

---

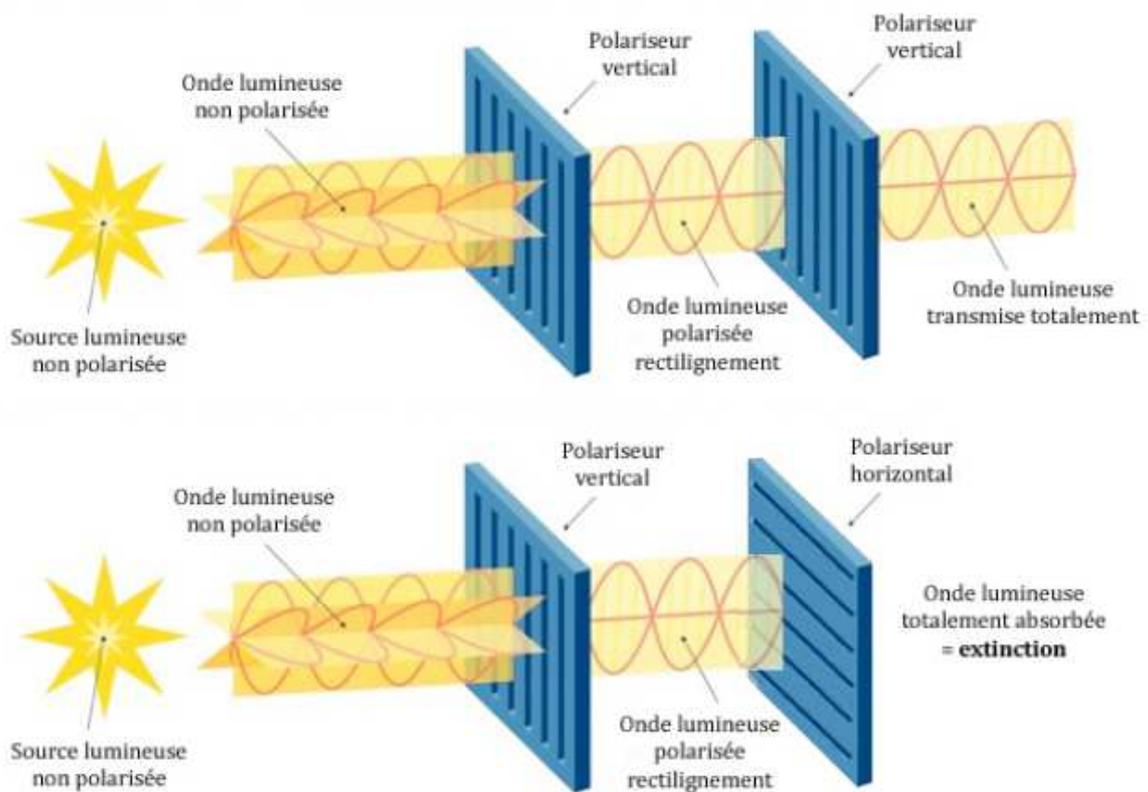
# Introduction

Avant d'entreprendre l'étude des minéraux et des roches au microscope polarisant, cet ouvrage commence par un bref rappel sur quelques-unes des caractéristiques d'un microscope optique. Si une loupe grossissante est comparable à un microscope simple (à une seule lentille), un microscope optique au contraire comprend au moins deux lentilles, l'une produisant une image réelle de l'objet (l'objectif), l'autre grossissant cette image (l'oculaire); l'oculaire permet d'obtenir facilement des grossissements supérieurs à 20. Les opérations de mise au point, de réglage de l'éclairage et de centrage de la platine sont en général simples à effectuer. Enfin il est nécessaire de disposer d'une collection de lames minces d'épaisseur standard 0,03 mm.

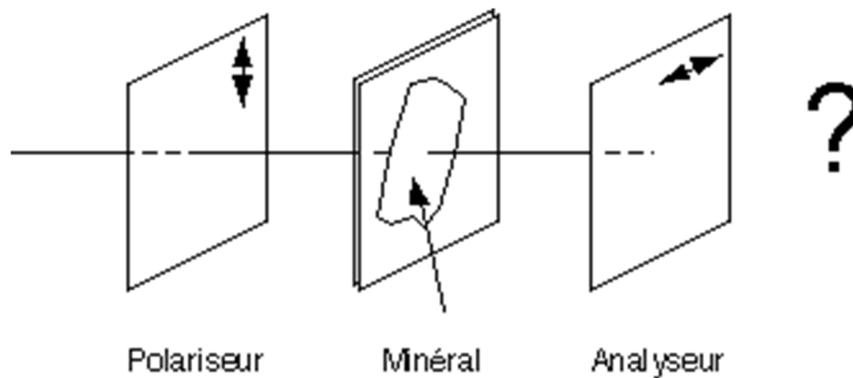
Notre but est d'abord d'apprendre à savoir décrire les *minéraux*. Après quelques heures d'entraînement, le débutant pourra identifier certains minéraux et se familiariser, grâce à leurs propriétés, avec leurs aspects les plus fréquemment observés au microscope. Si une ou *a fortiori* deux propriétés optiques ne correspondent pas au minéral supposé, l'identification est alors inexacte et doit être recommencée.

## Le microscope polarisant

Le microscope pétrographique polarisant se distingue du microscope biologique, plus fréquent, en ce qu'il est équipé d'une platine tournante et de deux filtres polarisants, l'un situé en dessous de la platine et l'autre au-dessus. On peut considérer que la lumière ordinaire est formée d'ondes vibrant dans toutes les directions, alors que la lumière polarisée est constituée d'ondes vibrant dans un seul plan, appelé *plan de polarisation*. Les filtres polarisants sont formés d'une substance de type Polaroid. Les Polaroids sont utilisés dans certains verres solaires et dans certains filtres photographiques pour éviter les reflets éblouissants provenant de surfaces réfléchissantes. Les filtres polarisants du microscope sont disposés de telle sorte que les directions de polarisation soient mutuellement perpendiculaires et parallèles aux fils du réticule de l'oculaire. Le filtre polarisant situé sous la platine est le *polariseur*, celui situé au-dessus est l'*analyseur*. L'analyseur est monté de telle sorte qu'il puisse être écarté du trajet du rayon lumineux, si bien que la lame de roche peut être étudiée en *lumière polarisée non analysée* (LPNA). Lorsque l'analyseur est en place, l'échantillon est observé en *lumière polarisée analysée* (LPA). Lorsqu'il n'y a pas de lame mince sur la platine du microscope, aucune lumière n'arrive à l'œil de l'observateur lorsque les polariseurs sont « croisés à 90° », parce que la lumière polarisée qui provient du polariseur est absorbée par l'analyseur.



Entre polariseur et analyseur croisés, on place une lame mince (de 30  $\mu\text{m}$ ) cristal. Qu'observe-t-on

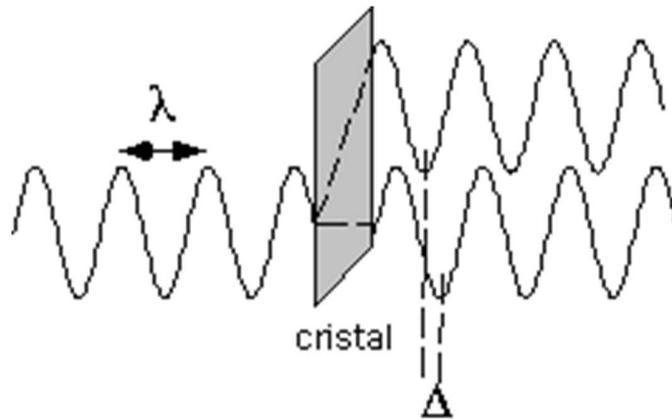


Réponse : le minéral présente une coloration qu'il ne présente pas naturellement.

Interprétation : lorsque l'épaisseur de cristal traversée est suffisamment mince, la zone de recouvrement des deux rayons est le siège d'interférences lumineuses dues à l'extinction de certaines longueurs d'onde.

## Interférences lumineuses

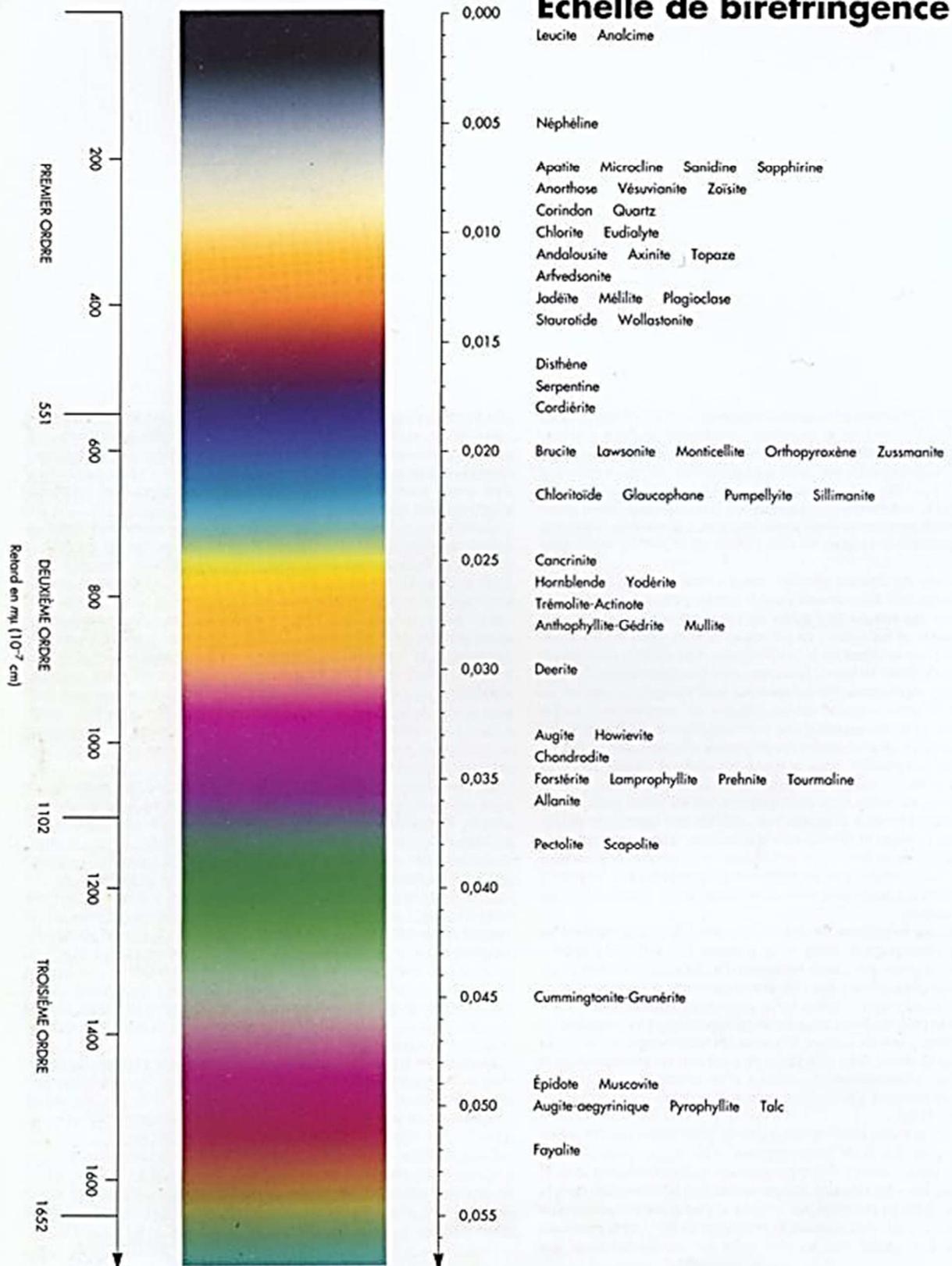
Soit un cristal traversé par une lumière de longueur d'onde  $\lambda$ . Les deux rayons se propagent dans le cristal à des vitesses différentes. A la sortie du cristal, il existe donc un décalage de phase (différence de marche) entre les deux rayons :  $\delta$ , qui dépend de la nature du matériau traversé, de l'épaisseur de matériau et de l'orientation du rayon initial par rapport à l'ellipsoïde.



On distingue plusieurs ordres :

- premier ordre : teintes gris foncé-gris clair-blanc,
- second ordre : teintes vives
- troisième ordre: teintes délavées
- Ordres supérieurs : teintes de plus en plus délavée

# Échelle de biréfringence



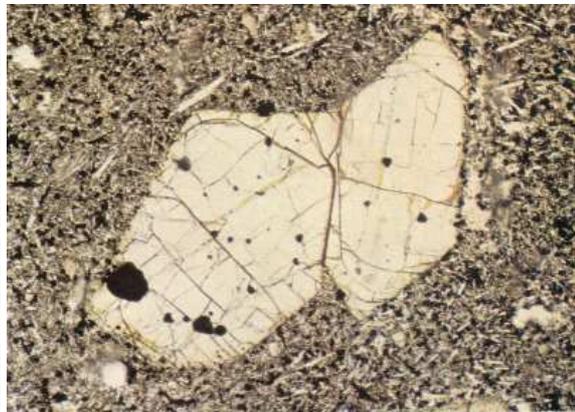
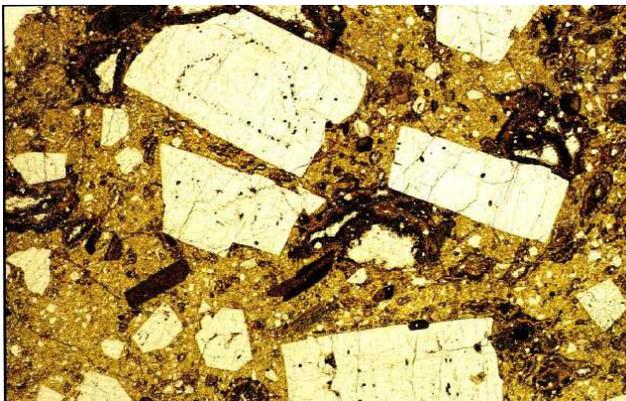
## Description des minéraux

- Pour décrire un minéral et ainsi l'identifier correctement, un étudiant doit être capable de :
- décrire la *forme* des cristaux ;
  - noter leur *couleur* et tout changement de couleur au cours de la rotation de la platine en LPNA ;
  - noter la présence d'un ou de plusieurs *clivages* ;
  - reconnaître les différences de l'*indice de réfraction* des minéraux transparents et déterminer lequel de deux minéraux voisins a l'indice de réfraction le plus élevé ;
  - observer et identifier les couleurs de *biréfringence* entre polariseurs croisés ;
  - observer les *macles* et les *zonations* des cristaux.

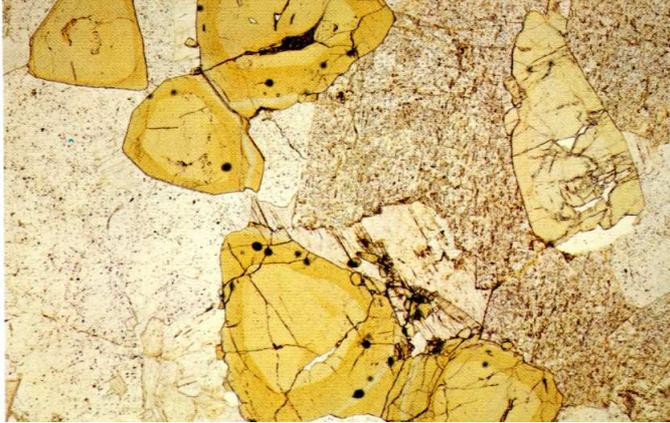
### Les critères de reconnaissance en lumière polarisée non analysée (LPNA)

#### les formes de cristaux

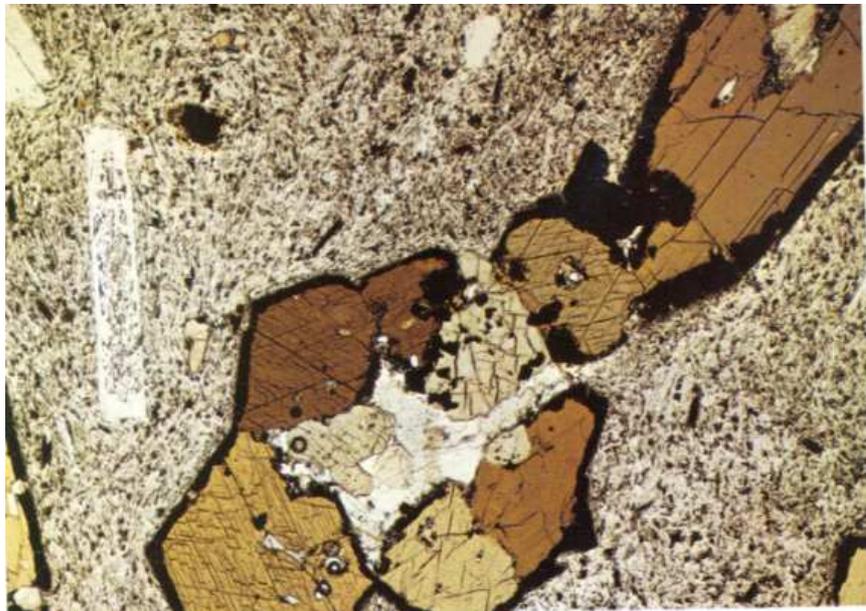
Les cristaux *automorphes* ont des limites rectilignes en lame mince, correspondant aux sections du cristal (1, 2) ; les cristaux *xénomorphes* n'ont pas de limites rectilignes nettes ; les cristaux *subautomorphes* ont certaines limites rectilignes et d'autres courbes.



Forme automorphe



**Forme xénomorphe**



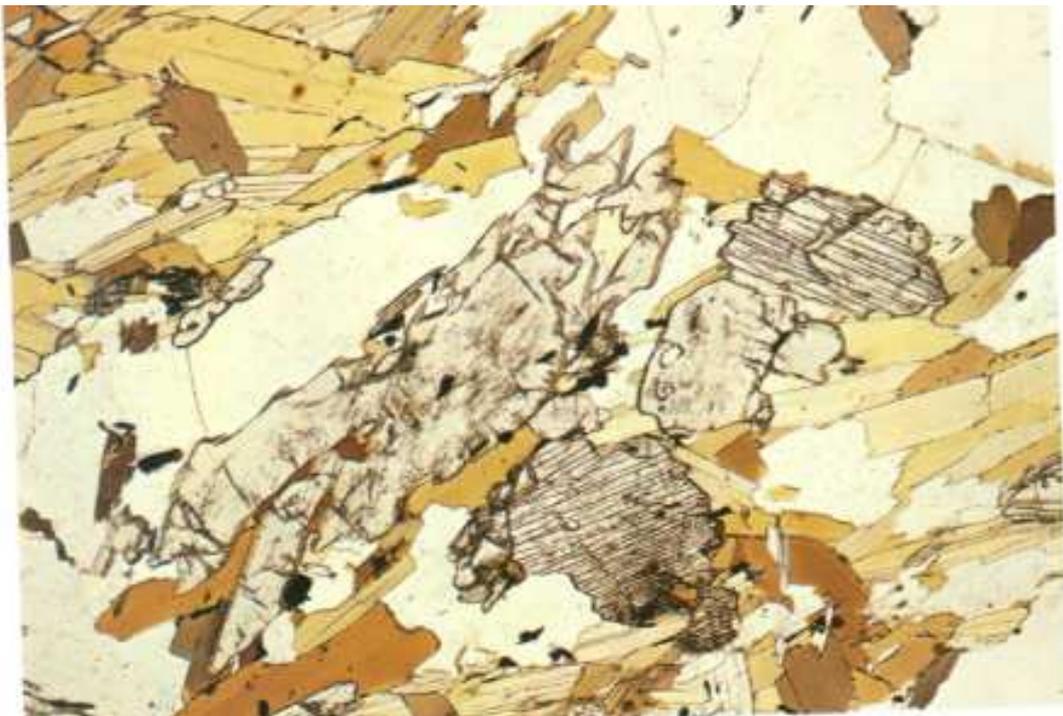
**Forme subautomorphe**



**Forme automorphe prismatique**

## la couleur et le pléochroïsme

De nombreux minéraux, bien que colorés dans les échantillons macroscopiques, peuvent être presque incolores en lame mince. Quelques minéraux fréquents sont facilement reconnaissables par leur *couleur* en lame mince ; par exemple, la biotite est habituellement brune (11). Les minéraux noirs sont des minéraux opaques et leurs propriétés peuvent être étudiées avec un microscope métallographique à réflexion. Un minéral coloré en lame mince peut montrer une couleur différente ou des variations de teintes d'une seule couleur lorsque la platine du microscope est tournée. Comme les cristaux dans une roche sont fréquemment disposés au hasard et donc coupés suivant des directions différentes en lame mince, ils montrent probablement diverses couleurs ou nuances d'une couleur dans la lame mince. La couleur d'un minéral observé en LPNA est qualifiée de *couleur d'absorption*; le *pléochroïsme* est le phénomène de variation de couleur en fonction de l'orientation du cristal par rapport au plan de polarisation de la lumière (12). C'est un critère de reconnaissance très utile pour certains minéraux.

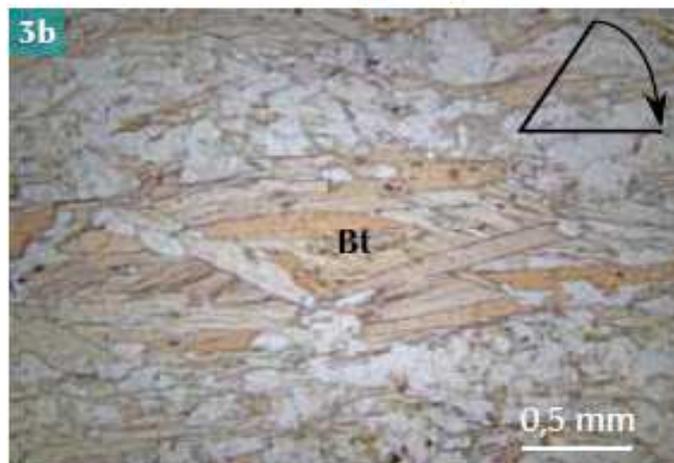


**Il ya des minéraux colorés en marron et certains d'autres sont incolores**

### Pléochroïsme en LPNA



changement de couleur des minéraux (ici de la biotite - Bt) lors de la rotation de la platine

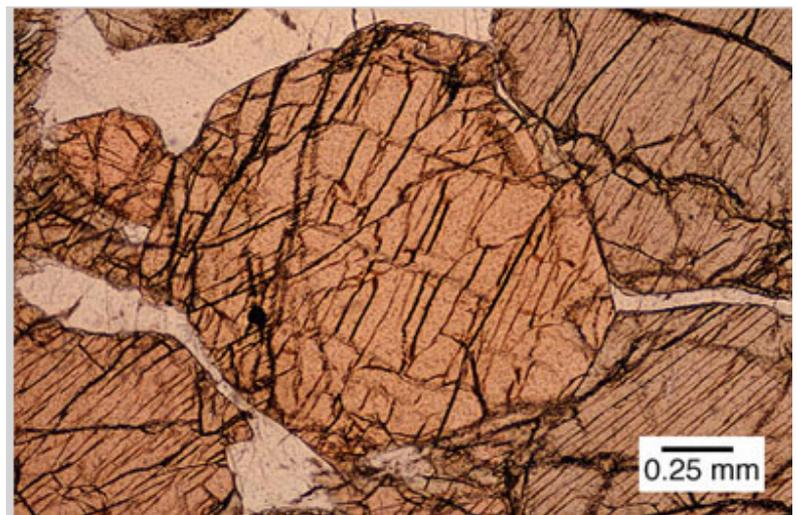
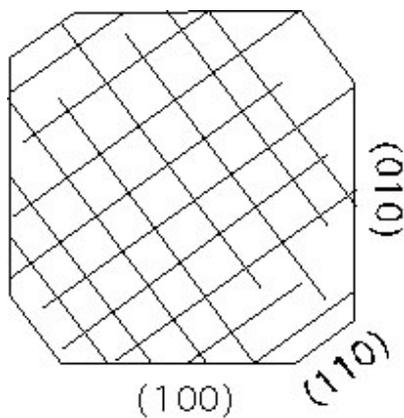
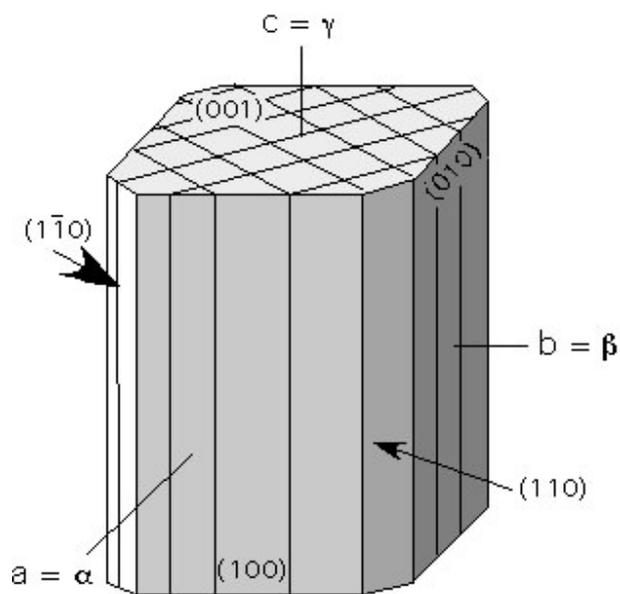


### les clivages

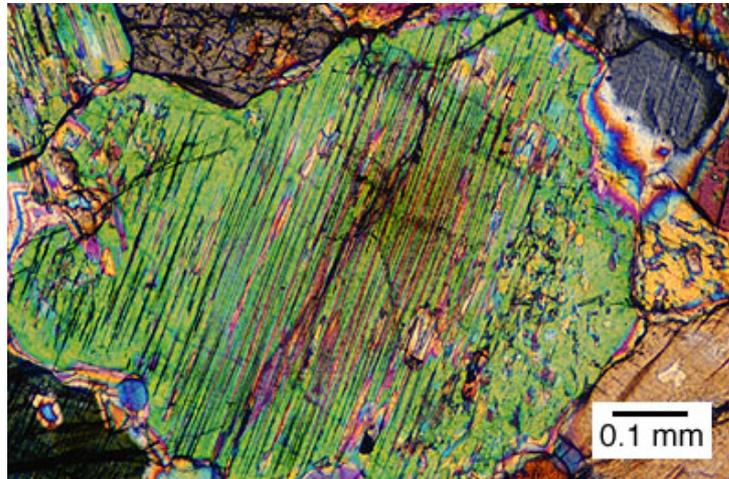
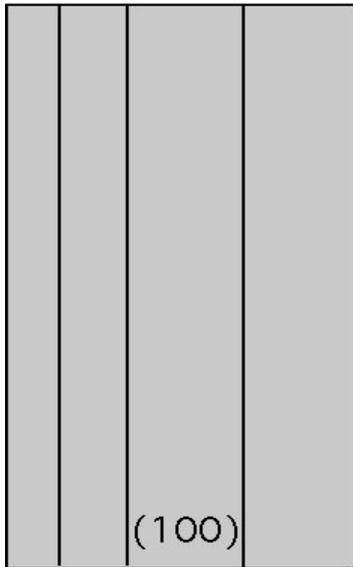
ce sont des plans de rupture du minéral qui correspondent à des plans de moins grande densité atomique. Ex. : les clivages à  $120^\circ$  des amphiboles, les clivages à  $90^\circ$  des pyroxènes. Rappeler que les clivages ne se verront pas systématiquement dans tous les plans (sections basales)

les clivages sont visibles en lame mince sous forme d'un ensemble de lignes foncées, parallèles, rectilignes; lorsque le cristal est coupé presque parallèlement au plan de clivage, les clivages ne sont pas visibles:

Certains minéraux présentent deux clivages, qui forment entre eux un angle défini cristallographiquement. Toutefois, l'observation de ces deux clivages et de leur angle dépend de la section observée :



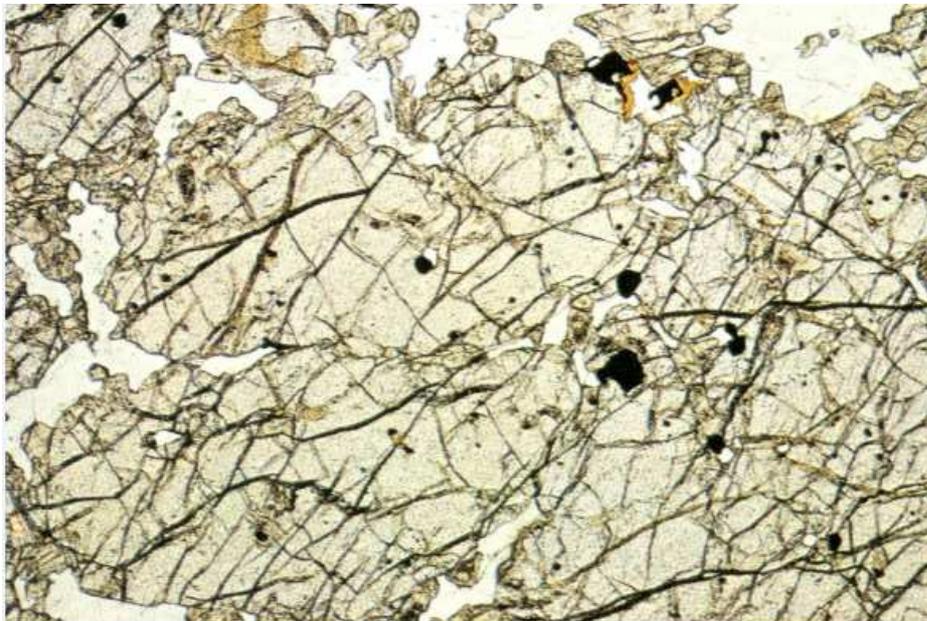
Section basale de pyroxene



Observation d'une section longitudinale de pyroxène ne montrant qu'une seule direction de clivage

- **les fractures**

ce sont des plans de cassure du minéral, sans relation avec les directions cristallographiques des cristaux



**Cassures dans le minérale d'olivine**

## le relief

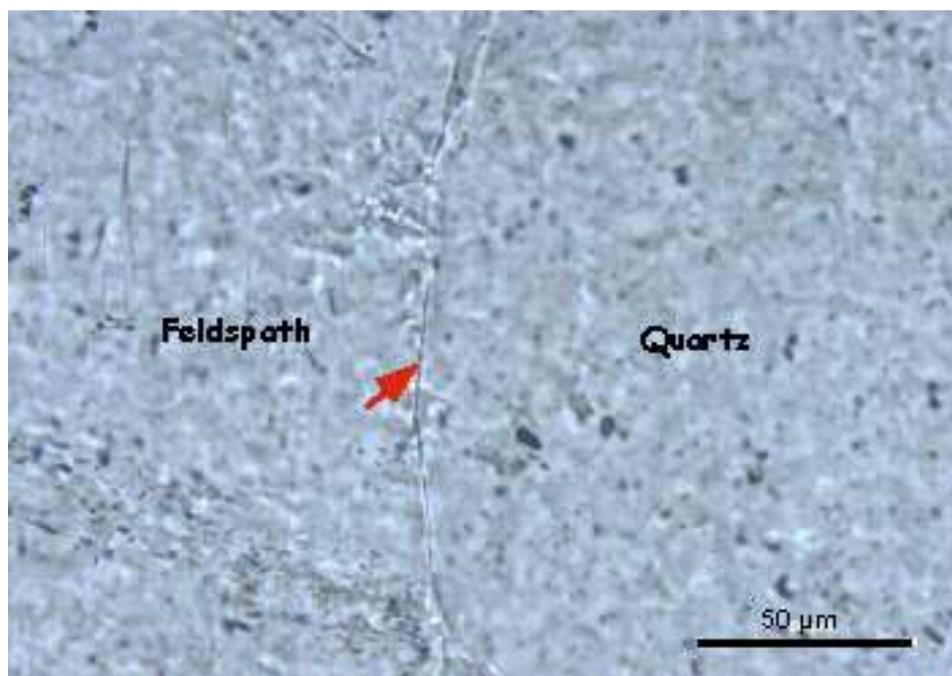
c'est l'épaisseur du contour", qui traduit la différence de réfraction entre deux espèces. Les espèces avec un fort relief apparaîtront avec un contour épais.

Le relief de deux sections minérales contigües peut être déterminé grâce à la méthode du **liseré de Becke**. Le protocole est le suivant :

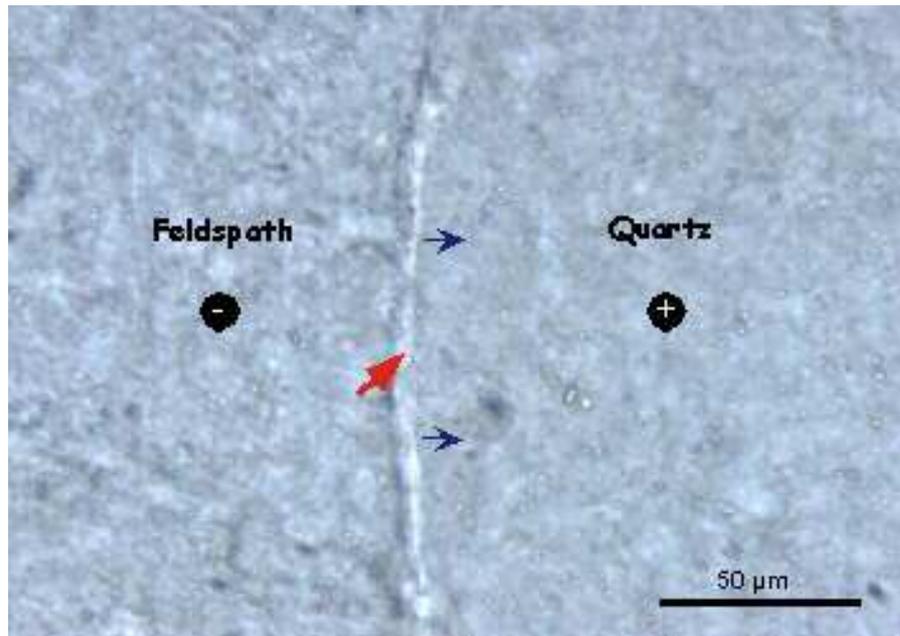
1. Se placer sur la limite entre deux sections cristallines dont on souhaite comparer les indices. Faire une mise au point parfaite (LPNA)
2. Mettre le condenseur en le baissant autant que possible
3. Détruire progressivement la mise au point à l'aide de la vis micrométrique (on éloigne ou on approche l'objectif de la préparation). A ce moment apparaît un liseré lumineux (le liseré de Becke).

Ce liseré se déplace vers le minéral le **moins** réfringent quand on **approche** l'objectif de la préparation  
**ou**

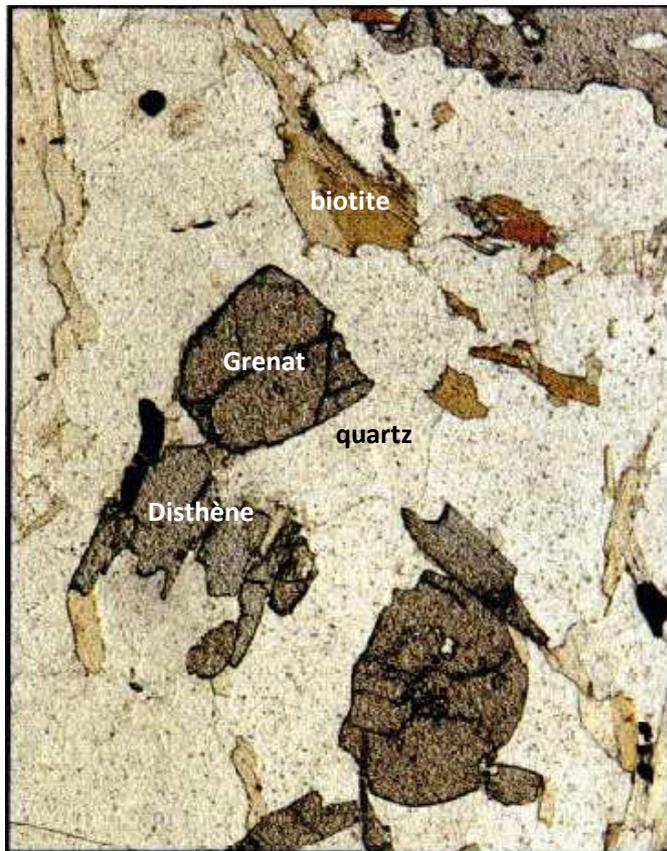
Ce liseré se déplace vers le minéral le **plus** réfringent quand on **éloigne** l'objectif de la préparation.



Mise au point sur la limite entre deux sections cristallines (quartz et feldspath). La flèche rouge montre la limite entre les deux cristaux

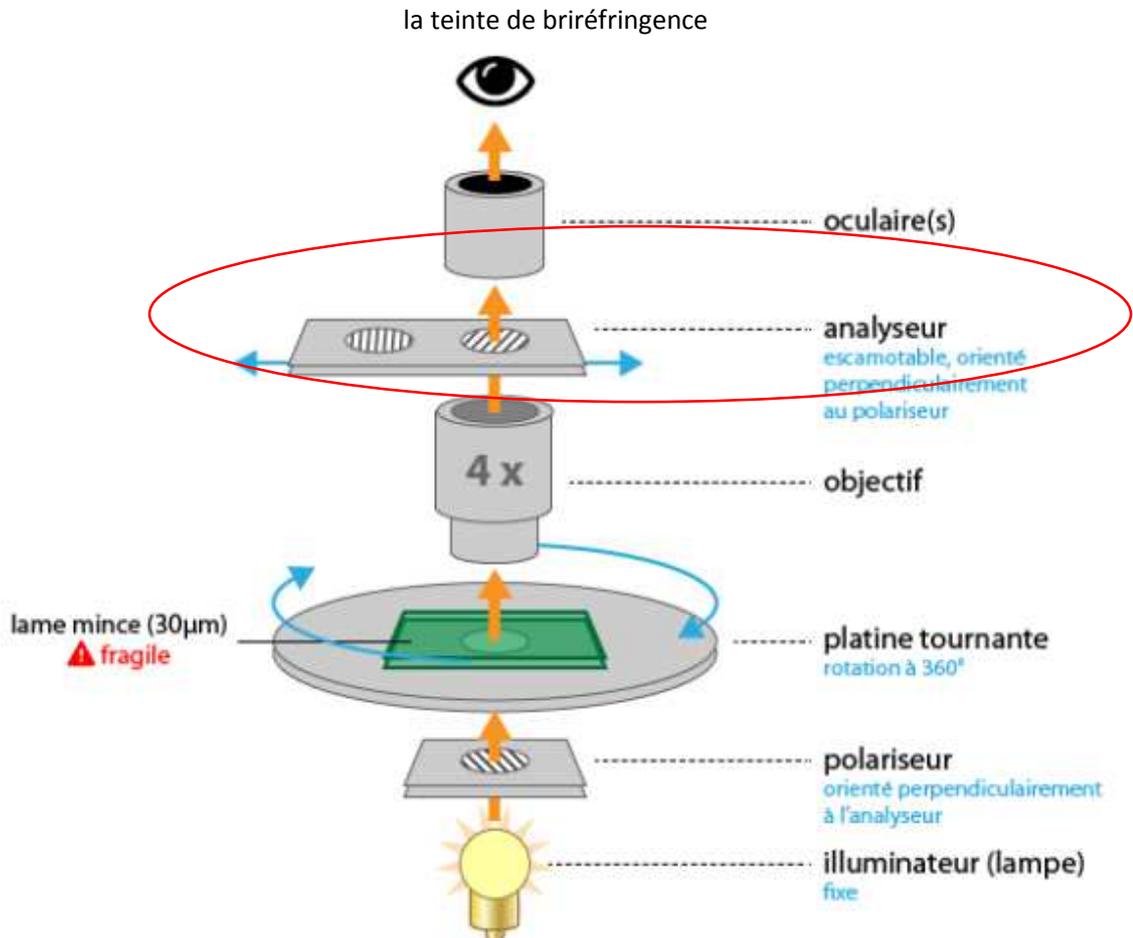


Déplacement du liseré de Becke vers le minéral le plus réfringent (on a éloigné l'objectif de la préparation). Les flèches bleues indiquent vers où se déplace le liseré



*Les cristaux qui ont un indice de réfraction plus élevé que les autres se distinguent par leur relief par rapport à l'arrière-plan formé surtout de quartz. Les minéraux à très fort relief sont le disthène et le grenat; le minéral brun est la biotite, son relief est moyen par rapport au quartz (grossissement  $\times 8$ ).*

## Les critères de reconnaissance en lumière polarisée et analysée (LPA)



la teinte de biréfringence :

La *biréfringence* est la mesure quantitative de la double réfraction; elle est définie comme la différence entre les indices de réfraction maximum et minimum d'un minéral. La biréfringence peut être mesurée très facilement et avec une très bonne précision.

Lorsqu'un faisceau de lumière polarisée pénètre dans la plupart des cristaux, il se partage en deux rayons de vitesses différentes; les deux ondes lumineuses ne sont donc plus en phase lorsqu'elles se propagent dans le cristal. A la sortie du minéral, les deux rayons lumineux interfèrent l'un avec l'autre et, observés en LPA (analyseur inséré), ils montrent des *couleurs d'interférence*.

Lorsqu'un faisceau de lumière polarisée pénètre dans la plupart des cristaux, il se partage en deux rayons de vitesses différentes; les deux ondes lumineuses ne sont donc plus en phase lorsqu'elles se propagent dans le cristal. A la sortie du minéral, les deux rayons lumineux interfèrent l'un avec l'autre et, observés en LPA (analyseur inséré), ils montrent des *couleurs d'interférence*.

Ces couleurs sont semblables à celles observées là où une mince pellicule de pétrole repose sur une chaussée humide.

Les couleurs d'interférence d'un minéral en lame mince dépendent principalement de trois facteurs :

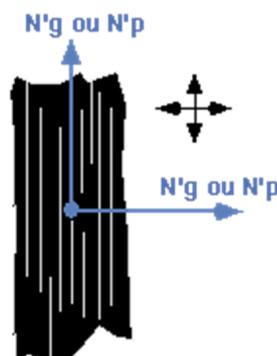
- la biréfringence du minéral,
- l'épaisseur de la section,
- l'orientation de la coupe.

- **l'angle d'extinction:**

La couleur de biréfringence de chaque minéral d'une lame mince observée entre polariseurs croisés change d'intensité lorsqu'on tourne la platine; l'intensité devient nulle tous les  $90^\circ$  au cours d'une rotation complète (c'est-à-dire aucune lumière n'est visible par l'observateur). Les positions pour lesquelles un minéral déterminé devient noir sont appelées *positions d'extinction* de ce cristal. L'angle entre la position d'extinction et une direction bien définie du cristal est l'*angle d'extinction* de ce cristal : il a une valeur inférieure à  $45^\circ$  (parfois l'angle complémentaire est indiqué).

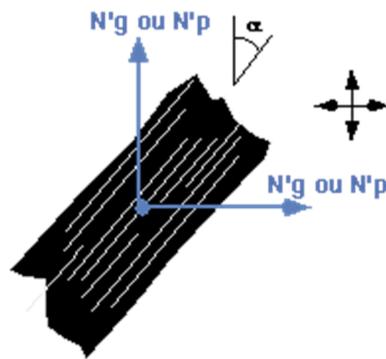
#### Extinction droite :

le minéral est éteint lorsque la trace du clivage (qui est aussi la direction d'allongement) est parallèle à une des directions de la croix de l'oculaire)



### Extinction oblique :

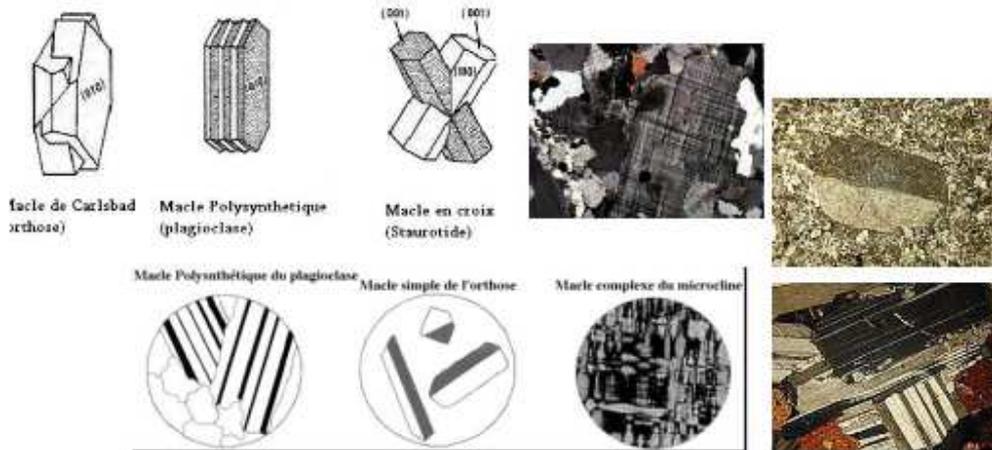
le minéral est éteint lorsque la trace du clivage est oblique par rapport aux directions de la croix de l'oculaire) ( $\alpha$  est l'angle d'extinction)



### les macles et zonation :

De nombreux minéraux forment des *macles*. Ce sont des cristaux du même minéral dans lequel les orientations de deux parties (ou davantage) sont liées, par exemple, une rotation de  $180^\circ$  autour de l'un des axes cristallographiques, ou par une réflexion sur un plan du cristal. Lorsque la macle est répétée plusieurs fois, les cristaux présentent une *macle polysynthétique* ou *multiple*; dans ce cas, les lamelles alternantes montrent la même orientation.

# Les macles



Orientation différente des réseaux cristallins

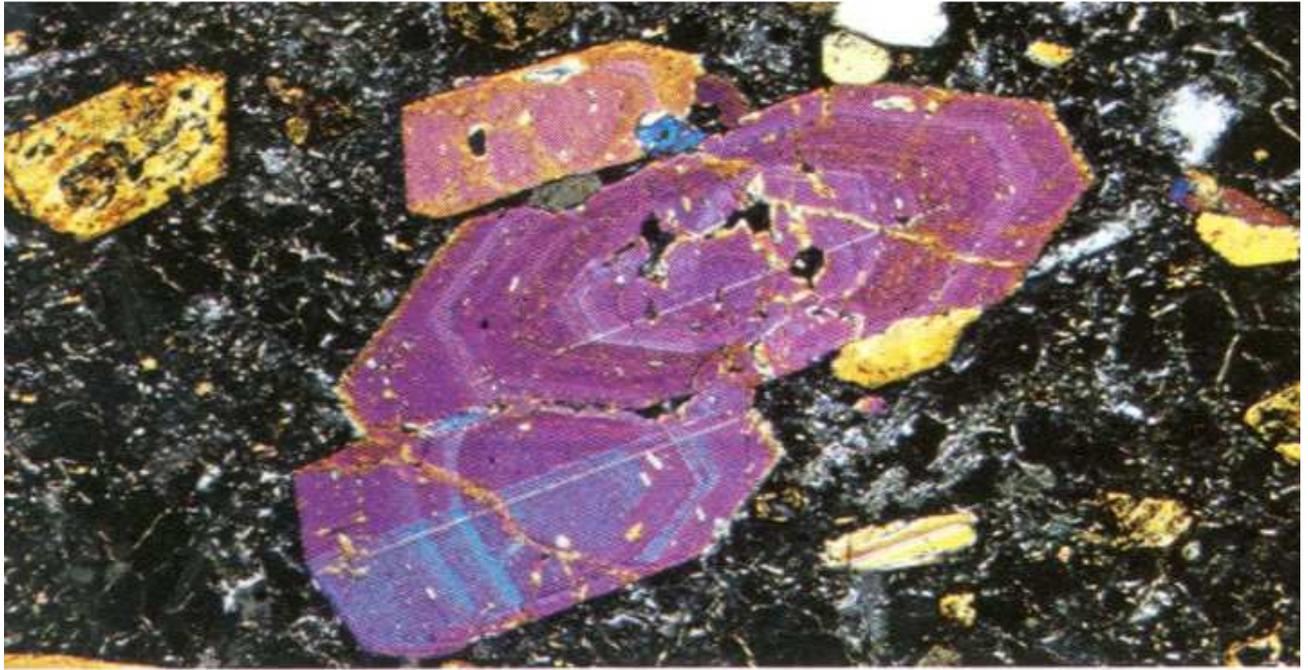
→ orientation différente de l'ellipsoïde des indices dans un même grain

→ extinction dans différentes positions et couleurs de réfringence différentes.



Macle polysynthétique  
(multiple)

Macle carlsbad (simple)



Macle zoné

FICHE DE DESCRIPTION MINÉRALOGIQUE			
LUMIÈRE POLARISÉE			
Forme :			
Clivages (nombre et nature) :			
Couleur :		Pleochroïsme :	
Relief :			
Divers (altérations, cassures, inclusions, ...) :			
LUMIÈRE POLARISÉE ET ANALYSÉE			
Teinte de biréfringence :		Biréfringence :	
Angle d'extinction :		par rapport à :	
Allongement :			
Macles :			
LUMIÈRE CONVERGENTE*			
ISOTROPE	UNIAXE	BIAXE	2V = _____
Signe :			
Autres propriétés :			