

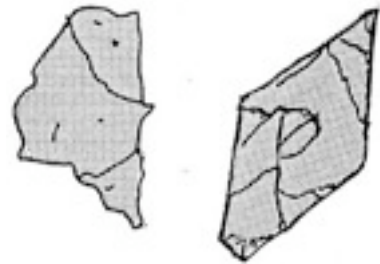
# Observation en “lumière naturelle”<sup>1</sup>”

Extrait de «Théorie et emploi du microscope polarisant»

Les observations dites “en lumière naturelle” s’effectuent sans analyseur, mais en conservant tout de même le polariseur. Pour être plus exacte, il faudrait dire observations en lumière **polarisée non analysée**. Avec ce dispositif, nous pouvons examiner le contour des minéraux, les directions de clivages, les cassures et les inclusions. Nous pouvons aussi mesurer l’épaisseur de la préparation, estimer l’indice de réfraction du minéral à partir de son relief apparent, observer sa couleur propre ainsi que son éventuel pléochroïsme, c’est à dire la variation de sa couleur en fonction de son orientation.

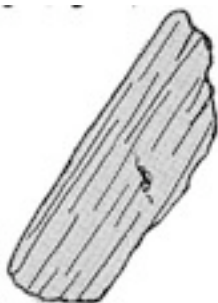
## Formes, clivages, cassures

La première observation concerne l’aspect géométrique des diverses sections. Certaines présentent un contour tout à fait quelconque. Elles sont dites “**xénomorphes**”. D’autres, au contraire, montrent des formes géométriques reconnaissables. Elles sont dites “**idiomorphes**”. Les lignes droites qui marquent parfois le contour d’un minéral sont déterminées par l’intersection de ses faces avec le plan de la coupe mince. Parfois ces formes sont caractéristiques d’un minéral ou d’une famille de minéraux. Aussi la mesure des angles que font ces faces entre elles est souvent intéressante. Les plans de clivages sont matérialisés par des lignes qui sont les intersections des plans de clivage avec le plan de la coupe mince. Ces lignes sont plus ou moins accentuées suivant que le clivage est “facile” ou “difficile”. Il y a parfois plusieurs directions de clivage .

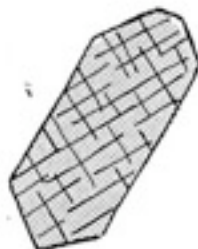


xénomorphe

idiomorphe



Une direction de clivage



Deux directions de clivage



Cassures

<sup>1</sup> L’appellation “lumière naturelle”, en abrégé L.N., n’est pas rigoureusement correcte puisqu’on utilise toujours le polariseur !

*La mesure de l'angle que font entre eux les plans de clivage est aussi un renseignement intéressant. Ainsi pour la famille des pyroxènes l'angle entre les deux directions de clivage est d'environ 90°. Ce même angle est de 120° pour la familles des amphiboles. Toutefois la mesure de cet angle n'est valable que si les plans de clivages sont perpendiculaires au plan de la coupe mince. Une méthode simple permet de vérifier cette orientation. Pour cela, il faut utiliser le plus fort grossissement, ôter la partie mobile du condenseur et régler exactement la mise au point sur une ligne de clivage. En éloignant légèrement l'objectif de la préparation, on distingue deux très fines franges lumineuses qui s'éloignent de part et d'autre de la ligne de clivage. Si elles s'éloignent symétriquement de la ligne avec la même vitesse, cela signifie que le plan de clivage est bien perpendiculaire au plan de la coupe mince.*

*Les cassures sont des fissures irrégulières non rectilignes. Certaines espèces minérales sont reconnaissables aux genre de cassures qu'elles présentent. C'est le cas de l'olivine et de la tourmaline.*

## **Relief et indices de réfraction**

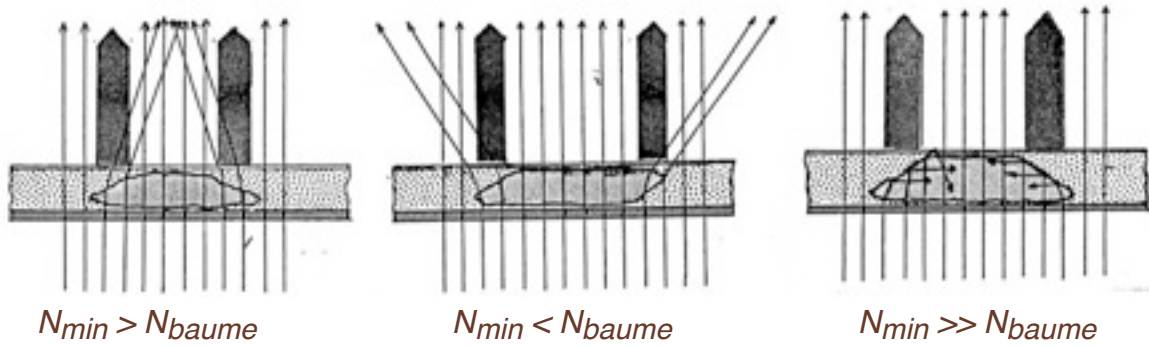
*Lorsqu'on examine une coupe mince renfermant plusieurs espèces minérales, ces divers minéraux apparaissent avec des contours plus ou moins bien accusés. Certains ont un contour à peine marqué, des lignes de clivages et des fractures à peine visible. D'autres ont, au contraire, ont un contour bien marqué, souligné par une ligne foncée. On dit que leur relief est bien marqué.*

*Les premiers, au relief faible, ont un indice de réfraction moyen très voisin de celui du baume de Canada<sup>2</sup> qui constitue le fond de la lame mince.". Les seconds, au relief bien marqué, ont un indice moyen éloigné de celui du baume. Le "relief" se manifeste par des lignes sombres qui bordent les contours et toutes les imperfection du minéral. Plus cette ligne sombre est épaisse, plus le relief est marqué.*

*Le relief est dû à la perturbation des rayons lumineux provoquée par la différence d'indice de réfraction entre le minéral est le milieu dans lequel il est plongé. Les figures ci-dessous illustrent ce phénomène.*

---

<sup>2</sup> Indice du baume de Canada = 1.538



*Les rayons sont déviés sur les bords du minéral, créant une zone sombre qui marque son pourtour. Cette zone sombre est d'autant plus prononcée que la différence des indices est plus grande, Si la différence des indices est très élevée, il se produit même des phénomènes de réflexion totale qui accentuent encore le phénomène. Si le minéral a le même indice que celui du baume, les rayons ne sont pas perturbés et le minéral semble invisible.*

*On peut, avec une certaine habitude, estimer l'indice de réfraction d'un minéral au vu de son relief, en se souvenant de la règle :*

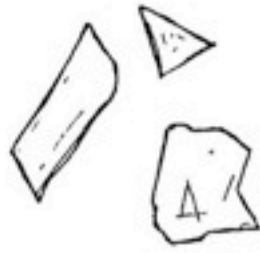
*Le relief d'un minéral est d'autant plus marqué que son indice de réfraction est plus éloigné de celui du milieu dans lequel il se trouve.*

*Dans une coupe mince, le minéral est entouré de baume de Canada dont l'indice de réfraction est 1.538. Les dessins de la page suivante montrent les reliefs d'une série de minéraux différents. On voit que le quartz, dont l'indice moyen est extrêmement proche de celui du baume, est presque invisible. Il est intéressant de comparer les reliefs semblables de la leucite et de la muscovite. Ces deux minéraux présentent des différences d'indice similaires entre leur propre indice et celui du baume, celui de la leucite étant inférieur, celui de la muscovite supérieur à celui du baume.*

*Estimation de la différence d'indice d'un minéral avec celui du baume en fonction du relief apparent.*

<i>indice</i>	<i>relief</i>	<i>aspect visuel</i>
2.0	<i>énorme</i>	<i>le minéral semble “sortir” de la préparation; il est presque opaque au voisinage des arêtes et des sommets.</i>
1.95	<i>très fort</i>	<i>les cassures paraissent profondes, tous les détails sont fortement soulignés par des lignes sombres</i>
1.90		
1.85		
1.80	<i>très marqué</i>	<i>le minéral paraît plus “élevé” que ceux qui l’entourent</i>
1.75		
1.70		
1.65	<i>marqué</i>	<i>contours, clivages bien visibles; le minéral paraît “ruggueux”.</i>
1.60	<i>faible</i>	<i>contours peu marqués, le minéral paraît “plat”</i>
1.55	<i>nul</i>	<i>relief nul, le minéral est presque invisible</i>
1.50	<i>faible</i>	<i>contours peu marqués, le minéral paraît “plat”</i>
1.45	<i>marqué</i>	<i>contours et clivages bien visibles; le minéral paraît “ruggueux”.</i>
1.40		

*Relief apparent de minéraux enrobés de baume de Canada (n = 1.538)*



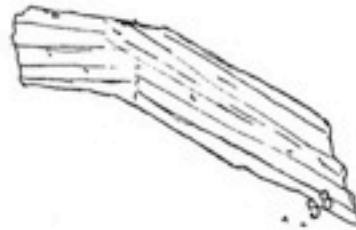
*fluorine n = 1.43*



*leucite n = 1.51*



*quartz n = 1.54*



*muscovite n = 1.58*



*tourmaline n = 1.64*



*disthène n = 1.72*



*grenat n = 1.80*

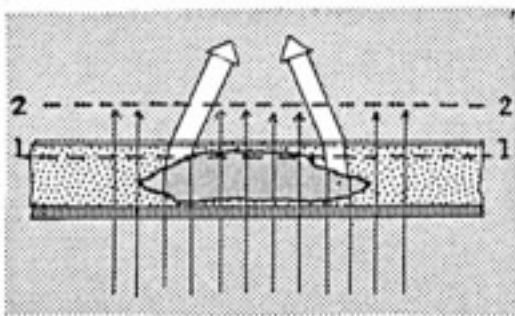


*zircon n = 1.95*

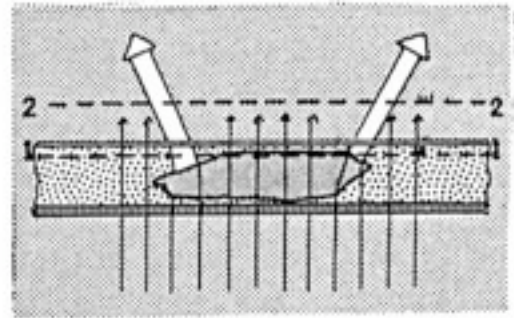
## La frange de Becke

Nous savons estimer la différence d'indice d'un minéral avec celui du baume, mais nous ne savons pas encore si cet indice est inférieur ou supérieur à celui du baume. Une technique va nous permettre de résoudre cette incertitude : l'observation de la "frange de Becke"

Examinons les figures ci-dessous. Elles représentent deux minéraux, un dont l'indice est supérieur à celui du baume, l'autre dont l'indice est inférieur.



$$N_{\text{minéral}} > N_{\text{baume}}$$



$$N_{\text{minéral}} < N_{\text{baume}}$$

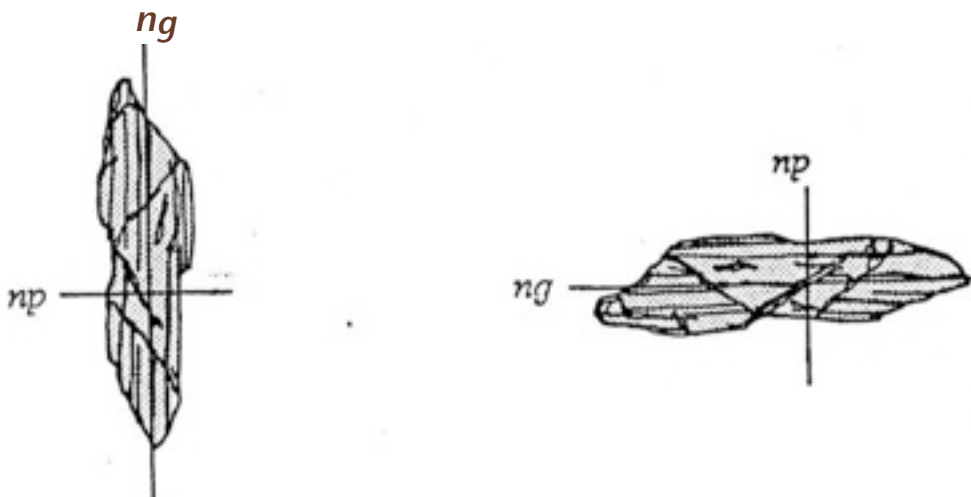
L'effet de prisme produit sur les rayons lumineux par les bords irréguliers des grains, dévie une partie des rayons lumineux vers l'intérieur du champ de vision si l'indice du minéral est supérieur à celui du baume, vers l'extérieur dans le cas contraire. Ce phénomène se traduit par une frange lumineuse qui entoure toute les sections du minéral. Elle porte le nom de Frange de Becke. Elle correspond en réalité à un cône de lumière qui converge ou qui diverge au-dessus du minéral suivant que son indice est supérieur ou inférieur à celui du baume. Si nous réglons la mise au point du microscope sur la surface supérieure du minéral, nous apercevons la frange lumineuse qui entoure le minéral. Si nous éloignons doucement l'objectif de la préparation la zone de vision nette se déplace au-dessus du minéral et la frange lumineuse semble se déplacer vers l'intérieur ou l'extérieur du minéral, suivant que son indice est plus grand ou plus petit que celui du baume. Ce phénomène peut se résumer comme suit :

*Lorsqu'on éloigne l'objectif de la préparation, la frange de Becke se déplace vers le milieu le plus réfringent.*

*Ce procédé est important et nous exposerons, à la fin de cet ouvrage, une méthode d'identification des minéraux en grains qui permettent la mesure des indices d'un minéral à 0.002 près, en les immergeant successivement dans des liquides d'indice connu.*

*Il ne faut pas perdre de vue que les minéraux sont généralement biréfringents et que chaque section est soumise à deux indices de réfraction qui sont  $n_g$  et  $n_p$  pour une section parallèle à un axe optique,  $n'_g$  et  $n'_p$  pour une section d'orientation quelconque. Il faut donc vérifier chaque fois les deux indices de la section étudiée en orientant successivement son grand indice parallèlement au fil vertical du réticule, puis parallèlement au fil horizontal. Pour cela, orientons, en lumière polarisée, la section (une section parallèle, par exemple) de telle manière que son indice  $n_g$  soit parallèle au trait vertical du réticule.*

*En "lumière naturelle", la lumière issue de l'illuminateur traverse le polariseur dont le plan de polarisation est symbolisé par le trait vertical du réticule. Examinons donc la figure suivante :*

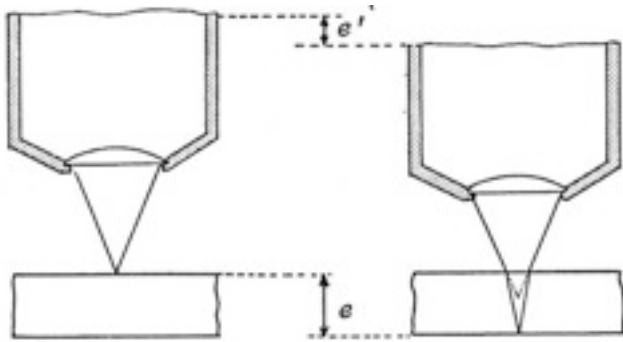


*Sur le premier dessin, les rayons lumineux obéissent donc à l'indice  $n_g$  et il n'y a aucune composante dans le plan défini par  $n_p$ . C'est donc  $n_g$  dont on va estimer l'indice. Pour estimer ensuite  $n_p$ , il suffira de tourner la préparation de 90°.*

*Quelques minéraux montrent un grand indice supérieur à celui du baume, un petit indice inférieur à celui-ci. Cette particularité est facilement décelable avec la frange de Becke.*

## Mesure de l'épaisseur de la coupe mince

Les coupes minces sont confectionnées en essayant de leur donner une épaisseur de 0.03 mm. Cette épaisseur est approximative. Pour pouvoir cal-



culer la valeur de la biréfringence, il faut connaître l'épaisseur de la lame mince avec une plus grande précision. Les microscope sont équipés d'un vis micrométrique qui permet d'apprécier les déplacements en hauteur de 0.001 mm.

Au moyen du plus fort grossissement disponible, on règle soigneusement la mise au point sur la surface inférieure de la préparation, puis sur la surface supérieure. Ces surfaces sont souvent marquées par des poussières qui s'y sont déposées lors de la confection de la coupe mince. On règle donc successivement la mise au point sur les poussières inférieures puis sur les poussières supérieures. La différence de hauteur mesurée à l'aide de notre molette micrométrique nous indique l'épaisseur apparente  $e'$  de notre préparation. L'épaisseur réelle est :

La différence de hauteur mesurée à l'aide de notre molette micrométrique nous indique l'épaisseur apparente  $e'$  de notre préparation. L'épaisseur réelle est :

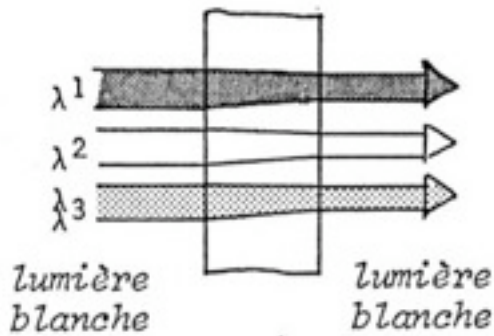
$$e = e' \times n$$

où  $e$  = épaisseur vraie,  $e'$  = épaisseur apparente,  $n$  = indice moyen du minéral

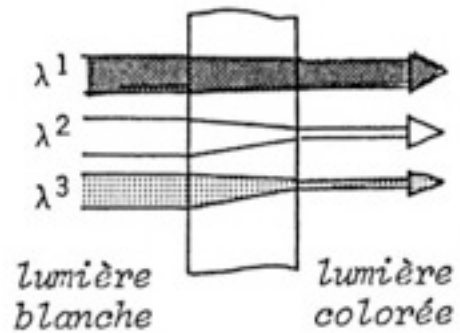
## Couleur et pléochroïsme

La plupart des minéraux sont transparents en coupe mince. Lorsqu'une lumière **polychromatique** (lumière blanche) traverse une lame transparente, elle est plus ou moins absorbée selon que la substance est plus ou moins transparente. Si l'absorption est sensiblement la même pour toutes les longueurs d'onde, la lumière transmise conserve son caractère de "lumière blanche" et le minéral paraît incolore. Si, au contraire, certaines radiations sont plus fortement absorbées que d'autres, ces dernières prédomineront dans le spectre de la lumière transmise et le minéral paraîtra coloré.

L'absorption croît avec l'épaisseur de la préparation. Ainsi, un minéral qui semble faiblement coloré en lame mince, présentera une coloration beaucoup plus vive sous une forte épaisseur.



Absorption égale des radiations de toutes les longueurs d'onde.



Absorption différente des radiation suivant leur longueur d'onde.

Le schéma ci-dessus montre le cheminement de la lumière blanche (symbolisée par les trois radiations  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  et  $\lambda_3$ ) à travers une lame transparente. Elles sont légèrement absorbées par la lame, mais dans des proportions semblables. A la sortie, on retrouve une lumière blanche un peu moins intense. Dans la deuxième partie du dessin, les radiations sont absorbées différemment. Les ondes  $\lambda_2$  et  $\lambda_3$  sont fortement absorbées tandis que la radiation  $\lambda_1$  ne l'est pratiquement pas. A la sortie, la lame est colorée dans une dominante de la couleur correspondant à  $\lambda_1$ .

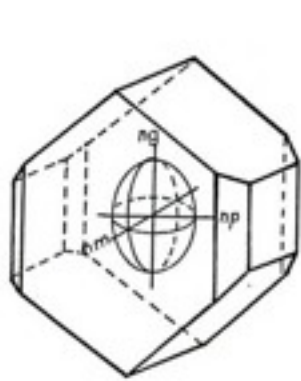
Les minéraux colorés sont souvent **pléochroïques**, ce qui signifie que leur coloration varie suivant l'orientation de la lame. Cette variation de couleur correspond à une variation différentielle de l'absorption suivant l'orientation du minéral.

On décrit le pléochroïsme d'un minéral en indiquant sa couleur lorsque la lumière blanche traverse successivement les principaux plans de l'ellipsoïde.

On oriente la section parallèle de manière à définir les couleurs de  $n_g$  et  $n_p$ . Puis on cherche la couleur de  $n_m$ , sur une section perpendiculaire à une des bissectrices ( $s_{ng}$  ou  $s_{np}$ ) ou bien encore sur la section perpendiculaire à un axe optique.

Les minéraux uniaxes ne présentent que deux couleurs de pléochroïsme, l'une selon  $n_g$ , l'autre selon  $n_p$ . Quant à la section perpendiculaire à l'axe optique, elle présente la couleur de  $n_p$  pour les uniaxes positifs et  $n_g$  pour les uniaxes négatifs et  $n_m$  pour les biaxes.

Appréciation du pléochroïsme



Pléochroïsme :

ng : 

np : 

nm : 

