Titre : Polarisation des OEM. Cas des milieux biréfringents

Présentée par : Nathan Vaudry Rapport écrit par : Nathan Vaudry

Correcteur: Robin Zegers **Date**: 31/03/2020

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Physique nouveau programme	V i d a l , Bourdin,Menguy	Ellipses	2014
Electromagnétisme 3	Bertin,Faroux,Re nault	Dunod	1986

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

<u>Pré-requis</u>: Equations de Maxwell, ondes électromagnétiques dans le vide, vecteur de Poynting, différence de marche.

Equations de Maxwell nous ont donné l'équation de propagation des OEM dans le vide. Mais ne nous renseigne pas sur le caractère vectoriel ou non de l'onde. Objectif de la leçon et introduction de la polarisation.

<u>I Polarisation des OEM</u>

- 1)Définition
- 2) Différentes polarisations

Nous connaissons maintenant les différentes polarisations possibles pour une onde. Comment obtenir maintenant une onde polarisée ?

II Polariseurs

- 1)Définition
- 2)Loi de Malus
- 3) Analyse de la polarisation

Nous pouvons maintenant obtenir une onde polarisée. Mais nous pouvons faire mieux à savoir modifier l'état de la polarisation de la lumière. Pour cela nous allons utiliser des milieux biréfringents.

III Lames à retard

- 1)Définition
- 2) Déphasage induit
- 3)Cas particuliers

Nous avons étudié le caractère vectoriel des ondes électromagnétiques. Il en existe différents types, et peuvent être déterminées à l'aide de polariseurs voire modifiées à l'aide de matériaux biréfringents. Toutes ces notions vues au cours de cette leçon seront revues en travaux pratiques surtout l'analyse et la modification de l'état de polarisation d'une OEM.

Questions posées par l'enseignant

- Q1) On a définit la polarisation comme la direction du champ électrique. Est-ce qu'on peut préciser ce que signifie le vecteur d'onde k?
- Q2) Et dans les milieux biréfringents?
- Q3) Pour la polarisation rectiligne, pourquoi le champ n'est pas la diagonale du rectangle ? (sur votre schéma)
- Q4) C'est quoi de la lumière non polarisée ?
- Q5) Peut-on dire que "la plupart des sources diffusent de la lumière non polarisée"?
- Q6) Comment produire de la lumière polarisée ?
- Q7) Quelle expérience simple peut être faite avec des étudiants pour montrer que la diffusion polarise la lumière ?
- Q8) Comment fonctionne un polariseur?
- Q9) Pourriez-vous clarifier votre schéma présentant la loi de Malus?
- Q10) D'où sort l'expression "projetée" de E utilisée dans votre calcul de la loi de Malus ?
- Q11) Précisez le type de matériau utilisé pour faire des lame à retard
- Q12) Quelle est l'origine de la biréfringence, physiquement?
- Q13) Pourquoi la matrice de la susceptibilité électrique est-elle symétrique?
- Q14) De quoi dépend chi?
- Q15) Lien entre P et E du point de vue temporel.
- Q16) Pourriez-vous relier tenseur de susceptibilité et biréfringence ?
- Q17) La biréfringence n'existe-t-elle que dans les solides ?
- Q18) Dans les cristaux liquides, c'est possible?
- Q19) Peut-on induire une biréfringence dans un milieu non biréfringent ?
- Q20) Est-il toujours vrai que "pas d'extinction" => polarisé elliptiquement ?
- Q21) Précisez l'action d'une lame 1/2-onde sur une OEM polarisée rectilignement
- Q22) Comment identifier l'axe d'un polariseur?
- Q23) Définissez l'activité optique
- Q24) Peut-on induire de l'activité optique dans un milieu inactif?
- Q25) Par exemple comme dans l'expérience de Faraday?

Commentaires donnés par l'enseignant

Faisable en CPGE comme en licence. Mais plans différents. Etre prêts à connaître les propriétés des milieux biréfringents.

Milieu dichroïque possède une conductivité anisotrope donc absorbe de manière anisotrope.

Il existe des milieux biaxe ou uniaxe. Les lames à retard utilisent des milieux uniaxe. L'axe de symétrie d'un milieu uniaxe est appelé *axe optique* du milieu. Il faut le distinguer de l'axe optique du montage dans lequel on insère la lame.

Matrice de permittivité hermitienne à cause de considérations de physique statistique ou, plus simplement dans le cas des OPPM, afin d'assurer la conservation locale de l'énergie électromagnétique.

Relation entre vecteur polarisation et champ électrique valable en régime variable lorsque ceuxci sont exprimés en fonction de la pulsation. Dans le domaine temporel, on a un produit de convolution (qui par transformée de Fourier donne la forme utilisée).

Biréfringence liée à l'anisotropie du milieu. Elle existe évidemment en phase solide dans les cristaux, mais aussi dans la phase nématique des cristaux liquides ou l'ordre de position des molécules est brisé mais pas l'ordre d'orientation.

Modification de la biréfringence par déformation/contrainte mécanique ou par champ électrique extérieur : cf. effet Pockels.

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)

Deux interprétations possibles du titre:

- 1. Traitement conforme aux programmes de CPGE (choix fait par Nathan), avec une partie sur la polarisation (polarisation totale ou absence de polarisation) et une autre sur les différents « outils » d'optique reposant sur les milieux biréfringents (dont la physique est finalement peu discutée et dont les propriétés sont finalement admises);
- 2. Traitement au niveau Licence, avec une partie polarisation vue comme des rappels ou bien abordant des notions plus fines (rôle de la cohérence, coefficients de Stokes...) et une partie sur les milieux biréfringents beaucoup plus développée, incluant la physique de ces milieux et la propagation des OEM dans ces milieux (tenseur de susceptibilité, ellipsoïde des indices, détermination des modes de propagation...). Cette approche permet également d'aborder des applications plus intéressantes (effet Pockels, effet des contraintes mécaniques, effet Faraday etc)

Dans les deux cas, il faut s'attendre à des questions sur la physique des milieux biréfringents.

Dans l'approche 1., il faut insister davantage sur la cohérence qui sous-tend les différents états de polarisation et l'opposer à l'absence de cohérence caractérisant la lumière non-polarisée. L'analyse de la polarisation doit prendre en compte d'une manière ou d'une autre l'existence de lumière partiellement polarisée ou non-polarisée. Cela fournit d'ailleurs une application intéressante des lame 1/4 d'onde dans la dernière partie.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

Rôle de la cohérence dans la notion de polarisation.

Dichroïsme (à savoir expliquer)

Tenseur de susceptibilité et ses propriétés mathématiques (à savoir justifier au moins dans le cadre des ondes planes progressives harmoniques)

Ellipsoïde des indices et détermination des modes propres de propagation

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Mise en évidence de la double réfraction par un cristal biréfringent.

Loi de Malus.

Polarisation de la lumière diffusée.

Analyse de la polarisation.

Bibliographie conseillée