

LPOB03 : Comportement d'une OEM à une interface vide-métal.

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Leçons annexes

- OEM dans les milieux conducteurs
- Effet de peau. Comportement d'une onde électromagnétique à la surface d'un conducteur
- Effet de peau. Réflexion des ondes électromagnétiques planes à la surface d'un milieu conducteur.

Niveau : L2

Prérequis

- Equations de Maxwell
- OEM dans le vide

Introduction

1 OEM dans les milieux conducteurs

1.1 Modèle de Drude [3]

- Hypothèses historiques du modèle
- introduire force de frottement fluide et temps de relaxation
- Voir les remarques de [3] sur la validité du modèle p.11 et 12

1.2 Relation de structure

- PFD sur un volume mésoscopique d'électrons libres, dans les bonnes hypothèses
- Expression de la conductivité (loi d'Ohm locale).

1.3 Equation de propagation et relation de dispersion [4]

- Partir du PFD, prendre le rotationnel, obtenir $\text{rot}(\mathbf{j})$ en fonction de $\text{rot}(\mathbf{E})$
- Utiliser MF puis MA, en déduire l'équation d'onde sur E ou B
- En déduire la relation de dispersion, discuter des deux grandeurs caractéristiques : ω_p et τ

1.4 Coefficients de réflexion et de transmission à une interface vide-métal

- Hypothèse de l'incidence normale
- Relations à l'interface
- Relations de passage
- En déduire coefficient de réflexion en amplitude et en énergie.

Transition : étude des différents régimes pouvant exister en fonction de ces grandeurs.

2 Cas basse fréquence ($\omega \ll \frac{1}{\tau}$)

Simplifier la relation de dispersion.

2.1 Effet de peau

- Obtenir l'expression de l'OEM dans le métal : progressive amortie, phénomène d'atténuation.
- Faire apparaître l'épaisseur de peau

2.2 Aspects énergétiques

- Le conducteur reçoit de l'énergie du champ qu'il dissipe par effet Joule.
- Calcul de T et R ?

2.3 Application : principe du polariseur [4]

3 Cas haute fréquence ($\omega \gg \frac{1}{\tau}$)

Simplifier la relation de dispersion.

3.1 Cas $\omega < \omega_p$

- Relation de dispersion donne $k^2 < 0$: onde évanescente, pas de propagation ni de transfert d'énergie au milieu
- j et E en quadrature de phase
- Onde réfléchie (faire les AN pour R et T dans le cas du cuivre), application au miroir, aspect brillant des métaux.

3.2 Cas $\omega > \omega_p$

- Relation de dispersion donne $k^2 > 0$: onde progressive sans atténuation, milieu transparent.
- Les électrons "n'arrivent plus à suivre"
- Milieu dispersif : vitesse de phase
- Limite $\omega \gg \omega_p$: identique au vide.

Bibliographie

- [1] Garing, Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs, chap 3
- [2] Olivier, Physique des ondes, chap 7 p.230 (pour l'effet de peau)
- [3] Ashcroft et Mermin, Physique des solides, Chapitre 1 Théorie de Drude des métaux
- [4] H Prépa Ondes, chap 8
- [5] CR LP29 Cassandra/Manon

Manipulations, ressources

Animations python :

- Effet de peau
- Métal à HF, cas $\omega < \omega_p$
- Métal à HF, cas $\omega > \omega_p$

Manip : mise en évidence de l'effet d'un polariseur sur des ondes centimétriques (cf MP14 Blandine).

Notions annexes sur lesquelles se refaire une petite culture

- Cas des plasmas
- Application au guidage des ondes
- Modèle du conducteur parfait
- Plasmons de surface

Remarques :

- Mettre des ODG dès qu'on peut !
- Faire des diapos récapitulatives des différents cas rencontrés.