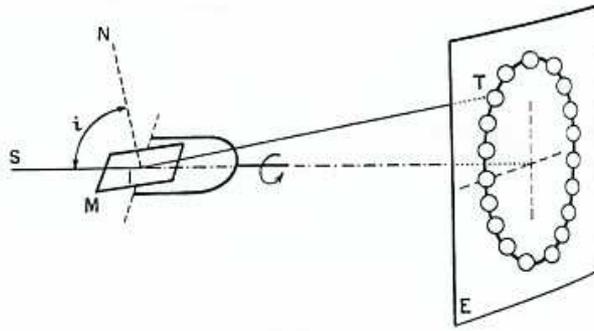


Polarisation de la lumière

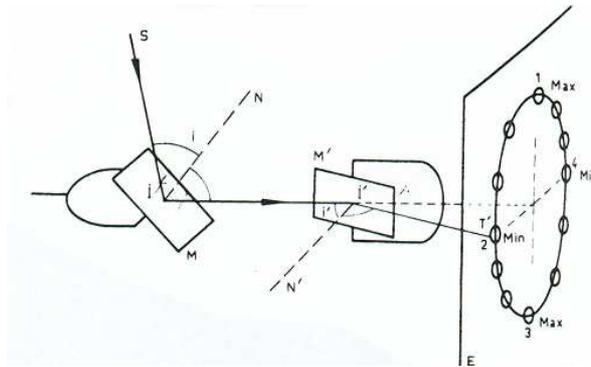
Mise en évidence :

L'étude de la polarisation de la lumière va permettre de déterminer l'orientation du vecteur champ électrique par rapport à la direction de propagation.



On fait réfléchir sous une incidence i un faisceau de rayons parallèles de direction SI sur un miroir en verre M dont la face postérieure a été noircie. En conservant à i , la même valeur, on fait tourner le plan d'incidence SIN autour de SI . La tache T donnée par les rayons réfléchis sur l'écran E conserve le même éclairement. Si l'on répète l'expérience avec une incidence différente, on constate la même chose en ce qui concerne l'éclairement de l'écran. On est amené à énoncer: la lumière qui se propage suivant SI est de la lumière naturelle, elle possède une parfaite symétrie autour de sa direction de propagation.

Disposons maintenant en plus du miroir M , un second miroir M' dont le plan d'incidence $II'N'$ est capable de tourner autour de la direction II' . Soit i et i' les incidences sur M et M' . Faisons tourner le plan d'incidence $II'N'$ autour de II' , i et i' restants constants. La tache T produite par la réflexion sur M'



décrit une circonférence. On observe que l'éclairement de la tache varie pendant le mouvement de M . On observe des maxima aux positions (1 et 3) quand les plans d'incidence SIN et $II'N'$ sont confondus, et des minima aux positions (2 et 4) quand ces deux plans sont perpendiculaires, l'éclairement étant intermédiaire pour les positions correspondantes du plan $II'N'$. Après avoir subi la réflexion vitreuse sur le miroir M , le rayon de lumière naturelle SI perd sa symétrie de révolution. Le rayon II' est dit polarisé et le miroir M qui produit cette polarisation est dit polariseur tandis que le miroir M' qui permet de la mettre en évidence est appelé analyseur.

Polarisation totale. Incidence Brewstérienne:

Dans l'expérience précédente, les minima ne sont pas forcément nuls. Lorsqu'on choisit $\mathbf{i}=\mathbf{i}'=\mathbf{i}_B$ et de telle sorte que $\mathbf{tg} \mathbf{i}_B = \mathbf{n}$ (indice par rapport à l'air de la lame de verre sur laquelle se produit la réflexion), il y a extinction totale et la lumière est dite totalement polarisée.

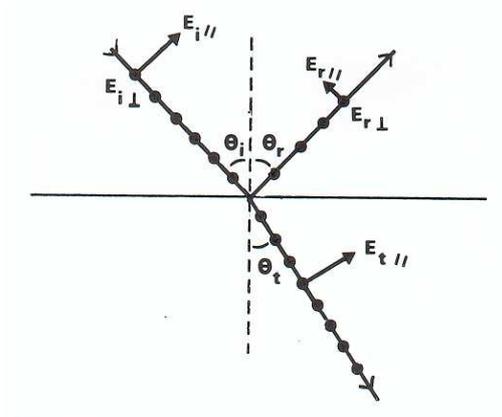
On peut à partir des équations de Fresnel, retenir le cas particulier où: $\mathbf{r} = \mathbf{0}$, soit

$$n_t \cos\theta_i = n_i \cos\theta_t \quad (a)$$

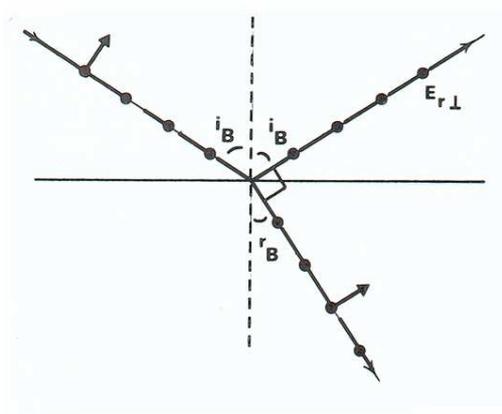
de ce fait le champ électrique de l'onde réfléchie n'a pas de composante // au plan d'incidence, mais seulement la composante \perp au plan d'incidence. Ainsi l'onde réfléchie est totalement polarisée dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence. Or la loi de la réfraction $n_i \sin\theta_i = n_t \sin\theta_t$ combinée à la relation (a) donne: $\cos\theta_i / \cos\theta_t = \sin\theta_t / \sin\theta_i$ soit $\sin\theta_i \cos\theta_i = \sin\theta_t \cos\theta_t$, ou

$\sin 2\theta_i = \sin 2\theta_t$ or $\theta_i \neq \theta_t \Rightarrow 2\theta_i = \pi - 2\theta_t \Rightarrow \theta_i + \theta_t = \pi/2$ ou que les rayons réfléchis et réfractés sont perpendiculaires entre eux. Ceci définit: $\cos\theta_t = \cos(\pi/2 - \theta_i) = \sin\theta_i \Rightarrow (n_t/n_i)\cos\theta_i = \sin\theta_i$

soit $\mathbf{tg} \theta_i = \mathbf{n}_2/\mathbf{n}_1$ qui définit l'**incidence Brewstérienne** ou l'obtention de la polarisation de la lumière par réflexion vitreuse.



Polarisation partielle par réflexion vitreuse sous incidence quelconque.

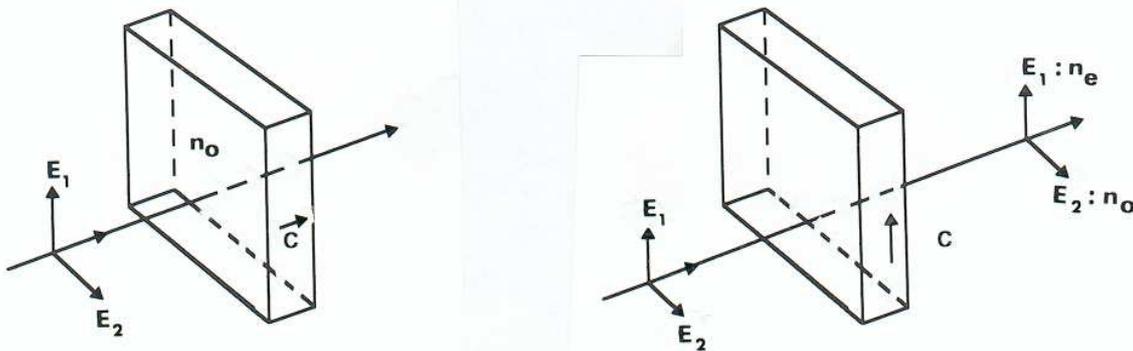


Polarisation totale par réflexion vitreuse sous incidence Brewstérienne.

Polarisation par biréfringence cristalline:(phénomène de double réfraction).

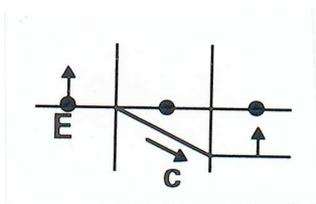
Un cristal est un ensemble d'atomes qui forment un réseau périodique à trois dimensions. Si le cristal possède la même périodicité suivant les trois directions d'un trièdre tri-rectangle, toutes les directions sont équivalentes et **le cristal est isotrope**: il possède les mêmes propriétés indépendamment de la direction cristallographique(c'est le cas des cristaux cubiques: NaCl, KBr, la plupart des métaux). D'autres cristaux présentent des périodicités différentes suivant les trois axes. Si la périodicité est la même suivant deux directions et différente suivant la troisième, **le cristal est dit uniaxe** et l'axe optique du cristal est constitué par la direction de périodicité différente: CdS, quartz (SiO_2), spath d'Islande (CaCO_3). Les cristaux pour lesquels la périodicité est différente suivant les trois directions sont dits **biaxes**.

Lorsqu'une onde électromagnétique **polarisée rectilignement** rencontre un cristal, l'onde se propage dans le cristal avec une vitesse v telle que $n = c/v$ où n représente l'indice de réfraction du cristal et dépend en fait de la réaction des électrons du cristal à l'onde électromagnétique incidente. Si le cristal est isotrope, les électrons réagissent de la même façon sous l'action du champ incident, quelsoit sa direction et l'indice de réfraction n est alors unique et indépendant de la polarisation de l'onde incidente. Si le cristal est anisotrope, **uniaxe** par exemple, la réaction des électrons sera différente suivant que la direction d'oscillation est parallèle ou perpendiculaire à l'axe optique et il faudra s'attendre à l'existence d'un **autre indice de réfraction** selon l'orientation du vecteur champ électrique de l'onde incidente par rapport à l'axe optique du cristal.



Si la direction de propagation de l'onde incidente est parallèle à l'axe optique c , les électrons vibrent perpendiculairement à l'axe c quelsoit la polarisation de l'onde: l'indice correspondant est unique et appelé **indice ordinaire n_o** . Par contre si la direction de propagation est perpendiculaire à l'axe c , lorsque le vecteur champ électrique est perpendiculaire à l'axe c , l'indice est encore l'indice ordinaire n_o , mais lorsque le **vecteur champ électrique est parallèle à l'axe c** , la réaction des électrons est différente et l'indice correspondant est l'**indice extraordinaire n_e** .

a) Biréfringence:



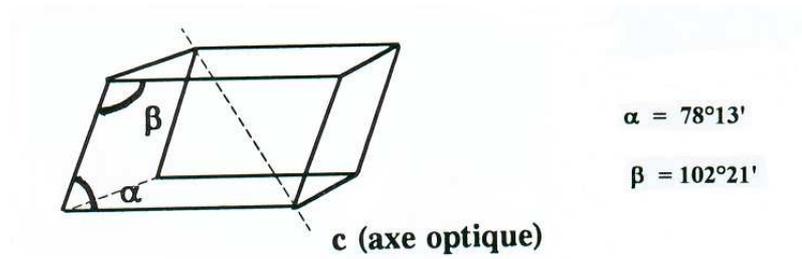
Considérons une lame à faces parallèles d'un cristal uniaxe dans lequel l'axe c est oblique par rapport aux faces dans le plan de figure. Le champ électrique de l'onde incidente peut être décomposé en deux champs, l'un perpendiculaire à l'axe c et l'autre dans le plan de figure. La composante perpendiculaire à c se comporte normalement, car elle ne voit que l'indice ordinaire n_o du cristal: elle n'est pas déviée(loi de la réfraction). L'autre composante voit les deux indices puisqu'elle est oblique par rapport à l'axe

c . Il va y avoir réfraction pour la composante parallèle à l'axe c , suivant l'indice n_e et on aura donc deux images qui seront d'autant plus séparées que la différence $|n_o - n_e|$ sera plus grande.

b)Polarisation rectiligne par prismes de Nicol:

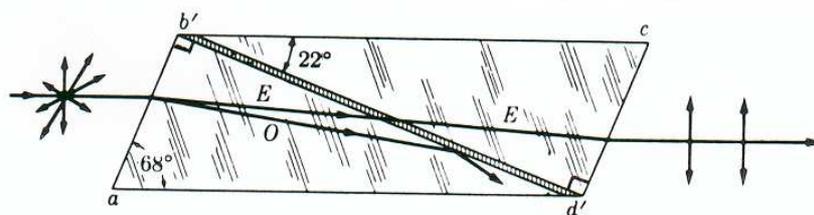
La biréfringence cristalline permet de séparer des faisceaux dont les vecteurs champs électriques sont perpendiculaires. Un dispositif fréquemment utilisé est appelé **prismes de Nicol**.

Le spath d'Islande ou (Calcite) possède une structure rhomboédrique:



$|n_o - n_e|$ est important pour le spath d'Islande.

A partir d'un cristal naturel, on taille un cristal qu'on coupe en deux parties dont on recolle les faces à l'aide de baume du Canada d'indice inférieur à n_o .

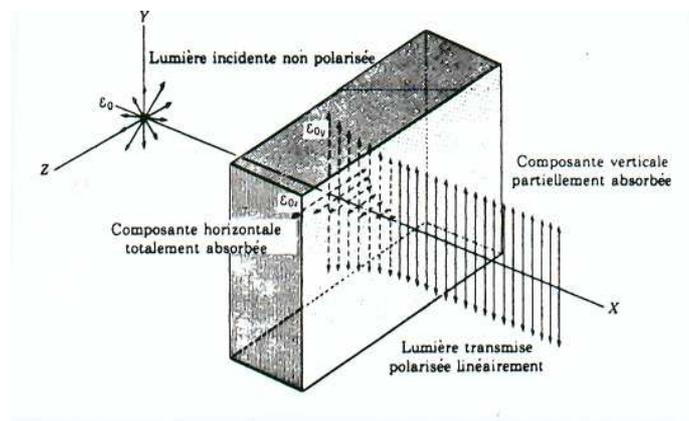


Le rayon ordinaire dont le vecteur champ électrique est perpendiculaire à c est plus dévié que le rayon extraordinaire car $n_o < n_e$. La présence de baume du Canada entraîne la réflexion totale du rayon ordinaire. Le rayon extraordinaire continue son chemin pour émerger sur l'autre face en donnant une onde polarisée

rectilignement avec son vecteur champ électrique parallèle à l'axe c du cristal : **les prismes de Nicol permettent donc d'obtenir un faisceau de lumière polarisée rectilignement avec un plan de polarisation dans une direction donnée.**

Dichroïsme:

Certaines substances anisotropes absorbent les ondes ordinaire et extraordinaire dans des proportions différentes. Dans de telles conditions une O.E.M. qui se propage à travers un échantillon assez épais de la substance en question devient graduellement polarisée dans un plan, puisque l'une ou l'autre des deux ondes est pratiquement absorbée. Ce phénomène est appelé **dichroïsme** et est illustré sur la figure.

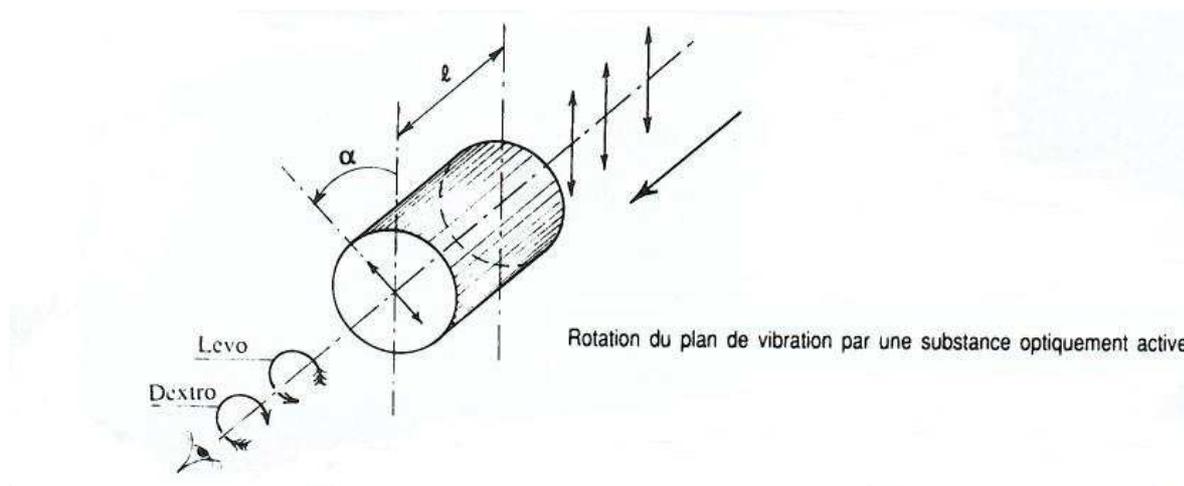


Dans le domaine visible, on a deux substances dichroïques importantes: la tourmaline qui absorbe préférentiellement l'onde ordinaire et l'héropatite qui possède l'inconvénient d'avoir des cristaux fragiles(cassants). La société Polaroid distribue cette substance sous forme de petits cristaux orientés parallèlement les uns aux autres et placés entre deux plaques de verre: on les appelle **polaroïds**.

Le dichroïsme est un moyen simple et peu coûteux de produire et d'analyser de la lumière polarisée.

Pouvoir rotatoire (activité optique):

On dit qu'une substance est douée d'un pouvoir rotatoire lorsque traversée par une lumière polarisée rectilignement, elle a le pouvoir de faire tourner le plan de polarisation de l'onde incidente. La valeur de la rotation θ dépend de la longueur l traversée et de la nature de cette substance.



L'activité optique est observée pour certaines substances uniquement pour la phase solide. Lorsqu'il y a fusion, solution ou vaporisation, le pouvoir rotatoire disparaît et indique par là qu'il était lié à l'arrangement relatif des atomes de la substance à l'état solide. Par contre, d'autres substances comme la turpentine, le saccharose (sucre), le camphre et l'acide tartrique demeurent optiquement actifs dans tous les états physiques ainsi qu'en solution. Dans ce dernier cas, l'activité optique est liée aux molécules individuelles et non à leur arrangement relatif.

Quand une substance dont les molécules sont optiquement actives est dissoute dans l'eau, la rotation du plan de polarisation dépend de la concentration d'où un moyen simple et rapide de connaître la concentration d'une solution.