

LP 28 : Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques

Binôme : Pierre Janiszewski, Clara Schattner (passage du 11/12/2015)

Correcteur : Jérôme Leygnier

Messages à faire passer dans la leçon :

Les OEM traversent différents types de milieux, dans cette leçon on essaie de caractériser ce qu'il se passe dans les diélectriques

- ⇒ Deux types de comportement des DLHI par rapport aux OEM : transparent ou absorbant
- ⇒ Le comportement des DLHI dépend de la fréquence de l'onde
- ⇒ L'interface entre deux DLHI a aussi des effets sur les OEM : lois de Snell-Descartes, coefficients de réflexion et transmission, polarisation avec l'incidence de Brewster

ATTENTION : deux choix sont possibles pour la leçon. On peut développer ou non le modèle microscopique qui justifie l'équation constitutive (entre le vecteur polarisation et le champ électrique). Ici, nous avons choisi de ne pas développer ce point, mais plutôt le comportement d'une OEM à l'interface, pour plusieurs raisons : d'une part pour être plus en adéquation avec l'esprit du programme de prépa (dont les DLHI ont presque disparu, alors que les phénomènes aux interfaces sont toujours très développés), d'autre part pour éviter des questions sur les subtilités sur le modèle de l'électron élastiquement lié avec lequel je ne suis pas particulièrement à l'aise.

Plan choisi :

Intro : petite expérience illustrative pour mettre en évidence les deux comportements des diélectriques dans le visible avec un prisme dispersant le spectre puis en ajoutant une cuve de KMnO_4

I- Propagation d'une onde dans un DLHI

Poser les conventions pour la propagation (ATTENTION : ce n'est pas la même dans tous les livres, ça change les conditions sur k , k' et k'')

- a. Milieux DLHI – rappels
- b. Relation de dispersion
- c. Caractéristiques de la propagation

Parties réelle et imaginaire de la permittivité et du vecteur d'onde

=> tracé de la partie imaginaire de la permittivité pour montrer les zones

transparentes et absorbantes (comme je ne fais pas le modèle, je dis que ce sont des courbes expérimentales => on peut éventuellement en tracer une après le

paragraphe Beer-Lambert après avoir montré que l'absorbance est l'image de n'')

Exemple des lasers dermatologiques pour effacer les tatouages (pas de biblio là dessus, mais le laser est à une fréquence transparente pour la peau et d'absorbance max pour le pigment coloré qui va donc récupérer beaucoup d'énergie et exploser en petits éléments phagocytés par le système immunitaire). On peut aussi parler sur le même principe de l'épilation définitive par laser il y a un petit paragraphe là dessus dans le Nathan 1^{ère} STL (p.142)

II- Absorption dans un DLHI

- a. Propagation de l'OEM

Structure de l'onde, notion d'indice, expression du champ électrique (avec le terme d'atténuation)

- b. Loi de Beer-Lambert
- c. Application : four à micro-ondes (*transparent*)

III- Effets des diélectriques sur une onde à une interface

- a. Réflexion et réfraction (*transparent*)

Lois de Snell-Descartes

- b. Polarisation par réflexion

Conclusion : Les DLHI ont différents comportements vis-à-vis des OEM en fonction de leur fréquence, ce qui peut être mis à profit dans certaines applications (tatouages, four micro onde). En particulier il peut y avoir une polarisation rectiligne pour certaines conditions d'incidence,

<p>cependant, ce n'est pas ce qui est utilisé pour polariser une onde => ouverture sur les milieux diélectriques non isotropes</p>
<p>Applications traitées : Four à micro ondes (cf exercice dans le Tout en Un ancien programme PC) Lois de Snell Descartes (BFR) Incidence de Brewster (cf exercice dans le Tout en Un ancien programme PC)</p>
<p>Applications qui auraient pu être traitées : Modèle microscopique de l'électron élastiquement lié Calculs des coefficients de transmission et réflexion (en amplitude et en énergie) Loi de Cauchy</p>
<p>Expériences présentées : Expérience introductive : prisme en verre + cuve de KMnO_4 (cf Pérez Electromag p.535) Incidence de Brewster</p>
<p>Bibliographie et remarques bibliographiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garing, <i>Ondes dans les milieux diélectriques</i> - BFR - Tout en Un Dunod Ancien programme PC (voir les exos aussi pour le micro-ondes) - HPrépa Ondes - Tec et Doc PC
<p>Remarques importantes du correcteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Attention aux ordres de grandeurs pour le micro-ondes, ce ne sont pas les mêmes selon les livres ! Globalement la profondeur d'absorption est de qq cm - On peut choisir de faire le modèle microscopique, mais dans ce cas retirer Brewster, moins central - Expérience d'intro incontournable selon le correcteur (c'est déjà lui qui l'avait suggéré dans les CR des années précédentes), car permet de voir les 2 comportements des DLHI - On peut parler de l'interprétation quantique de la largeur du pic de n'' (mais du coup, je suis plus sûre qu'on puisse toujours se placer niveau L2) - On peut aussi, si on fait le modèle microscopique, faire une appli sur la loi de Cauchy - On peut présenter les différents mécanismes de polarisation dans un milieu réel (surtout si on fait le modèle de l'électron élastiquement lié pour montrer que c'est un modèle pour un des mécanismes)
<p>Extrait du programme PC : On admet que les DLHI relèvent d'un traitement analogue [aux plasmas] faisant apparaître l'indice complexe, mais aucune modélisation du comportement des DLHI ne figure au programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notions et contenus : Réflexion d'une onde plane progressive harmonique entre deux demi-espaces d'indices complexes n_1 et n_2 sous incidence normale : coefficients de réflexion et de transmission du champ électrique. Polarisation par réflexion vitreuse sous incidence oblique. - Capacités exigibles : Exploiter la continuité (admise) du champ électromagnétique dans cette configuration pour obtenir l'expression du coefficient de réflexion en fonction des indices complexes. Identifier l'incidence de Brewster et utiliser cette configuration pour repérer la direction absolue d'un polariseur.
<p>Questions posées</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quel mécanisme pour la polarisation par incidence ? Citer un système très encombrant permettant d'avoir une onde très polarisée ? <i>Pile de glace</i> - Quelles caractéristiques pour obtenir une onde très polarisée ? <i>Faisceau bien parallèle</i> - Quelles illustrations pour χ dépendant de ω ? <i>Dispersion du verre</i>. En quoi voit-on que la réponse du verre dépend de ω ? - D'où viennent les courbes $n'(\omega)$ et $n''(\omega)$? <i>Expérience et modèle microscopique</i> - Quels types de polarisation ? <i>Electronique (électron élastiquement lié), ionique (vibrations), dipolaire (rotation des dipôles)</i>

- Pourquoi la courbe de ϵ_r' est plus grande pour des petits ω ? *Contribution des trois types de polarisation au début puis quand ω augmente, seule la contribution électronique joue => diminution par paliers*
- ODG des puissances micro-ondes/wifi ?
- n dépend-il toujours de la même manière de λ ? *Non : propagation normale (n augmente avec v) vs propagation anormale (n augmente quand v diminue)*
- Avec un prisme, rouge ou bleu le plus dévié ? *bleu*
- Démo de l'angle de déviation pour un prisme à incidence normale
- Image quantique de l'absorption dans le visible ?
- Pourquoi y a-t-il une certaine largeur autour de ω_0 ? *Durée de vie finie d'un niveau d'absorption => absorbe un train d'onde fini*

- Conséquence de la dépendance en ω de v_ϕ dans une fibre optique ? *Brouillage : donnée = impulsion courte, ie spectre large => déformation du spectre à cause de la dépendance en ω*
- Est-ce que la loi de Beer-Lambert a lieu avec la couleur du ciel au coucher du Soleil ? *Non, les effets diffusifs l'emportent sur l'absorption qui se caractérise par une énergie transférée au système*
- Pour la couche d'ozone, c'est quel mécanisme ? *Absorption dans l'UV*