

LP26 : Propagation avec dispersion

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Leçons annexes

- Dispersion et absorption

Niveau : L2

Introduction : mise en évidence de la dispersion dans un prisme (1) (cf LP28)

1 Dispersion dans un diélectrique

1.1 Modèle de l'électron élastiquement lié [1],[2],[LP28]

- Détailler le modèle
- Trouver la susceptibilité électrique
- Généralement dans le verre, la fréquence de résonance est autour des 10^{18} Hz
- Démontrer l'équation de propagation

1.2 Relation de dispersion et indice optique [1],[2],[LP28]

- Arriver à la relation de dispersion $k^2 = \epsilon_r \frac{\omega^2}{c^2}$
- Poser le k complexe.
- Expliquer qu'on est loin de la résonance, négliger le terme complexe (responsable de l'absorption)
- Le terme réel pilote la variation de la phase de notre onde
- Définir la vitesse de phase, en déduire l'indice optique
- Développer l'indice optique au premier ordre en $\frac{\omega^2}{\omega_0^2}$
- En déduire la loi de Cauchy : on a bel et bien un phénomène dispersif

1.3 Paquet d'onde, vitesse de groupe

- Suivre le développement de [4] 7.3
- L'OPPH n'est pas une solution physique
- Définir le paquet d'onde en substitution
- Développement de Taylor de ω et k
- Les faire rentrer dans le paquet d'onde
- Faire apparaître clairement l'onde moyenne qui se propage avec la vitesse de phase et l'enveloppe qui se déplace à la vitesse de groupe
- En présence d'un ordre deux non nul dans le développement de k , on a une dispersion dite d'ordre deux qui va déformer le paquet d'onde.
- Animation (2)

2 Dispersion dans un plasma

2.1 Hypothèses

- Détailler le modèle du plasma
- Poser le PFD et arriver à la loi d'Ohm locale dans les plasmas

2.2 Relation de dispersion

- Obtenir l'équation de propagation
- En déduire la relation de dispersion
- Montrer les deux régimes. On se concentrera sur k réel car la réflexion n'est pas liée à la dispersion

2.3 Régime de dispersion

- On se place à fréquence au dessus de la fréquence plasma
- Démontrer la tête des vitesses de phase et de groupe
- En déduire que dispersion il y a, et qu'elle est très violente autour de la fréquence plasma (10 MHz)
- On doit donc travailler autant que faire se peut à bcp plus haute fréquence pour les ondes traversant l'ionosphère (dans la pratique, GPS autour de 10 GHz)

Conclusion

Ouverture vers la dispersion anormale et la compression de paquets d'onde (lasers femtosecondes ? à creuser)

Bibliographie

- [1] **PUF Mauras, Électromagnétisme** : chapitre 7.4 pour le modèle de l'électron élastiquement lié
- [2] **H Prépa Ondes** :
 - chap 7 pour la dispersion (paquet d'ondes, plasmas)
 - chap 9 pour le modèle de l'électron élastiquement lié
- [3] **Garing, OEM vide et conducteurs** : chap 4 pour les plasmas
- [4] **Olivier, Physique des ondes** : chap 7

Manipulations, ressources

- (1) Mise en évidence de la dispersion avec un PVD et une lampe QI/mercure
- (2) Animations Python :
 - Etalement paquet d'ondes sur <https://www.sci-phy.org/agreg>
 - LP29 pour les ondes dans les plasmas