

Méridoux Marion

MESURES DES IR

OBJECTIF ET INTRODUCTION

Ce projet a pour but d'observer le comportement de certains minéraux au réfractomètre. En effet, on peut observer chez nombre de matériaux des réactions qui leur sont propres, et peuvent ainsi aider à l'identification. A noter par exemple, le nombre de limites d'ombre, si elles sont fixes ou variables, si elles se rencontrent et de quelle façon au cours d'une rotation complète de la pierre. A partir de ces mesures d'indices de réfraction, des graphiques illustrant leur comportement seront construits afin de le visualiser aisément.

L'autre objectif de ce projet est de discuter du comportement de ces indices de réfraction sur un même échantillon mais différentes facettes de cet échantillon, si possible en l'orientant par rapport à l'axe cristallographique principal c . Pour ce faire, nous avons utilisé des cristaux bruts avec certaines faces polies : bruts afin de les orienter plus facilement, et polis afin d'en mesurer les indices de réfraction.

Nous nous sommes intéressés à des matériaux anisotropes, et plus précisément des matériaux biaxes, pourquoi ?

Les matériaux anisotropes sont biréfringents, ils ont la propriété de polariser la lumière en deux composantes : la double réfraction. Cependant, il existe certaines directions bien particulières dans lesquelles ces matériaux peuvent être isotropes optiquement, les directions des axes optiques.

Matériaux uniaxes

En ayant étudié la gemmologie en cours de diplôme, on connaît bien le comportement des pierres uniaxes face au réfractomètre. Les pierres uniaxes, comme leur nom l'indique possèdent un axe optique qui est parallèle à l'axe cristallographique de référence c ; ce qui signifie qu'elles ont un comportement isotrope dans cette direction. Enfin, elles possèdent deux directions de vibrations

principales, donc deux rayons : ordinaire constant et extraordinaire variant jusqu'à obtenir une double réfraction maximale. Dans cette position, on obtient la biréfringence maximale, et selon le comportement de chaque rayon le signe optique de la pierre peut être déduit : si la limite d'ombre d'indice le plus élevé bouge il est positif, si c'est le plus bas il est négatif.

Au cours de la rotation de la pierre sur la table du réfractomètre, lorsqu'elle se trouve parallèle à l'axe cristallographique principal (que nous appellerons c) on observe les deux limites d'ombres, l'une est fixe, l'autre varie et vient toucher la première. Lorsque la pierre est perpendiculaire à c , on observe deux limites fixes qui ne se rencontrent pas, dans cette position particulière on peut calculer la biréfringence mais pas déterminer le signe optique. Enfin lorsque la pierre est oblique par rapport à c , on observe deux limites, une fixe et une variable mais elles ne se rencontrent pas.

Matériaux biaxes

Les pierres biaxes possèdent deux axes optiques qui ne sont généralement pas parallèles aux axes cristallographiques de référence, ainsi que trois directions de vibration principales. Alpha représente l'indice le plus bas, gamma le plus haut et beta est une limite intermédiaire rencontrée à la fois par alpha et par gamma. On obtient la biréfringence par la différence entre alpha et gamma. Le signe optique est obtenue en observant le comportement de beta, s'il est plus proche de gamma il est négatif, s'il est plus près d'alpha il est positif. Or on ne peut pas toujours déterminer beta et donc le signe optique.

On sait que dans les matériaux du système cristallin orthorhombiques, les trois principales directions de vibration sont parallèles aux trois axes cristallographiques de référence. Mais les autres matériaux ont un comportement plus complexe et mal connu.

C'est afin d'étudier cela que nous avons choisi des matériaux biaxes, et plus précisément deux matériaux du système cristallin orthorhombique et un monoclinique : la Iolite, la Topaze et l'Epidote.

Voici les données couramment mentionnées dans la bibliographie actuelle concernant ces trois minéraux :

La Iolite a un indice de réfraction $n_r = 1.540-1.560$, une biréfringence $Bir = 0.008$ à 0.012 et de signe optique négatif B^- .

La topaze a un indice de réfraction $n_r = 1.610-1.640$, une biréfringence $Bir = 0.008$ à 0.010 et de signe optique positif B^+ .

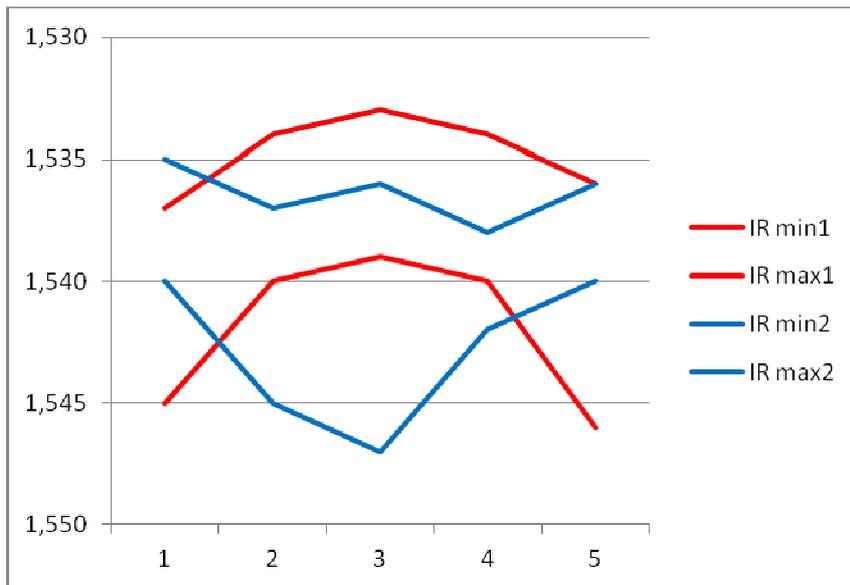
L'épidote a un indice de réfraction d'environ $n_r = 1.730-1.770$, une biréfringence d'environ $Bir = 0.030-0.040$ et de signe optique négatif B-.

MESURES ET RESULTATS

IOLITE

Nous avons travaillé sur un cube à faces polies de iolite, dans les tableaux ci-dessous les faces opposées figurent ensemble car elles se trouvent dans la même direction.

	Facette 1		Facette 2	
Mesures	IR min1	IR max1	IR min2	IR max2
1	1,537	1,545	1,535	1,540
2	1,534	1,540	1,537	1,545
3	1,533	1,539	1,536	1,547
4	1,534	1,540	1,538	1,542
5	1,536	1,546	1,536	1,540
	IR = 1,533-1,546		IR = 1,535-1,547	
	Bir = 0,013		Bir = 0,012	

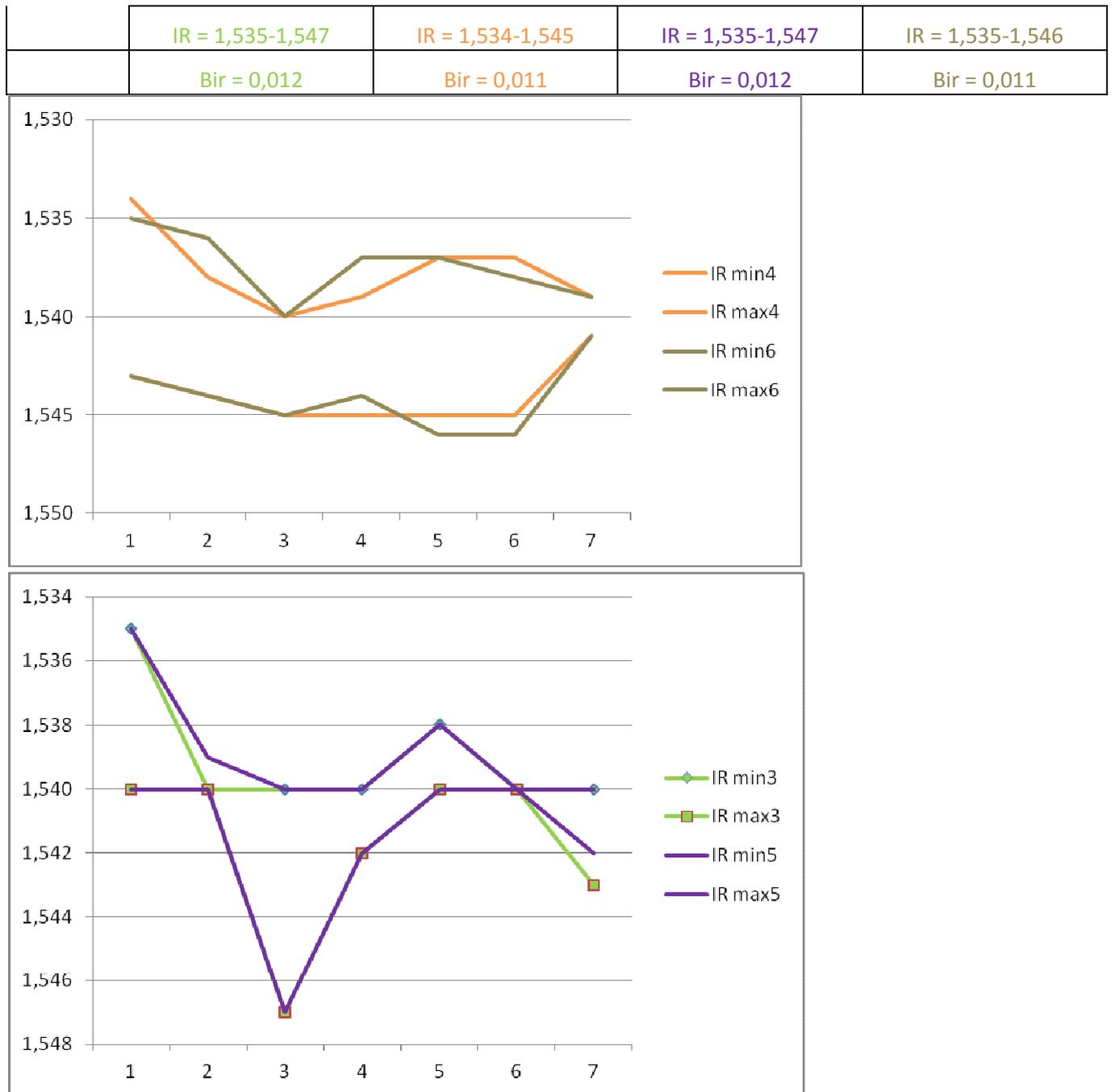


Voici les résultats pour les deux premières facettes du cube de iolite, le tableau ci-dessus montre les différents IR mesurés en tournant la pierre, les IR minimums et maximums retenus, ainsi que la biréfringence.

On constate ici que les IR obtenus sont plutôt inférieurs à ceux attendus, et les Bir sont légèrement supérieures. Quant aux courbes d'évolution d'IR, elles ne permettent pas de déterminer le signe optique, et on constate que l'on obtient deux modèles opposés. Le premier couple de courbes en rouge suit une évolution décroissante puis croissante, inversement pour les deux autres.

Regardons les autres résultats.

	Facette 3		Facette 4		Facette 5		Facette 6	
Mesures	IR min3	IR max3	IR min4	IR max4	IR min5	IR max5	IR min6	IR max6
1	1,535	1,540	1,534	1,543	1,535	1,540	1,535	1,543
2	1,540	1,540	1,538	1,544	1,539	1,540	1,536	1,544
3	1,540	1,547	1,540	1,545	1,540	1,547	1,540	1,545
4	1,540	1,542	1,539	1,545	1,540	1,542	1,537	1,544
5	1,538	1,540	1,537	1,545	1,538	1,540	1,537	1,546
6	1,540	1,540	1,537	1,545	1,540	1,540	1,538	1,546
7	1,540	1,543	1,539	1,541	1,540	1,542	1,539	1,541
	$\alpha=1,535$ $\gamma=1,547$ $\beta=1,540$ (+)		$\alpha=1,534$ $\gamma=1,545$ $\beta=1,5405$ (-)		$\alpha=1,535$ $\gamma=1,547$ $\beta=1,540$ (+)		$\alpha=1,535$ $\gamma=1,546$ $\beta=1,5405$ (-)	



Pour ces quatre autres facettes, on voit de suite que les courbes minimum et maximum de chaque couple se suivent et respectent la même évolution.

Dans le tableau on peut voir une ligne supplémentaire où figurent un alpha, gamma mesurés et un beta obtenu par extrapolation car les courbes ne se coupent pas réellement. A côté du beta figure entre parenthèses le signe optique sensé être obtenu en tenant compte de cette donnée supposée.

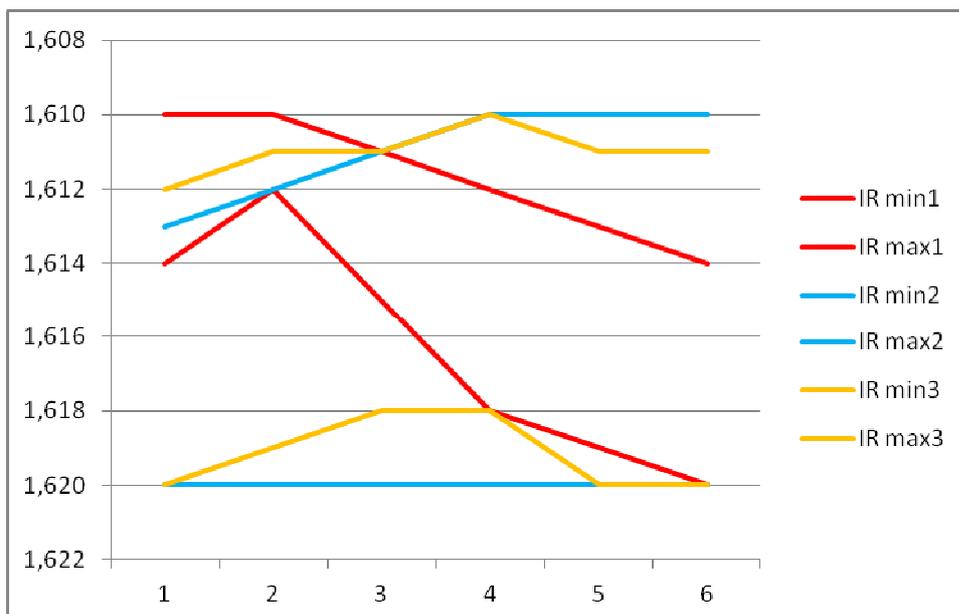
Dans ces quatre facettes, on voit que le signe optique positif (+) n'est obtenu que dans deux des quatre cas. Notons que les mesures présentées ici n'ont fait l'objet

d'aucune modification ou traitement. Tenant compte des incertitudes, dont nous discuterons plus tard, et de la précision obtenue : les alphas sont sensiblement les mêmes à 0.001 près, les gammas à 0.002 près et les Bir à 0.001 près. Les courbes ont bien toutes la même allure deux à deux.

TOPAZE

Nous avons travaillé avec deux cristaux de topaze bruts comportant chacun des faces polies. Ainsi, les cristaux et donc les faces ont pu être orientés par rapport à c , et les IR mesurés dans ces différentes orientations.

Premier cristal de Topaze brute orientée par rapport à c						
	Facette n°1 parallèle c		Facette n°2 perpendiculaire à c		Facette n°3 oblique par rapport à c	
Mesures	IR min1	IR max1	IR min2	IR max2	IR min3	IR max3
1	1,610	1,614	1,613	1,620	1,612	1,620
2	1,610	1,612	1,612	1,620	1,611	1,619
3	1,611	1,615	1,611	1,620	1,611	1,618
4	1,612	1,618	1,610	1,620	1,610	1,618
5	1,613	1,619	1,610	1,620	1,611	1,620
6	1,614	1,620	1,610	1,620	1,611	1,620
	$\alpha=1,610$ $\gamma=1,620$ $\beta=1,612$					
	IR = 1,610-1,620		IR = 1,610-1,620		IR = 1,610-1,620	
	Bir = 0,010 +		Bir = 0,010		Bir = 0,010	

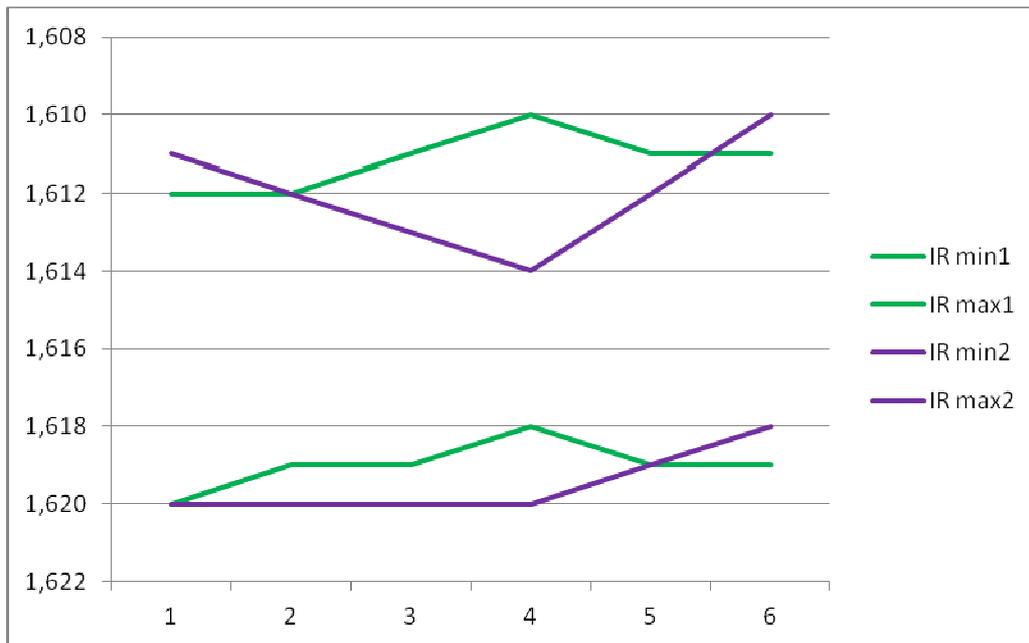


Sur cet échantillon on observe toujours la même conclusion $IR = 1.610-1.620$ et $Bir=0.010$. Pour les facettes n°2 et 3, la détermination d'un beta n'est pas possible, par contre on voit bien dans le cas n°1 dans la position parallèle à c les deux courbes partagent une valeur commune $beta=1.612$ permettant de déterminer un signe optique positif.

Notons pour le cas n°2 perpendiculaire à c, la tendance est à une courbe fixe et une autre légèrement variable, rappelant le cas des uniaxes à 90° par rapport à c avec deux limites d'ombre constantes.

Pour le cas oblique par rapport à c, nous voyons deux limites variables qui ne se rencontrent pas et ne permettent donc pas de déterminer un signe optique.

Second cristal de Topaze brute orientée par rapport à c				
	Facette n°1 oblique par rapport à c		Facette n°2 oblique par rapport à c	
Mesures	IR min1	IR max1	IR min2	IR max2
1	1,612	1,620	1,611	1,620
2	1,612	1,619	1,612	1,620
3	1,611	1,619	1,613	1,620
4	1,610	1,618	1,614	1,620
5	1,611	1,619	1,612	1,619
6	1,611	1,619	1,610	1,618
	IR = 1,610-1,620		IR = 1,610-1,620	
	Bir = 0,010		Bir = 0,010	



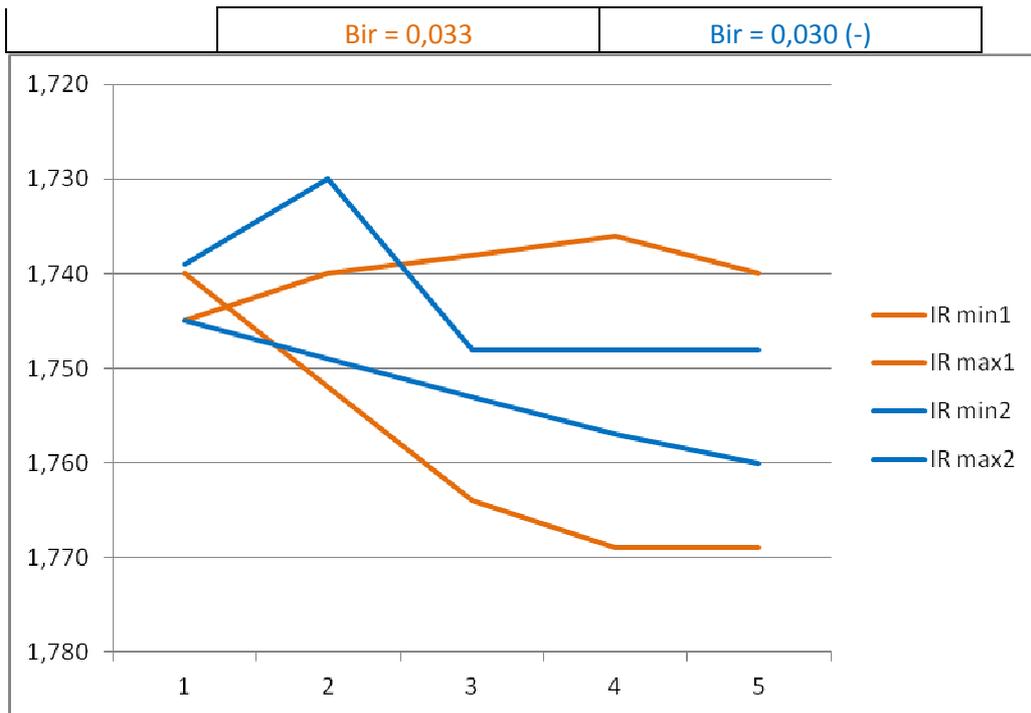
Ici deux faces obliques par rapport à c, les courbes varient dans les valeurs mais ont une tendance opposée : les IR de la face n°1 ont tendance à décroître puis revenir vers des valeurs plus élevées, inversement pour la face n°2.

Dans ces deux cas, comme la face n°3 oblique par rapport à c précédente, on ne peut pas déterminer de signe optique. Enfin, notons les résultats de cet autre cristal comme le précédent on obtient $IR=1.610-1.620$ et $Bir=0.010$.

EPIDOTE

Nous avons travaillé avec deux cristaux d'épidote bruts comportant chacun des faces polies.

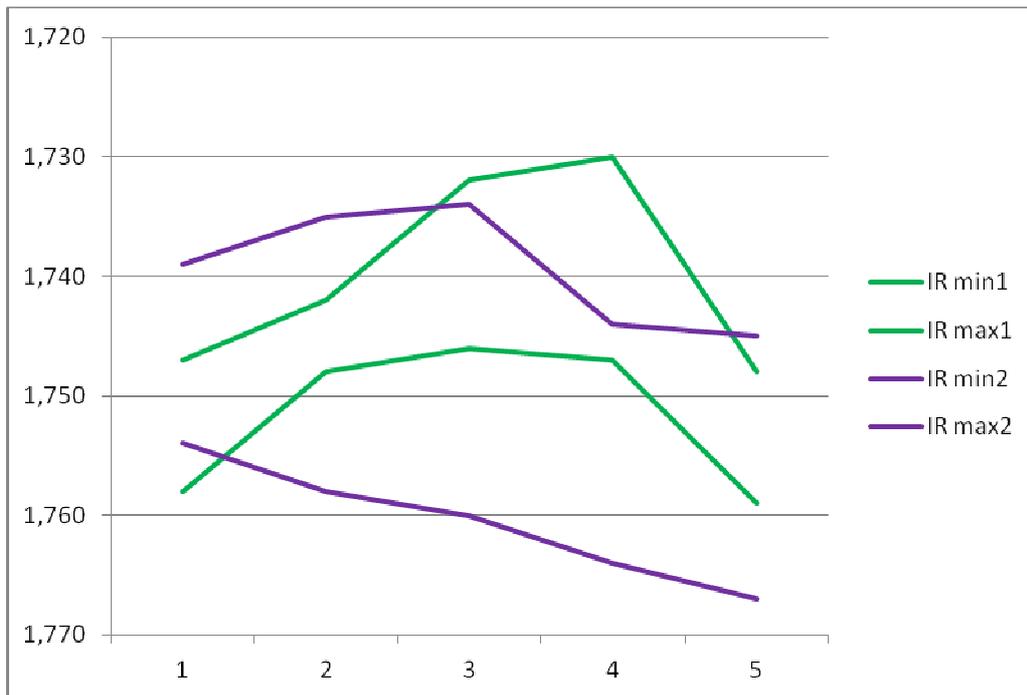
Premier cristal d'Epidote brut orienté par rapport à c				
	Facette n°1 parallèle à c		Facette n°2 perpendiculaire à c	
Mesures	IR min1	IR max1	IR min2	IR max2
1	1,745	1,740	1,739	1,745
2	1,740	1,752	1,730	1,749
3	1,738	1,764	1,748	1,753
4	1,736	1,769	1,748	1,757
5	1,740	1,769	1,748	1,760
			1,745 < β < 1,748	
	IR = 1,736-1,769		IR = 1,730-1,760	



On peut constater un écart assez important entre ces deux faces, sur la face parallèle à c on obtient IR=1.736-1.769 et Bir=0.033, et sur la face perpendiculaire à c IR=1.730-1.760 et Bir=0.030. Les courbes illustrant le comportement de la face n°1 montrent un $\beta \sim 1.744$ qui induirait un signe optique positif. Or pour la face n°2 on peut considérer un β compris entre 1.745 et 1.748 ce qui tend vers un signe optique négatif.

Observons le second cristal.

Second cristal d'Epидote brut orienté par rapport à c				
	Facette n°1 perpendiculaire à c		Facette n°2 parallèle à c	
Mesures	IR min1	IR max1	IR min2	IR max2
1	1,747	1,758	1,739	1,754
2	1,742	1,748	1,735	1,758
3	1,732	1,746	1,734	1,760
4	1,730	1,747	1,744	1,764
5	1,748	1,759	1,745	1,767
	$1,746 < \beta < 1,748$			
	IR = 1,730-1,759		IR = 1,734-1,767	
	Bir = 0,029 (-)		Bir = 0,033	



Ici aussi les résultats obtenus entre les deux faces diffèrent : sur la face n°1 on obtient $IR=1.730-1.759$ et $Bir=0.029$ et sur la face n°2 $IR=1.734-1.767$ et $Bir=0.033$.

La face perpendiculaire à c permet d'estimer un β d'environ $1.746-1.748$, et donc d'obtenir le signe optique négatif attendu. On ne peut déterminer de signe optique grâce à la face n°2.

Ces résultats coïncident bien avec les précédents obtenus sur un autre cristal, les faces perpendiculaires à c ont montré des résultats d'IR et de Bir sensiblement identiques à 0.001 près, et nous ont permis d'obtenir le signe optique attendu. Les faces parallèles à c nous ont montré des résultats d'IR et de Bir un peu plus élevés qu'avec les autres, et ne nous ont pas permis de conclure quant au signe optique.

DISCUSSION ET CRITIQUE

On a retenu avec l'exemple de la iolite que pour les faces opposées, et donc situées dans la même direction, les courbes de tendance d'IR suivent évolution similaire. Outre les incertitudes et imprécisions liées à des multiples facteurs, les résultats d'IR et de Bir sont sensiblement les mêmes d'une face à l'autre.

Nous avons pu constater que la tendance des courbes, en position oblique par rapport à c , tend vers deux limites d'ombre variables qui ne se rencontrent pas.

Dans l'exemple de l'épidote, on constate que l'on a obtenu dans les deux cas une biréfringence maximale avec la face parallèle à c et une moindre perpendiculaire ; ceci illustrerai la double réfraction maximale obtenue normalement dans une des directions de vibration (au nombre de 3 pour les matériaux biaxes). A supposer qu'une de ces directions est parallèle à l'axe cristallographique de référence.

Nous avons noté ceci concernant l'épidote, monoclinique donc méconnu quand à son comportement direction de vibration/axes cristallographiques.

Or concernant la topaze et la iolite, orthorhombiques, on sait que les directions de vibration sont parallèles aux axes cristallographiques de référence ; on aurait donc attendu des résultats illustrant cela, avec une biréfringence maximale dans les directions parallèles à c .

Cette série de mesures est discutable, du fait des diverses incertitudes : nous pouvons mettre en cause la précision de lecture des limites d'ombre, la qualité du poli des différentes faces, le réfractomètre lui-même etc... Considérant une incertitude à 0.001 près pour chaque résultat, nous pourrions les juger acceptables.

Le réfractomètre reste un instrument de confiance et indispensable dans l'identification, nous avons pu constater sa cohérence dans tous les cas de figure ; attention à l'interprétation des résultats concernant les signes optiques, et il reste peu sûr si l'on souhaite confirmer une éventuelle orientation d'un cristal.