

# Plan du cours 2024

## 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

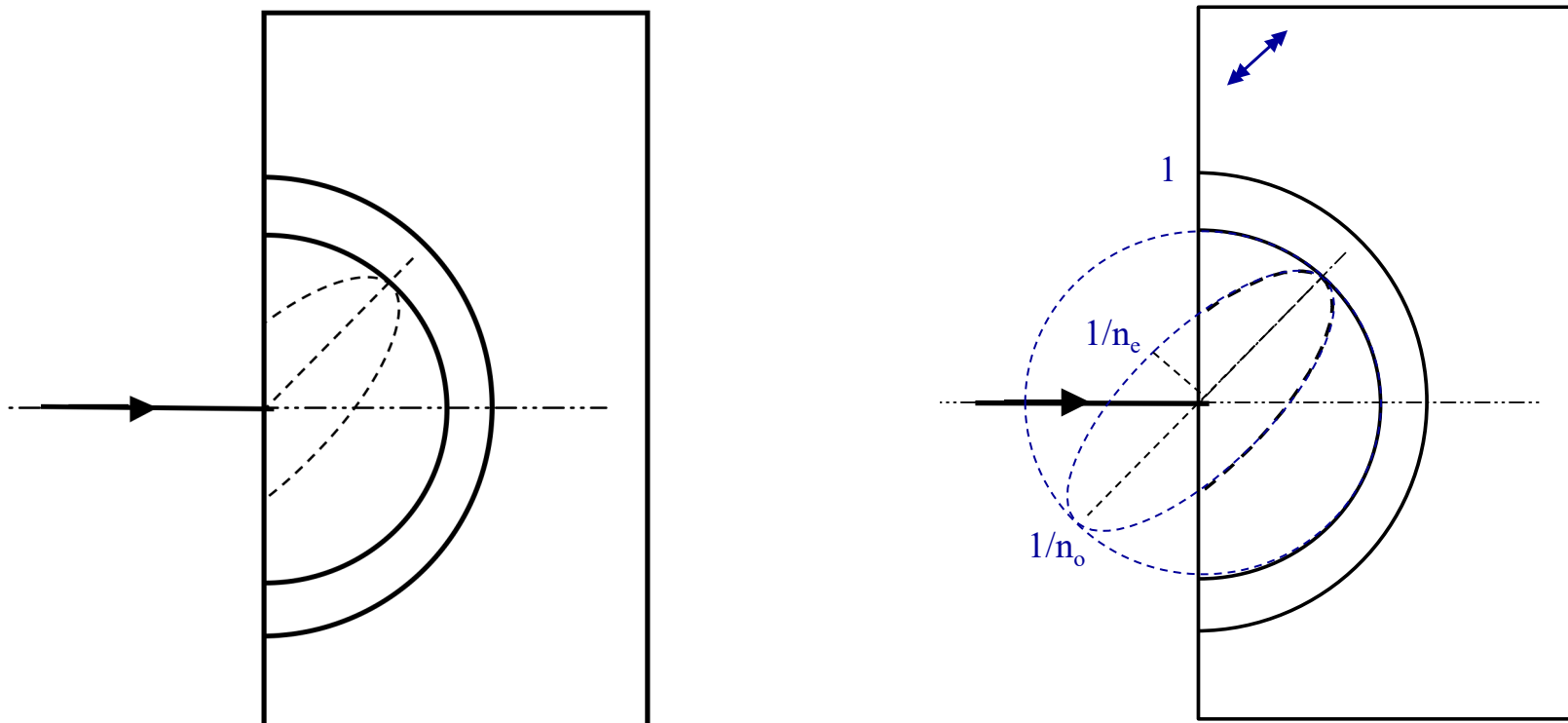
**OBJECTIF 5: Interpréter une expérience d'interférences utilisant de la lumière polarisée**

## *Suite et fin de la partie 1*

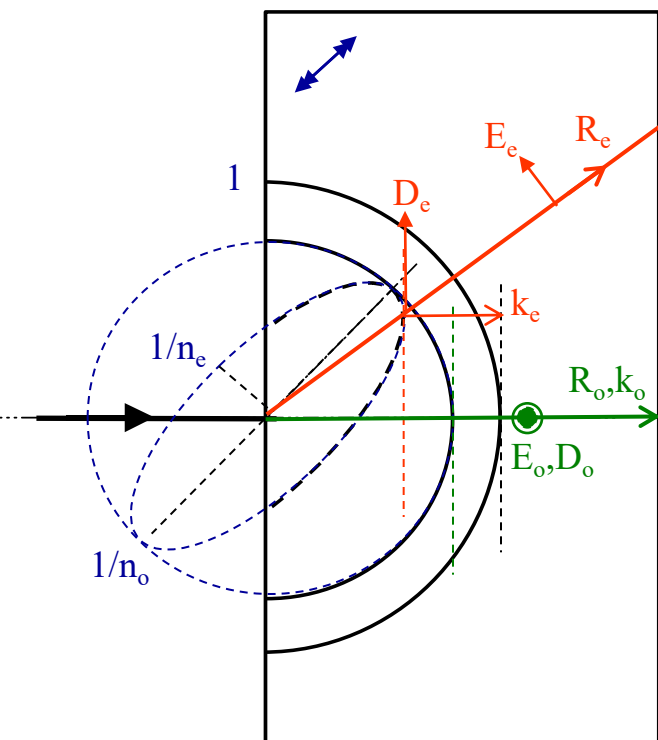
Retour sur le tracé de rayons dans  
des milieux anisotropes uniaxes  
plus complexes

# 1<sup>er</sup> exemple: doubles images dans une lame de Savart

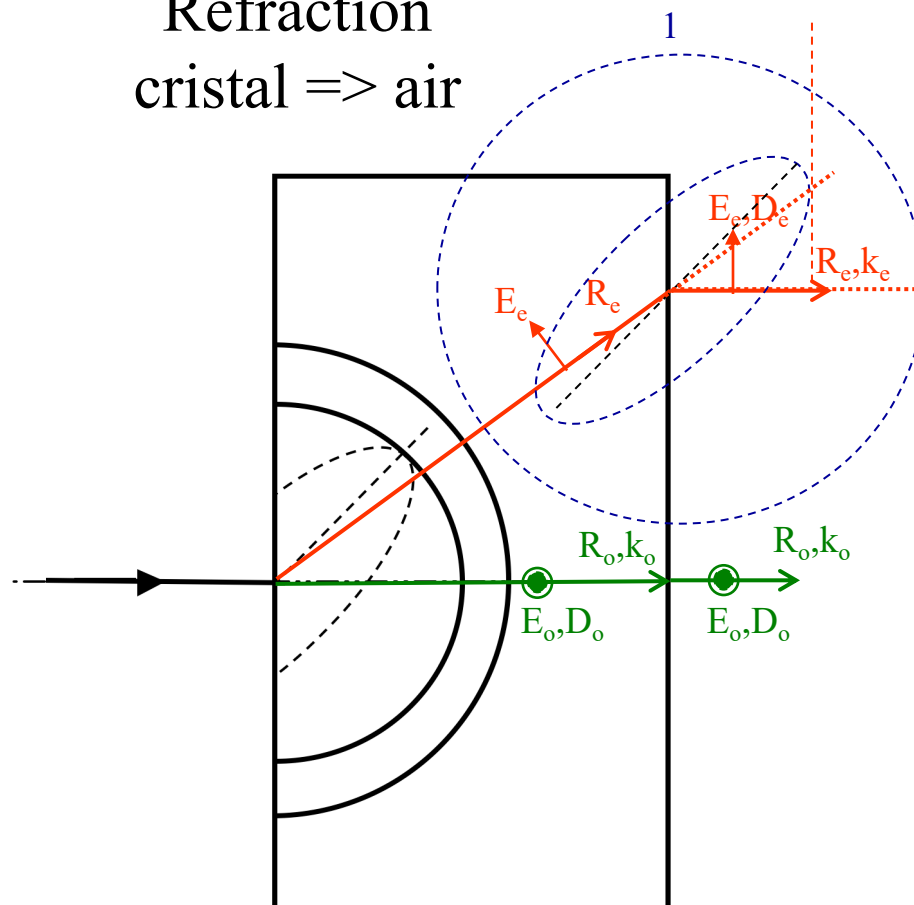
1<sup>ère</sup> étape: rayon incident en incidence normale



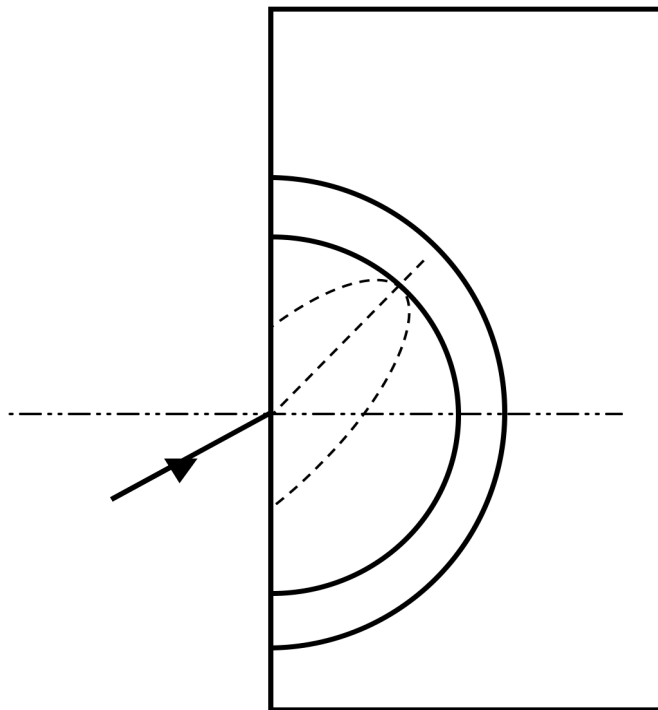
Réfraction air => cristal



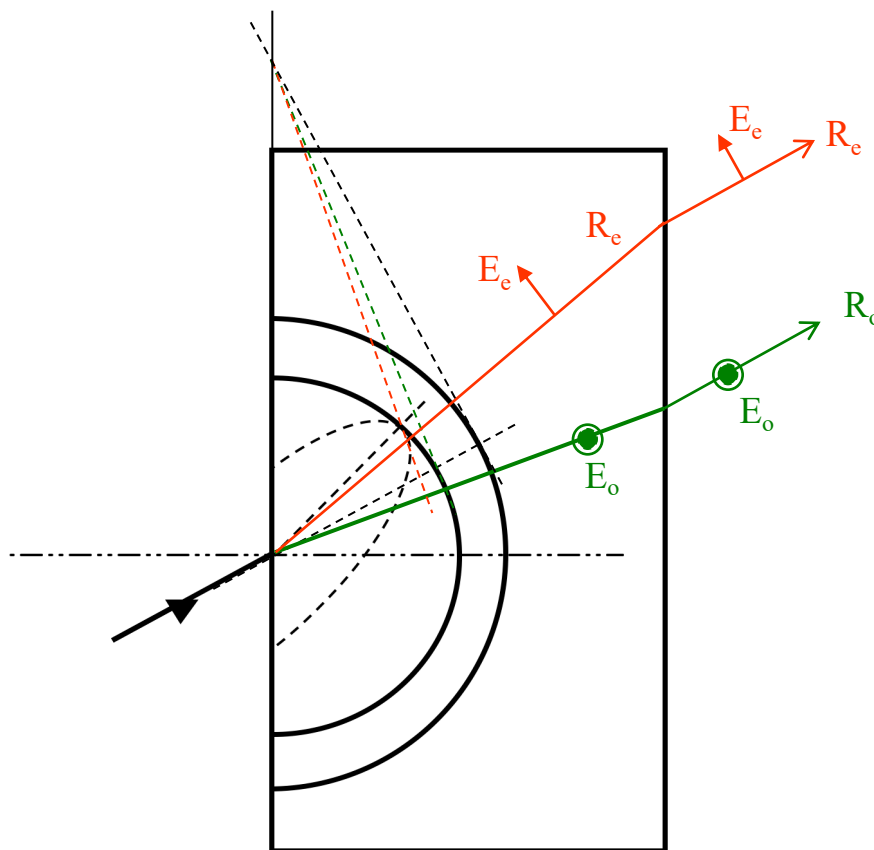
Réfraction  
cristal => air



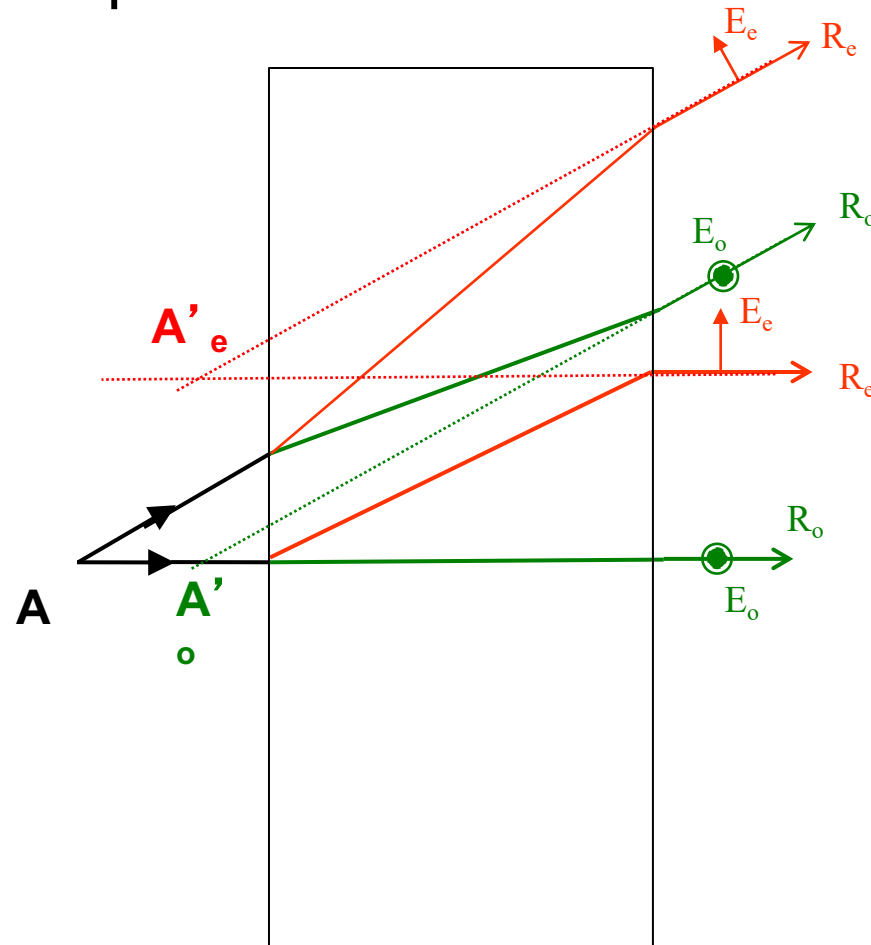
## 2<sup>ème</sup> étape: rayon incident incliné



Même principe que précédemment



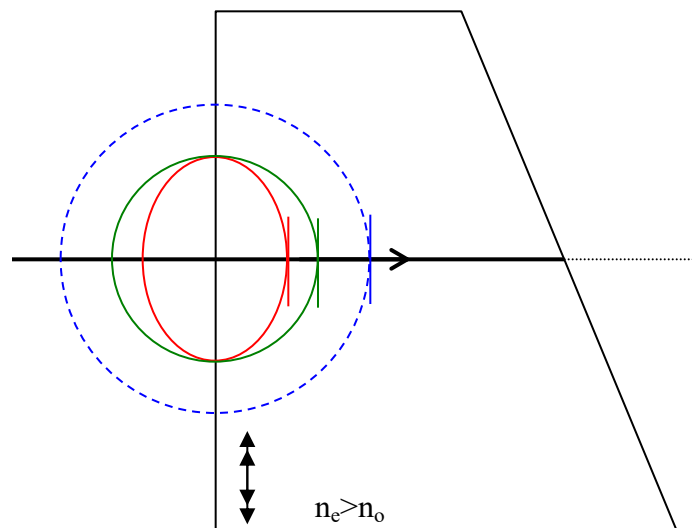
### 3<sup>ème</sup> étape: construction des images d'un point A



Chaque polarisation donne une image

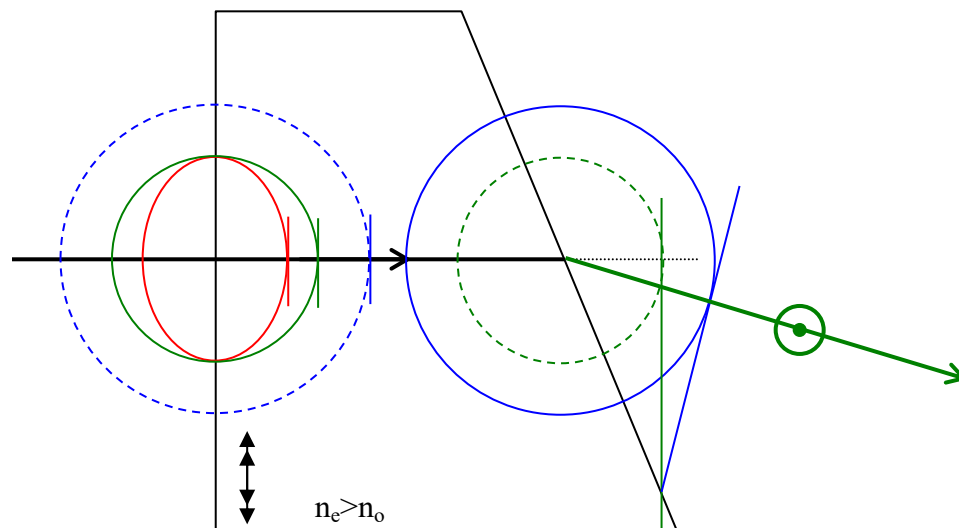
Quand on tourne la lame, l'image extraordinaire tourne autour de l'image ordinaire (qui reste fixe)

## 2e exemple: séparateur angulaire de polarisation

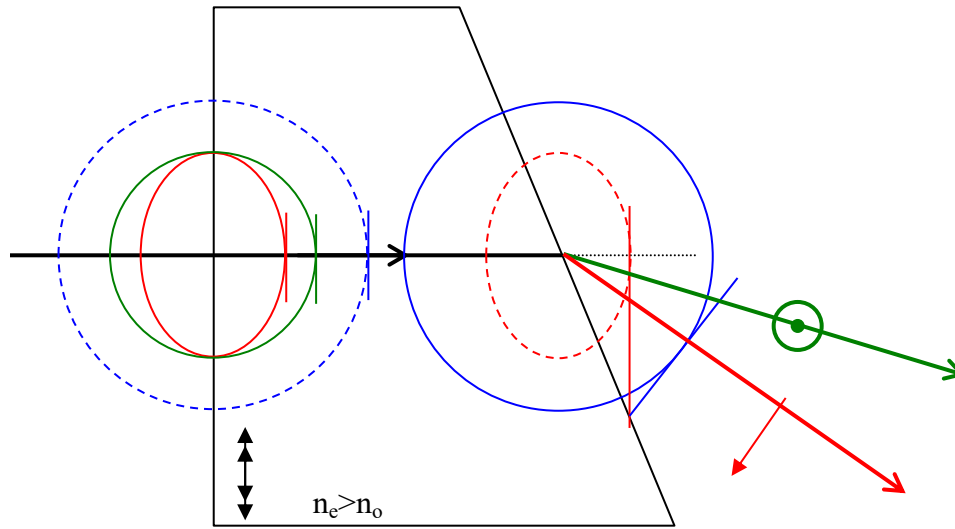




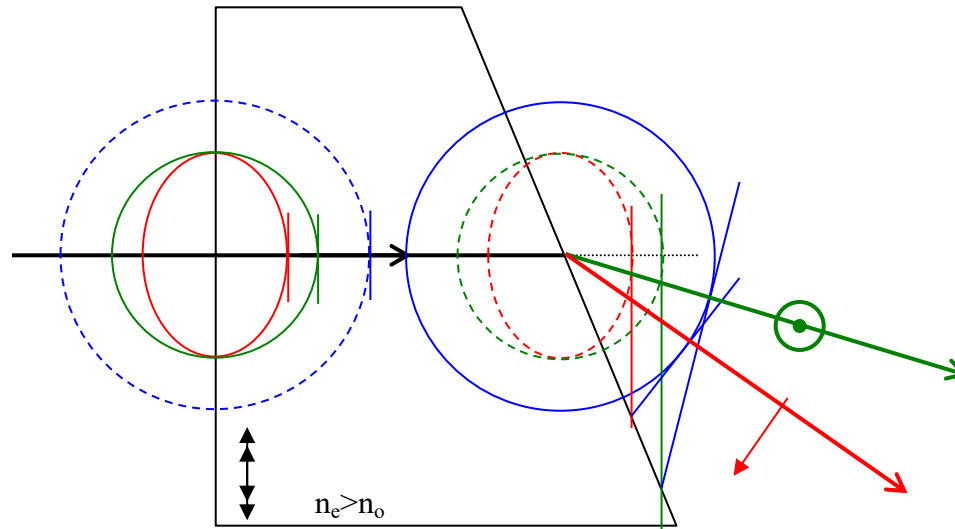
## 2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



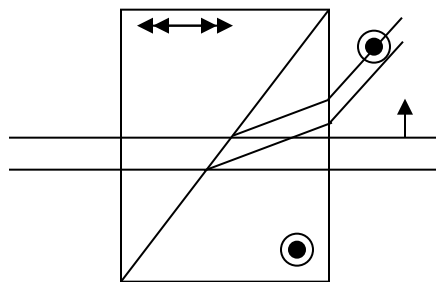
## 2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



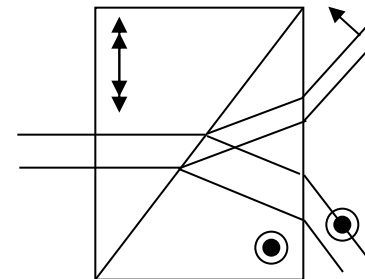
## 2e exemple: séparateur angulaire de polarisation



### Composants basés sur ce principe



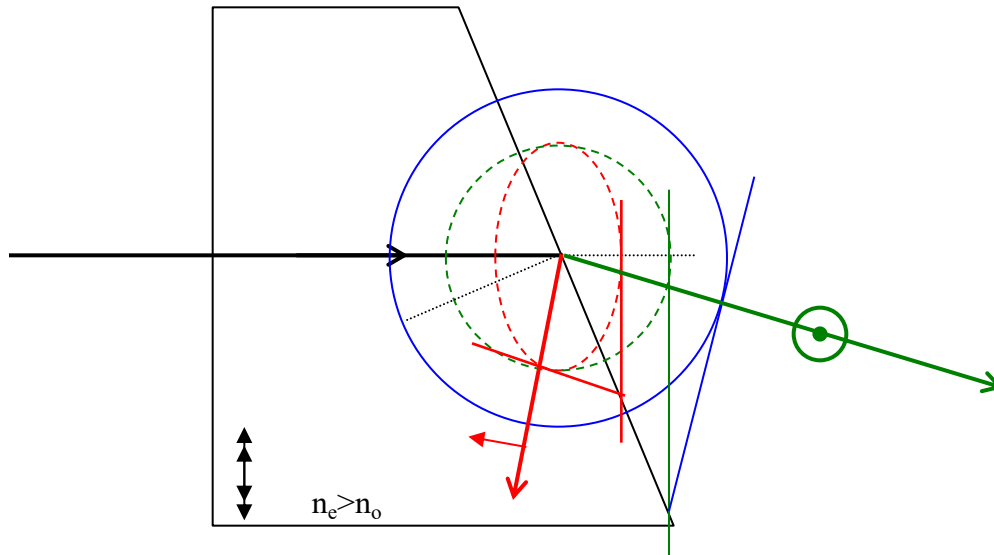
**Rochon**  
(ici en calcite)



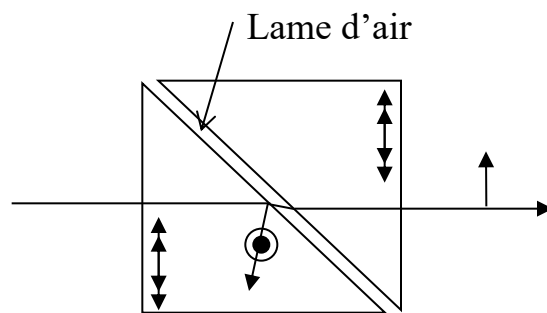
**Wollaston**  
(quartz)

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

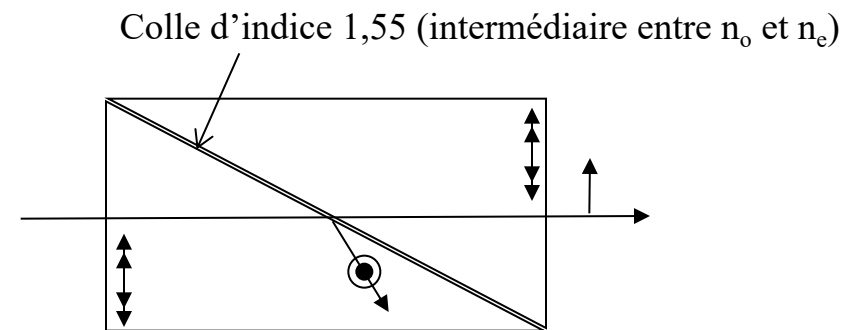
## 3e exemple: séparateur angulaire à réflexion totale



### 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

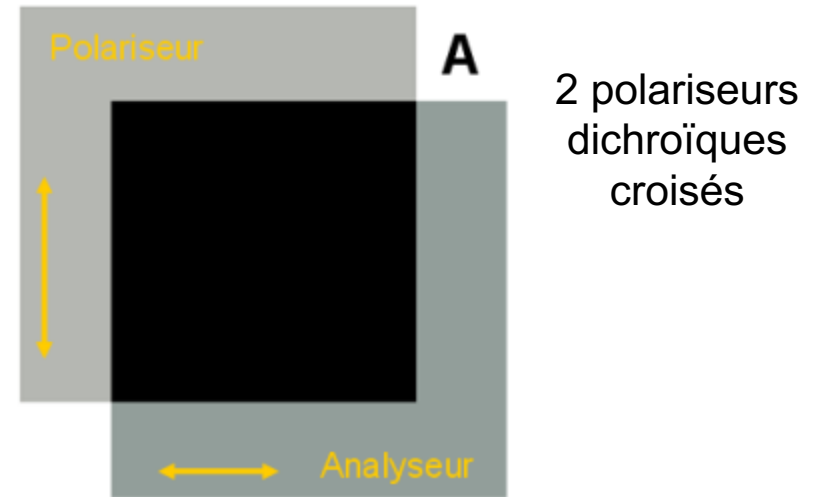
Pour aller plus loin dans le modèle: Polarisation S. Huard, chapitre II

# Anisotropie d'absorption

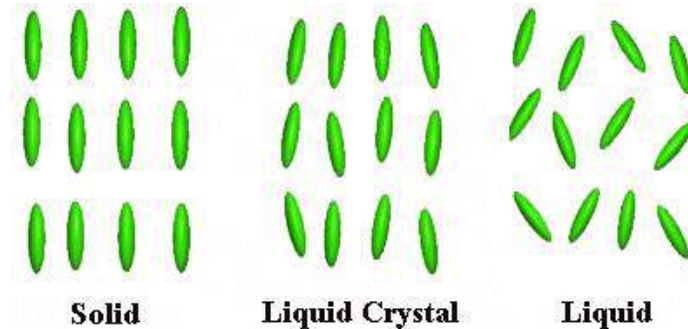
Exemple: polariseurs  
dichroïques de type  
Polaroid



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

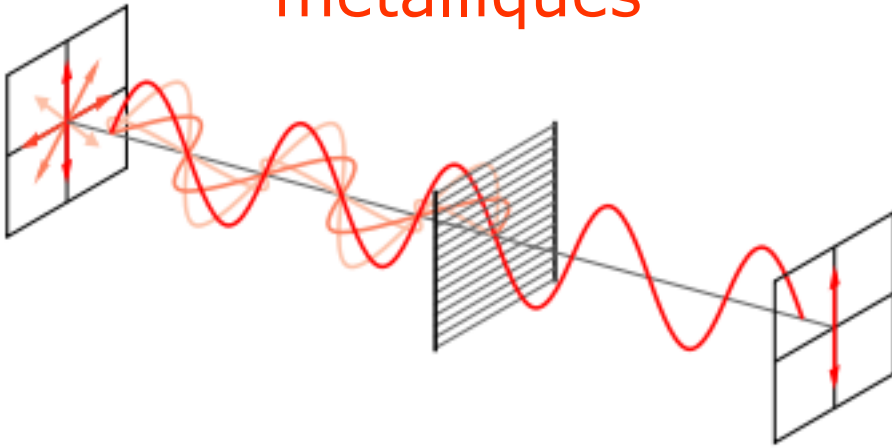


A l'échelle microscopique: orientation de  
molécules sous champ électrique figée dans  
film plastique: similarité avec cristaux liquides



## 2<sup>e</sup> exemple: Polariseurs à grille

Principe: réseau de fils  
métalliques



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

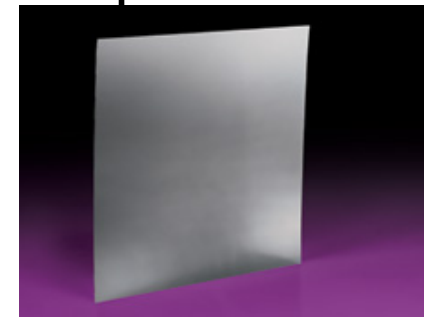
Les fils doivent être séparés  
d'une fraction de  $\lambda$  et plus  
fins que  $\lambda$

Dans le domaine  
microonde (2.5-2.7GHz)



Wikipedia

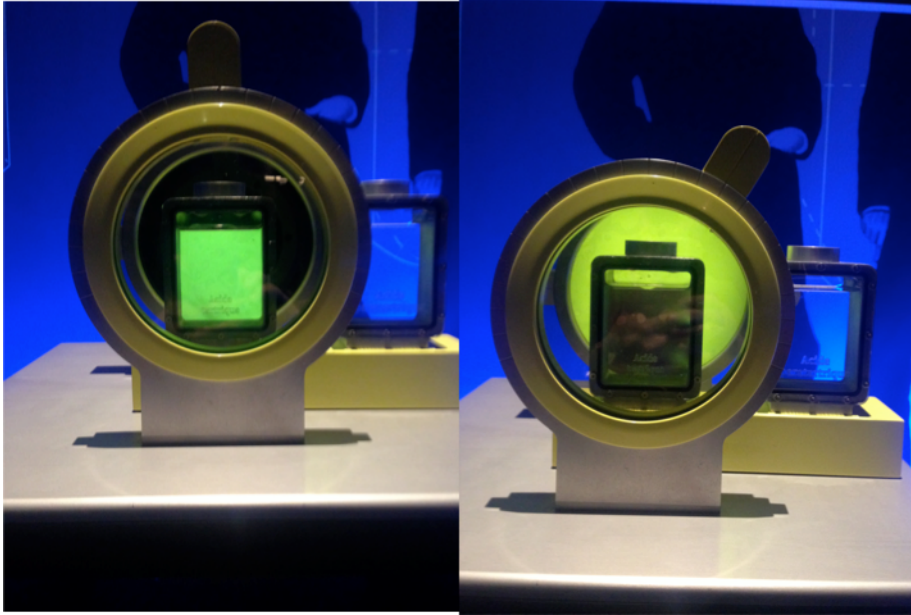
Dans le domaine optique  
film polarisant



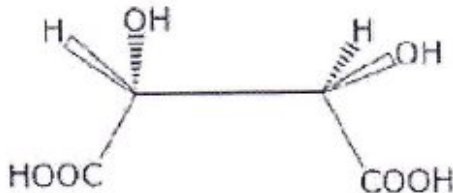
Edmund scientific



# 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**

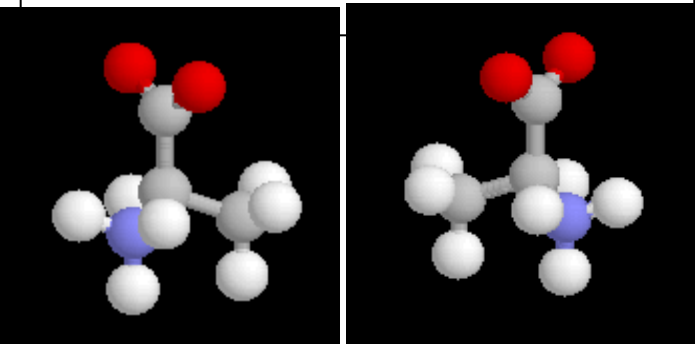
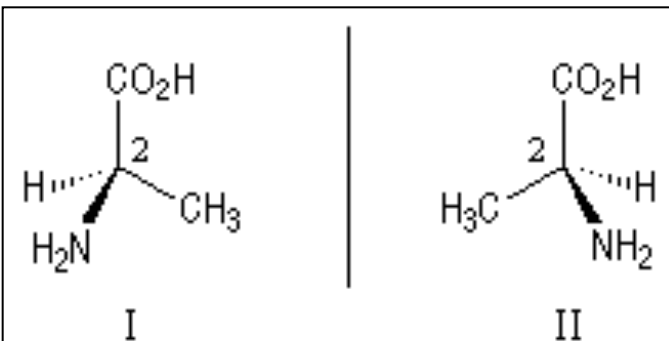
# Origine de l'anisotropie circulaire

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



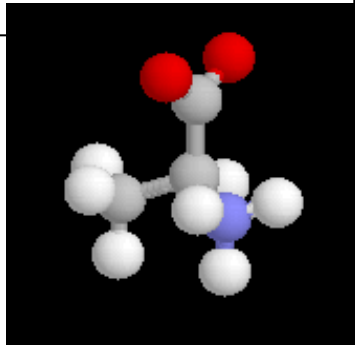
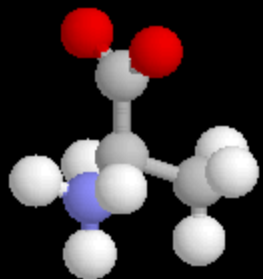
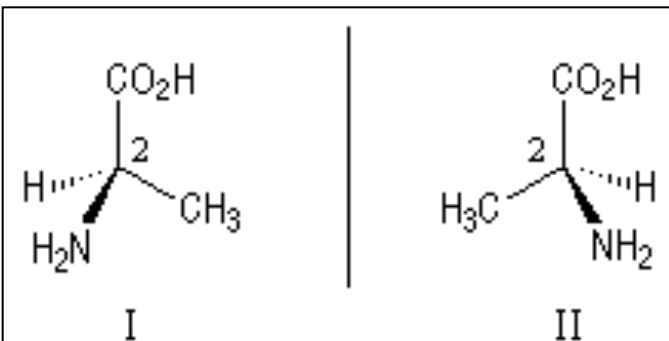
# Origine de l'anisotropie circulaire

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

Exemple de molécule chirale:  
l'acide aminé alanine

Alanine  
synthétique  
Lévogyre

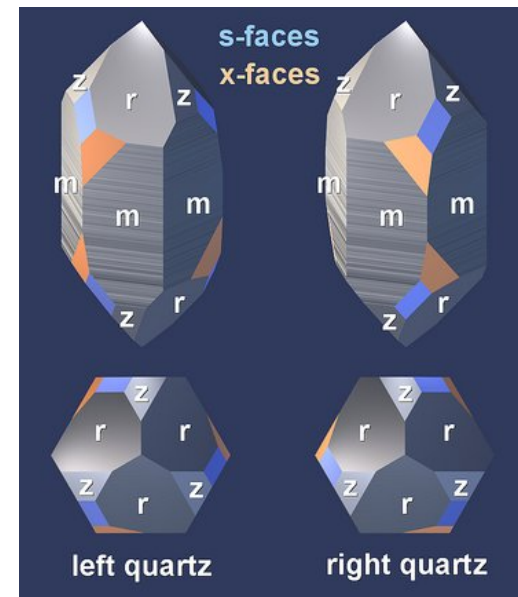
Alanine  
naturelle  
dextrogyre



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'une colonne en verre remplie d'un sirop de sucre. On observe la lumière verte 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. Les zones de forte intensité se déplacent lors que l'observateur tourne autour de la colonne.
- 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, donnant l'impression de voir une hélice en rotation dans la colonne.
- 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.