Contenu physique

- a) Relation de dispersion
- b) Phénomène liée à la partie réelle de  $\underline{k}$
- c) Phénomène lié à la partie imaginaire de  $\underline{k}$

**II – Paquets d'onde**

II-1) Signal comportant deux pulsations voisines

II-2) Obtention d'onde localisée

II-3) Propagation du paquet d'ondes

- a) Analyse de Fourier
- b) Propagation avec ou sans dispersion

II-4) Vitesse de groupe

**III – Ondes électromagnétiques dans un conducteur**

III-1) Equation de propagation

III-2) Effet de peau dans un demi-espace métallique

III-3) Aspects énergétiques

- a) Champ magnétique
- b) Puissance moyenne

**IV - Onde transversale dans un plasma dilué**

IV-1) Interaction entre une OPPH et un plasma

- a) Modèle du plasma
- b) Aspects microscopiques

Il est naturel de s'intéresser aux seuls mouvements des électrons. Cela revient à dire que le courant est constitué du mouvement des seuls électrons.

IV-2) Conductivité complexe du plasma

IV-3) Aspect énergétique

IV-4) Équation de propagation dans le plasma

- a) Densité volumique de charges
- b) Equation de propagation
- c) Equation de dispersion

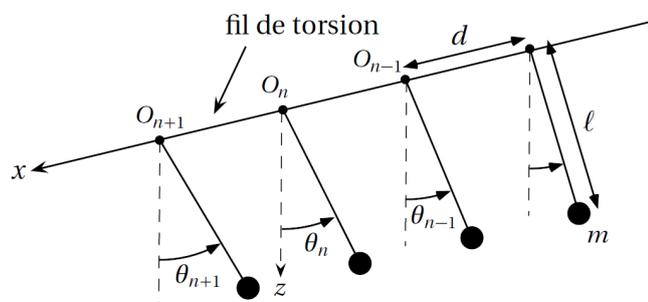
IV-5) Nature des solutions

- a) Onde évanescente pour  $\omega < \omega_p$
- b) Milieu transparent pour  $\omega > \omega_p$

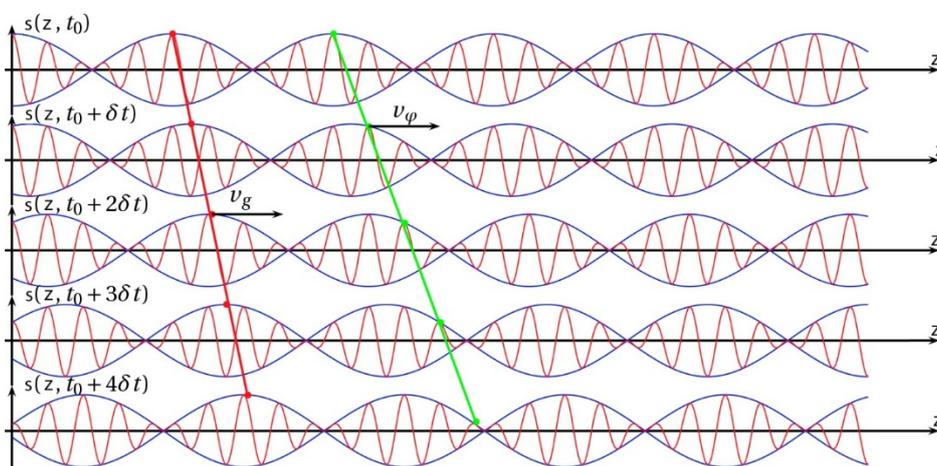
IV-6) Aspects énergétiques

- a) Milieu transparent pour  $\omega > \omega_p$
- b) Onde évanescente  $\omega < \omega_p$

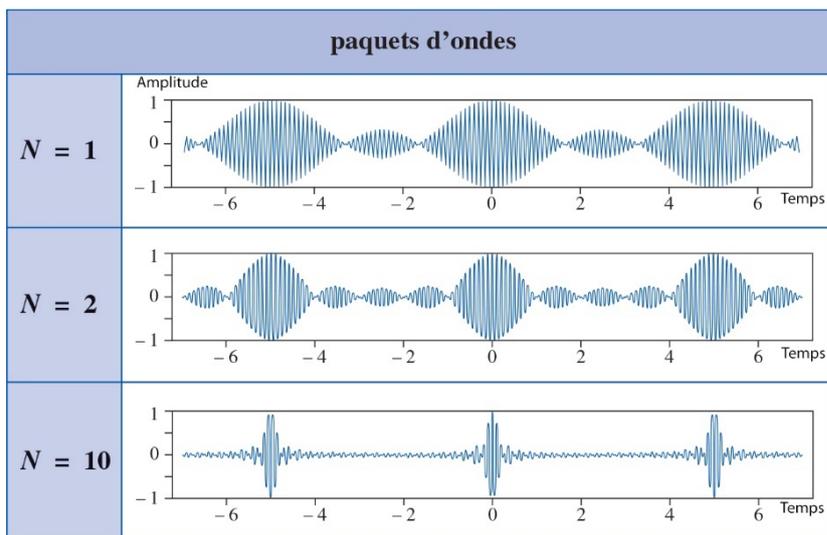
I-1) Exemple en mécanique



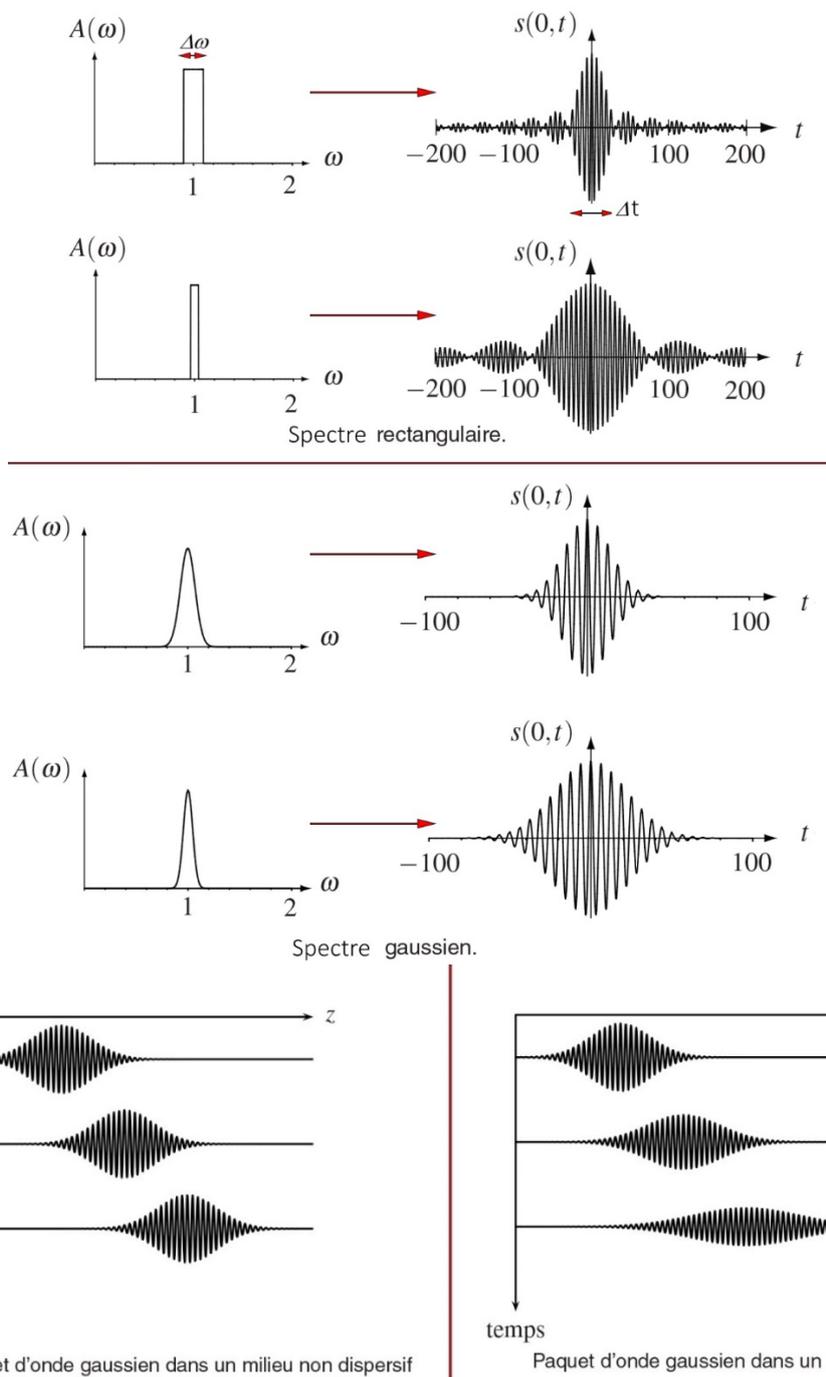
II-1) Signal comportant deux pulsations voisines



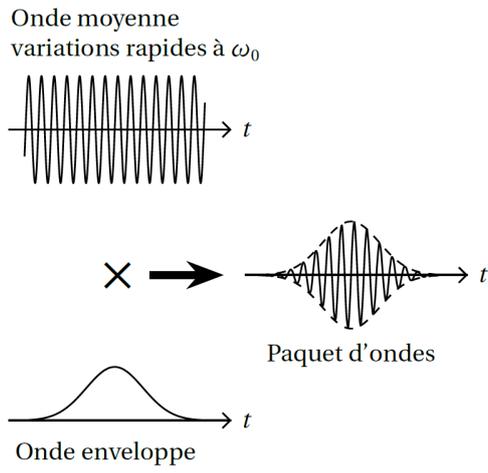
II-2) Obtention d'onde localisée



II-3) Propagation du paquet d'ondes



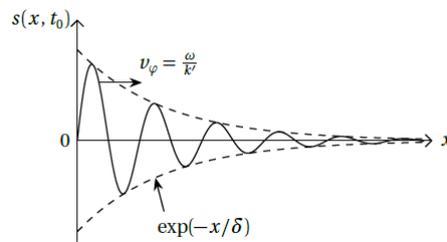
II-4) Vitesse de groupe



$$L^* \sim \sqrt{DT} \sim \sqrt{\frac{D}{\omega}}$$

$$\Leftrightarrow L^* \sim \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \gamma_0 \omega}}$$

III-2) Effet de peau dans un demi-espace métallique



IV-6) Aspects énergétiques

