

## LP 26 : Propagation avec dispersion

Par Hélène Ollivier et Bruno Ventéjou  
Examineur : Marc Legendre

### Messages à faire passer dans la leçon :

Utiliser un exemple introductif pour mettre en évidence la dispersion, qui est un phénomène se traduisant par la dépendance de la réaction d'un milieu vis-à-vis de l'onde qui le traverse en fonction de la fréquence de cette onde. Introduire la notation complexe, et la notion d'OPPH\* qui induit un facteur en exponentielle réelle dans l'expression de l'onde solution de l'équation de propagation. On peut ainsi définir les milieux amplificateur et passif.

Définir la relation de dispersion.

Faire comprendre que les OPPH et OPPH\* n'ont pas de réalité physique du fait de leurs extensions spatiale et temporelle infinies, et qu'il y a donc nécessité d'introduire la notion de paquet d'ondes. Démontrer la déformation du paquet d'onde dans le cas d'une propagation dans un milieu dispersif.

Application aux ondes électromagnétiques dans les plasmas et de leur utilité dans le domaine de la radio.

### Plan choisi

- I. Exemple introductif : le câble coaxial avec pertes
  1. Présentation du modèle et équation de propagation
  2. Pseudo-ondes planes progressives harmoniques OPPH\*
  3. Retour sur le câble coaxial : relation de dispersion
  
- II. Paquet d'ondes
  1. Définition
  2. Exemples fondamentaux
  3. Évolution du paquet d'ondes
  
- III. Propagation d'une onde électromagnétique dans un plasma peu dense
  1. Densité de courant
  2. Relation de dispersion
  3. Utilisation de la réflexion ionosphérique pour la transmission hertzienne

### Applications traitées :

Câble coaxial

Réflexion ionosphérique pour deux stations de radio : RMC et France Info

### Applications qui auraient pu être traitées :

Chaîne d'oscillateurs mécaniques couplés (*Tec&Doc Physique Spé PSI PSI\**, de Stéphane Olivier et Hubert Gié)

La houle

L'effet de peau (permet de faire la distinction entre les différents phénomènes)

La dispersion dans un guide d'onde, due au confinement géométrique

### Expériences présentées :

Expérience introductive du prisme (bleu plus dévié que le rouge, loi de Cauchy)

Mise en évidence des pertes (dispersion et atténuation) avec le câble coaxial : on fait passer un pulse dans un câble coaxial court (habituel) et en parallèle dans un câble de 100 mètres (attention, nécessité de faire une adaptation d'impédance, sinon on observe des réflexions). Le signal qui a suivi le plus long parcours est atténué et dispersé par rapport à l'autre.

### Bibliographie, remarques bibliographiques :

- Physique tout-en-un PC PSI, J'intègre, de Marie-Noëlle Sanz et Bernard Salamito

*Pour presque l'intégralité du cours.*

- Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs, de Christian Garing

*Exercice sur la réflexion ionosphérique, très bien traité.*

- Electromagnétisme MP,MP\*,PC,PC\* ,PSI,PSI\* de Daniel Mauras

*Précisions sur la réflexion ionosphérique et l'application à la radio*

- Tec&Doc, ou Hprépa

*Pas utilisés par nous mais évoqués par l'examineur.*

- Les 1001 questions de la physique en prépa, Ondes mécaniques, Mécanique et diffusion, de Garing

*Pas utilisés par nous mais évoqués par l'examineur.*

**Remarque des examinateurs :**

- Trop rapide, l'examineur conseille d'alléger le II en virant les « exemples fondamentaux » de paquets d'ondes.
- Mettre en évidence les termes d'absorption, de vitesse de phase ou de groupe, d'enveloppe et de modulante au fur et à mesure du calcul, attention à ne pas les « parachuter ».
- Connaître des exemples simples de dispersion, pour donner des visions intuitives.
- Connaître des exemples d'ondes évanescentes comme l'effet tunnel (décorrélation entre les évolutions spatiales et temporelles, ce qui équivaut à un  $k$  imaginaire pur). Attention, l'effet de peau n'est pas lié à un phénomène d'évanescence mais plutôt à de l'atténuation.
- Est-ce qu'on a toujours de la dispersion ? → pas dans le vide, ou dans certains cas fortement non-linéaires (cf solitons).
- De quoi dépend la dispersion ? → du milieu et de l'excitation.
- En général la dispersion est gênante pour la transmission de signaux... Mais existe-t-il des aspects positifs ? Oui ! Par exemple, on peut se servir de la dispersion d'ondes dans la terre pour avoir des informations sur les roches.