

# PSEUDO-SPECTRES CANNELÉS

PAR

B. VANBRUGGHE, R. JACQUIER, G. TURPIN et R. REISS

(Laboratoire de Physique)

## RÉSUMÉ

Les spectres d'absorption obtenus en lumière polarisée avec certains quartz faiblement teintés présentent un phénomène d'apparence identique aux spectres cannelés que l'on obtient avec une substance optiquement active placée entre deux polariseurs. Chacun des cristaux étudiés se comporte comme un polariseur partiel à direction variable selon qu'il est éclairé en lumière monochromatique, polychromatique, polarisée ou naturelle. Le phénomène est vraisemblablement dû à la diffusion de la lumière par les impuretés des cristaux.

## ABSTRACT

Weakly contrasted canneled spectra have been obtained with only one polariser when the absorption of some natural coloured quartz crystals was measured in polarised light. The quartz crystal acts as a second partial polariser of variable direction, not depending of the crystallographical axes but of the conditions of experience. The effect is probably to be attributed to diffusion processes, caused by impurities.

## INTRODUCTION

Dans une publication antérieure (1) nous avons signalé que les spectres d'absorption en lumière polarisée d'un cristal naturel de quartz teinté, décoloré par chauffage, puis irradié aux rayons X, présentaient des cannelures curieuses. L'étude de ce phénomène, également obtenu depuis dans le cas de cristaux naturels n'ayant subi aucun traitement thermique, fait l'objet de la présente note.

Les échantillons de quartz « améthyste », de teinte violette très pâle, qui ont été utilisés, provenaient d'une géode de la région de Soanierana-Ivongo au nord de Tamatave. Ils ont été taillés dans un même cristal dextrogyre ne présentant ni mâcle optique, ni mâcle électrique. L'analyse des impuretés par spectrographie d'émission a permis de déceler la présence des éléments suivants : Cr, Mn, Ni, Ge, Pb, Fe, Mg, Al et des traces de Cu, Na, Ca. L'étude aux rayons X a montré qu'il s'agissait bien de quartz- $\alpha$ .

Les mesures de densité optique ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre ZEISS à monochromateur double, équipé d'un polariseur Glan-Thompson pour les mesures en lumière polarisée.

Les échantillons ont été taillés perpendiculairement à l'axe optique en cubes ou en lames à faces parallèles de diverses épaisseurs. L'étude de l'absorption en lumière incidente parallèle à un axe électrique ou à un axe mécanique du cristal a permis de retrouver les bandes d'absorption ainsi que le pléochroïsme qui caractérisent les améthystes (2). C'est en éclairant les cristaux selon l'axe optique du quartz que les résultats qui suivent ont été obtenus.

La figure 1 représente le spectre d'absorption selon l'axe optique d'un cube de 8,41 mm d'épaisseur, en lumière naturelle (courbe N en trait plein), en lumière polarisée parallèlement à la fente éclairante (courbe supérieure) et perpendiculairement à la fente (courbe inférieure). Nous conviendrons de repérer la direction du vecteur électrique de la lumière par rapport à la direction de la fente du monochromateur par un angle  $\alpha$ , compté positivement dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur placé derrière le cristal et regardant la fente lumineuse à travers l'échantillon. La courbe obtenue en lumière naturelle présente une allure générale analogue à un spectre de quartz faiblement enfumé avec superposition de bandes propres aux améthystes vers 5 470 et 3 500 Å. L'analyse des impuretés par spectrographie d'émission ayant montré la présence de fer et d'aluminium, cela confirme le classement de l'échantillon dans la catégorie des améthystes enfumées.

La courbe en lumière polarisée  $\alpha = 0$  présente une succession de onze pics d'absorption (4925, 3891, 3335 etc...). Ces pics correspondent à des minimums d'absorption en lumière polarisée  $\alpha = 90^\circ$ . Le nombre et la longueur d'onde des pics dépendent de l'épaisseur du cristal. Ainsi nous avons obtenu douze pics dans les mêmes conditions et dans le même domaine spectral avec un échantillon de 8,87 mm d'épaisseur (fig. 2), sept pics avec un échantillon de 6,23 mm et deux larges cannelures seulement dans le cas d'une lame mince de 1,78 mm (fig. 3).

La variation des cannelures en fonction de l'angle  $\alpha$  a été étudiée dans l'ultra-violet et est représentée figure 4. Nous avons obtenu un déplacement continu des cannelures vers les grandes longueurs d'onde, c'est-à-dire dans le même sens que

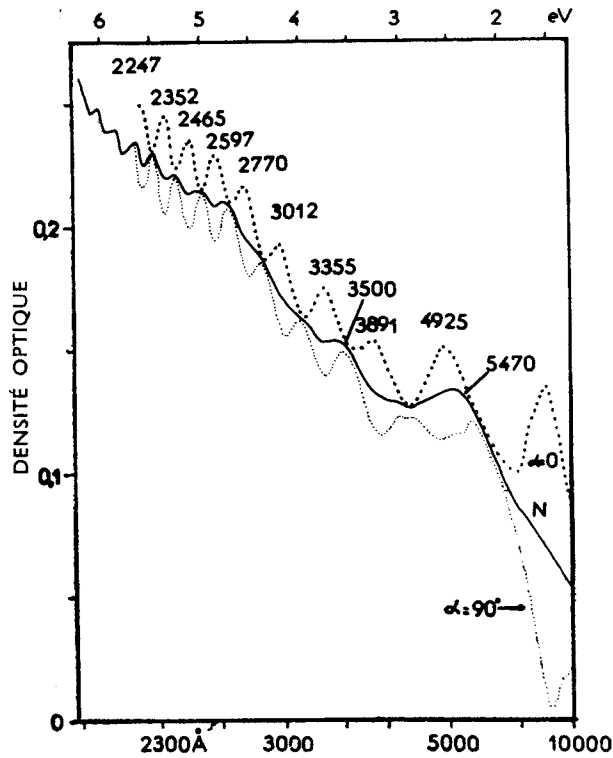


FIGURE 1

Spectres d'absorption d'un quartz «améthyste» taillé perpendiculairement à l'axe optique, de 8,41 mm d'épaisseur.

N : En lumière naturelle monochromatique.

$\alpha = 0$  : en lumière monochromatique polarisée parallèlement à la fente lumineuse.

$\alpha = 90^\circ$  : en lumière monochromatique polarisée perpendiculairement à la fente lumineuse.

celui que l'on observe pour le spectre cannelé d'un quartz dextrogyre placé entre deux polariseurs.

Les résultats précédents nous ont conduit à admettre que le cristal de quartz teinté jouait lui-même le rôle d'un second polariseur partiel. Le pouvoir rotatoire de nos échantillons a été mesuré, nous avons trouvé les mêmes valeurs que celles admises pour le quartz pur aux erreurs expérimentales près. Les pics de la courbe  $\alpha = 0$  de la figure 1 correspondent aux radiations qui dans le quartz pur auraient tourné de  $(2K + 1) \frac{\pi}{2}$  par suite du pouvoir rotatoire. Ces pics étant des maximums d'absorption, le cristal naturel éclairé en lumière monochromatique polarisée joue donc le rôle d'un second polariseur de direction  $\alpha = 0$ , c'est-à-dire parallèle à la fente lumineuse.

Devant ces résultats inattendus, nous avons procédé à un certain nombre de vérifications. Le polariseur a été remplacé par une feuille de polaroïde et les mêmes courbes ont été obtenues dans le domaine spectral commun. Le phénomène n'est pas modifié après noircissement à la suite des faces latérales de

l'échantillon. Aucune modification n'a été observée lorsque l'on fait subir au cristal une rotation d'angle quelconque autour de son axe optique : l'effet n'est donc pas lié à l'un des axes électriques ou mécaniques du quartz. Enfin, pour mettre hors de cause l'ensemble monochromateur-récepteur, l'expérience a été refaite à l'aide d'un spectrographe, l'échantillon étant cette fois éclairé en lumière polychromatique polarisée. Un système de cannelures présentant un bon contraste a été obtenu sur la plaque photographique. Toutefois l'étude du noircissement de la plaque a montré que des minimums d'absorption correspondaient aux maximums d'absorption obtenus dans le cas de la mesure au spectrophotomètre et réciproquement.

Ce nouveau résultat inattendu nous a conduit à reprendre les mesures au spectrophotomètre, mais en plaçant cette fois l'échantillon entre la source de lumière et le monochromateur de façon que le cristal soit éclairé en lumière polychromatique polarisée comme dans le cas du montage spectrographique. La figure 5 montre les spectres obtenus : la courbe  $\alpha = 0$  (polariseur orienté parallèlement aux fentes) est maintenant la courbe inférieure, ce qui confirme le résultat obtenu sur la plaque photographique. Les cannelures sont beaucoup plus contrastées que lorsque le cristal est éclairé en lumière monochromatique, leur amplitude est de l'ordre de grandeur de l'absorption du cristal en lumière naturelle. Une rotation de l'échantillon

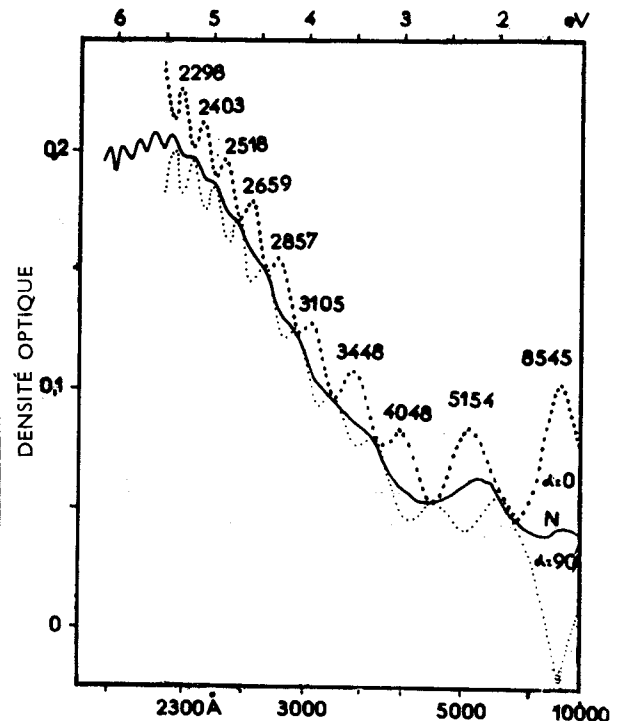


FIGURE 2

Spectres d'absorption d'une améthyste taillée perpendiculairement à l'axe optique, de 8,87 mm d'épaisseur (mêmes notations que pour la Fig. 1).

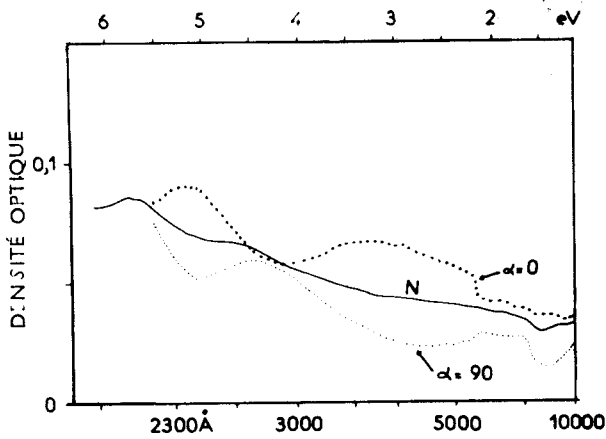


FIGURE 3

Spectres d'absorption d'une améthyste de 1,78 mm d'épaisseur, taillée perpendiculairement à l'axe optique (mêmes notations que pour la Fig. 1).

autour de son axe optique n'a dans ce cas non plus aucun effet sur les cannelures. On passe d'une façon continue de la courbe  $\alpha = 0$  à la courbe  $\alpha = 90^\circ$  lorsque l'on fait varier l'azimut du polariseur, comme le montre la figure 6. Le cristal étudié agit donc comme un polariseur partiel de direction  $\alpha = 90^\circ$ , c'est-à-dire perpendiculaire à la fente lumineuse, lorsqu'il est éclairé en lumière polychromatique polarisée.

Ces observations nous ont conduit à étudier l'action du cristal sur la lumière naturelle elle-même, en analysant la lumière transmise par l'échantillon à l'aide d'un polariseur placé derrière le cristal, c'est-à-dire entre celui-ci et le récepteur. Les spectres obtenus lorsque le quartz teinté est éclairé en lumière monochromatique sont identiques à ceux représentés figure 5. Si l'on place le cristal entre la source et le monochromateur, les spectres obtenus avec un analyseur placé derrière le cristal sont analogues à ceux de la figure 1.

D'autres expériences ont montré que l'amplitude des cannelures était fonction croissante de la densité d'énergie lumineuse à laquelle était soumise le cristal. Ce comportement était déjà suggéré par la comparaison des amplitudes des cannelures représentées sur les figures 1 et 5.

Il résulte de ces observations que les cristaux étudiés polarisent partiellement la lumière lorsqu'ils sont éclairés selon l'axe optique, et que cet effet est d'autant plus important que les échantillons sont soumis à un flux lumineux plus intense.

La direction de polarisation est perpendiculaire à l'axe optique mais indépendante des autres axes. Elle est parallèle à la direction de la fente source si le cristal est éclairé en lumière monochromatique polarisée, ou en lumière polychromatique naturelle ; elle est perpendiculaire à la direction de la fente source si le cristal est éclairé en lumière monochromatique

naturelle ou en lumière polychromatique polarisée.

Des cannelures analogues ont également été observées dans notre laboratoire, d'une part dans le cas de cristaux de quartz enfumés ou « citrins » mais seulement après décoloration par chauffage, d'autre part dans le cas de quartz enfumés ou améthystes fortement teints, mais seulement après décoloration par chauffage puis irradiation aux rayons X ou aux neutrons.

D'une façon générale, ce phénomène n'a été observé qu'avec des cristaux de quartz faiblement teints donc peu absorbants. Les effets de diffusion peuvent alors perturber l'absorption mesurée de façon non négligeable. On sait (3) que la lumière diffusée par un nuage de particules présente des effets de polarisation qui peuvent dépendre de la direction de la fente éclairante et de l'intensité du flux lumineux incident. C'est pourquoi nous attribuons le phénomène observé à la diffusion de la lumière par les impuretés présentes dans le quartz naturel.

Cette hypothèse paraît d'autant plus vraisemblable que dans certains cas, nous avons obtenu des valeurs très légèrement négatives pour la densité optique

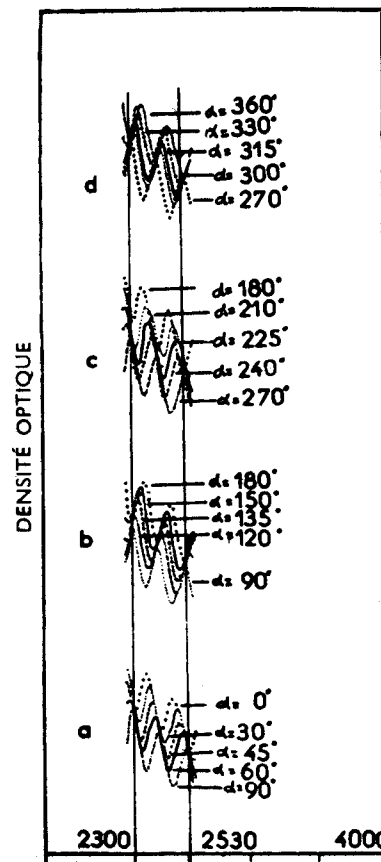
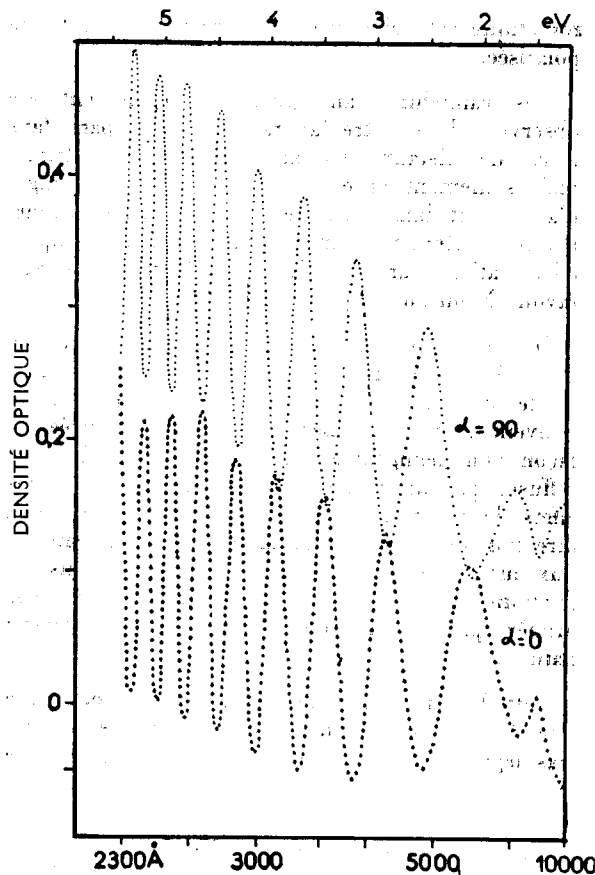


FIGURE 4

Variation des cannelures de la Fig. 1 en fonction de l'azimut du polariseur.



Cannelures obtenues en analysant la lumière transmise par le quartz éclairé en lumière naturelle monochromatique.

$\alpha = 0$  : azimut de l'analyseur parallèle à la fente.

$\alpha = 90^\circ$  : azimut de l'analyseur perpendiculaire à la fente.

Le même système de cannelures est obtenu lorsque le cristal est éclairé en lumière polarisée polychromatique.

(fig. 2, 5 et 6), ce qui montre que la diffusion perturbe de façon très importante la mesure de l'absorption.

Cette étude montre la nécessité d'une grande prudence lorsque l'on effectue des mesures optiques à l'aide d'un montage comprenant des prismes, cuves ou fenêtres en quartz cristallin. Le quartz incolore du commerce provient souvent de cristaux naturels décolorés par chauffage. Un prisme ou une lame prélevée sur un tel cristal peut avoir une action de polarisation partielle sur la lumière. L'effet peut devenir important même pour l'interprétation d'un spectre d'absorption en lumière naturelle. Les courbes obtenues en lumière naturelle et représentées sur les figures 1 et 2 en sont un exemple : il résulte de façon évidente de notre étude que les fluctuations de l'absorption mesurée en lumière naturelle au-delà de 3000 Å vers les courtes longueurs d'onde ne sont pas des bandes d'absorption. La lumière « naturelle » issue de la fente du monochromateur à prismes de quartz présente en réalité une très faible polarisation partielle de direction perpendiculaire à la fente ; l'action polarisante du cristal

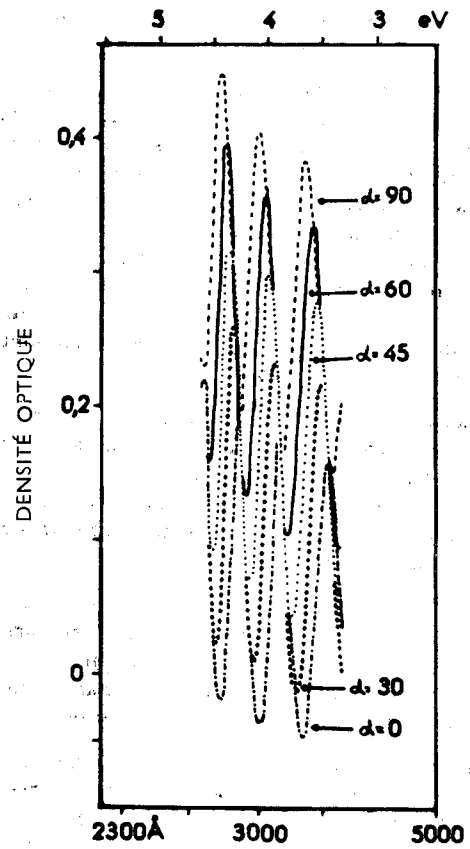
étudié donne alors naissance à ces cannelures de faible amplitude.

Nous avons proposé (4) d'appeler le système de cannelures observé « pseudo-spectre cannelé » puisqu'il s'agit en définitive d'un spectre cannelé faiblement contrasté obtenu avec un seul polariseur.

Manuscrit, reçu le 10 janvier 1969.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) REISS (R.). — *Décoloration d'une améthyste et effet de l'irradiation aux rayons X*, « Ann. Univ. Mad. », sér. sciences, t. 6, pp. 1-13 (1968).
- (2) LIETZ (J.) et MUNCHBERG (W.). — *Über die Färbung des Amethyst*, « N. Jb. Min. », t. 42, n° 2, pp. 25-33 (1957).  
KATS (A.) et STEVELS (J.M.). — *The effect of U.V. and X-Ray radiation on silicate glasses, fused silica and quartz crystals*. « Phil. Res. Rep. », t. 11, pp. 115-156 (1956).
- (3) REISS (R.). — *Spectre d'absorption et pléochroïsme d'une améthyste de Madagascar*, « Comptes Rendus Ac. Sc », t. 254, n° 20, pp. 3514-3516 (1962).  
COHEN (A.J.). — *Color centers in the  $\alpha$  - Quartz called Amethyst*, « Amer. Min. », t. 41, pp. 874-891 (1956).
- (4) WOOD (R.W.). — *Optique Physique*, t. 2, pp. 376-377, (Gauthier-Villars 1914).
- (5) REISS (R.) et VANBRUGGHE (B.). — *Observation d'un effet de polarisation partielle de la lumière par des cristaux de quartz*, « Comptes Rendus Ac. Sc. », t. 267, n° 14, pp. 643-646 (1968).



Variation des cannelures de la Fig. 5 en fonction de l'azimut de l'analyseur.