

**LP n° 26 Titre :** Propagation avec dispersion

**Présentée par :** V. Lusset

**Rapport écrit par :** V. Scottez

**Correcteur :** A. Raoux

**Date :** 26/10/2018

**Bibliographie de la leçon :**

<b>Titre</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Éditeur</b>	<b>Année</b>
Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs	Christian Garing	ellipses	1998
Tout en un Physique PC/PC*	M.-N. Sanz, F. Vandembrouck, B. Salamito, D. Chardon	Dunod	2016

**Plan détaillé**

**I Chaîne d'oscillateurs couplés - relation de dispersion**

**II Paquet d'onde - vitesse de groupe**

1) Notion de paquet d'onde

2) Vitesse de groupe

**III Application : onde EM dans l'ionosphère**

1) Relation de dispersion

2) Vitesse de phase

3) Vitesse de groupe et propagation de l'énergie

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis :  
Équation de d'Alembert  
Électromagnétisme  
Transformée de Fourier

### Questions posées par l'enseignant

Peut-il y avoir dissipation dans l'équation de d'Alembert ?

Qu'entendez vous par aspect dissipatif ?

Comment définissez vous une onde ?

Vous pouvez me réexpliquer la dispersion de la lumière à travers un prisme ?

Expression de l'indice de réfraction en fonction de la vitesse ?

Indice de réfraction pour un plasma ?

C'est quel  $v$  dans cette formule ?  $V_{\phi}$ ,  $v_{\text{groupe}}$  ?

$V_{\phi}$  c'est une grandeur réelle, complexe ?

Et l'indice de réfraction ? Et dans le cas de la dispersion ?

Comment avez vous obtenu votre équation 1 avec le PFD, vous connaissez un autre moyen de le faire ?

Vous pouvez le faire ?

Pour votre équation 2 vous avez fait l'approximation  $\text{Psy}_n \ll n_a$ , vous pouvez commenter ?

Pour la relation de dispersion vous obtenez,  $v_{\phi} = \omega / k$

C'est quoi  $k$  ? C'est un réel, imaginaire ? Si on a  $k = k' + ik''$ . Qu'est ce que vous pouvez me dire sur les signes de  $k'$  et  $k''$  ?

De façon générale qu'est ce qu'on impose quand on envoi une onde dans un milieu ?

Pour regarder la propagation du paquet d'onde vous avez dit : je prend une somme d'ondes qui vérifient la relation de dispersion.

Qu'est ce qui se passe si je prend des ondes qui ne la vérifient pas ?

Vous avez dit,  $v_{\phi}$  c'est la vitesse qui permet de garder la phase constante. Ça veut dire quoi, vous pouvez préciser ?

Vous avez pris une relation de dispersion que vous avez développée à l'ordre 1. Qu'est ce qu'il se passe si on va plus loin ?

Une équation de propagation peut-elle être non linéaire ?

Vous avez une idée de l'effet que peut avoir ces non linéarités ?

Quelle bibliographie avez vous utilisé ?

Sur la ionosphère vous avez dit que les électrons étaient non relativiste compte tenu de la température. Vous pouvez préciser ?

Vous connaissez un ordre de grandeur pour  $\omega_p$  ?

On peut aussi définir  $\omega_p$  pour les métaux, vous avez un ordre de grandeur ?

C'est quoi l'atténuation dans une fibre optique ? En Db/km par exemple ?

Est-ce qu'on peut avoir de la dispersion en mécanique quantique ?

Savez-vous ce qu'est un soliton ?

Vous connaissez ce que vaut  $v$  groupe dans le cas du plasma ?

### Commentaires donnés par l'enseignant

Très bien sur la forme. C'est clair et coloré. Très bonne gestion du tableau.

Bonne maîtrise globale de ce qui a été dit.

Le plan et les prérequis n'ont pas besoin de rester au tableau.

Pb : Sur le tableau, ya la transformée de Fourier et ce n'est plus au programme de CPGE.  
Donc il ne faut pas parler de transformée de Fourier mais on peut écrire la somme...

Sur la première partie. Il faut détailler un peu plus. Préciser le référentiels, les hypothèses etc. Et faire un schéma avec les notations.

Important : l'approximation continue n'est plus au programme.

Dans un milieu on ne peut pas choisir indépendamment  $k$  et  $w$ .

Partie II globalement ok (attention à l'expression de la vitesse de groupe). Le calcul est pratiquement incontournable.

Relation de « Kramers-König » (voir le Jackson) quand il y a dispersion, il y a forcément absorption. Donc on ne peut pas traiter l'un sans l'autre. Donc il faut définir ce qu'est l'absorption et la dispersion.

La première animation python était pas nécessaire, les deux autres étaient vraiment bien. (surtout la 2).

Atténuation dans une fibre optique  $\rightarrow 0.2 \text{ dB/km}$

### Partie réservée au correcteur

La première partie n'est pas nécessaire, elle introduit des subtilités liées au caractère discret qui ne sont pas indispensables dans cette leçon.

Il faut définir dispersion, vitesse de phase, de groupe, paquet d'onde. Utiliser un exemple pour introduire les notions, et un autre exemple d'un autre domaine comme application

#### **Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

Cable coaxial  
Cuve à ondes

#### **Notions possibles**

Effets nonl-linéaires  
Solitons  
Lien avec l'indice optiques  
Propagation dans les conducteurs  
Étalement du paquet d'ondes

#### **Points délicats dans la leçon**

bonne définition de  $v_g$

#### **Bibliographie conseillée**

Dunod PC\* pour la base  
Physique des solitons (EDP Sciences)  
Carpentier, la physique en application (fibres optiques entre autres)  
Garing, Ondes mécaniques (aussi ondes EM dans les milieux, les conducteurs, etc.)  
Cohen (si vous faites de la quantique)