

Plan du cours 2025

Partie 1: Propagation dans les milieux anisotropes

ellipsoïde des indices, surface des vitesses, constructions de rayons

OBJECTIF 1: Réaliser un tracé de rayons dans un milieu anisotrope uniaxe

Pouvoir rotatoire

Partie 2 : Lumière polarisée

Etats de polarisation: représentations graphiques et matricielles

Composants de polarisation passifs et actifs: fonction et réalisation

pratique: polariseurs, lames retard, isolateur optique, cristaux liquides, ...

OBJECTIF 2: Calculer un état de polarisation à la sortie d'un système

OBJECTIF 3: Analyser un état de polarisation inconnu

OBJECTIF 4: Concevoir un système utilisant les états de polarisation

Partie 3: Interférences en lumière polarisée

connection avec les interférences vues en optique physique

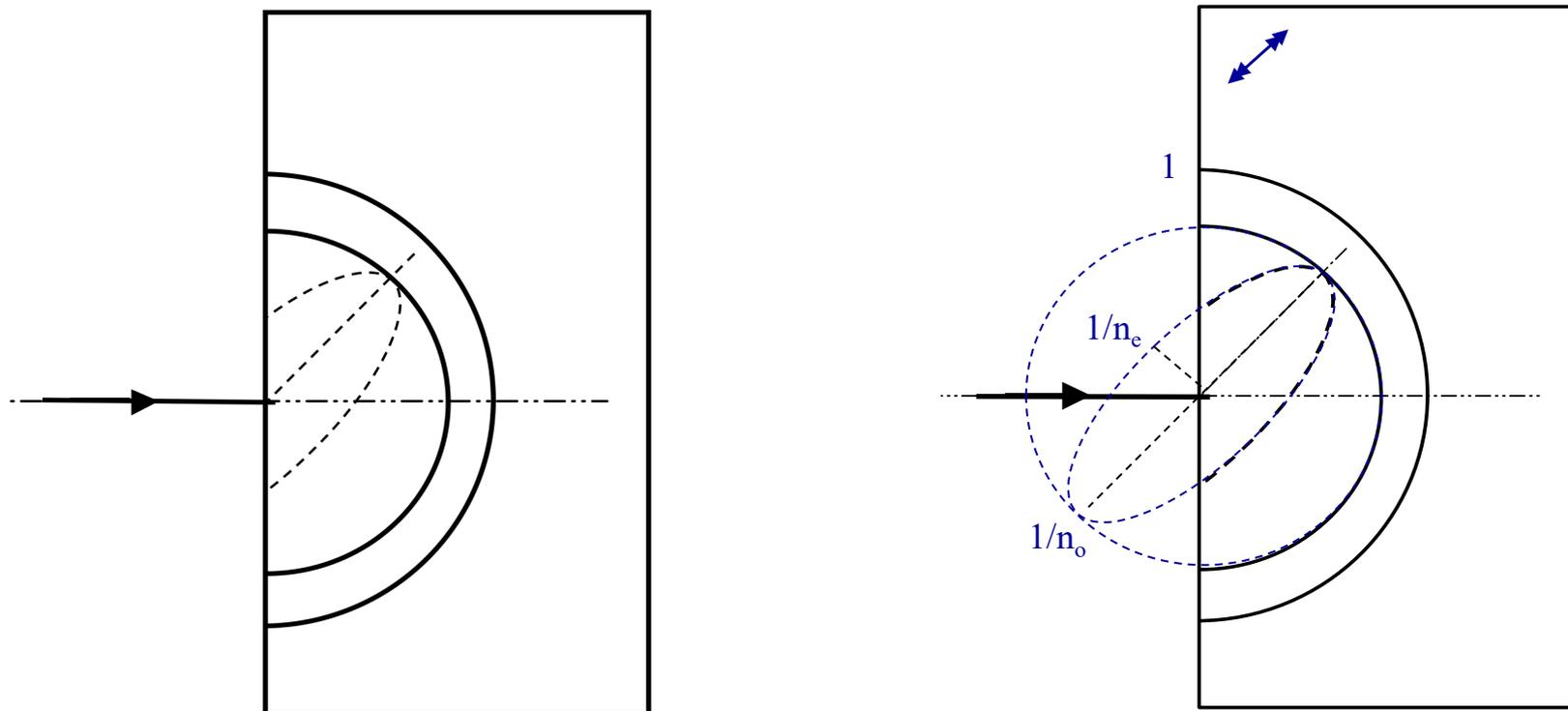
OBJECTIF 5: Interpréter une expérience d'interférences utilisant de la lumière polarisée

Suite et fin de la partie 1

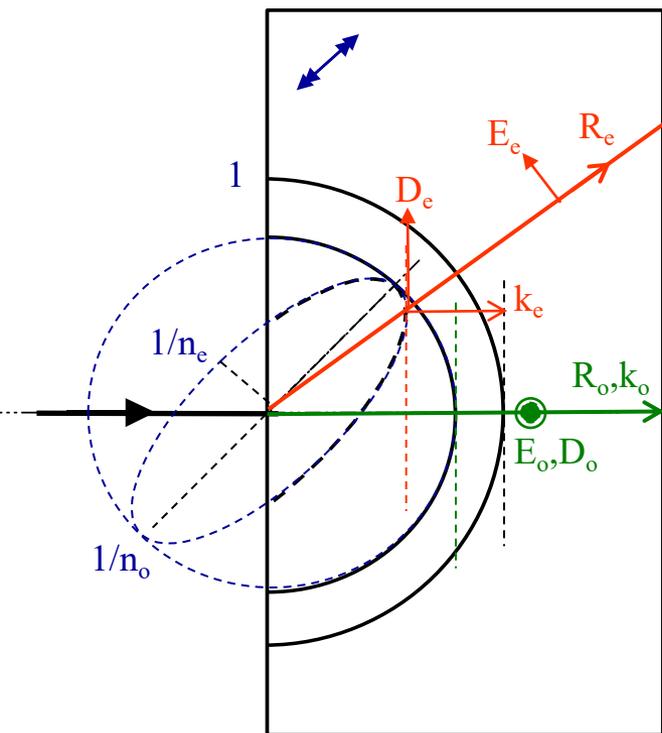
Retour sur le tracé de rayons dans
des milieux anisotropes uniaxes
plus complexes

1^{er} exemple: doubles images dans une lame de Savart

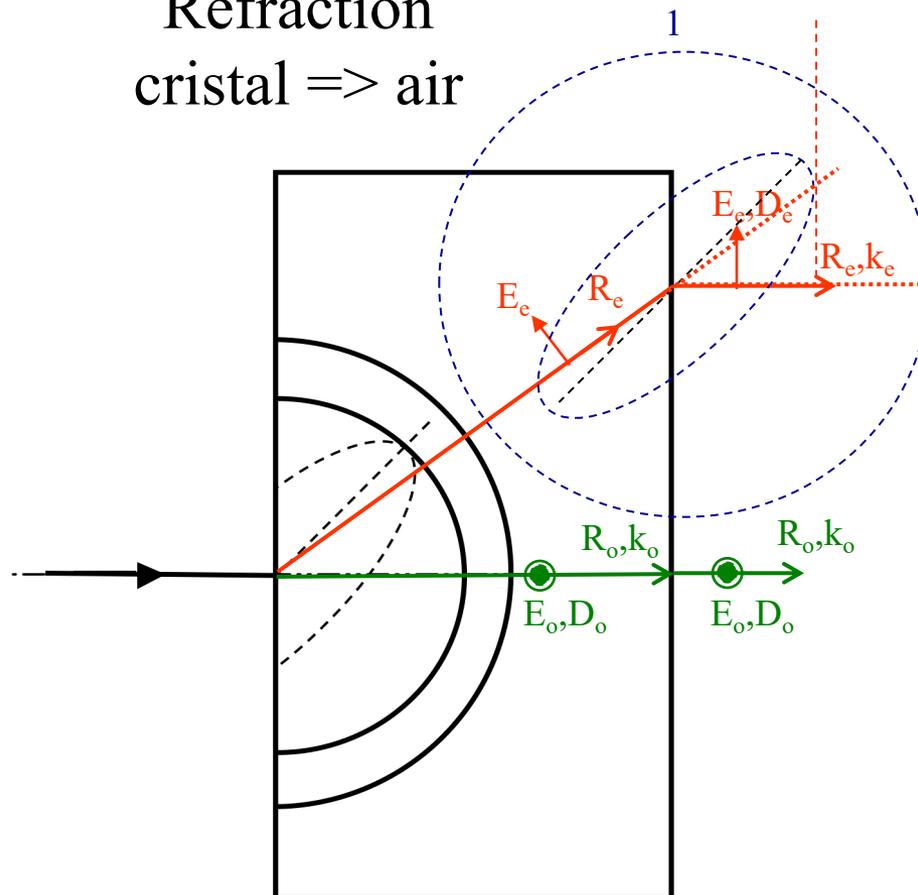
1^{ère} étape: rayon incident en incidence normale



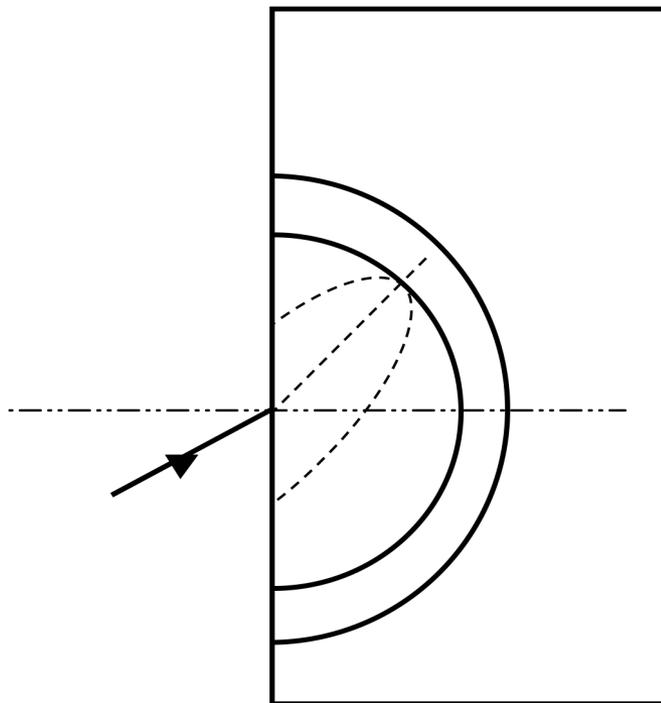
Réfraction air => cristal



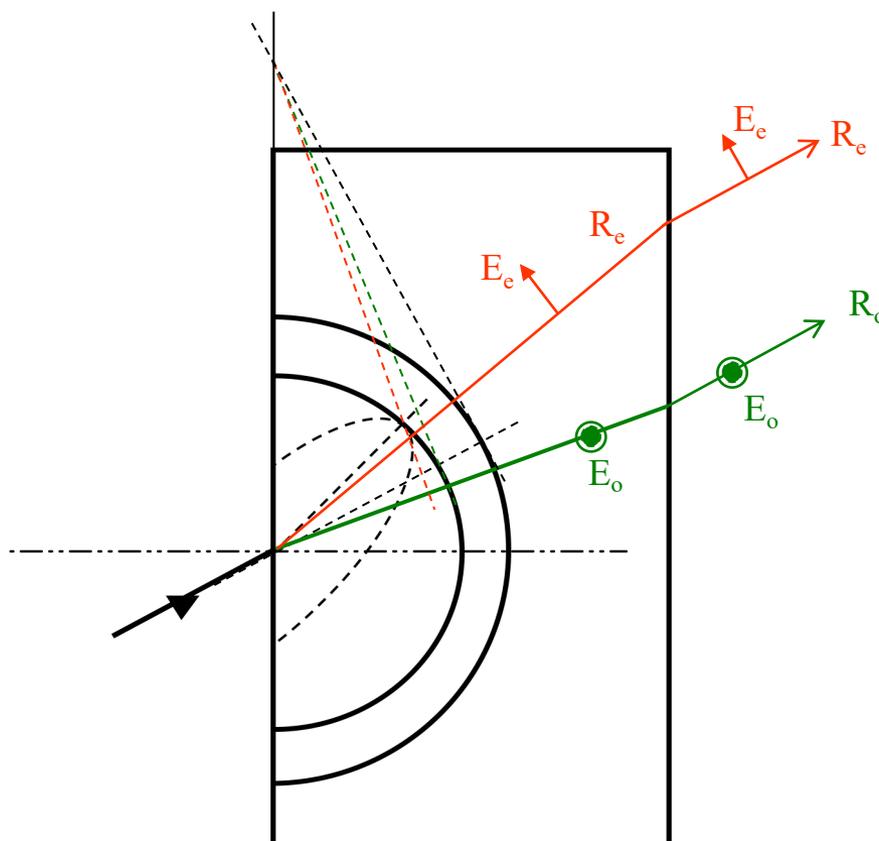
Réfraction
cristal => air



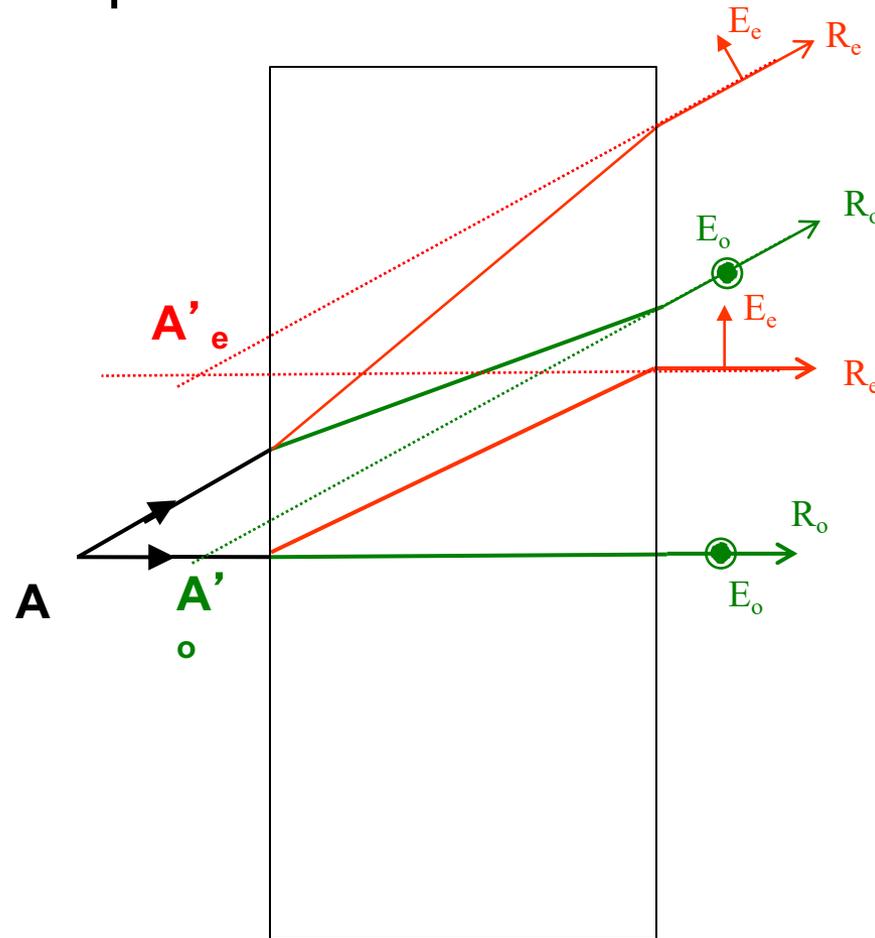
2^{ème} étape: rayon incident incliné



Même principe que précédemment



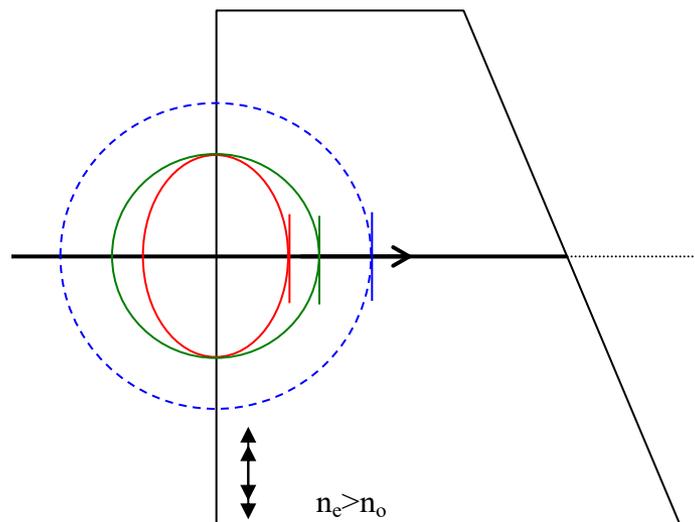
3^{ème} étape: construction des images d'un point A



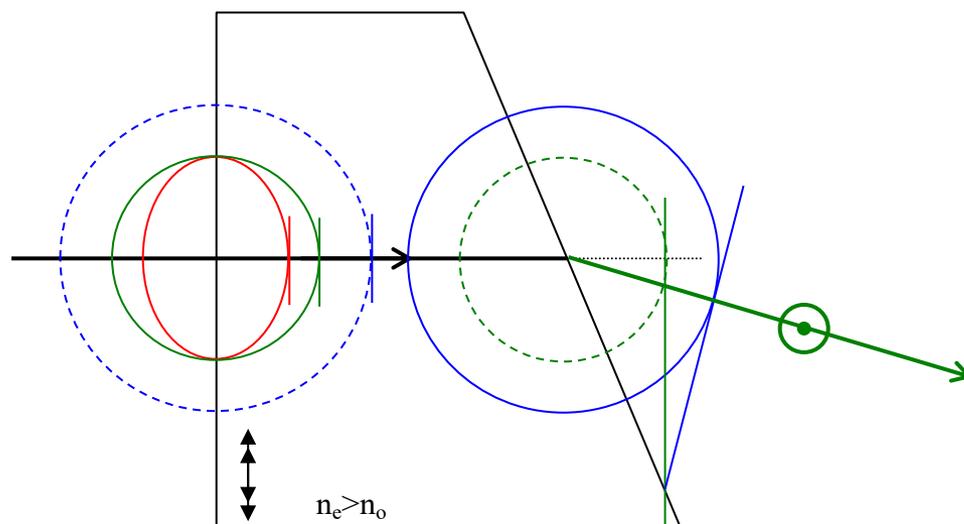
Chaque polarisation donne une image

Quand on tourne la lame, l'image extraordinaire tourne autour de l'image ordinaire (qui reste fixe)

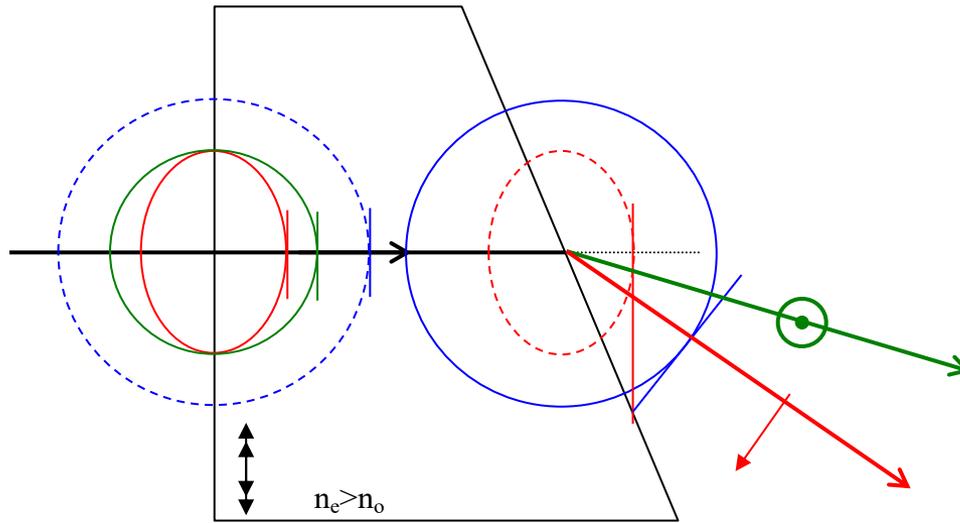
2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



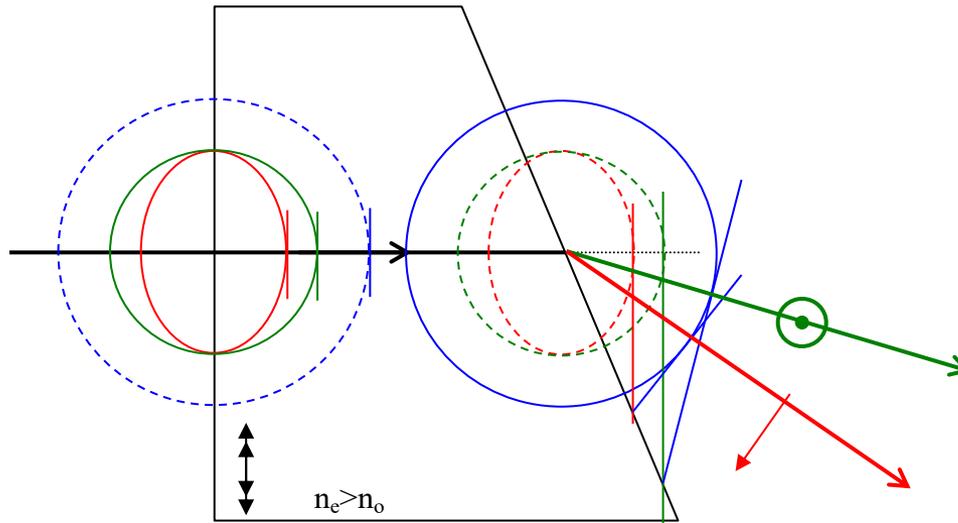
2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



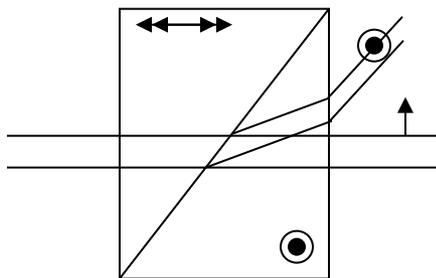
2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



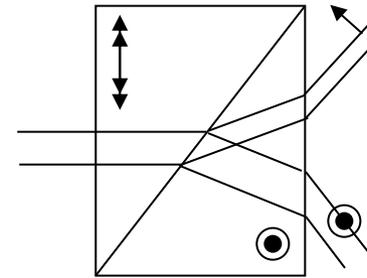
2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



Composants basés sur ce principe



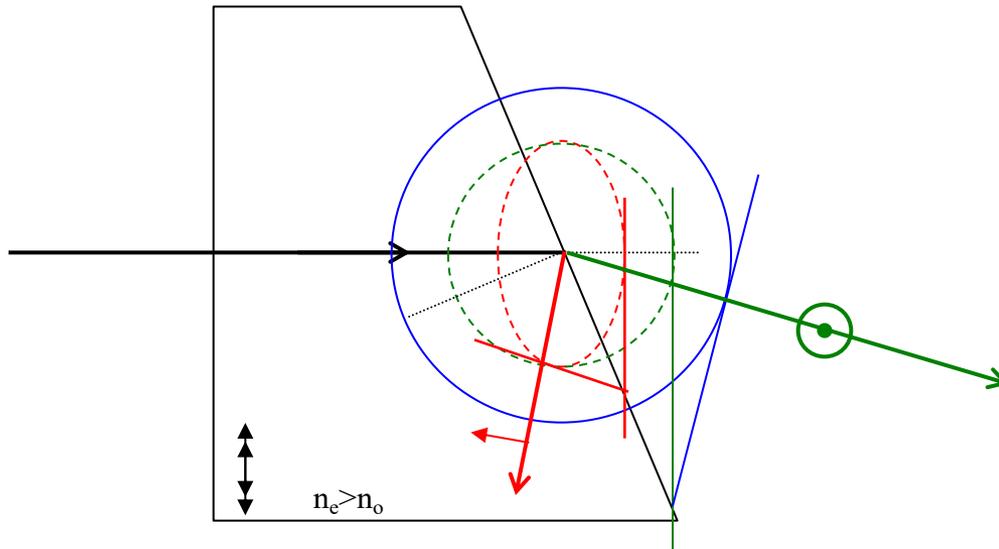
Rochon
(ici en calcite)



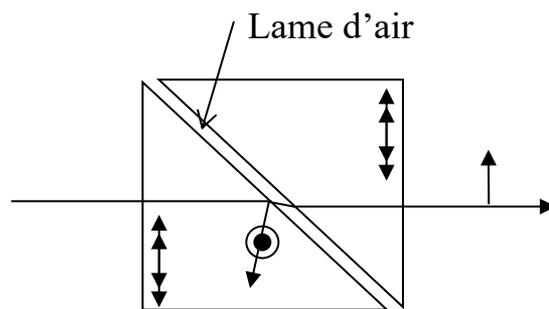
Wollaston
(quartz)

La construction pour le prisme de Wollaston a été vue au TD 2

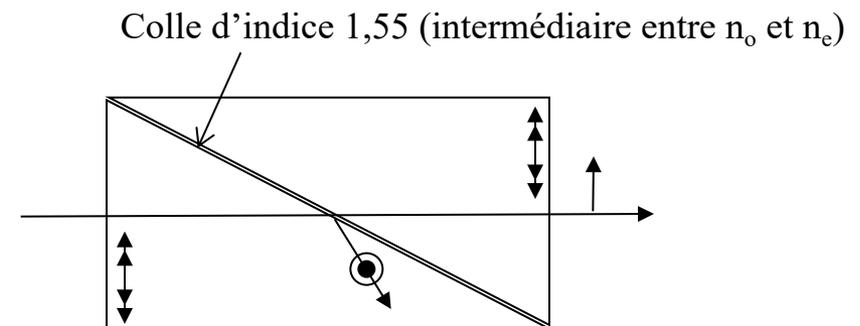
3e exemple: séparateur angulaire à réflexion totale



Composants basés sur ce principe



**Glan Foucault ou
Taylor (calcite)**



**Glan Thompson
(calcite)**

Autres types d'anisotropie:
anisotropie d'absorption (ou
diatténuation)
anisotropie circulaire

Quelle différence par rapport au modèle d'anisotropie linéaire?

Anisotropie
d'absorption
(linéaire)

$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x + i\Delta\varepsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_y + i\Delta\varepsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_z + i\Delta\varepsilon_z \end{bmatrix}$$

États propres: linéaires orthogonales comme pour le milieu anisotrope linéaire

Anisotropie
circulaire

$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon & iG & 0 \\ -iG & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon \end{bmatrix}$$

États propres:
circulaires droite et
gauche

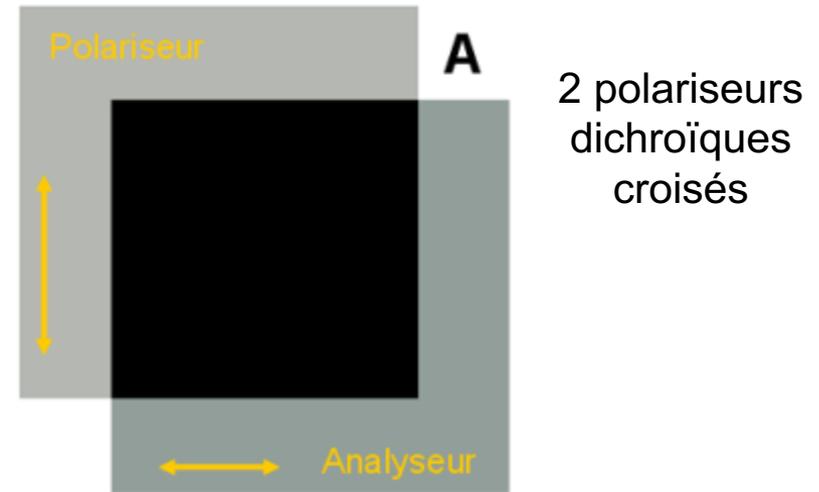
Pour aller plus loin dans le modèle: Polarisation S. Huard, chapitre II

Anisotropie d'absorption

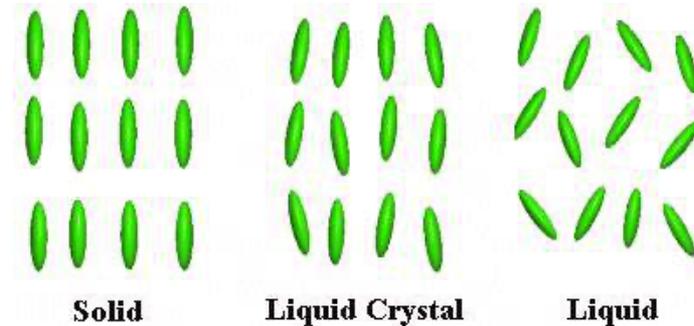
Exemple: polariseurs
dichroïques de type
Polaroid



Wikipedia feuille polarisante
(Polaroid) devant un écran
d'ordinateur

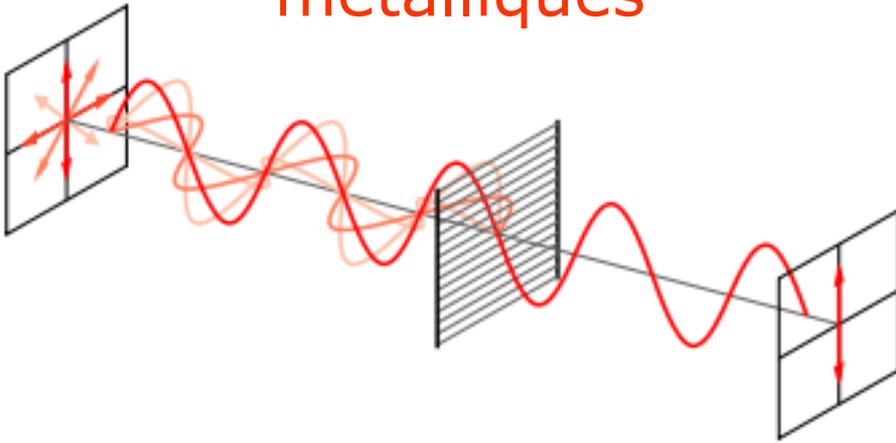


A l'échelle microscopique: orientation de
molécules sous champ électrique figée dans
film plastique: similarité avec cristaux liquides



2^e exemple: Polariseurs à grille

Principe: réseau de fils
métalliques



Le champ parallèle aux fils
est absorbé, le champ
perpendiculaire est transmis

Les fils doivent être séparés
d'une fraction de λ et plus
fins que λ

Dans le domaine
microonde (2.5-2.7GHz)



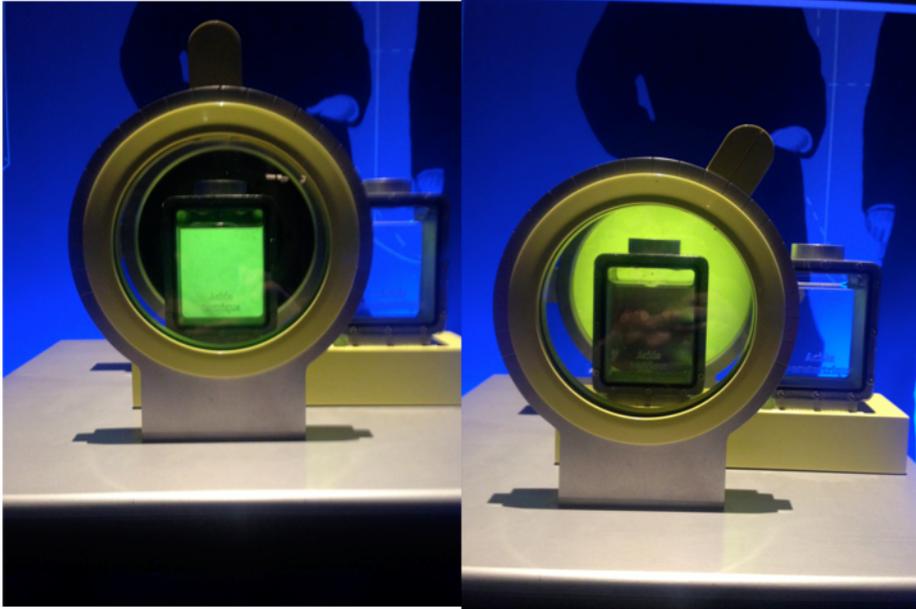
Wikipedia

Dans le domaine optique
film polarisant

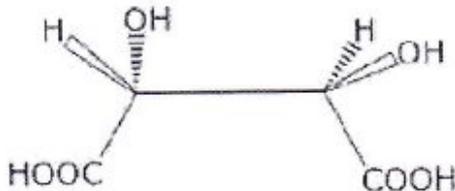


Edmund scientific

Anisotropie circulaire



Cuve d'acide tartrique entre deux polariseurs (expo Pasteur Palais de la Découverte février 2018)



- Certains matériaux, solides, liquides ou gazeux, présentent la propriété de **faire tourner la direction d'une polarisation linéaire** (ou l'axe d'une elliptique)
- **L'angle de rotation est proportionnel à l'épaisseur traversée, à la concentration du milieu** (pour les liquides et les gaz) **et inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde**

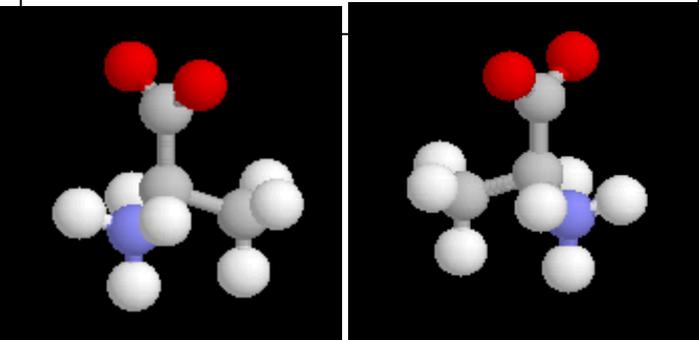
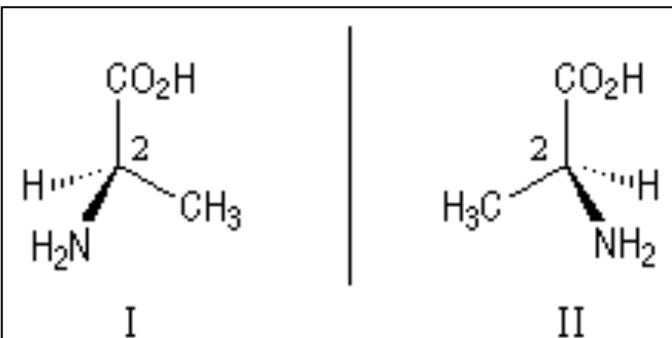
Origine de l'anisotropie circulaire

Molécules chirales (qui ne sont pas identiques à leur image dans un miroir)

Exemple de molécule chirale:
l'acide aminé alanine

Alanine
synthétique
Lévogyre

Alanine
naturelle
dextrogyre



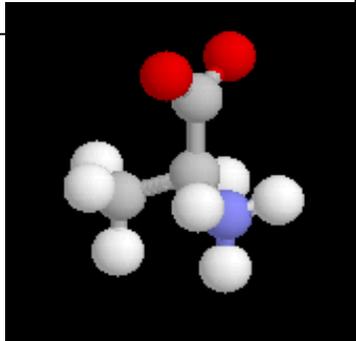
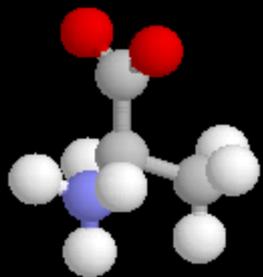
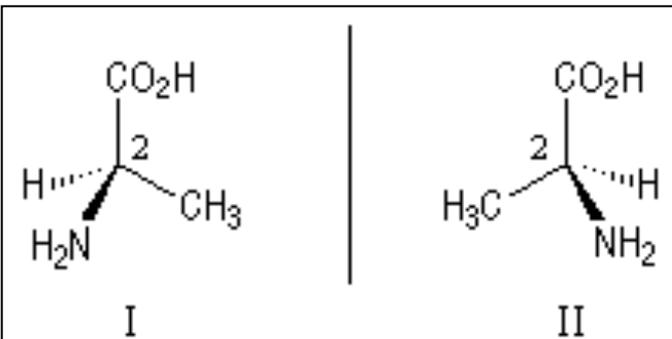
Origine de l'anisotropie circulaire

Molécules chirales (qui ne sont pas identiques à leur image dans un miroir)

Exemple de molécule chirale:
l'acide aminé alanine

Alanine
synthétique
Lévogyre

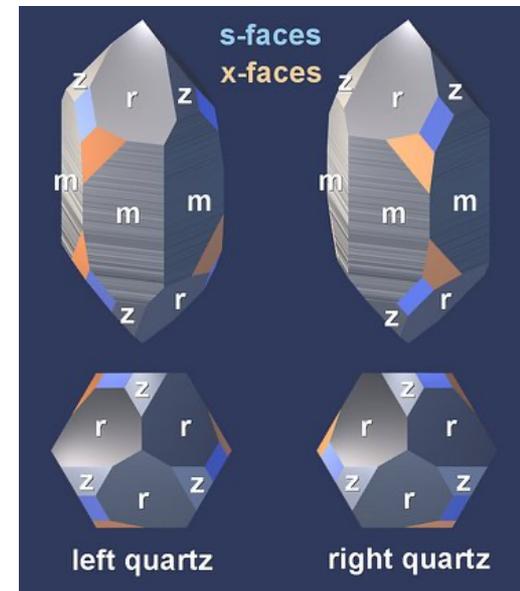
Alanine
naturelle
dextrogyre



Pas de centre de symétrie au niveau de la maille cristalline

Exemple de cristal à
pouvoir rotatoire: le quartz

$$n_D - n_G \approx 10^{-2}(n_e - n_o)$$



Rotation vers la gauche (**levogyre**) ou vers la droite (**dextrogyre**) par rapport à l'observateur.

Un mélange à concentrations égales (**racémique**) ne présente pas de pouvoir rotatoire.

Dans le vivant, une seule chiralité existe pour une molécule donnée (ADN=hélice droite).

Applications du pouvoir rotatoire

- Dosage du sucre (saccharimétrie): saccharose dextrogyre, fructose levogyre
- **Dosages ou contrôles** de pureté de différentes substances dans les industries agroalimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques et chimiques

Il existe aussi un pouvoir rotatoire induit par un champ magnétique: c'est l'effet Faraday

Matériau isotrope (verre par ex) + champ B longitudinal \Rightarrow rotation de la polarisation proportionnelle à B et à la longueur de matériau traversée

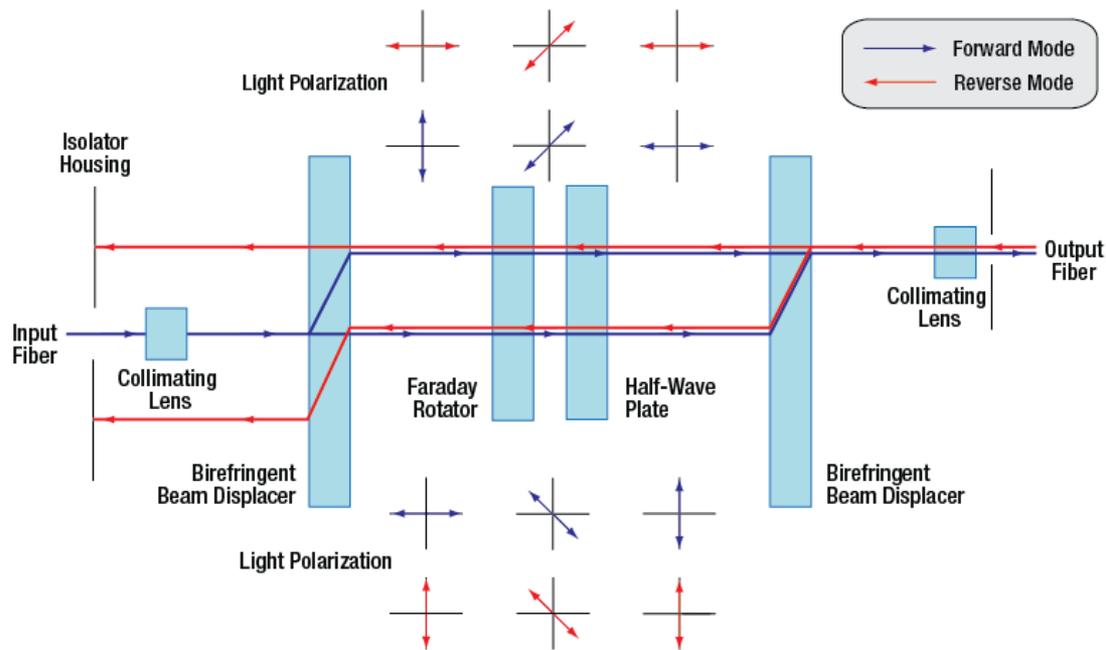
Ici le sens de rotation est fixé par le champ B (comme pour un courant induit), et il est **indépendant du sens de propagation de la lumière**

\neq pouvoir rotatoire naturel (où c'est l'hélicité qui est fixée)

Expérience présentée en cours montrant le pouvoir rotatoire du sucre

- Un faisceau laser vert polarisé linéairement se propage au travers d'un tube en verre rempli d'un sirop de maïs. On observe la lumière diffusée par le sirop sur le côté de la colonne, à la perpendiculaire de la direction de propagation du faisceau laser. Cette lumière présente des variations périodiques d'intensité en fonction de la longueur parcourue par le faisceau à travers le sirop.
- On place sur le trajet du faisceau laser avant l'entrée dans la colonne une lame demi-onde que l'on fait tourner lentement à l'aide d'un moteur. Les zones de forte intensité diffusées se déplacent le long de la colonne. (*petite subtilité: Le sens de déplacement dépend du sens de rotation de la lame demi onde*).
- On peut aussi éclairer la colonne par le travers en lumière blanche (lampe à iode suivie d'un polariseur): on observe alors la lumière transmise à travers un polariseur: les variations de couleur traduisent la variation rapide du pouvoir rotatoire avec la longueur d'onde.

Complément un peu plus avancé: fonctionnement de l'isolateur optique insensible à la polarisation (intro du cours 1)



Isolateur optique fibré
(extrait catalogue Thorlabs)

À vous d'essayer de comprendre comment fonctionne ce composant...