

# LP 33 : PHÉNOMÈNES DE POLARISATION OPTIQUE

**EI** : Identification de cristaux en lumière polarisée

Timothée AUDINET, Gabriel BALAVOINE

# Introduction pédagogique

- **Bibliographie :**
  1. Optique, *Houard*
  2. Physique, tout-en-un, PC-PC\*, *Sanz*
- **Niveau :** PC/PC\*
- **Pré-requis :**
  1. Polarisation rectiligne [PCSI]
  2. Ondes électromagnétiques (structure, relation de passage) [PC]
- **Objectifs :**
  1. Savoir analyser une lumière quelconque et trouver sa polarisation
  2. Comprendre l'influence des milieux biréfringents sur la polarisation
- **Difficultés :**
  1. Bien comprendre le caractère vectoriel de la lumière
  2. Ne pas s'arrêter aux calculs qui peuvent être long, comprendre l'intérêt des lames biréfringente

## Introduction



(a) Sans filtre anti-reflet



(b) Avec filtre anti-reflet

**Figure 1:** Photographie d'une flaque d'eau avec ou sans filtre anti-reflet dans l'appareil

## Modèle vectoriel de la lumière

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_{0x} \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_{0y} \cos(\omega t - k_0 z) \\ 0 \end{pmatrix}$$

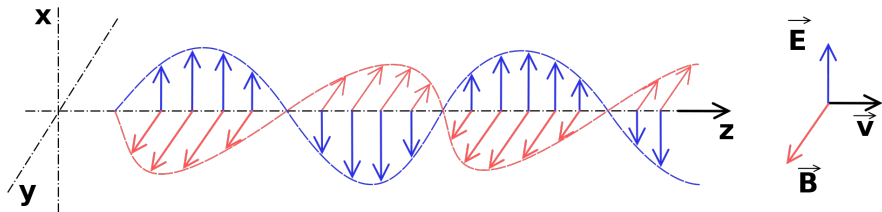


Figure 2: Champ électromagnétique polarisé rectilignement

# Modèle vectoriel de la lumière

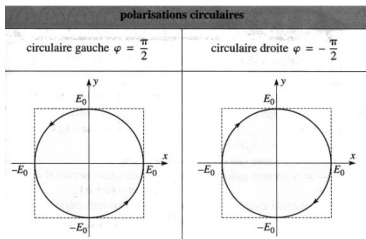


Figure 3: Polarisation circulaire droite ou gauche

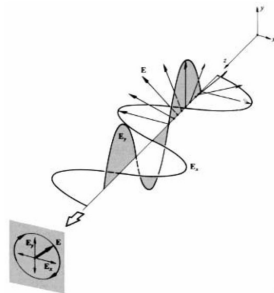


Figure 4: Polarisation circulaire droite selon l'axe z

# Modèle vectoriel de la lumière

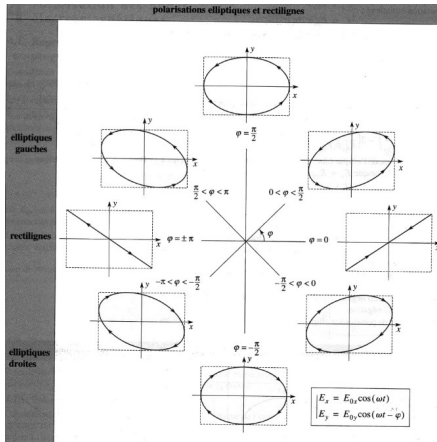
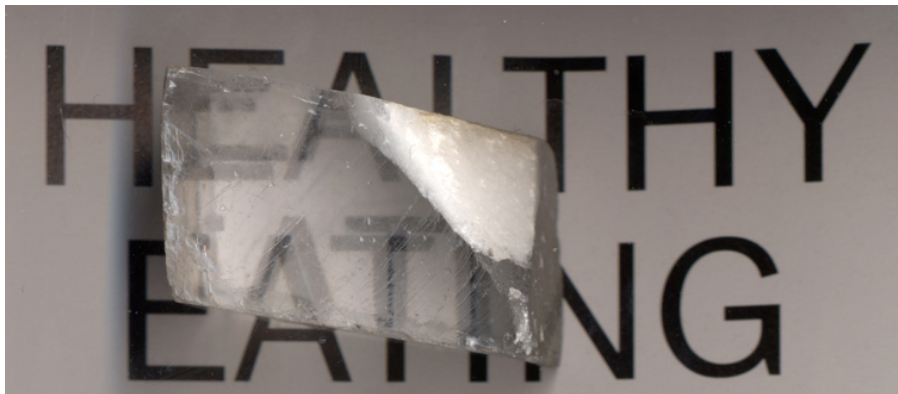


Figure 5: Polarisation elliptique ou rectiligne en fonction de l'angle  $\varphi$

## Milieu biréfringent



**Figure 6:** Texte vu au travers d'un morceau de calcite : on remarque un dédoublement de l'image après le cristal

## Milieu biréfringent

Avant la lame :

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_{0x} \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_{0y} \cos(\omega t - k_0 z + \varphi) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Dans la lame:

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_{0x} \cos(\omega t - n_x k_0 z) \\ E_{0y} \cos(\omega t - n_y k_0 z + \varphi) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Après la lame :

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_{0x} \cos(\omega t - k_0(z - e) - n_x k_0 e) \\ E_{0y} \cos(\omega t - k_0(z - e) - n_y k_0 e + \varphi) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

## Lame demi-onde

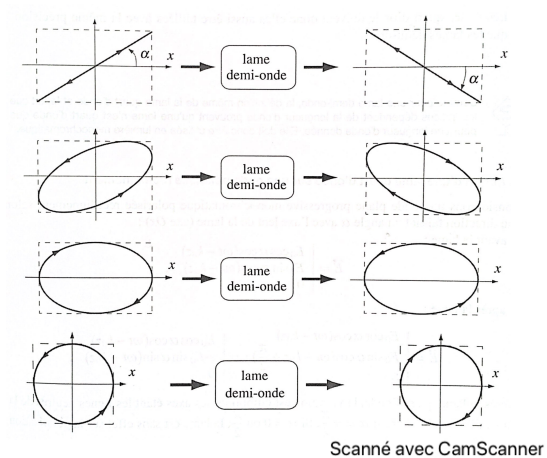


Figure 7: Action d'une lame demi-onde (Sanz)

# Lame quart d'onde

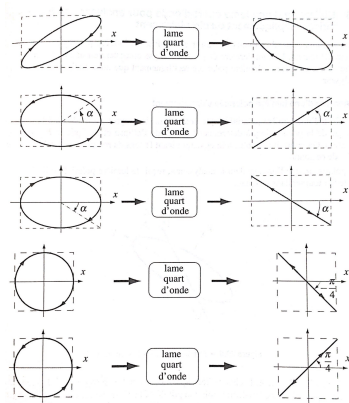
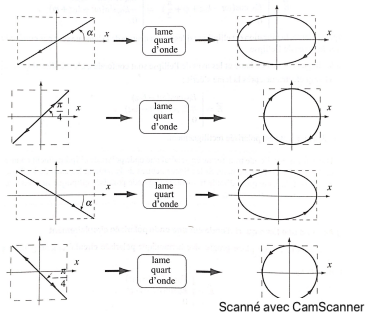


Figure 8: Action d'une lame quart d'onde (Sanz)

# Analyse d'une lumière quelconque

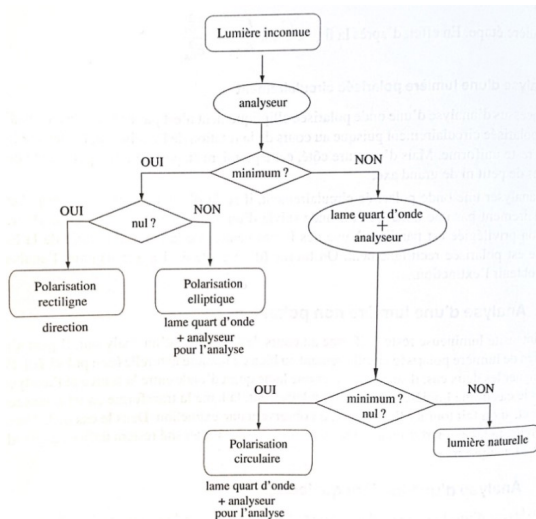


Figure 9: Algorithme pour analyser n'importe quelle lumière

## Application : identification de cristaux

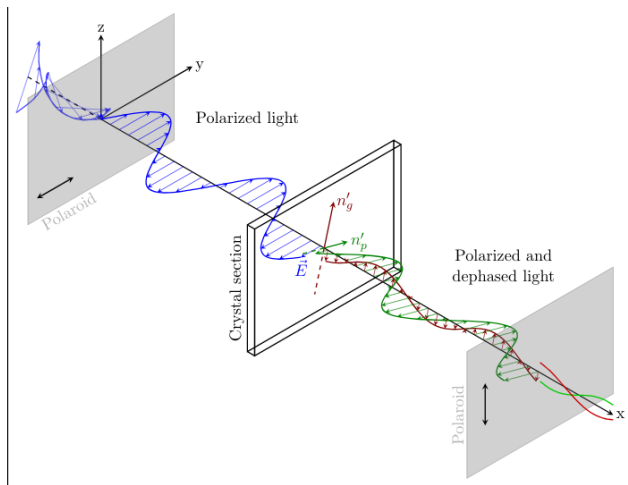


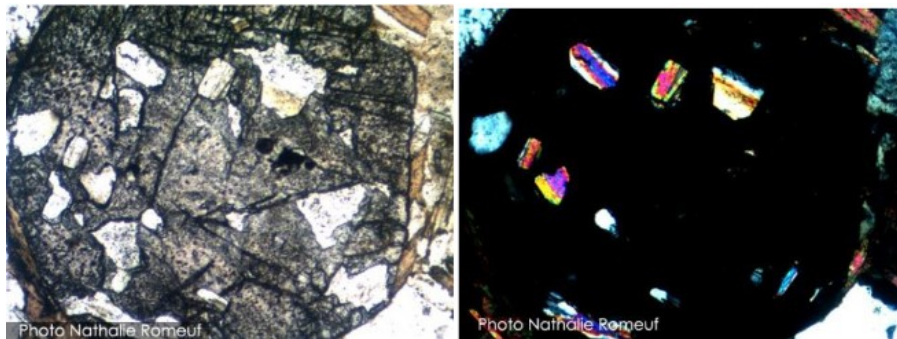
Figure 10: Schéma de principe du microscope en lumière polarisée

## Application : identification de cristaux

Material	Crystal system	$n_o$	$n_e$	$\Delta n$
barium borate BaB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Trigonal	1.6776	1.5534	-0.1242
beryl Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	Hexagonal	1.602	1.557	-0.045
calcite CaCO <sub>3</sub>	Trigonal	1.658	1.486	-0.172
ice H <sub>2</sub> O	Hexagonal	1.3090	1.3104	+0.0014 <sup>[10]</sup>
lithium niobate LiNbO <sub>3</sub>	Trigonal	2.272	2.187	-0.085
magnesium fluoride MgF <sub>2</sub>	Tetragonal	1.380	1.385	+0.006
quartz SiO <sub>2</sub>	Trigonal	1.544	1.553	+0.009
ruby Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trigonal	1.770	1.762	-0.008
rutile TiO <sub>2</sub>	Tetragonal	2.616	2.903	+0.287
sapphire Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trigonal	1.768	1.760	-0.008
silicon carbide SiC	Hexagonal	2.647	2.693	+0.046
tourmaline (complex silicate)	Trigonal	1.669	1.638	-0.031
zircon, high ZrSiO <sub>4</sub>	Tetragonal	1.960	2.015	+0.055
zircon, low ZrSiO <sub>4</sub>	Tetragonal	1.920	1.967	+0.047

Figure 11: Valeur de l'écart  $\Delta n$  entre l'axe rapide et l'axe lent en fonction du cristal

## Application : identification de cristaux



**Figure 12:** Lame mince de grenat en LP ou LPA : grenat noir car cristallise dans le système cubique donc isotrope

## Application : identification de cristaux



Figure 13: Lame mince de basalte : plagioclase (en gris) et olivine (très colorés)

## Application : identification de cristaux

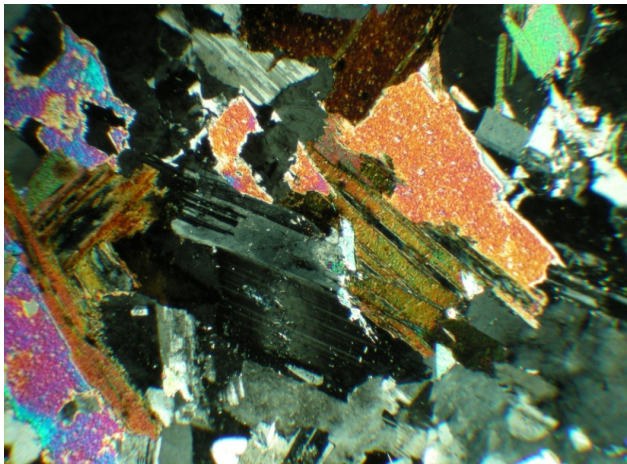


Figure 14: Lame mince de granite