

Titre : Polarisation des ondes lumineuses

Présentée par : Camille MERIDJA

Rapport écrit par : Camille MERIDJA

Correcteur : Louisiane DEVAUD

Date : 02/06/2020

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Tout en un PC/PC*		Dunod	
Optique	Perez	Dunod	
(Cours de Jérôme Leygnier au magistère d'Orsay)			

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Ondes EM dans le vide, Intensité d'une OPPM dans un plan, Optique scalaire, chemin optique

Intro : On cherche à faire le lien entre la description des ondes électromagnétiques et l'optique scalaire qui ont été étudiées et ainsi établir les conséquences du modèle vectoriel de la lumière.

1min

I) Notion de polarisation

1) Modèle vectoriel de la lumière

La lumière est une onde électromagnétique.

Rappel de l'équation de D'Alembert vérifiée par les champs (E,B) dans le vide, la solution étudiée sera l'onde plane progressive harmonique. L'équation de Maxwell Gauss impose que la composante longitudinale de E ne dépende que du temps, elle est donc non pertinente pour la description de l'onde et on peut la prendre nulle, l'onde est transverse électrique (et magnétique)

Décrire l'état de polarisation de l'onde c'est décrire la dynamique du champ électrique dans un plan à z constant au cours du temps, par convention on regarde l'onde venir vers nous. Pour une OPPH on peut sans perte de généralité décrire les deux composantes planes du champ E avec des amplitudes E_{0x} et E_{0y} et déphasés de ϕ , le champ électrique décrit alors une ellipse dans le plan.

6min

2) Etats de polarisation

$\phi = 0$ ou $\pi \rightarrow$ polarisation rectiligne : direction du champ E constante au cours du temps

$\phi = \pm\pi/2 \rightarrow$ polarisation elliptique d'axes O_x , O_y , si en plus mêmes amplitudes circulaire obtention des deux sens de parcours suivant le signe de ϕ

7min

3) Analyse d'une lumière polarisée

Expression théorique de l'intensité en sortie d'un polariseur parfait en fonction de ϕ , cas de la polarisation rectiligne (Loi de Malus), de la polarisation circulaire et de la lumière non polarisée

11min

II) Production et modification d'une polarisation

1) Production de lumière polarisée

Polarisation par dichroïsme (polaroids et grille métallique)

Polarisation par réflexion, angle de Brewster

3min

2) Lames à retard

Déphasage induit par une lame à retard, cas des lames $\lambda/2$ et $\lambda/4$, effet sur polarisations rectilignes et circulaire

(sous partie supprimée par manque de temps)

Conclusion : Utilisation de la polarisation des ondes lumineuses pour la réalisation d'interrupteurs optiques (effet Pockels)

2min

Questions posées par l'enseignant

Comment fonctionne la polarisation par dichroïsme (méthode des polariseurs) ?

il s'agit de polymères étirés, qui laissent passer la lumière dans le sens "perpendiculaire"

Comment ça se fait ?

les électrons perdent de l'énergie par effet Joule en passant dans la grille

contrainte expérimentale sur la taille de la grille ?

Il faut qu'elle soit de l'ordre de la longueur d'onde

On les utilise souvent pour quel type d'ondes ?

Les ondes hyperfréquences

Peux-tu expliquer pourquoi la polarisation par réflexion de Brewster est "transverse" ?

s'obtient via les conditions initiales

et avec les mains ?

combien vaut l'arctangente "limite" pour le verre ?

~56°

Autres méthodes pour polariser une onde ? Par diffusion

(ex de la lumière naturelle, diffusée par l'atmosphère)

Comment est polarisée cette lumière, par quel mécanisme ?

Nom de la diffusion due aux dipôles qu'on regarde d'assez loin ?

Rayleigh

Est-ce que la taille des particules a une influence ?

Oui, réflexion diffuse/réflexion spéculaire

Avec ce modèle du petit dipôle, on peut comprendre la réflexion de Brewster ?

Oui il faut faire le dessin

Expérimentalement, la diffusion de Rayleigh est-elle observable ?

cuve d'eau + lait en poudre, on voit avec un polariseur que la lumière diffusée est polarisée

Peux-tu nous en dire plus sur les lames à retard ? Principe ?

As-tu une idée de la précision avec laquelle il faut tailler une lame $\lambda/4$ ou $\lambda/2$?

$\sim \text{nm}$ mais en jouant sur le modulo de la phase on peut avoir des lames macroscopiques

Comment on obtient des lasers polarisés ?

Cavités taillées à l'angle de Brewster

Peut-on exprimer une polarisation rectiligne en fonction de polarisations circulaires ?

oui, rectiligne = combinaison linéaire des polarisations rectilignes droite et gauche

Caractéristique très importante des ondes EM dans le vide, de par les équations de Maxwell ?

les ondes EM sont transverses dans le vide (trièdre direct E, B, k)

Et dans un diélectrique ?

le trièdre est toujours direct mais le vecteur de Poynting n'est plus nécessairement colinéaire à k

Est-ce toujours le même trièdre direct ?

Non, il ne s'agit plus de E mais de D

Qu'est-ce que la photoélasticité ?

Quand tu envoies une onde sur un diélectrique, cela engendre des contraintes à l'origine d'anisotropie

Commentaires donnés par l'enseignant

La leçon aurait peut-être gagné à avoir une introduction un peu plus longue pour motiver un peu plus l'étude de la polarisation.

Il faudrait plus parler de la structure de l'onde (le trièdre)

Peut-être parler des moyens de produire de la lumière polarisée avant l'analyse de lumière polarisée, pour éviter le flottement sur ce qu'est un polariseur.

En 30 minutes on pourrait ne pas parler des lames à retard (même s'il faut s'attendre à des questions), du coup on peut avoir en conclusion le principe des verres polarisés.

On peut aussi parler des couches antireflets.

Il faut aussi avoir en tête les problèmes de cohérence de polarisation.

Partie réservée au correcteur

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

Bon plan. Un peu long pour 30mins. Moins détailler les calculs (ou n'en faire qu'un seul entièrement) de la partie I.2 permettrait de gagner du temps et d'aborder les mécanismes de polarisation.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

Bien insister sur la structure du champ électromagnétique (\mathbf{E} et \mathbf{B} transverse formant un trièdre direct avec \mathbf{k} dans le vide). Il est important de décrire les différents types de polarisations (rectiligne/circulaire) et d'insister sur le fait que ce ne sont que deux bases différentes sur lesquelles on peut décomposer toute polarisation.

Il est important de mentionner (ou du moins connaître) les différents mécanismes de polarisation, la façon dont on peut passer d'une polarisation à l'autre, la définition de lumière non polarisée.

Il est bien de connaître quelques applications de la polarisation de la lumière.

Ne pas trop parler de biréfringence et ne pas aborder l'ellipsoïde des indices ne me semble pas un problème compte tenu de la durée de la leçon.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

La vérification de la loi de Malus, l'expérience de Fresnel Arago, la polarisation par diffusion (à l'aide d'une cuve) sont des expériences classiques. Il est également possible de présenter des expériences de photoélasticité ou de biréfringence naturelle et d'effet Faraday.

Bibliographie conseillée

Sextant, Duffait d'optique, BFR 3, *Physique tout en un* Sanz PC-PSI