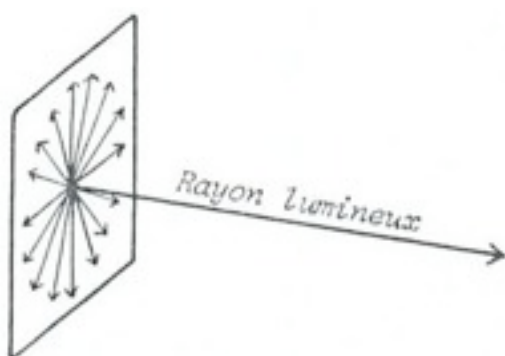


# La lumière polarisée

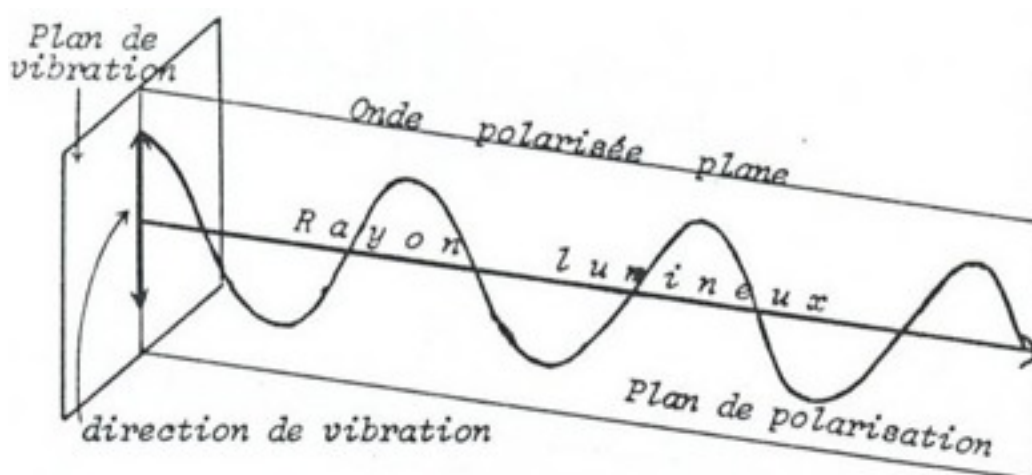
Extrait de «Théorie et emploi du microscope polarisant»

Nous avons vu que la lumière pouvait être considérée comme une onde transversale. Les vibrations ont lieu dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation du rayon lumineux. Mais le plan dans lequel s'effectue la vibration n'est pas défini et varie avec le temps.



Examinons la figure ci-contre : à un instant donné il n'est pas possible de préciser l'orientation de la vibration à l'intérieur du plan de vibration. C'est le cas de la lumière ordinaire. Dans certaines conditions cette représentation peut être modifiée dans le sens qu'on peut obliger la vibration à s'effectuer dans une direction bien précise.

Nous aurons alors une lumière polarisée. On appelle **lumière polarisée** une lumière dont la direction de vibration est, au contraire, bien définie. Lorsque la vibration a lieu toujours dans la même direction tout le long du rayon lumineux et qu'on peut placer toutes ces vibrations dans un plan normal au plan de vibration, nous obtenons une **lumière polarisée plane**. Ce nouveau plan est dit **plan de polarisation**<sup>1</sup>. Dans le schéma ci-dessous nous avons résumé graphiquement les termes que nous emploierons constamment.



Représentation schématique de la lumière polarisée

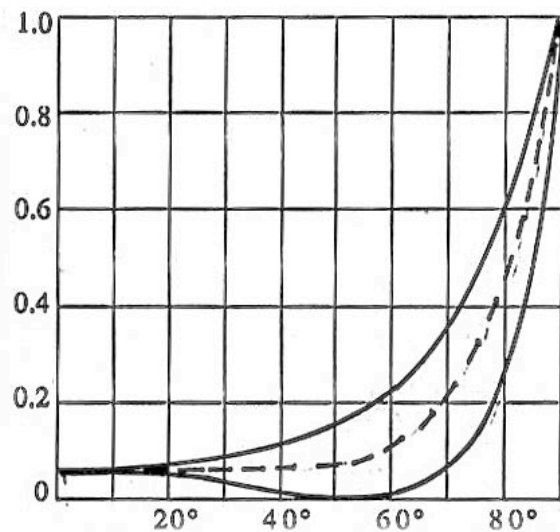
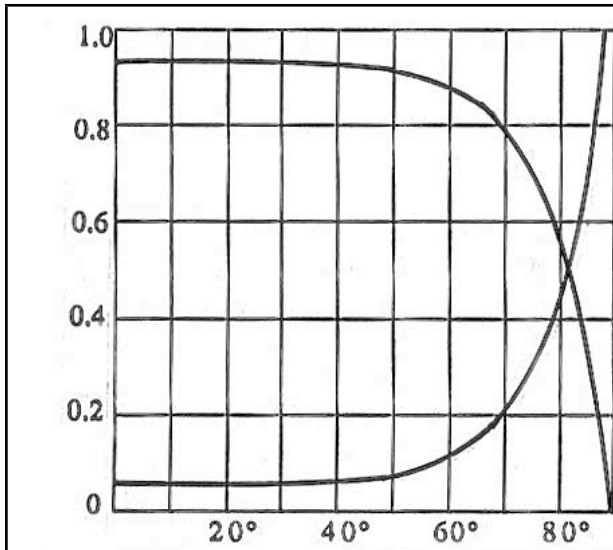
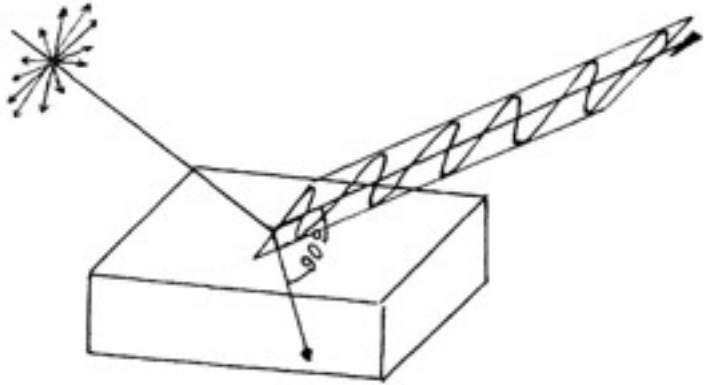
<sup>1</sup> Cette définition du plan de polarisation n'est pas habituelle et n'est que rarement utilisée. Cependant, nous l'emploierons par souci de commodité. En effet, la plupart des auteurs définissent le plan de polarisation comme le plan perpendiculaire à la direction de vibration et contenant le rayon lumineux. Malheureusement ce plan-ci n'est d'aucune utilité lorsqu'on essaye d'expliquer clairement les choses !

La lumière polarisée peut être produite de diverses façons. Une de celles-ci consiste à envoyer de la lumière sur une surface réfléchissante (par exemple un plan d'eau) selon une certaine incidence. Le rayon réfléchi est alors polarisé et son plan de polarisation est perpendiculaire au rayon réfracté.

Le rayon réfracté est aussi polarisé et son plan de polarisation est contenu dans le plan déterminé par lui-même et le rayon incident.

L'incidence convenable pour qu'il y ait polarisation maximum est que les rayons réfléchi et réfracté fassent entre eux un angle de  $90^\circ$ .

Propriétés des rayons réfléchi et réfracté sur une surface vitreuse : les rayons réfléchis sous une certaine incidence sont polarisés.



Pourcentage de lumière réfléchi et réfracté sur une surface vitreuse d'indice 1.51 en fonction de l'angle d'incidence.

La courbe  $\rho$  est le rapport de l'intensité du rayon réfléchi sur celle du rayon incident

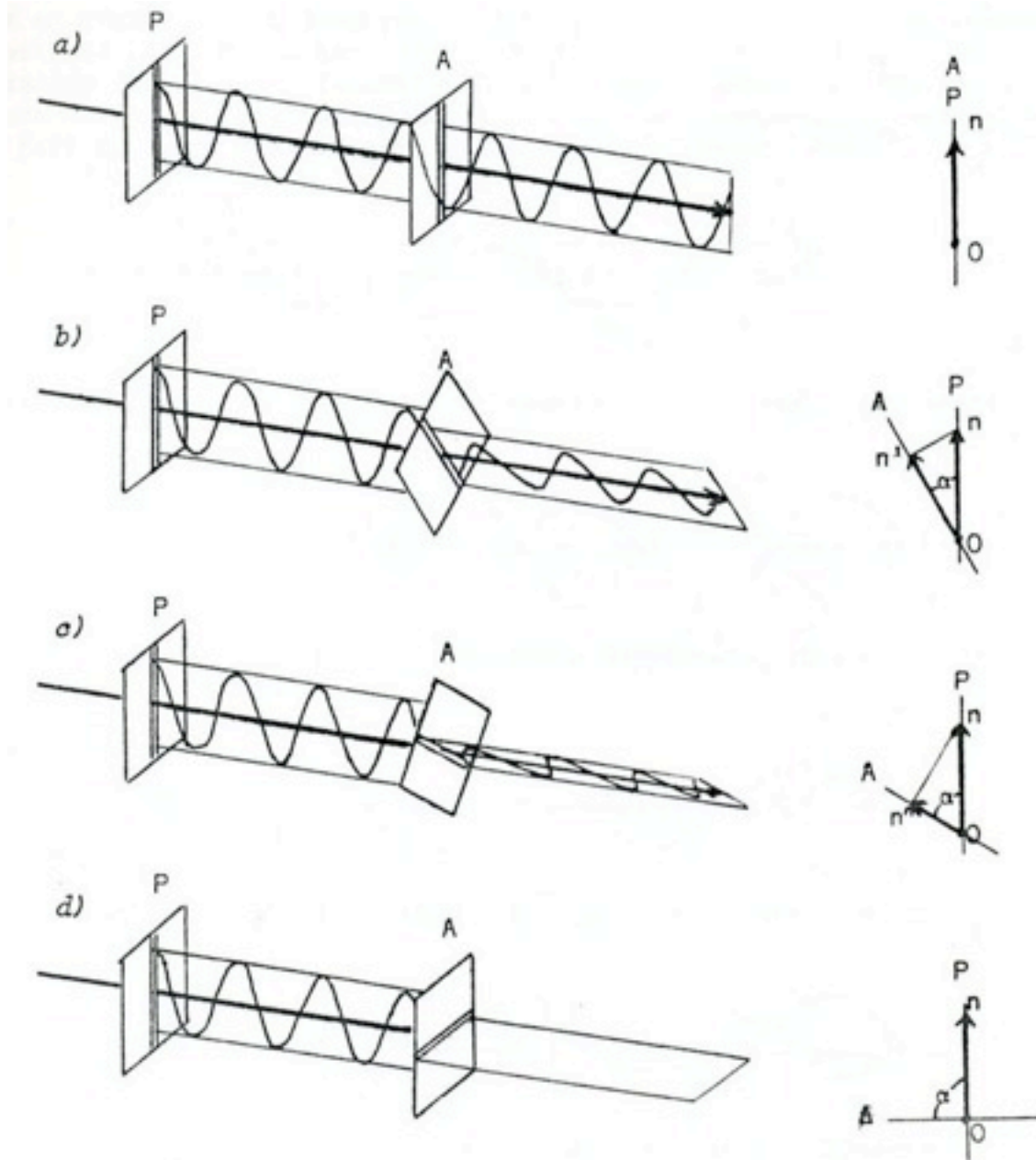
La courbe  $\tau$  est complémentaire de la précédente et indique le même rapport, mais pour le rayon réfracté.

Variation d'intensité des deux composantes polarisées du rayon réfléchi en fonction de l'angle d'incidence.

En pointillé on a la courbe  $\rho$  de la figure précédente. Ce rayon réfléchi est constitué de deux composantes polarisées :  $\rho'$ , polarisée dans le plan d'incidence et  $\rho''$  dans le plan normal au précédent. Pour un angle d'incidence de  $57^\circ$  (angle de Brewster), la composante  $\rho'$  disparaît complètement.

Nous verrons plus loin d'autres dispositifs susceptibles de produire de la lumière polarisée. Notons déjà qu'on appelle "**polariseur**" tout dispositif susceptible de produire de la lumière polarisée.

Que va-t-il se passer si nous faisons passer de la lumière polarisée à travers un deuxième polariseur ? Nous donnons alors le nom "**d'analyseur**" à ce deuxième dispositif car il va permettre d'analyser les phénomènes que nous voulons mettre en évidence. Considérons les quatre dessins suivants :



Sur le premier dessin (a), le polariseur et l'analyseur ont leur plan de polarisation parallèle l'un à l'autre. L'onde polarisée issue du polariseur ne subit aucune modification en traversant l'analyseur. A la sortie de ce dernier, l'amplitude de l'onde est la même qu'à la sortie du polariseur.

En faisant tourner progressivement l'analyseur, on constate que l'amplitude de l'onde diminue au sortir de ce dernier pour devenir nulle lorsque le plan de polarisation de l'analyseur se trouve tourné de  $90^\circ$  par rapport à celui du polariseur. L'amplitude  $on'$  à la sortie de l'analyseur est égale à :

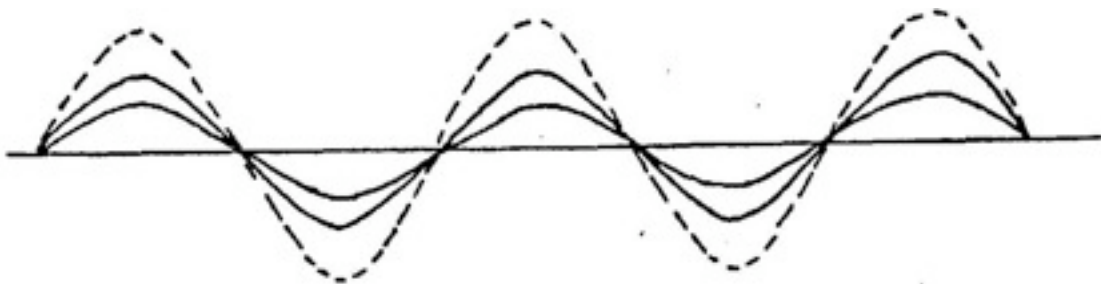
$$on' = on \cos \alpha$$

relation dans laquelle  $on$  est l'amplitude de l'onde avant d'entrer dans le l'analyseur et  $\alpha$  est l'angle entre le plan de polarisation de l'analyseur et celui du polariseur.

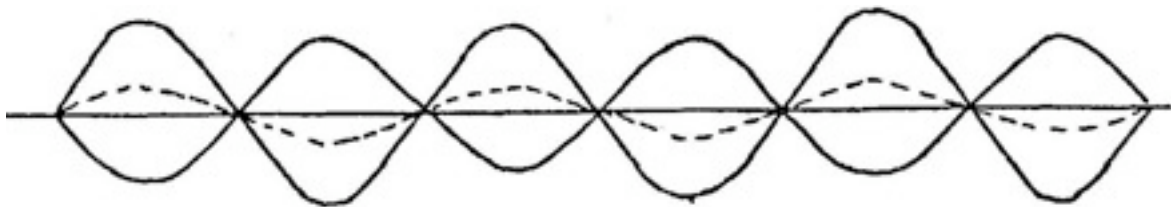
Nous verrons plus loin que ce dispositif polariseur/analyseur constitue la base même de la construction du microscope polarisant.

### Superposition de plusieurs ondes polarisées

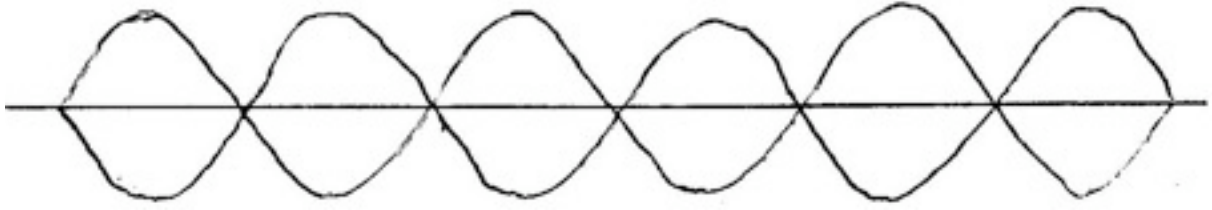
Envisageons ici le cas de plusieurs ondes polarisées dans un même plan. Elles vont se combiner (on dit interférer) pour donner une seule onde résultante. Les ondes peuvent différer en amplitude, en longueur d'onde et en phase. Le principe de l'analyse est simple : il suffit d'additionner, pour chaque point du parcours des ondes, les amplitudes de chaque onde composante. Autrement dit, on fait la somme des vecteurs d'amplitude à chaque instant.



Longueurs d'onde identiques, décalage de phase nul, amplitudes différentes.  
L'onde résultante ne diffère des ondes composantes que par l'amplitude.



Longueurs d'onde identiques, amplitudes différentes, décalage de phase de  $\lambda/2$ .  
L'onde résultante ne diffère que des ondes composantes que par son amplitude.  
Dans le cas particulier, elle est en concordance de phase avec la composante qui avait la plus grande amplitude.



*Longueurs d'ondes et amplitudes identiques, décalage de phase de  $\lambda/2$ .*

*A chaque point les amplitudes sont égales mais de signe opposé. Elles s'annulent réciproquement, aboutissant à la disparition totale de l'onde résultante.*



*Longueurs d'onde et amplitudes identiques, décalage de phase de  $\lambda/4$ .*

*L'onde résultante montre une longueur d'onde identique, une amplitude différente et un décalage de phase de  $\lambda/8$  par rapport aux onde composantes.*



*Longueurs d'onde et amplitudes différentes.*

*L'onde résultante n'est plus une sinusoïdale mais une onde de forme complexe dont la longueur d'onde est le plus petit commun dénominateur des longueurs d'onde des ondes composantes*

---

## Commentaires

*Pour bien comprendre la différence entre lumière ordinaire et lumière polarisée faisons l'expérience suivante : prenons une corde souple d'une dizaine de mètres. Tandis qu'un opérateur maintient une extrémité de la corde à une cinquantaine de centimètres au-dessus du sol, un autre communique à l'autre extrémité de la corde un vigoureux mouvement périodique. L'énergie se transmet le long de la corde et lui imprime un mouvement grossièrement sinusoïdal. On observe que chaque point de la corde décrit un mouvement alternatif dans le plan normal à la direction de propagation. On peut lui communiquer un mouvement circulaire, elliptique ou totalement désordonné : c'est la lumière ordinaire.*

*Si nous imprimons à la corde un mouvement uniquement dans un plan vertical, toute la corde oscille alors dans ce plan. C'est l'image d'une **lumière polarisée**. Nous pouvons même simuler un polariseur : deux bâtons verticaux distants l'un de l'autre d'une épaisseur de corde. En imprimant un mouvement périodique désordonné à la corde (lumière ordinaire), celle-ci n'oscillera plus que dans le plan vertical (lumière polarisée) après son passage à travers ce polariseur improvisé.*

*On trouve dans le commerce des filtres "Polaroid". Ce sont des supports en matière plastique sur lesquels on a déposé, selon une orientation prédéfinie, des cristaux microscopiques d'hérapatite, une substance synthétique qui a la propriété de polariser la lumière. Les lunettes solaires dites "Polaroid" sont en fait des filtres polarisants. Avec deux paires de lunettes, on peut vérifier l'extinction qui s'opère en observant une image à travers les deux filtres et en faisant tourner un des filtres par rapport à l'autre.*

*On peut vérifier aussi que la lumière réfléchie est polarisée. La lumière réfléchie sur la surface d'une piscine montre l'image du ciel et des nuages qui empêche le spectateur de voir ce qui se passe sous l'eau. Les lunettes Polaroid annulent cette réflexion et permettent de voir ce qui s'y passe !*

*Il existe aussi un système de projection en relief qui utilise les phénomènes de la polarisation. Les deux images nécessaires à la vue stéréoscopique sont projetées sur un écran après avoir traversé chacune un filtre polarisant dont les plans de polarisation sont vertical pour une image, horizontal pour l'autre. Le spectateur porte des lunettes comportant des filtres polarisants dont les plans de polarisation sont vertical pour un oeil, horizontal pour l'autre. Le spectateur perçoit ainsi une image avec un oeil et l'autre image avec l'autre oeil.*