

TP

MICROSCOPE POLARISANT

1. Définition du microscope polarisant:

Le microscope polarisant est un outil d'observation de lames minces de roches utilisé pour déterminer leur nature et leur mode de formation, en complément d'une observation à d'autres échelles. Il permet l'identification des minéraux et la détermination de la texture des roches. Le microscope polarisant, ne présente pas de grandes différences avec un microscope optique. Il est constitué d'un oculaire, d'une platine, d'une source lumineuse et de différents objectifs et se différencie de part la présence de deux dispositifs polarisants qui sont le polariseur et d'analyseur.

2. Description du microscope polarisant:

Le microscope polarisant est constituée de bas en haut de :

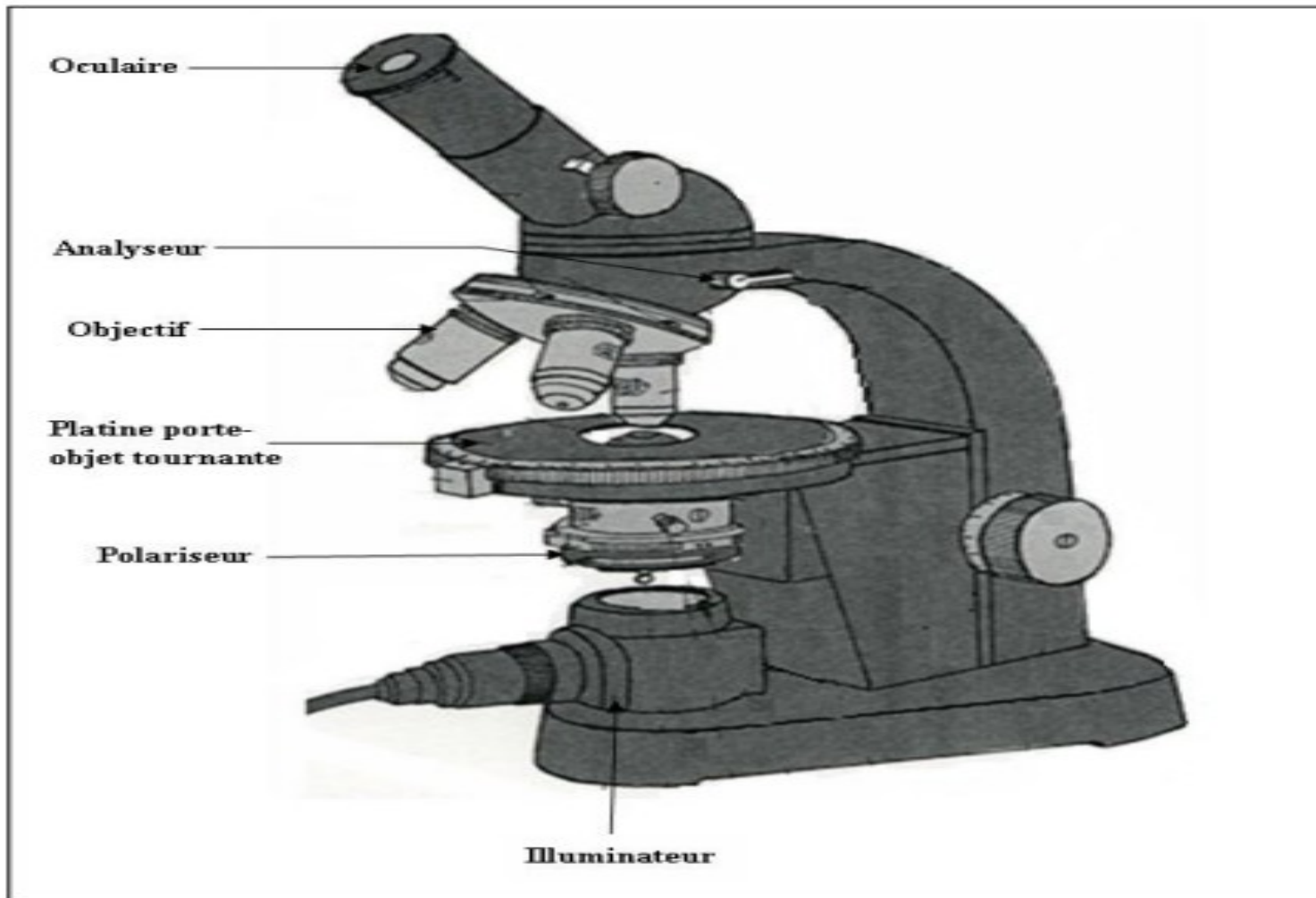
- **l'illuminateur** : est un dispositif d'éclairage fourni généralement par une ampoule à basse tension.
- **Le polariseur** : placé au dessus de la source de lumière avant la platine qui supporte la lame mince. Le polariseur est un système optique fixe qui ne laisse passer que les ondes lumineuses vibrant dans son plan de polarisation N-S.
- **La platine porte-objet**: est circulaire et peut tourner sur elle-même autour d'un axe à centrage fixe.
- **Les objectifs** : font partie du système grossissant du microscope.
- **l'analyseur** : l'analyseur est un deuxième polariseur placé sous l'oculaire, il est amovible, il redresse les deux vibrations issues de la lame mince dans son propre plan de polarisation.
- **L'oculaire** : constitue avec l'objectif, le système grossissant du microscope. il est constitué d'une plaquette de verre sur laquelle sont gravés les deux réticules orthogonaux qui matérialisent les plans de polarisation du polariseur (fil N-S) et de l'analyseur (fil E-W).

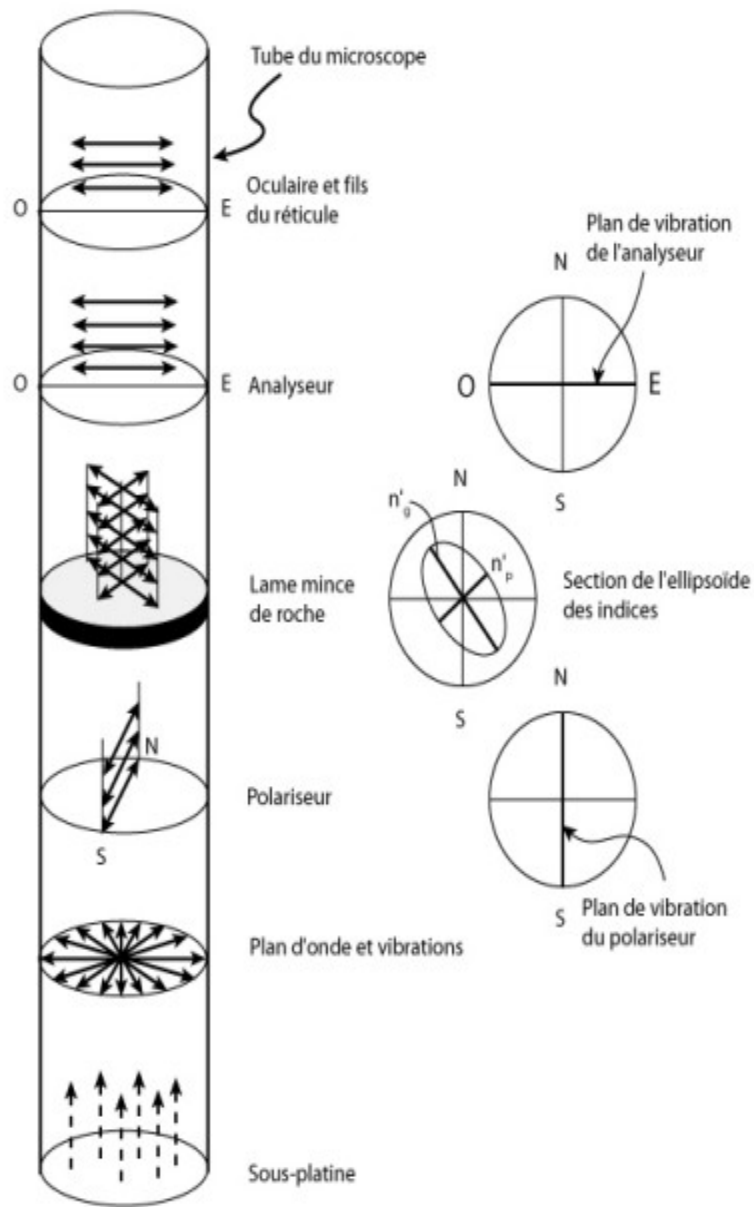
3. Principe de fonctionnement:

La lumière ordinaire (naturelle ou artificielle) est une onde électromagnétique qui vibre dans toutes les directions de l'espace (Lumière non polarisée) perpendiculairement à la direction de propagation du rayon lumineux. Lorsque cette lumière traverse le polariseur, elle ne vibre que dans une seule direction (ondes vibrant dans son plan (N-S)) (lumière polarisée non analysée). Si on intercale une lame mince (section de minéral) entre le polariseur et l'analyseur le rayon lumineux est divisé en deux rayons réfractés (le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire) qui se propagent à des vitesses différentes, ce qui définit l'indice maximum n_g et l'indice minimum n_p de la section. L'analyseur est un deuxième polariseur qui redresse les deux vibrations issues de la lame mince dans son propre plan de polarisation (lumière polarisée analysée), où elles sont en interférence. Cette interférence produit une vibration qui dépend de la valeur $n_g - n_p$.

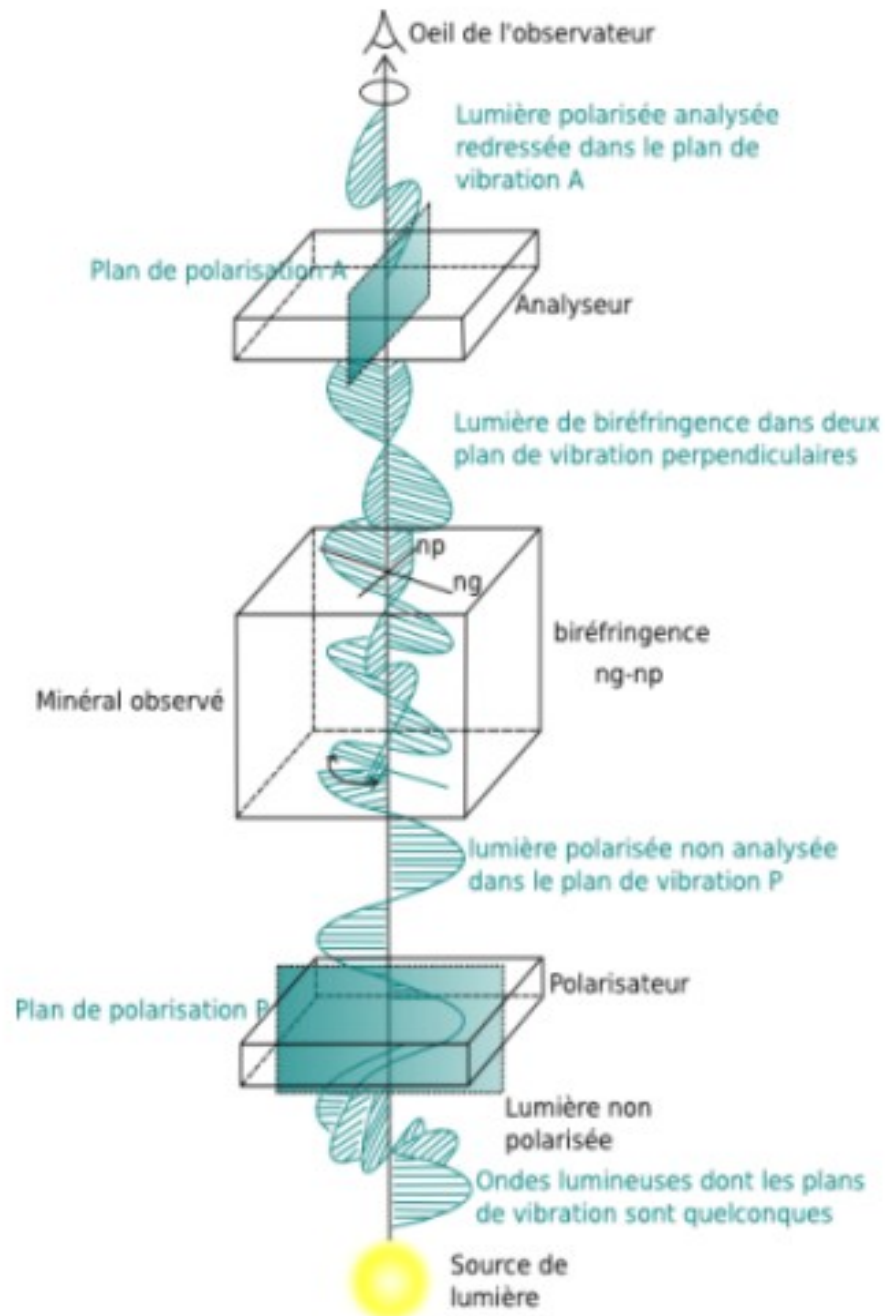
Remarque : les plans du polariseur et de l'analyseur sont perpendiculaires en l'absence d'échantillon, la lumière traverse le polariseur, ne conserve qu'un plan de vibration. Une fois polarisée ainsi, la lumière ne peut traverser l'analyseur. Sans lame, aucune lumière n'arrive à l'oeil de l'observateur.

- **Un polaroïd** est un système transparent (prisme, feuille...) polarisant la lumière qui le traverse.
- Un polariseur est une lame d'une substance qui ne transmet les rayons lumineux que dans une seule direction à partir d'une source multi-directionnelle.





Fonctionnement schématique du microscope polarisant



4. NOTIONS GENERALES SUR L'OPTIQUE CRISTALLINE:

➤ L'indice de réfraction:

L'indice de réfraction est un nombre sans unité qui exprime le rapport de la vitesse de la lumière dans l'air à celle mesurée à l'intérieur du minéral :

$n = \text{Vitesse de la lumière dans l'air} / \text{Vitesse de la lumière dans le minéral}.$

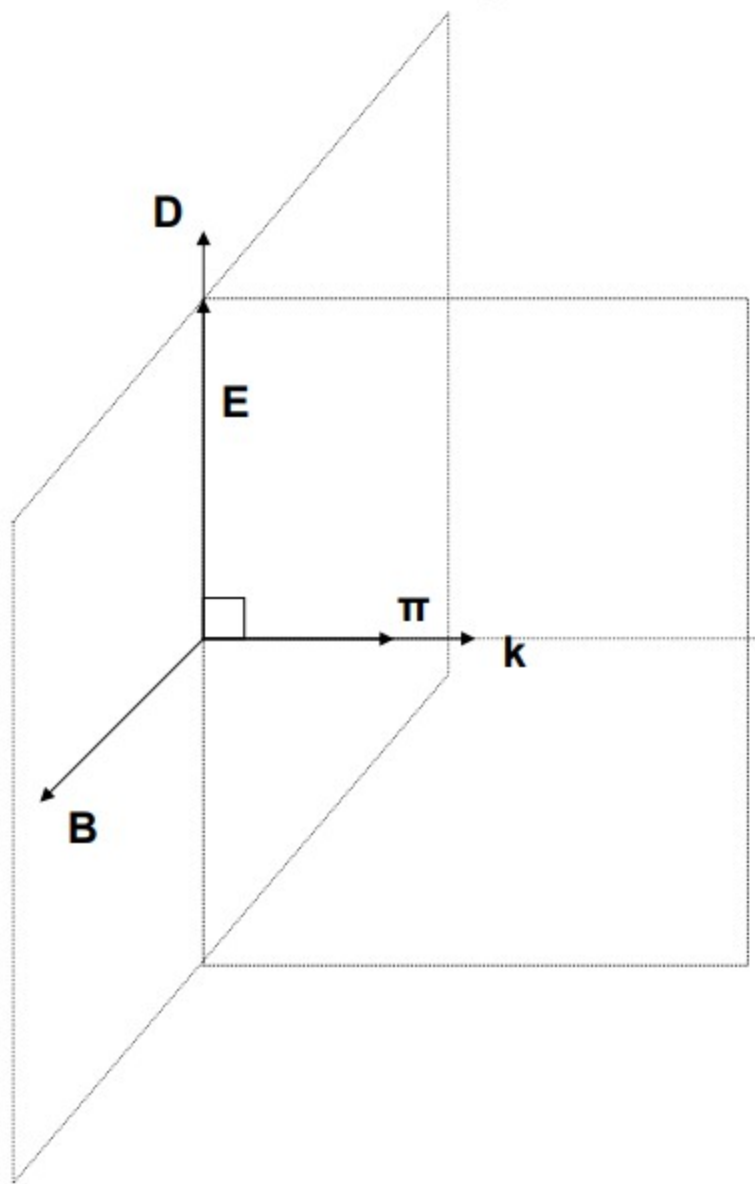
➤ Monoréfringence et biréfringence:

La lumière qui traverse **un milieu isotrope** (gaz, verre, les minéraux cristallisant dans le système cubique) se propage avec la même vitesse dans toutes les directions et l'indice de réfraction est constant. D'autre part, un rayon incident donne un seul rayon réfracté, et on dit que ces milieux sont **monoréfringents**.

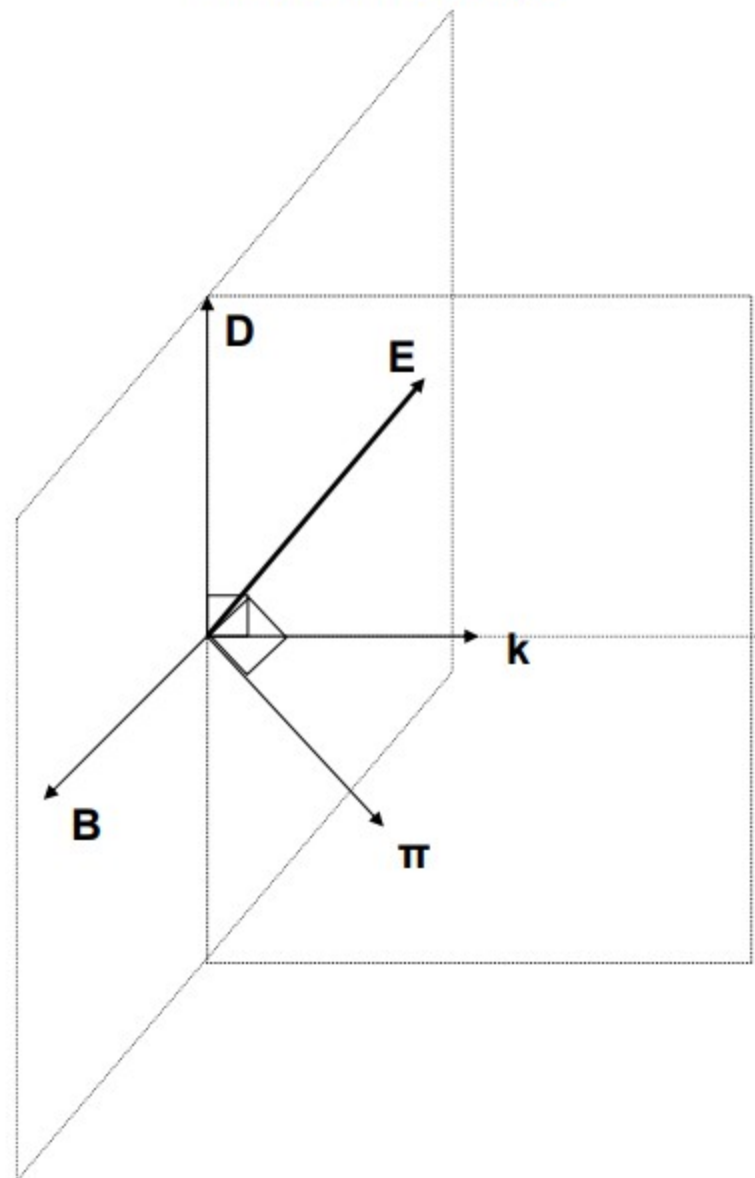
La vitesse de la lumière qui traverse un milieu **anisotrope** varie suivant la direction de propagation on dit que ces milieux sont **biréfringents**, car un rayon incident donne deux rayons réfractés (phénomène de la double réfraction) qui se propagent à des vitesses différentes.

Exemple : *tous les minéraux cristallisant dans les systèmes quadratiques, hexagonal, rhomboédrique, orthorhombique, monoclinique et triclinique sont anisotropes.*

Milieu isotrope



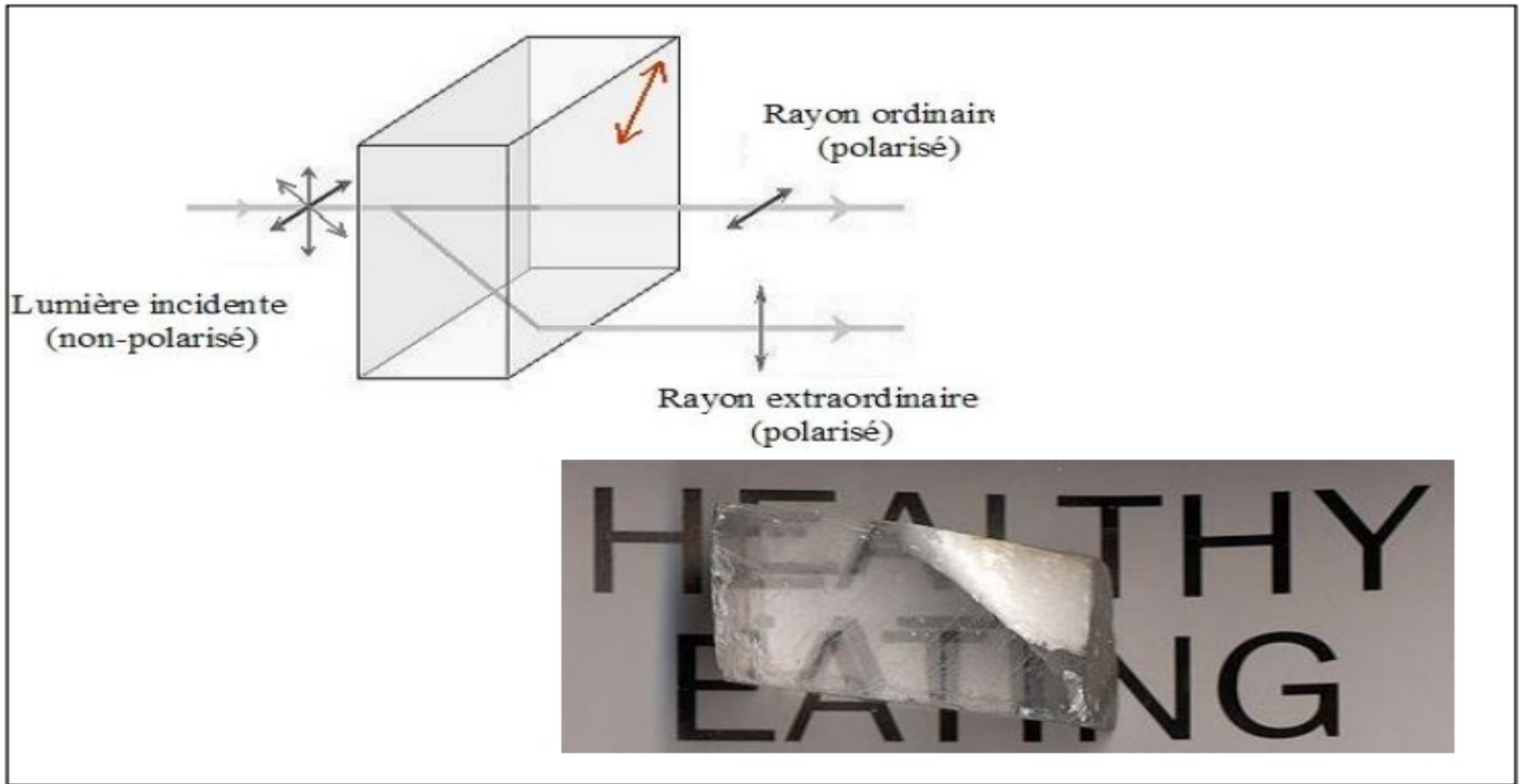
Milieu anisotrope



Exemple:

Avec un cristal de calcite, sur une feuille écrite, le texte apparaît en double : le cristal est traversé par deux rayons réfractés et donne donc deux images (cf. fig.3). La lumière se propage plus vite pour un rayon que pour l'autre : on a deux indices de valeur différente pour ce cristal.

- ❑ La calcite est dite biréfringente ou anisotrope.



Beaucoup de minéraux sont biréfringents mais nécessitent l'utilisation d'un microscope polarisé pour être mis en évidence.

➤ Les ellipsoïdes des indices:

Cependant il existe deux types de cristaux biréfringents :

- **les cristaux uniaxes:** ils possèdent deux indices de réfraction principaux (systèmes trigonal, quadratique et hexagonal).

- **les cristaux biaxes:** qui possèdent trois indices de réfraction principaux (systèmes triclinique, monoclinique, orthorhombique, rhomboédrique).

A\ La sphère:

Les ondes lumineuses se propagent dans toutes les directions avec une vitesse constante et un indice de réfraction qui est le même dans tous les sens, donc la surface d'onde de la substance isotrope est une surface sphérique.

B\ Ellipsoïde uniaxe.

Dans tous les corps anisotropes, la lumière se dédouble et se propage à vitesse différente. En étudiant la répartition dans l'espace de ces vitesses (donc les indices), on montre qu'à la sphère des milieux isotropes correspond un ellipsoïde dans les milieux anisotropes.

Le plus simple de ces ellipsoïdes est de révolution : il possède une symétrie de révolution autour d'un axe unique appelé axe optique. Exemple : un ballon de rugby.

Si cet axe correspond à la plus grande valeur d'indice du minéral (N_g), l'ellipsoïde est uniaxe positif. Si cet axe correspond à la petite valeur d'indice du minéral (N_p), cet uniaxe est négatif.

Un ellipsoïde uniaxe présente :

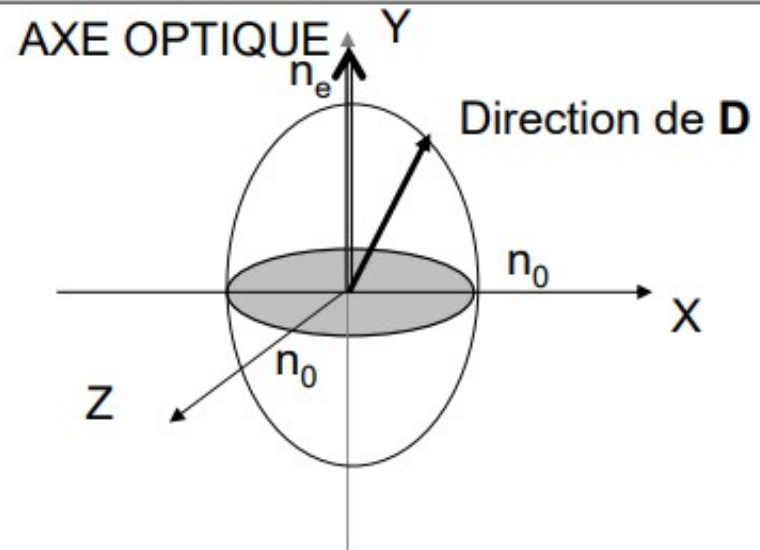
- Un axe optique, également axe de révolution de l'ellipsoïde.
- Un plan cyclique.
- deux axes principaux, n_p (petit indice, grande vitesse) et n_g (grand indice, faible vitesse).

On appelle section cyclique un plan du minéral ne contenant qu'un seul indice. La normale à ce plan est un axe optique du cristal.

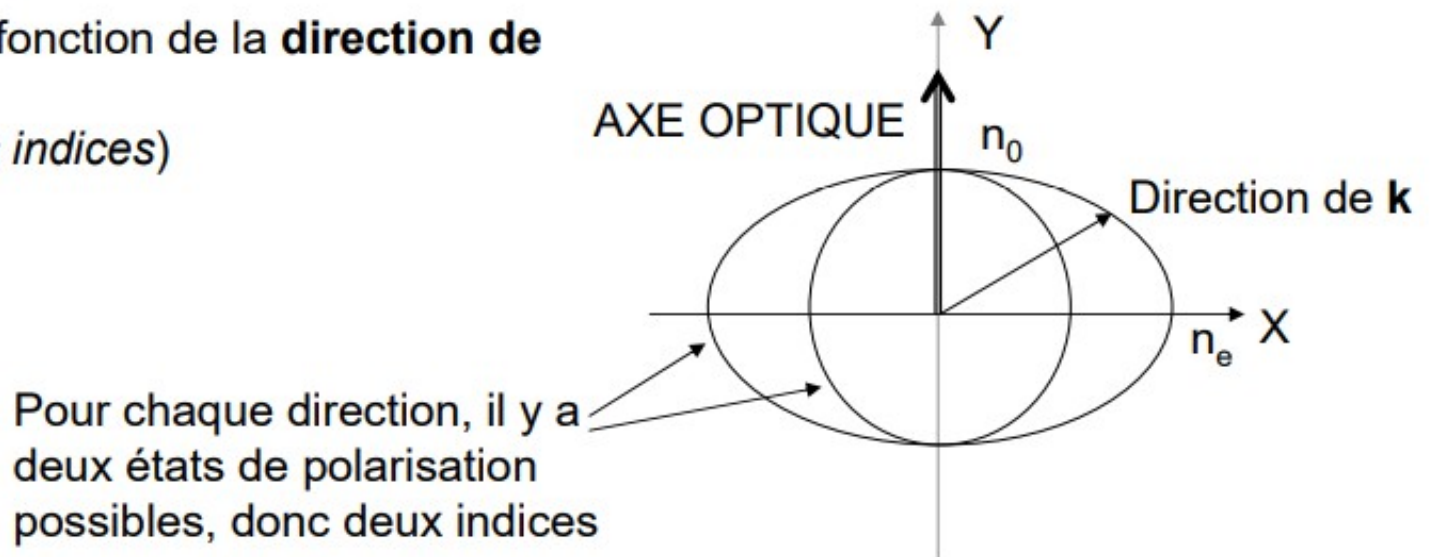
Les minéraux possédant un axe de symétrie d'ordre > 2 présentent un ellipsoïde uniaxe (système quadratique, hexagonal, rhomboédrique)

Milieu UNIAXE

(a) Indice en fonction de la **direction de polarisation**
(*ellipsoïde des indices*)



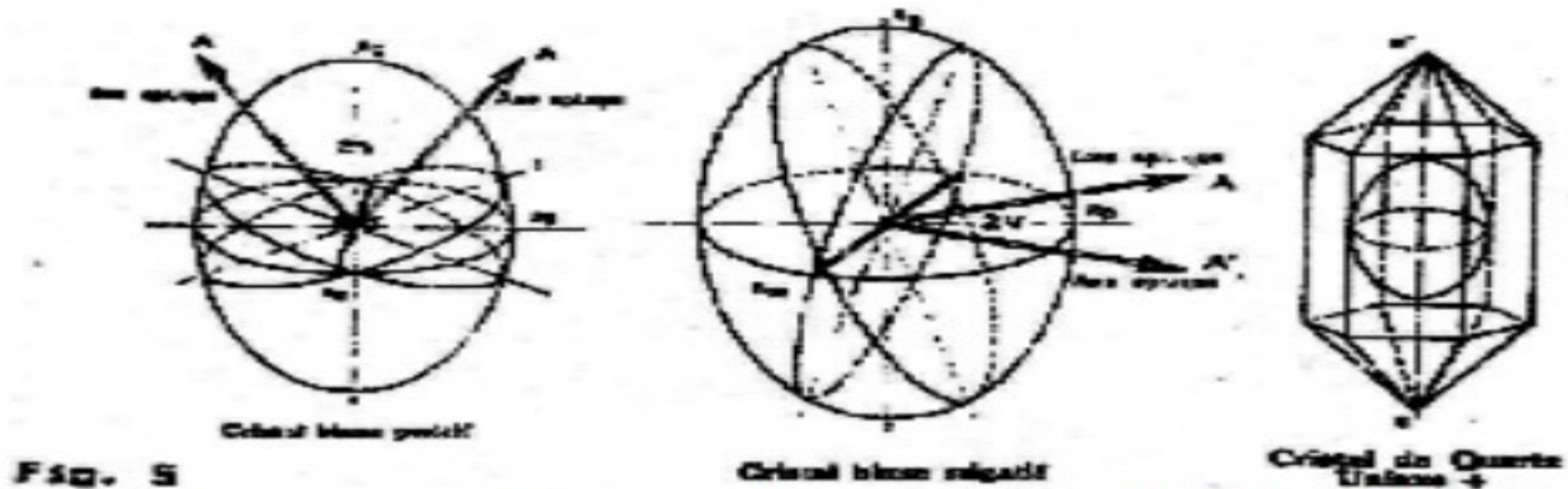
(b) Indice en fonction de la **direction de propagation**
(*surfaces des indices*)



C\ Ellipsoïde biaxe:

Tous les ellipsoïdes ne sont pas de révolution. Certains ont une forme quelconque et sont définis par leur grand axe (N_g), leur petit axe (N_p) et par leur axe intermédiaire (N_m). Les trois indices sont perpendiculaires.

Ces ellipsoïdes n'admettent plus une section cyclique mais deux : avec un axe optique orthogonal à chacune d'elles. On qualifie ces ellipsoïdes de biaxe.



Lorsque N_g est bissectrice de l'angle aigu des axes optiques, l'ellipsoïde est positif. Quand N_p est bissectrice de l'angle aigu formé par les axes optiques, l'ellipsoïde est dit négatif.

• Définition:

On appelle une **lumière naturelle** celle qui provient d'une source, sans avoir subi aucune réflexion ni réfraction.

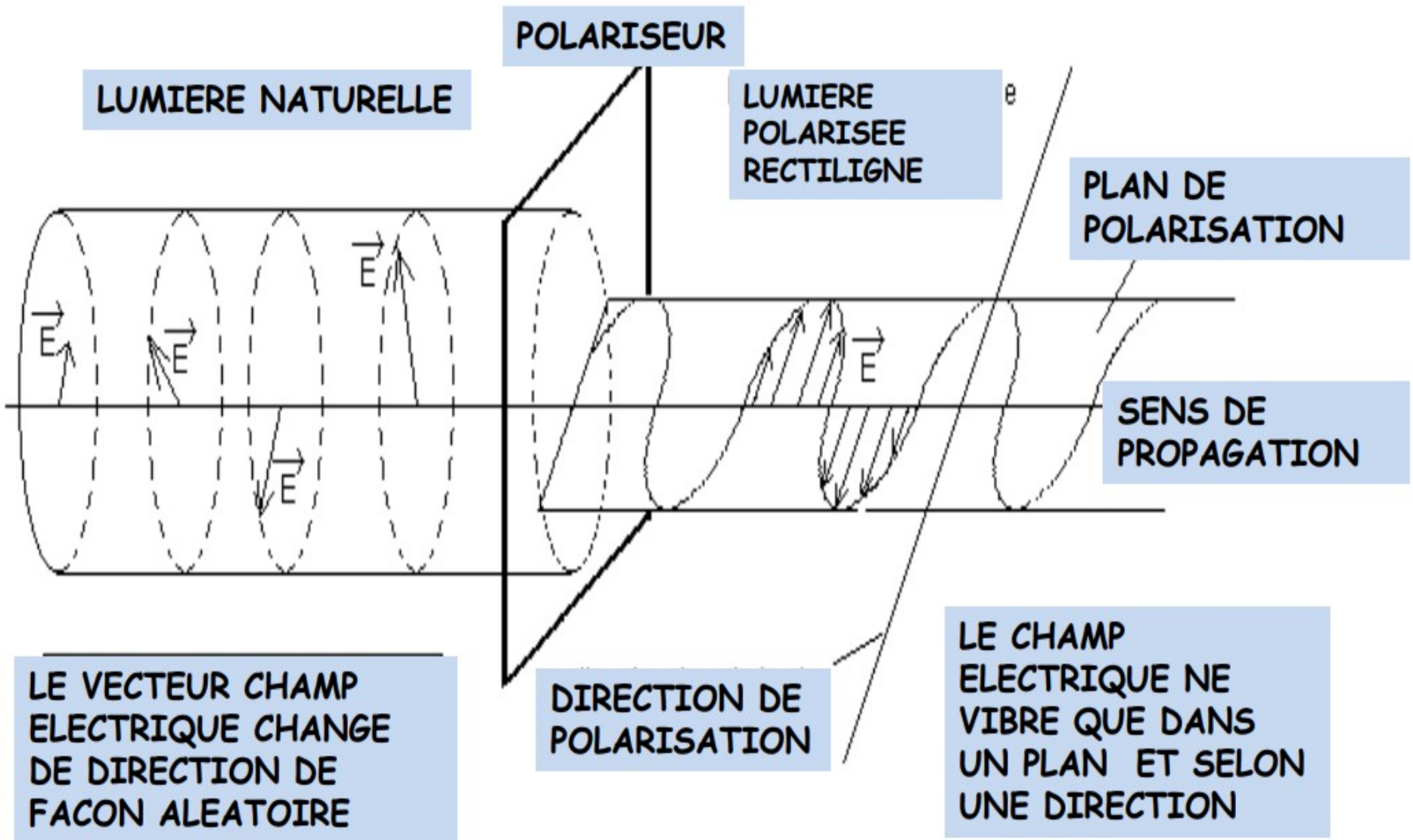
Dans un rayon de lumière naturelle les vibrations élémentaires \vec{E} ont lieu dans toutes les directions d'un plan perpendiculaire au rayon.

Elle est dite **polarisée** lorsqu'il ya une **seule direction** possible lors de la propagation.

On appelle **plan de polarisation** le plan perpendiculaire a la direction de vibration(E).

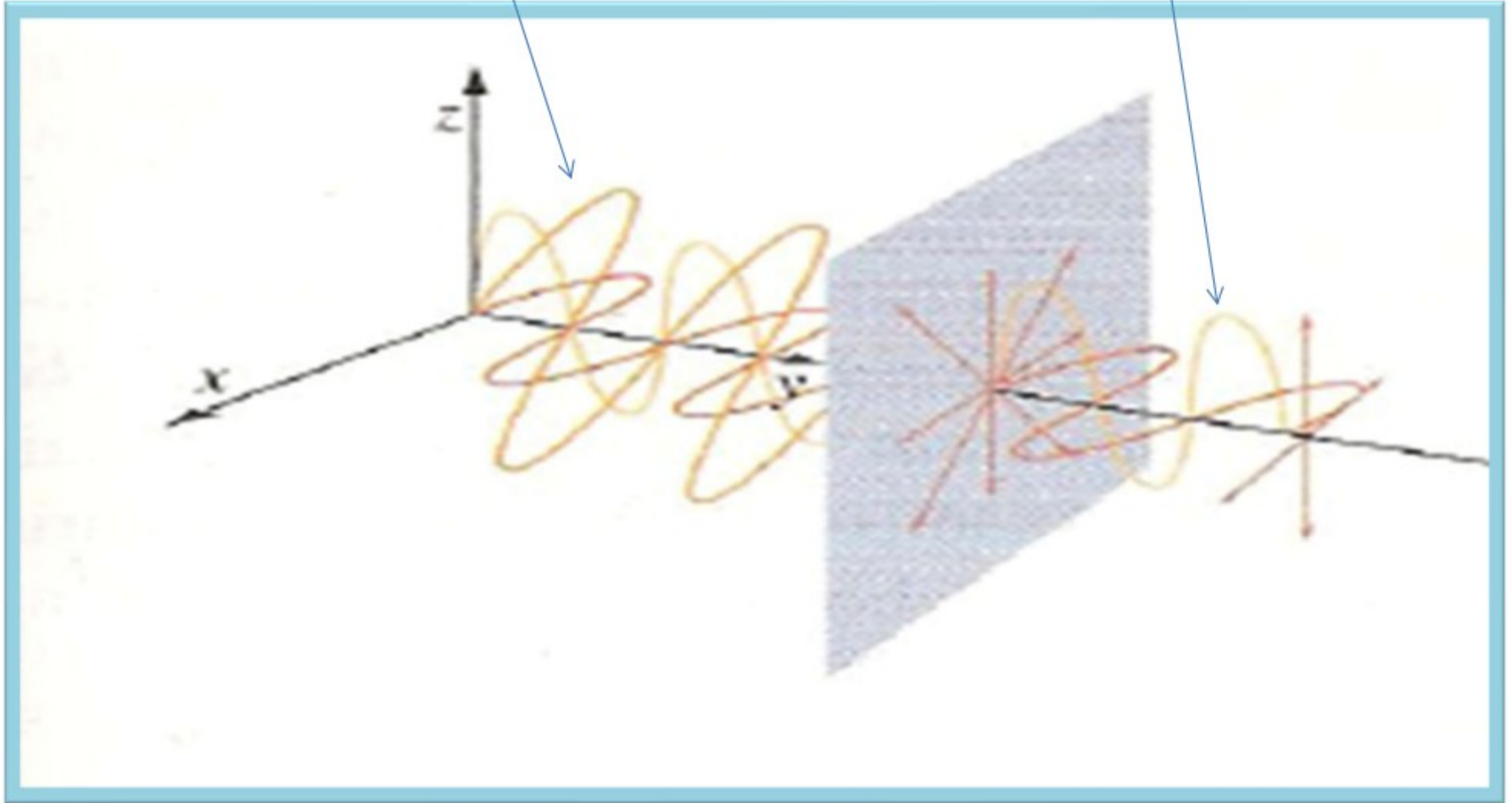
Pour de nombreuses applications dans le domaine de l'optique, on est amené à travailler avec de la lumière polarisée.

Polarisation de la lumière



Lumière naturelle

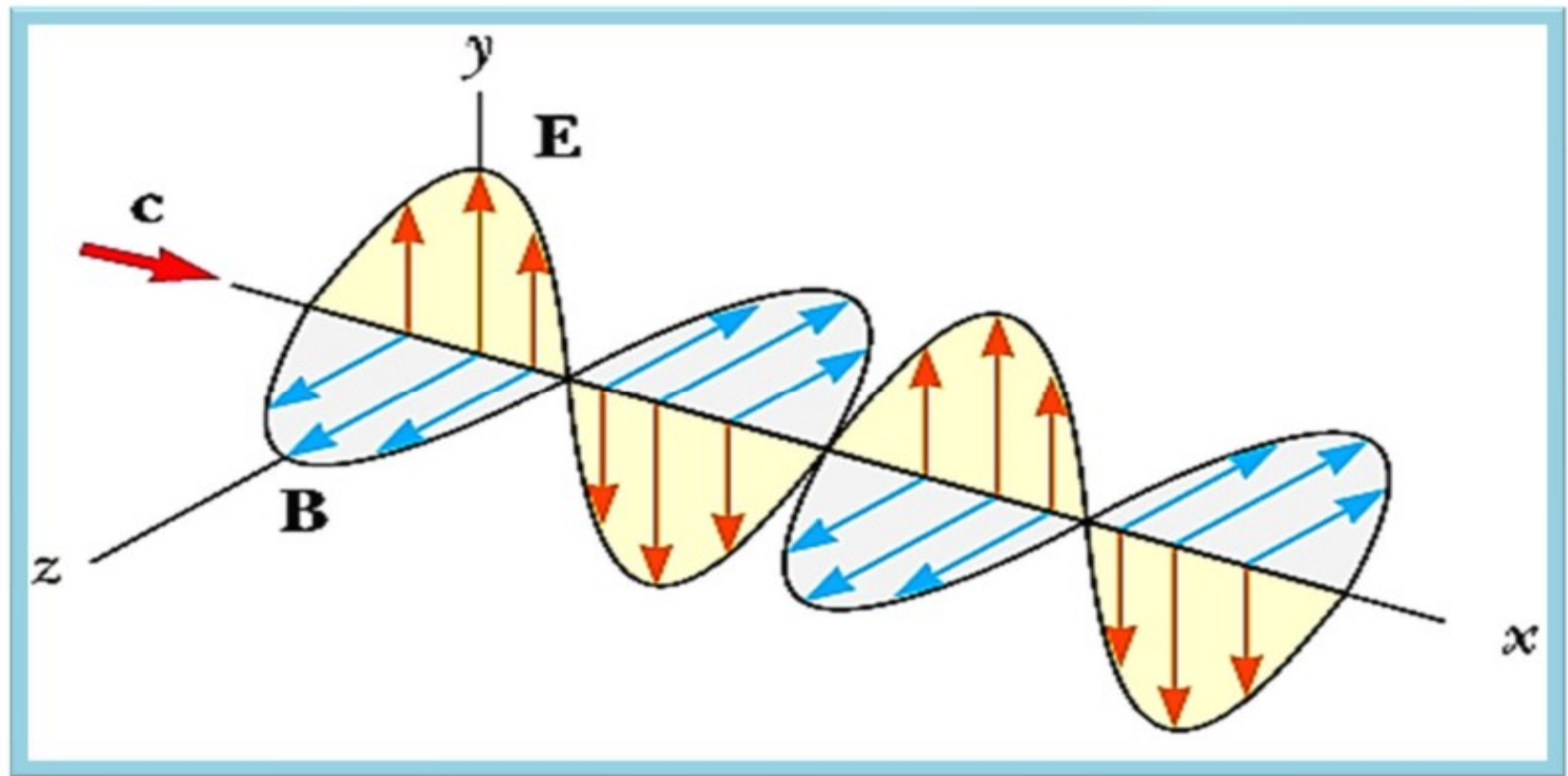
lumière polarisée



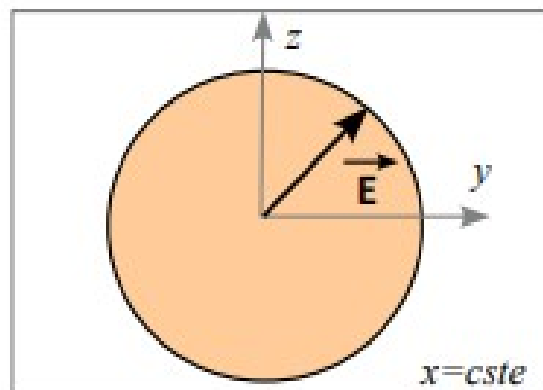
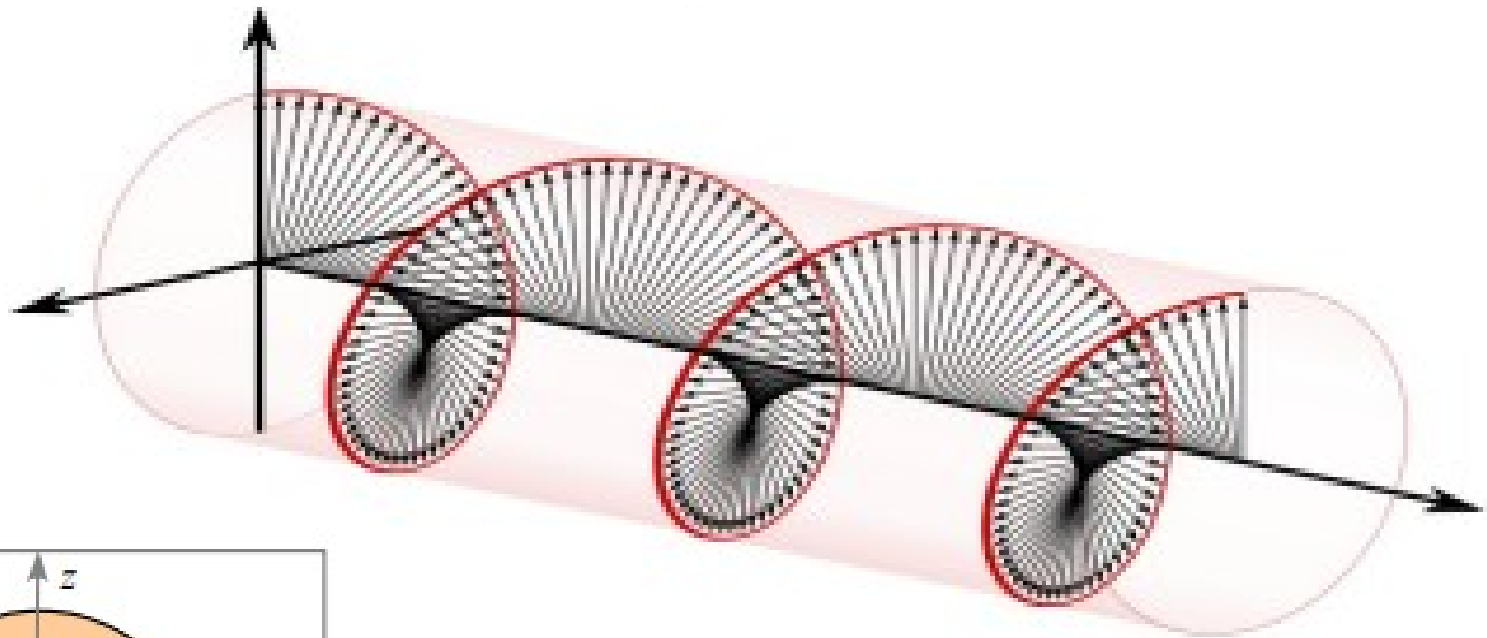
Polarisation de la lumière

Il existe trois types de polarisation:

- **Polarisation rectiligne:** La direction d'oscillation ne change pas dans le temps



- **Polarisation circulaire** : la direction d'oscillation tourne et décrit un cercle.



- **Polarisation elliptique:** l'extrémité du vecteur champ électrique décrit au cours du temps une ellipse.

