

LP29 Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs

Arthur Bouchut – Audrey Chatain (4 avril 2016)

Messages à faire passer dans la leçon (10 lignes maximum) :

1. Les milieux conducteurs sont dispersifs à cause de j (charges libres mises en mouvement par l'application d'un champ électromagnétique).
2. Il y a différents régimes de propagation dans les métaux:
 - $\omega\tau \ll 1$: effet de peau
 - $\omega\tau \gg 1$ et $\omega < \omega_p$: réflexion
 - $\omega\tau \gg 1$ et $\omega > \omega_p$: propagation dispersive sans amortissement
3. L'équivalence plasma/métal HF vient de l'absence de terme de friction en $1/\tau$: à haute fréquence, le déplacement maximal des électrons n'est plus suffisant pour que des interactions avec le réseau ait lieu. Par contre la pulsation plasma est beaucoup plus faible dans un plasma car il est moins dense.

Plan choisi :

- I. **Relation de dispersion dans un métal**
Equation d'onde avec E et j , modèle de Drude, relation de dispersion générale.
- II. **Régimes de propagation dans un métal**
Avec tracé du profil du champ $E(z)$ entrant dans le métal dans les 3 régimes.
- III. **Propagation dans un plasma**
Similitudes et différences avec le métal HF, propagation ionosphérique, plasmons.

Applications traitées (sans détailler):

- Applications numériques du Garing pour la profondeur de peau
- Propagation dans l'ionosphère
- Plasmons de volume, traités par la conservation de la charge comme Garing 3.7 (je n'étais pas sûr de le faire mais j'avais le temps et ça permet de justifier $\rho=0$ que j'avais affirmé au départ)

Applications qui auraient pu être traitées (sans détailler):

Propositions du correcteur:

- applications de la réflexion sur l'ionosphère pour la localisation spatiale ou utilisée comme guide d'ondes
- mise en évidence de l'effet de peau avec un RLC (l'effet de peau est d'autant plus marqué que la fréquence est élevée) (expérience possible)
- guides d'ondes métalliques (expérience possible)
- résonance plasmon de surface

Expériences présentées (sans détailler) :

Aucune

Bibliographie et remarques bibliographiques :

Références principales:

- HPrépa, Ondes 2^e année, Ch 7, Ex commenté “OPPH dans un conducteur métallique”
- Garing, Ondes dans les conducteurs, Ch 3 et 4

Modèle de Drude:

D’après le correcteur, pour le faire correctement il faut soit écrire l’équation d’Euler en considérant un volume mésoscopique du gaz de conduction (Garing explique comment on simplifie la dérivée particulaire), soit dire qu’on applique le PDF à un électron de conduction “moyen”; les deux sont équivalents dans l’hypothèse ergodique. Pour une explication simple sur la force de friction et sur ce que ça change quand les électrons sont des paquets d’ondes quantiques, Alloul, *Physique des électrons dans les solides* est une super référence.

Effet de peau dans les fils électriques:

L’énergie électrique ne passe pas par les fils, BUP 97 Nov 2003.

http://www.udppc.asso.fr/bupdoc/consultation/article-bup.php?ID_fiche=14708

C’est pour la culture.

Rq: sur le terme “ondes évanescentes”, tout le monde n’a pas la même définition. On peut adopter celle du programme de PC. Mais pour certains c’est seulement une onde du genre $\cos(\omega t - kz)\exp(-x/d)$.

Remarques importantes des rapports de jury :

Ne pas confondre avec la leçon 47.

Ne pas parler que des métaux.

Ne pas parler que du modèle de Drude.