

2014

DIPLOME D'UNIVERSITE DE GEMMOLOGIE

présenté  
devant l'Université de Nantes  
U.F.R. des Sciences et des Techniques  
par

Chantal VASSEUR

Corindons synthétiques Verneuil entre polariseurs croisés suivant l'axe optique :  
les lignes de Plato

soutenu publiquement le 24 avril 2014  
au Département des Sciences de la Terre et de l'Univers  
devant la commission d'examen composée de:

M.E.FRITSCH	Professeur	Président
M.B.RONDEAU	Maître de Conférences	Vice-Président
M.F.NOTARI	Directeur, GemTechlab-GemLab	Examineur
M.C.EWELS	Chargé de Recherches	Examineur
M.Y.MORIZET	Maître de Conférences	Examineur
M.S.KARAMPELAS	Chercheur, Gübelin Gemlab	Examineur
M.B.LASNIER	Professeur émérite	Invité

1. Remerciements	4
2. Introduction	5
A) Généralités	6
B) Cristallographie	7
3. Corindons Synthétiques Verneuil	11
A) Historique	11
B) L'appareil	12
C) Caractéristiques « Verneuil »	14
D) Luminescence	21
4. Matériaux	22
5. Méthode	29
A) Instruments	29
B) Mode opératoire	31
6. Résultats	36
A) Mesures de Gemmologie Classique	36
B) Microscopie Optique	38
C) U.V.	60
D) SPECTRE Infra Rouge	65
I. Tableau récapitulatif - Infra Rouge pour quelques Verneuil	65
II. Verneuil à changement de couleur	66
III. Verneuil incolores	67
IV. Verres de montre et Lentilles	68
V. Verneuil	70
VI. Verneuil jaune	71
7. Discussion	72
I. Analyse des résultats :	72
II. Trouve-t-on toujours un critère de gemmologie classique pour identifier un Verneuil ?	72
III. Certaines couleurs de Verneuil sont-elles plus difficiles à identifier ?	73
IV. Trouve-t-on toujours des LP dans un Verneuil ?	73
V. Les filtres polarisants sont-ils obligatoires ?	73
VI. L'utilisation du liquide d'immersion a-t-elle son importance ?	74
VII. La détection des LP est elle plus aisée en fonction du liquide d'immersion et du matériel utilisé ?	74

VIII. La position des LP :	74
IX. Les LP sont-elles une particularité uniquement du Verneuil ?	74
X. Quel est la nature cristallographique des LP et à quoi sont-elles dues ?	75
XI. Les Joints de grains : que peut-on en dire ?	77
8. Conclusion	80
9. Références Bibliographiques	81
10. Annexe Résultats : Pierre par Pierre	85
11. Gemmes naturelles qui donnent un faux aspect de Lignes de plato	122
12. Remarque annexe : Identification d'un remplissage	126
13. Gemmologie de Laboratoire	129
14. Visite chez DJEVA (Monthey, Suisse)	132



## 1. REMERCIEMENTS

Merci cent mille fois à mon cher professeur et ami Monsieur Roger Dedeayne.

Mes remerciements à Monsieur Vincent Peters, ancien Président de la SBG qui m'a autorisée à utiliser le matériel de l'école, ainsi qu'à Madame Régine de Kerchove, notre nouvelle Présidente, qui a prolongé cette autorisation. Elle a aussi supporté avec tant de patience et d'amitié d'entendre parler de Verneuil.

Mes remerciements également à Madame Katia Djevahirdjian de la Société Djevahirdjian H. SA à Monthey en Suisse pour son accueil chaleureux lors de notre visite et sa transmission de la passion pour l'entreprise familiale.

Mes remerciements à Monsieur R.W.Hughes qui a eu la grande gentillesse de faire parvenir une partie du livre « Ruby and Sapphire » de Monsieur Belyaev.

Mes remerciements à Madame Nathalie Dremeau de la Bibliothèque universitaire de sciences et techniques de l'Université de Nantes, pour son aide dans la recherche bibliographique de Monsieur Sandmeier, du Belyaev qui fut finalement prêté par l'école des Mines de Nancy ainsi que ses recherches dans le Gallica pour Messieurs Frémy et Verneuil.

Mes remerciements à Julie Dupuy (DUG 2012) qui m'a prêté des Verneuil anciens.

Mes remerciements à Monsieur Yvo Quintens, gemmologue passionné et grand ami de Roger Dedeayne, c'est lui qui m'a conseillé quelques sites à consulter afin de mieux comprendre les joints de grains.

Mes remerciements à Monsieur Guy Lalous, gemmologue de l'ACAM- Anvers et grand ami de la SBG qui m'a très gentiment prêté des corindons de Madagascar qui présentent des tensions très comparables aux LP.

Mes remerciements à Madame Slotte, de chez Slotte SA, Optique de précision, qui m'a si gentiment conseillée pour les photos au microscope.

Mes remerciements à Monsieur Philippe Dembour qui a eu la gentillesse de survoler mon texte pour y chasser les plus grosses fautes d'orthographe.

Merci à Christophe Gillet qui m'a aidée à manipuler Excell pour réaliser les spectres IR.

## 2. INTRODUCTION



*Photo 2-1 : corindon Rubis Verneuil maquillé en corindon Rubis naturel brut(Hughes1997)*

Dès ma participation à la SBG (Société Belge de Gemmologie à Bruxelles), tout en suivant le cursus de Gemmologie, j'ai eu l'occasion de participer à différentes bourses de Minéraux. C'est une occasion amusante de rencontrer toutes sortes de pierres montées ou pas. L'école SBG y participe bénévolement dans le cadre d'identifications gratuites et de pédagogie pour tous. Monsieur Roger Dedeys, Directeur de la SBG, nous a tout de suite informés de la possibilité de rencontrer des corindons Verneuil et la manière de les identifier : bulles, lignes courbes et lignes de Plato. J'ai, par après, eu l'occasion de rencontrer d'autres personnes venant d'autres écoles de gemmologie et j'ai alors pris conscience que ce qui est une évidence pour notre école, ne l'est pas partout. D'autre part, nous avons la chance à l'école de gemmologie de Bruxelles d'avoir quelques microscopes horizontaux en immersion qui m'ont permis d'accéder au monde intérieur des pierres. Ce dont je ne me lasse jamais.

La fabrication du corindon « Verneuil » fut la première production de cristaux industriels. Celle-ci étant peu coûteuse et simple, ils furent produits dès 1902 en France et dans d'autres pays : la Suisse (Djévalite) l'Union Soviétique, les Etats Unis (Hoquiam au début mais sans succès puis Linde), mais aussi le Japon, l'Allemagne, la Chine, l'Inde, la Pologne et la Corée du Sud. Les Européens restent les producteurs les plus compétitifs. Le corindon est utilisé dans les montres, roulements et axes, ainsi que dans d'autres instruments de précision. Il sert aussi de finition pour des éléments coupants et de support de fil pour les métiers à tisser, de fenêtres pour les fours à haute température, de verres de montre, les lasers, etc ...Son usage est répandu en médecine car le corindon peut être implanté dans les tissus humains sans créer de réaction de rejet. Un grand nombre d'implants ont été développés pour différents usages en orthopédie, traumatologie, dentisterie, etc...(Dobrovinskaya, 2009) Le saphir incolore était également utilisé en microchirurgie pour les outils de coupe grâce à sa dureté qui en fait un objet très coupant. Et aussi pour faire des bijoux! (Dobrovinskaya, 2009)

Les corindons gemmes Verneuil sont très abondants sur le marché, ce sont souvent de très belles pierres. L'énorme différence de prix avec leurs équivalents naturels est bien évidemment en leur faveur. C'est pourquoi, il est indispensable pour un gemmologue de pouvoir distinguer un corindon Verneuil d'un corindon naturel.

## Corindons

## A) GÉNÉRALITÉS

L'espèce a été décrite par le minéralogiste Woodward en 1752 ; le mot « corindon » vient du nom hindi du minéral, kurund, dérivé du sanskrit kuruvinda, lui-même sans doute dérivé du mot tamoul kuruntam (ou peut-être kuruvindam), signifiant « rubis » (wikipédia)

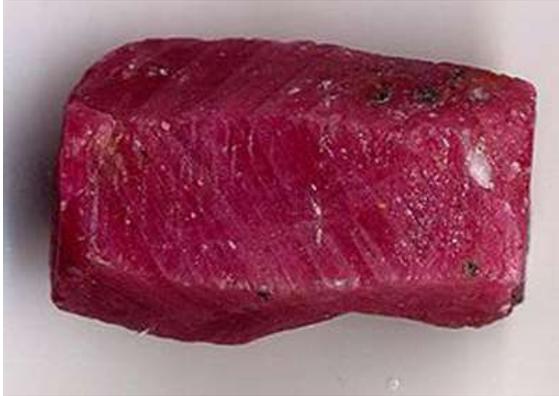


Photo 2-2 corindon rubis



Photo 2-3 : corindons saphir  
(gemmes Olivier Therer, photo Vasseur)

La découverte et l'extraction des premiers saphirs près de Ratnapurna (Sri Lanka) est plusieurs fois millénaire. Pour les Rubis, ce serait au VI<sup>ème</sup> siècle dans la vallée de Mogok (Myanmar) dont parlent les premiers textes. (Hughes 1997)



Photo 2-4 corindons (Hughes 1997)

Chimiquement le corindon est un Oxyde d'Aluminium ( $Al_2O_3$ ). Sa structure a été établie par Bragg et Bragg en 1916. Les ions d'oxygènes forment un assemblage approximativement hexagonal compact dans lequel les deux tiers des sites octaédriques sont occupés par de l'aluminium. Lorsqu'il est chimiquement pur, il est incolore. Mais il peut se présenter sous toutes les teintes : gris, gris bleutés, bleu, rose à rouge sang de pigeon, jaune à or, orange, pourpre à violet, vert ou noir.

L'origine de la couleur du rubis et des saphirs est due à différentes causes. Différents éléments peuvent soit se placer de manière interstitielle soit se substituer à l'aluminium : le chrome, le fer ferreux et le fer ferrique, le titane, le vanadium, etc. Certains de ces éléments seront à l'origine de sauts d'électrons entre niveau énergétiques différents de leur structure électronique, d'autres seront responsables des échanges d'électrons appelé transfert de charge. Ils peuvent également montrer des différences d'intensité de colorations ou des zonations de couleur. (Lebrun, 2002)

Le corindon a un point de fusion à 2030°C lorsqu'il est chimiquement pur. (Belyaev, 1980) Sa densité est comprise entre 3.90 et 4.05.

Les corindons sont optiquement uniaxes négatifs. Il peut arriver que certains cristaux soient anormalement biaxes. La biréfringence tourne autour de -0.008 avec un indice de réfraction qui varie légèrement autour de 1.758 et 1.772 et 1.766 et 1.780. (Lebrun, 2002)

En luminescence, la majorité des rubis montrent une fluorescence rouge, rouge orangé ou orange d'intensité variable lorsqu'ils sont soumis à la lampe UV 366nm (long) ou 254 nm (court). Pour les saphirs, seules certaines pierres d'origine bien précise auront une fluorescence marquée.

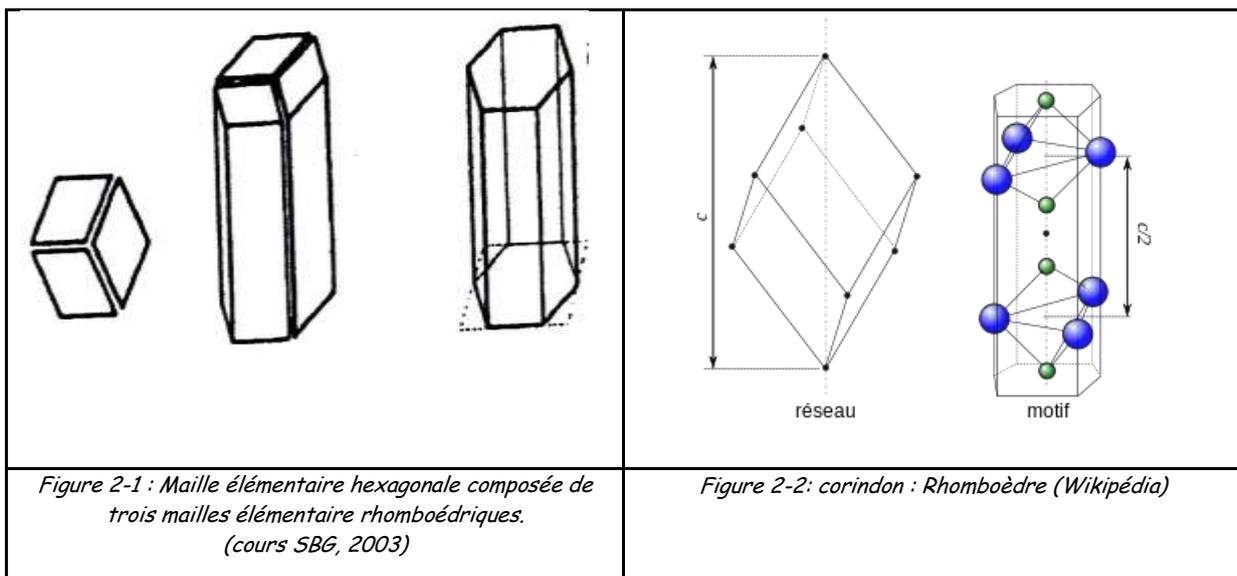
Il existe de nombreuses méthodes de synthèse et de nombreux traitements appliqués aux rubis et saphirs pour en modifier la couleur et la transparence.

## B) CRISTALLOGRAPHIE

La maille élémentaire cristallise suivant le système rhomboédrique (Figure 3-2).  $a=b=c$  et  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$  qui est une subdivision trigonale du système hexagonal.

- Un axe de symétrie d'ordre trois.
- Trois axes de symétrie d'ordre deux
- Quatre plans de symétrie
- Un centre de symétrie.

Trois cellules primitives (figure 2-1 et 2-2) (prisme à base en losange) vont se joindre pour former un prisme hexagonal qui va faire fonction de cellule unitaire. Nous pouvons imaginer un empilement de mailles tridimensionnelles.



**Les macles simples:**

Idéalement un cristal est un solide dans lequel les atomes ou les molécules sont arrangés dans un ordre parfait. Parfois sous certaines conditions (présence d'impuretés ou changement de température trop rapide), il peut se produire une modification de la direction de croissance du cristal, cela provoque les macles. (Figure 2-4).

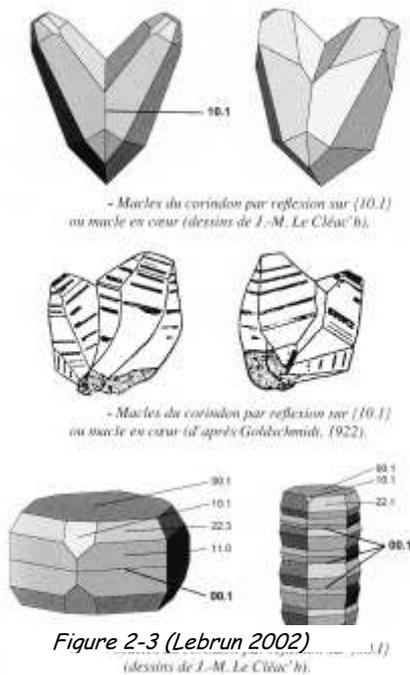


Figure 2-3 (Lebrun 2002)  
(dessins de J.-M. Le Cléac'h).



Photo 2-5 corindon saphir et rubis de Madagascar  
(gemme Therer, photo Vasseur)

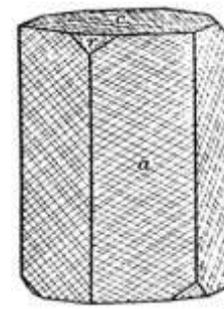


Figure 2-4 macles lamellaires selon le  
rhomboèdre principale  $r$  {10-11}

(Cours SBG 2003)

**Les macles multiples :**

Si la formation de macles se produit selon les deux ou même les trois faces du rhomboèdre, les faces du prisme montreront des stries croisées (Photo 2-2,2-3,2-4) et les faces de la base des stries triangulaires. (Photo 2-5)(Figure 2-3) (Cours SBG, 2003) Les macles polysynthétiques selon le rhomboèdre  $r$  {10.1} sont les plus fréquentes. (Lebrun, 2002). Lorsque les plans de composition sont parallèles, le groupe résultant est appelé polysynthétique. Généralement, la juxtaposition des individus s'effectue un grand nombre de fois. Elles se développent à basse température (Belyaev 1980) et elles pourraient résulter d'un phénomène d'exsolution d'aiguille de boehmite  $\gamma$ -AlO(OH). (Photo 2-6) (Belyaev, 1980)



Photo 2-6 : corindon naturel : Macles polysynthétiques sous microscope en lumière oblique, elles se distinguent clairement les unes des autres. (Gübelin, 1983) et Macles polysynthétiques au microscope en immersion avec polarisateurs croisés. 40x (Gübelin, 1988)

### Les joints de macles :

Les macles sont des défauts dans l'ordre d'empilement des couches. Une macle est une partie d'un grain symétrique du reste du grain par rapport à un plan cristallographique. Le joint de macle sépare deux parties du grain d'orientation symétrique. Au cours de la solidification, l'ordre des plans peut s'inverser : par-dessus une couche A, par exemple, il y aura une couche C au lieu d'une B ce qui produit un défaut d'empilement. L'empilement global des couches devient alors CABCBAC... Le plan A est le plan de maclage et la partie maclée (CBAC) est l'image miroir de la partie non maclée. A étant le miroir. (A.Raskin : <http://umvf.univ-nantes.fr/odontologie/enseignement/chap1...>)

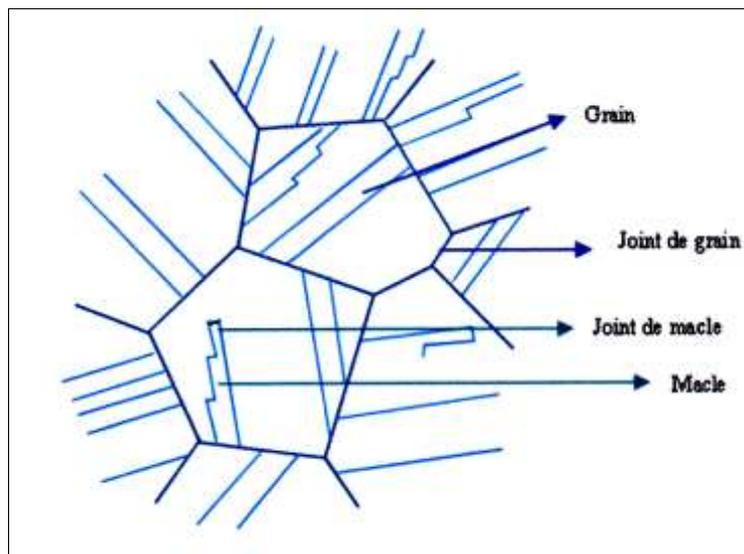


Figure 2-5 Représentation schématique des macles. (A.Raskin)

### Les joints de grains :

-Le joint de grains est la surface qui sépare deux cristaux d'orientations différentes dans un agrégat polycristallin (A.Raskin) (Figure 3-6)

Il existe deux sortes de joints de grains : les LAGBs (low angle grain boundaries) qui possède un angle de désorientation inférieur à  $11^\circ$  et les HAGBs (high angle grain boundaries) dont l'angle est supérieur à  $11^\circ$  (Wikipédia)

Des phénomènes de tensions en grains fins aux couleurs d'interférences ondulantes portant le nom de *Joints de Grain* sont observables au microscope, en immersion, entre polarisateurs croisés et dans la direction perpendiculaire à l'axe optique. Ce sont des glissements de la maille et donc des zones qui ont glissé les unes par rapport aux autres selon un petit angle quelconque. (Cours SBG, 2003)

Les « joints de grains » sont des lignes ondulantes lorsqu'ils sont observés au microscope en immersion entre polarisateurs croisés.

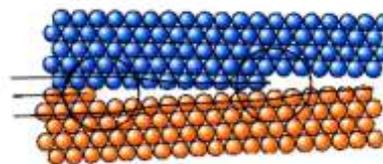
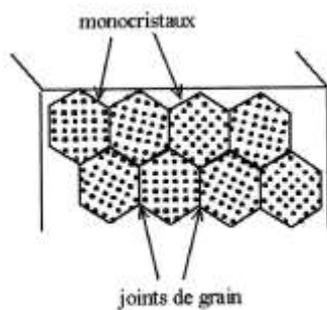


Figure 2-6 : joints de grain  
[http://chimie-psi-jds.net/polycopies/psi\\_2\\_archi.pdf](http://chimie-psi-jds.net/polycopies/psi_2_archi.pdf)--

### Les dislocations :

Il faut aussi tenir compte des dislocations : ce sont des distorsions affectant des zones plus ou moins grandes du réseau.

-des dislocations-coins : correspondent à la présence d'un demi-plan atomique

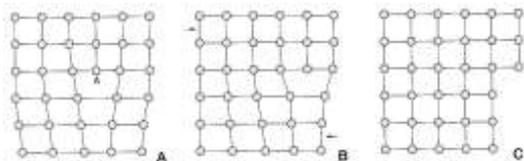


Figure 2-7: Elimination progressive d'une dislocation-coin  
 (Bariand et al, 2005)

-des dislocations -vis

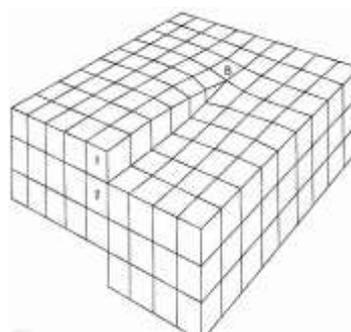


Figure 2-8 Dislocation vis (Bariand et al, 2005)

### 3. CORINDONS SYNTHÉTIQUES VERNEUIL

#### A) HISTORIQUE

C'est **L.J. Gay-Lussac** qui décrit en 1817 l'obtention d'oxyde d'aluminium par chauffage de l'alun d'alumine. A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, la cristallisation de l'alumine est le sujet d'étude de nombreux chercheurs. Le premier qui réussit à faire fondre quelques petits cristaux brillants de corindon en les chauffant avec un chalumeau oxydrique est **M.A. Gaudin** en 1857 et en 1869.

Dès 1877, le professeur **E. Frémy**, aidé de **C. Feil**, son assistant personnel, réalise différentes tentatives avec des fours et des creusets.

A Genève, de 1885 à 1903, différents essais de rubis reconstitués sont réalisés parallèlement aux essais français. Ils sont frauduleusement vendus dans le marché comme étant naturels puis appelés « rubis reconstitués » ou « Rubis de Genève ». Ceux-ci ont comme caractéristique d'être remplis de fractures et de bulles. Poudre de vrai rubis ou alumine pure, chalumeau ou creuset, leur mécanisme de fabrication ne sera pas connu car les auteurs sont décédés avec leurs secrets. (Hughes, 1997) Ils seront ensuite décrits comme fort semblables aux futurs rubis de Verneuil.

**Auguste Victor Louis Verneuil** naît en 1856 à Dunkerque (France). Dès la fin de ses études secondaires, en 1873, il commence des études de chimie au Musée d'histoire naturelle, dans le laboratoire du professeur E. Frémy. Celui-ci détecte ses qualités et l'engage comme assistant en 1880. Et en 1888, ils réussissent à obtenir quelques rubis de petite taille, bien formés et transparents.

Verneuil comprend que trois conditions sont nécessaires à la réussite:

- Opérer la fusion en utilisant la partie de la flamme la plus riche en hydrogène et en carbone mais pas assez chaude pour provoquer un bouillonnement.
- Produire un accroissement en couches minces et une solidification graduelle pour garder la transparence.
- Obtenir une fusion qui limite le contact du rubis fondu avec toute paroi, ce qui évite alors la production de fissures et cassures dues au clivage.

Ces trois conditions sont réalisées dans l'appareil Verneuil. Son mode opératoire de fabrication est consigné à l'Académie des sciences en 1891 puis complété en 1892. Le procédé va être développé de manière industrielle et va produire la majorité des corindons synthétiques.

Les nombreuses qualités physico-chimiques du corindon telles que : son point de fusion élevé, sa résistance aux agressions chimiques, sa dureté, son faible coefficient d'usure, etc...(Belyaev, 1980), en ont fait, depuis ce moment, un produit attractif pour les industriels du monde entier.

## B) L'APPAREIL

L'appareil (Figure 4-1) se compose d'un chalumeau vertical, à gaz et oxygène, dont la flamme est dirigée, de haut en bas, vers un support mobile au moyen d'une vis. Le produit fondu peut ainsi être éloigné de la flamme à mesure que son épaisseur augmente.

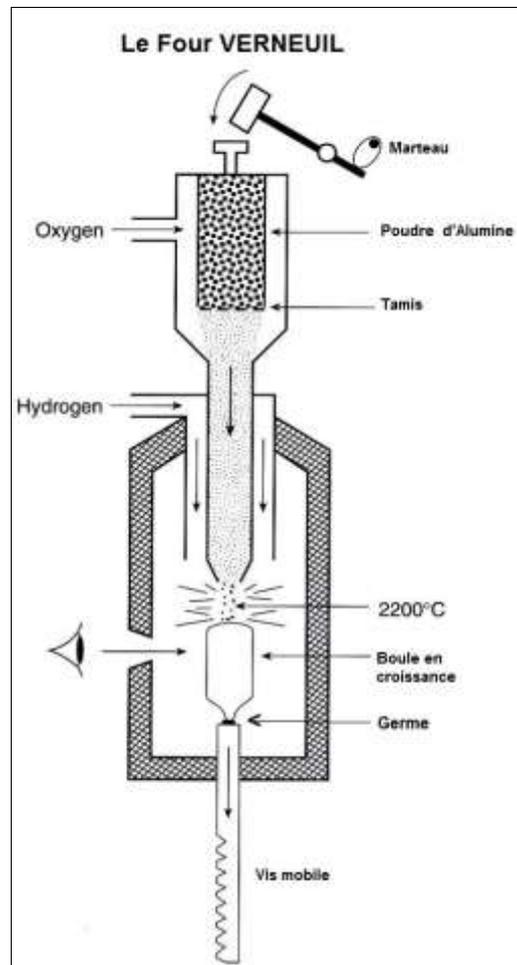


Figure 3-1 : Appareil Verneuil schématisé (Cours SBG, 2003)

La matière première sous forme de poudre est placée dans un panier constitué d'une toile métallique. Elle est ensuite tamisée par l'action d'un marteau qui la fait tomber dans le tube central du chalumeau. Dans la flamme, elle y subit la fusion et tombe sur un support formé d'une mince baguette d'alumine placée au centre du four et portée au rouge-blanc. Sur ce support un germe est placé, ce sera le cristal d'amorce. C'est lui qui va déterminer l'axe cristallographique de la future boule. La poudre en fusion va s'agglomérer en formant un fin cône (quelques germinations vont se produire dont une va primer sur les autres (Photo 3-2). Le cône pourra s'élargir progressivement en augmentant la pression en oxygène. (Photo 3-1)

(Voir annexe photo : Visite chez DJEVALITE à Monthey, Suisse)

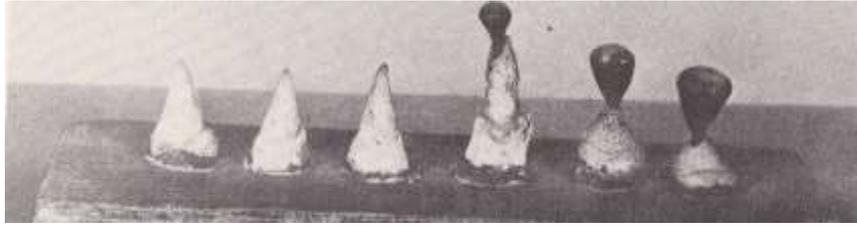


Photo 3-1: Les premières boules Verneuil à différents stades de croissance, conservées au Musée des Art et des Sciences de Paris (Nassau, 1980)



Photo 3-2: Boule Synthétique Verneuil encore sur son cône, On aperçoit une germination secondaire. (Hughes, 1997)

A la fin du processus, les boules seront divisées en deux pour limiter les tensions internes. (Voir photo annexe Visite Djevahirdjian H. SA - rue des Saphirs 16-1870 Monthey -Suisse)  
 La position cristallographique de l'axe optique du germe de départ par rapport à l'axe de croissance sera déterminante pour l'évolution de la boule, non seulement lors de sa croissance mais également pour sa qualité finale (résistance à l'usure).  
 Il faut bien comprendre aussi que l'axe de croissance du corindon Verneuil est bien différent de l'axe optique. (Figure 3-2)

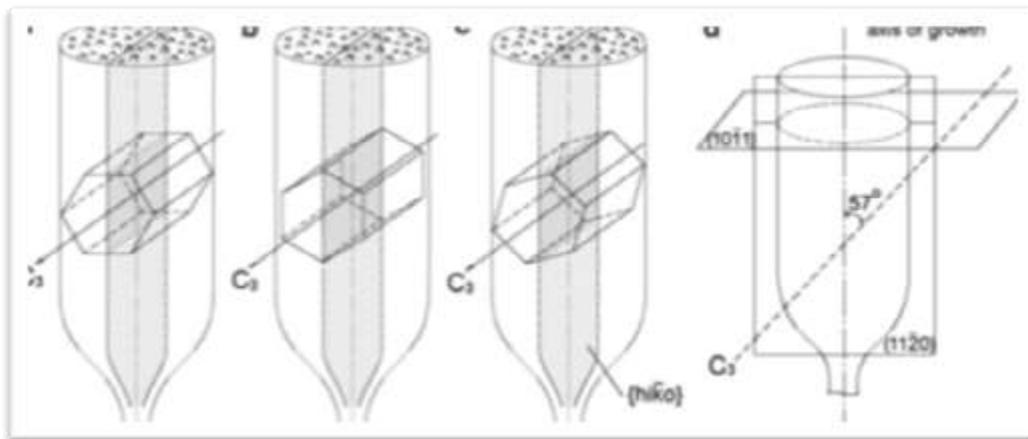


Figure 3-2: (Dobrovinskaya et al, 2009)

**Le Dichroïsme** : Les corindons naturels sont souvent taillés, mais pas toujours, avec un axe C perpendiculaire à la table. Et cela pour deux raisons: -la première, dans le but de perdre le moins possible de matière brute lors de la taille,-la seconde, parce que dans la plupart des corindons qu'ils soient synthétiques ou naturels la couleur du rayon **o** est plus intense et plus belle que celle du rayon **e**. Par contre, pour une pierre synthétique de bien moindre valeur, l'aspect facilité, rapidité et le poids final seront les seuls motifs qui dicteront le choix de l'orientation. Les corindons Verneuil vont donc montrer le plus souvent un fort dichroïsme à travers la table, là où un naturel n'en aura qu'un faible ou n'en aura pas du tout. (Hughes 1997)

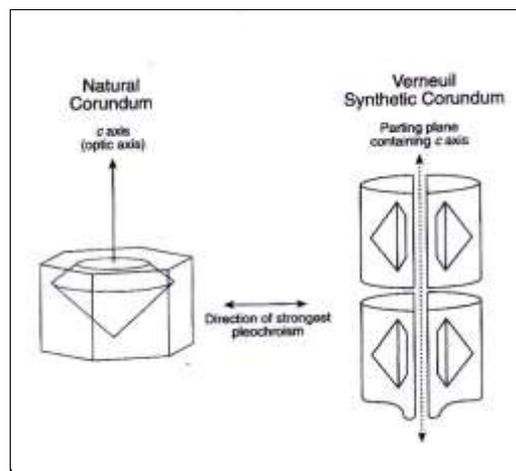


Figure 3-3 : Direction du pléochroïsme le plus fort (Hughes 1997)

### C) CARACTÉRISTIQUES « VERNEUIL »

Dès 1904, Verneuil a indiqué les caractéristiques d'identification de ses corindons synthétiques : une trop grande pureté optique, des lignes courbes et les bulles de gaz.

Pour identifier le corindon Verneuil, la présence de **lignes courbes**, (Photo 3-3 et 3-4) plus ou moins prononcées est déterminante. Leur aspect fait penser aux sillons microscopiques gravés en spirale des anciens disques vinyles. Ceci est surtout vrai pour les corindons rubis. Dans le cas du corindon saphir, les lignes sont plus larges et diffuses. (Webster, 1970) (Hughes, 2009) Il est possible de les voir au microscope ou avec une bonne loupe. (Hughes, 1997). Ces lignes courbes suivent l'axe de croissance. Elles sont provoquées par l'écoulement rythmé par le marteau de la poudre d'alumine dans la flamme oxyhydrique. Une quantité de poudre mélangée à l'élément colorant va entrer en fusion et pourra cristalliser sur la couche précédente. (Figure 3-4) C'est donc cette succession de couches d'intensité de coloration variable que l'on pourra observer. C'est précisément ceci qui fait la différence entre les courbes du rubis (structurelles) et celles du saphir bleu (chromatiques)

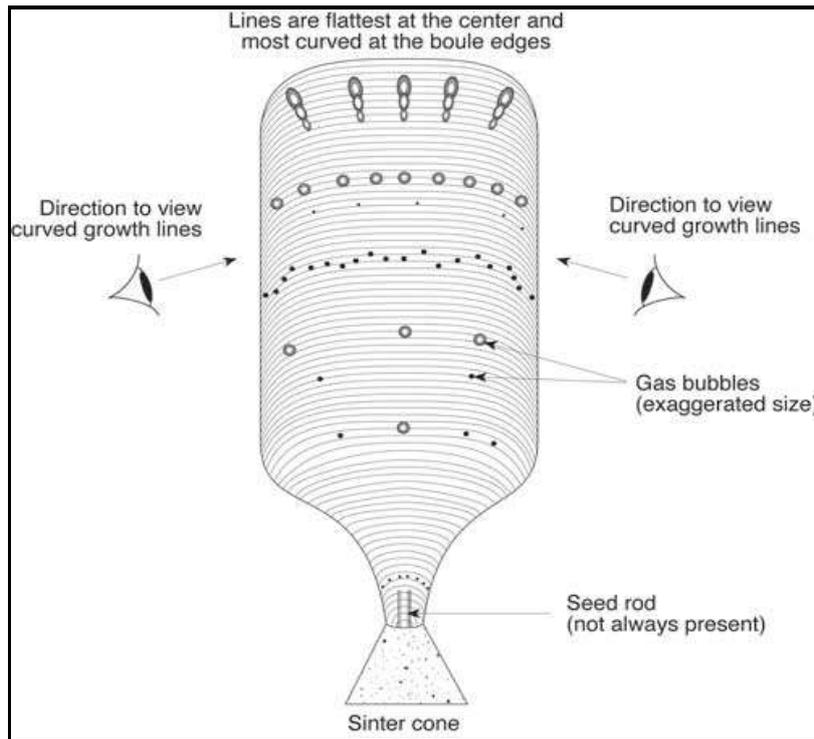


Figure 3-4: Boule de Verneuil avec ses différentes indications d'identification (Hughes 2009)

Si le corindon est rouge, les lignes courbes auront un aspect comparable aux anciens disques vinyles.

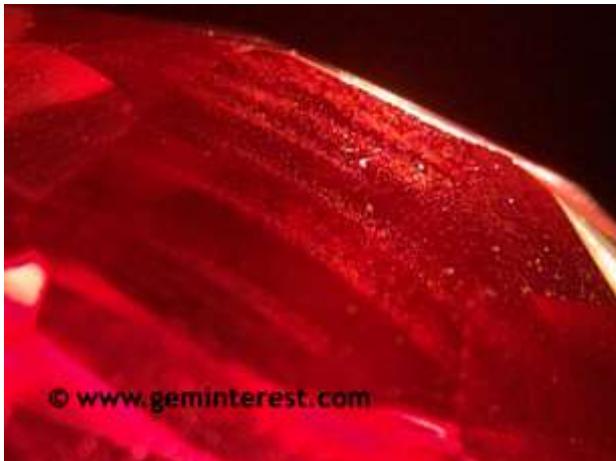


Photo 3-3 : Fabrication Verneuil (proc fusion): Inclusion de type: 'gaz', de nature: 'bulles issues des trop fortes températures pouvant être atteinte à la surface de croissance 1suivant un motif de croissance courbe', à aspect: 'voiles courbes de bulles'. Darkfield et Shadowing (Incident diffus) ~40X

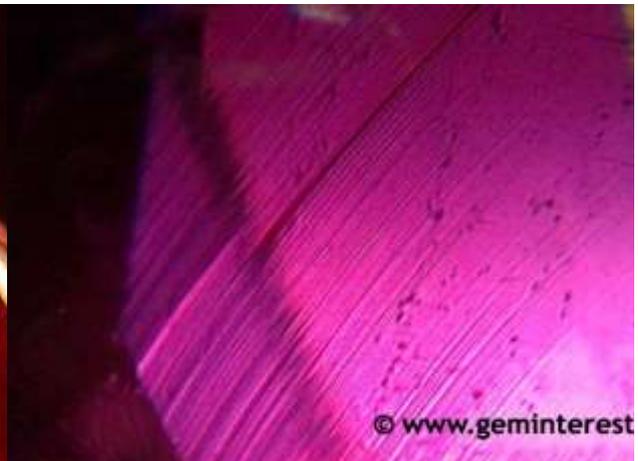


Photo 3-4 : Rubis synthétique (250) Fabrication Verneuil (proc fusion simple): Inclusion de type: 'zone de croissance', de nature: 'forme courbe due au mode de synthèse', à aspect: 'zones de croissances courbes'. Darkfield illumination et filtre bleu 45X

Les bulles de gaz sont provoquées lors de la fusion de l'alumine. Le réglage de la température est très important. Si la chaleur est trop intense, (trop d'oxygène) l'alumine va bouillonner et de nombreuses bulles apparaîtront. Avec le temps et le développement des techniques, les bulles ont nettement diminué en grosseur d'abord et en nombre ensuite. (Photo 3-3 et 3-4)

Si le **corindon est jaune**, il faudra insérer un filtre bleu lorsqu'on l'examine en immersion afin de mieux discriminer les lignes courbes (Hughes, 1997)  
L'usage d'un filtre bleu #80A ou #82A (Photo 3-6) ou un plastique transparent bleu est recommandé afin de pouvoir mieux apercevoir les lignes courbes jaunes. (Hughes, 1997)  
Cela permet de légèrement augmenter le contraste. On choisit un filtre de la couleur complémentaire de la couleur de la pierre. (Photo 3-5 et 3-7)

Photo 3-6 : filtre bleu et mat



Photo 3-5 et 3-7: Corindon jaune en immersion sans filtre bleu et avec filtre bleu (Hughes 1997)

Si le **corindon est incolore**, il faudra l'illuminer avec des UV courts (photo 3-8) pour pouvoir distinguer les lignes courbes (Elen, Fritsch, 1999)

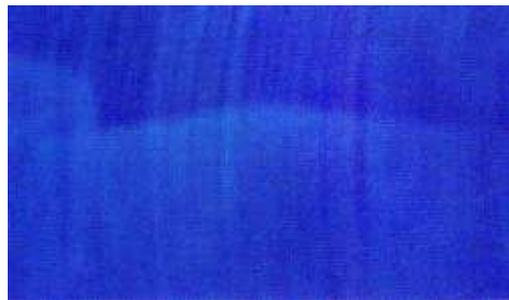


Photo 3-8: ligne courbe détectée dans un corindon incolore grâce aux UV courts (photo ELEN, 1999)

Les leuco-saphirs Verneuil (saphirs incolores) transmettent les UVC alors que les leuco-saphirs naturels les absorbent. ([www.geminterest.com](http://www.geminterest.com))

Au fil du temps, un autre indice d'identification a été observé puis décrit par différents auteurs : les lignes de Sandmeier-Plato.

Plusieurs auteurs déclarent que c'est en 1920 que **Monsieur E.G.Sandmeier**, gemmologue de Locarno (Suisse), qui, le premier, a observé la présence de lignes particulières dues à des tensions internes. Je n'ai pas retrouvé l'article qui le mentionne.

En 1934, **Monsieur B.W.StClair** décrit en quelques mots seulement la présence de macles polysynthétiques visibles en lumière polarisée dans les corindons synthétiques.

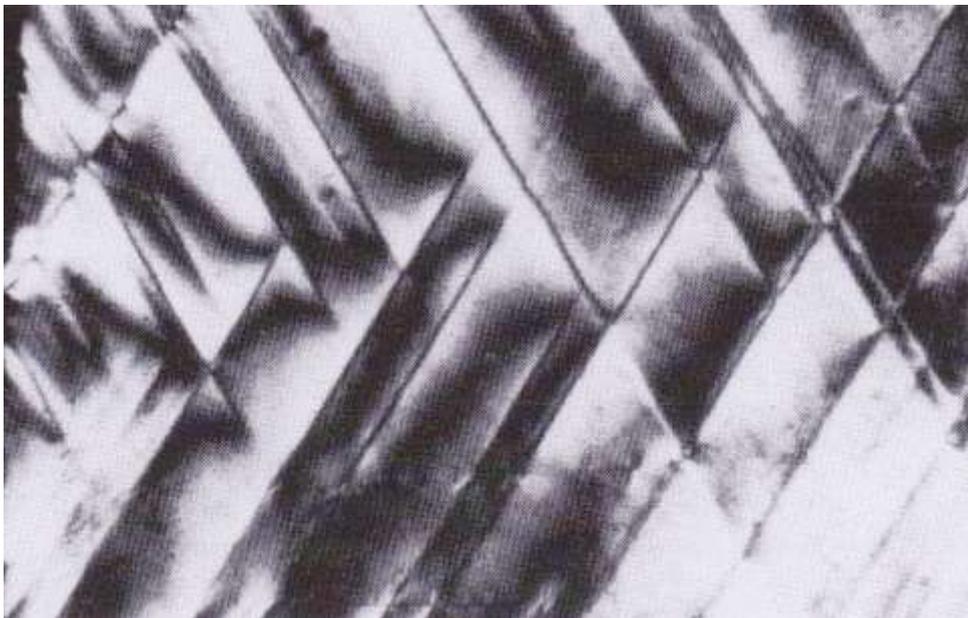
En 1934, également **Monsieur R.Shipley** remarque la présence de lignes droites malgré que le corindon examiné ne soit pas d'origine naturelle.

Puis c'est **Monsieur W.Plato**, (Photo 4-9) gemmologue de Francfort (Allemagne), qui, en 1952, a décrit d'une manière très complète comment les trouver. (Eppler1964) (Gübelin1983) (Hughes1997).



*Photo 3-9: les premières photos de LP (Dr W. Plato 1952)*

En 1964, dans *Gems and Gemmology*, Monsieur **W.F.Eppler** déclare avoir précédemment écrit un article dans une revue allemande (1956) que je n'ai malheureusement pas retrouvé ou ce qu'il nomme les lignes de « Sandmeier-Plato » (appelé LP dans le texte) sont à son avis des macles polysynthétiques. (Photo 3-10) Elles peuvent avoir un aspect de losange parallèlement au prisme de premier ordre (10-10).

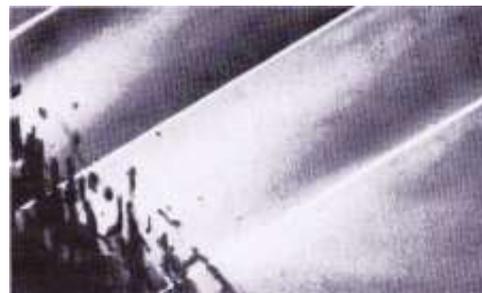


*Photo 3-10: Lignes de Sandmeier-Plato, (Eppler, 1964)*

Il existe une seconde sorte de lignes qui consisterait en macles parallèles à la face du rhomboèdre (10-11). (Photo 3-11 et 3-12)



*Photo 3-11 : Macles parallèles (Eppler, 1964)*



*Photo 3-12: Macles parallèles en agrandissement (Eppler, 1964)*

Monsieur **R.T.Liddicoat, Jr** rapporte dans son « Handbook of Gem Identification » page 129 qu'il a entendu dire qu'un effet similaire aurait été vu dans des rubis naturels de Tanzanie mais qu'il ne l'a pas vu lui-même.

En 1999, Monsieur **D. DeGhionno** dans « Gems and Gemmology » observe un cube de corindon rose utilisé pour la démonstration en cours. (Photo 3-13, 3-14)

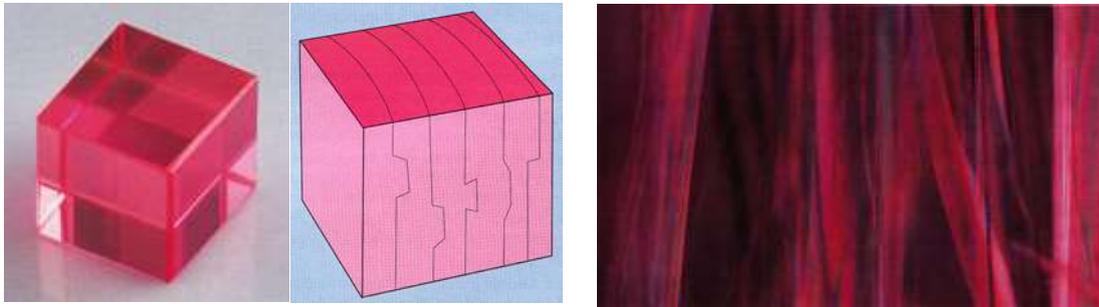


Photo 3-13 : LP colorées vues dans un cube de corindon synthétique rose dans la direction de l'axe optique et en lumière polarisée croisée (J.I.Koivula 1999)

Lorsqu'il observe le cube à 90° de l'axe optique, il aperçoit une structure en mosaïque qui change de couleur avec la position de l'analyseur du polariscope.



Photo 3-14 : La structure en mosaïque évolue en couleur lorsqu'on fait tourner l'analyseur, certains blocs s'illuminent et d'autres foncent (Koivula, 1999)

A la même période, le corindon synthétique est très étudié en URSS pour des raisons techniques et économiques. En 1980, Monsieur **L.M.Belyaev**, aidé par un groupe d'auteurs sous la direction de Madame **M.V.Klassen-Neklyudova** et de Monsieur **Kh.S.Bagdasarov**, édité à New Delhi et en anglais le livre « Ruby and Sapphire » ou différents scientifiques russes y ont rassemblé leurs connaissances des corindons synthétiques. Au chapitre III, pages 148 à 150, (Madame **M.A.Chernysheva** et al), ils y étudient les stress internes du corindon synthétique sous lumière polarisée et ils décrivent la présence de deux ou trois séries de « lignes de glissement » (Photo 3-15). Ils ne les appellent pas lignes de Plato ! Mais la photo 3-13 ci-joint nous fait bien comprendre que l'on parle de la même chose.

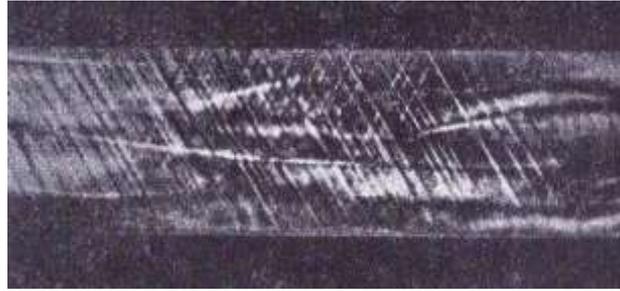


Photo 3-15: Morceau brut de corindon synthétique sous lumière polarisée croisée, glissement suivant deux plans de prisme (Belyaev, 1980)

En 2009, **Elena R. Dobrovinskaya** aidée par **Leonid A. Lytvynov** et **Valerian Pishchik** dans un livre intitulé « Sapphire Material, Manufacturing, Applications » décrivent de manière très complète les différentes méthodes de production du corindon utilisé industriellement. Ils y comparent les qualités des Verneuil, Czochralski, Kyropoulos, hydrothermal et flux, etc ... Madame Dobrovinskaya remarque que l'essentiel de l'appareil Verneuil n'a pas changé au fil du temps mais que chaque composant a été modernisé et est techniquement très contrôlé. La structure de la flamme et la répartition de la température dans la zone de croissance sont dépendant du mélange gazeux. Celui-ci a donc été très étudié. La granulométrie de la poudre et l'homogénéité de sa distribution ont été également très améliorées.

Les auteurs russes ne mentionnent jamais le terme « lignes de Plato » mais décrivent précisément des plans de glissement prismatique suivant  $(1-210)\{10-10\}$  . (Figure 3-5)

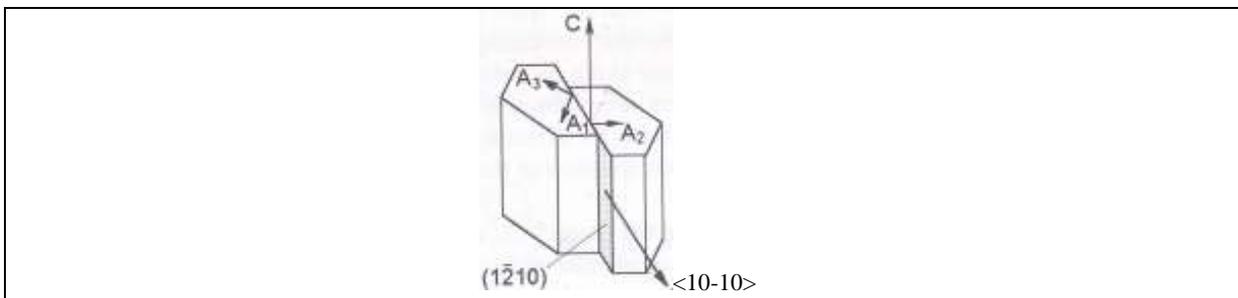


Figure 3-5 : schéma du plan de glissement (Dobrovinskaya et al, 2009)

**En conclusion** : Lorsqu'on regarde dans la direction de l'axe optique entre polarisateurs croisés des lignes parallèles sont observables dans les corindons Verneuil. (B.W .St Clair, 1934) (Read, 1982) (Gübelin, 1983) (Hughes, 1997) (O'Donoghue, 1997) (Cesbron, 2002) (Duroc-Danner, 2002)

Une, deux ou trois séries de lignes peuvent être présentes. Elles peuvent se croiser avec un angle de  $60^\circ$  ou  $120^\circ$ . Elles forment des losanges. (Eppler, 1964) ou un rhomboèdre irrégulier. (Gübelin, 1983)

Ces lignes sont des ombres de formes irrégulières. Elles sont souvent difficiles à voir (Webster, 1970) ou même rares. (Eppler, 1964)

L'épaisseur de ces lignes ou stries a été estimée à environ 70 microns. (O'Donoghue, 1983) (Eppler, 1964) Elles sont le résultat des tensions dues à une synthèse ou un refroidissement trop rapide. (Plato, 1952) Ces lignes n'ont aucun rapport avec les lignes de croissance courbes. (Plato, 1952) Elles peuvent être rencontrées dans toutes les

variétés de corindons, rouges, bleues, incolores, etc... (Plato, 1952) Les LP ne s'illuminent pas et ne s'éclairent pas lorsqu'on tourne le champ de polarisation. Elles sont uniquement visibles dans la direction de l'axe optique, et une petite déviation va les faire disparaître. Les LP montrent une tension résiduelle. (Cours SBG, 2003)

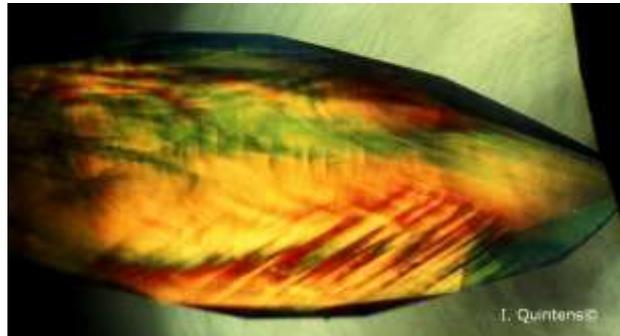


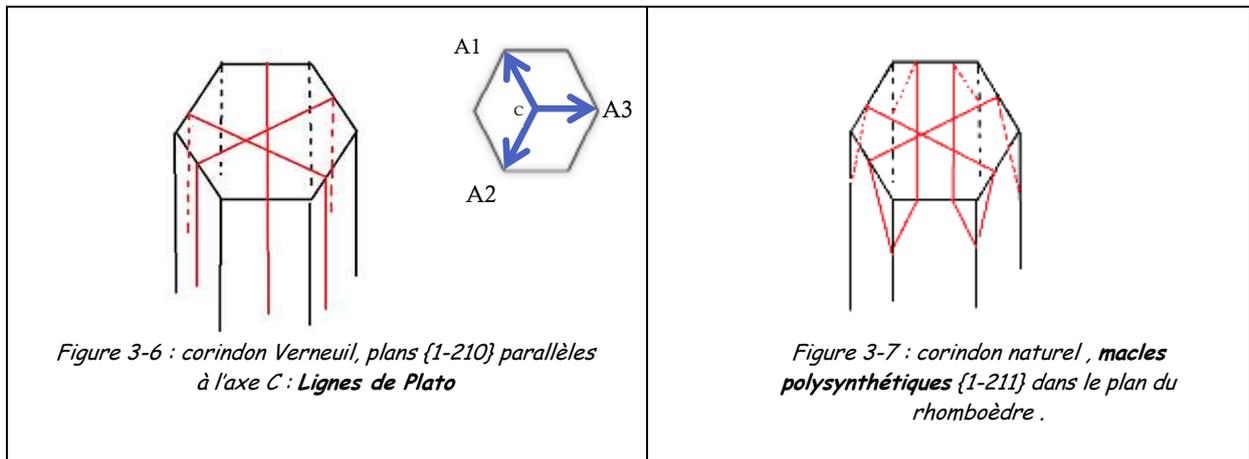
Photo 3-14 LP (SBG, Ivo Quintens)

Les macles observées dans les corindons naturels incolores sont un peu comparables aux LP mais ne seront pas uniquement visibles dans l'axe optique. (Hughes 1997)

Ma conclusion : Les Lignes de Plato (Plato-Sandmeier ou Sandmeier-Plato ou Plato seul) sont bien connues dans la littérature scientifique gemmologique. Elles sont mentionnées dans beaucoup d'articles qui décrivent les pierres Verneuil. En Russie, elles s'appellent « plan de glissement ». Peu nombreux sont ceux qui les ont vraiment observées et photographiées. Leur réputation est d'être difficile à observer.

« Un petit dessin vaut mieux qu'un long discours » :

Monsieur Benjamin Rondeau m'a aidée à représenter un corindon sous forme de prisme hexagonal, la position des LP en  $\{1-210\}$  parallèles à l'axe C est bien différente de celle des macles naturelles polysynthétiques  $\{10-11\}$  dans le plan du rhomboèdre.



## D) LUMINESCENCE DES CORINDONS SYNTHÉTIQUES VERNEUIL

Ce sont des tendances, des généralités et non pas des critères fiables.

En effet, on rencontre fréquemment des variations de couleur de luminescence par rapport à ce qui est indiqué dans ce tableau.

Ensuite, beaucoup de corindons synthétiques sont maintenant traités après fabrication créant des populations de toutes les couleurs ne montrant aucune des caractéristiques de luminescence de ce tableau pour une teinte donnée.

Corindons VERNEUIL	UVL (long) (366nm)	UVC (court) (254 nm)
<b>Saphir Bleu</b>	<i>Généralement inerte</i>	<i>Inerte à fort, bleu-vert crayeux</i>
<b>Saphir Vert</b>	<i>Faible à modéré, orange à rouge</i>	<i>Faible à modéré, orangé flash à bordeaux (orange-brun)</i>
<b>Saphir Jaune, orange</b>	<i>Inerte à fort, orange à rouge</i>	<i>Inerte à fort, orange à rouge</i>
<b>Saphir incolore</b>	<i>Inerte à faible bleu-vert crayeux</i>	<i>Faible à fort, bleu clair crayeux (transmission des UVC : particularité du Verneuil incolore)</i>
<b>Saphir violet</b>	<i>Faible à fort, orange à rouge</i>	<i>Faible à fort, orange à rouge</i>
<b>Saphir à Effet color-change</b>	<i>Faible à fort, orange</i>	<i>Faible à fort, orange, bleu-vert crayeux</i>
<b>Rubis et les saphirs roses</b>	<i>Modéré à fort, rouge</i>	<i>Modéré à fort, rouge prononcé</i>

(Hughes 1997) (Cours SBG, 2003)

4. MATÉRIAUX
--------------

Voici la liste de mes échantillons : j'ai étudié 37 pierres taillées dont 9 bleues, 6 rouges, 2 oranges, 4 à changement de couleur, 6 roses, 7 jaunes et 3 incolores. J'ai le regret de ne pas avoir trouvé de Verneuil de **couleur verte** taillé. Les seuls que j'ai eus en main en vert sont des bruts. Ils sont très rares sur le marché.

J'ai 7 bruts de différentes couleurs.

Monsieur E. Fritsch m'a également confié 2 verres de montre et deux lentilles en corindon incolore de fabrication Verneuil.

Ces échantillons sont représentatifs de ce que l'on peut trouver sur le marché.

## Bleu

N°Echant.	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV15	Collection SBG B1421	3,465	Rectangle à degrés	9,17 7,09 5,09	
CV18	Collection DEDEYNE Roger 1363	4,405	Rectangle à degrés	10,05 8,24 5,12	
CV31	DUPUY Julie (DUG2012)	1,871	Rectangle à degrés	8,08 6,19 3,47	
CV32	DUPUY Julie (DUG2012)	1,74	Ovale	8,02 6,16 4,33	
CV33	DUPUY Julie (DUG2012)	2,587	Ovale	9,77 7,41 4,42	

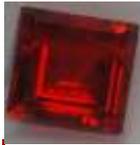
CV34	DUPUY Julie (DUG2012)	1,639	Tonneau	7,94 6,08 3,61	
CV35	DUPUY Julie (DUG2012)	2,033	Fantaisie	10,45 5,65 4,05	
CV36	DUPUY Julie (DUG2012)	1,733	Coussin	8,25 6,02 3,48	
CV37	DUPUY Julie (DUG2012)	0,758	Emeraude	6,45 4,34 2,74	

## Rouge

N°Echant	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV01	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	0,150	Rond Brillant	3,09 2,04	
CV16	Collection DEDEYNE Roger 627	2,441	Rond Brillant	8,18 4,85	
CV19	Collection DEDEYNE Roger 1364	1,743	Ovale	8,08 6,08 4,07	
CV30	DUPUY Julie (DUG2012)	3.013	Coussin	9,77 7,16 4,62	

CV41	Collection SBG B248	17.338	Rectangle	16,26 13,27 6,93	
CV42	Collection SBG B777	3.345	Emeraude	10,06 8,10 4,08	

## Orange

N°Echant.	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV07	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	1,986	Ovale	9,17 7,17 3,74	
CV47	Collection SBG3064	2.082	Carré	6.91 7.18 3.99	

## Violet – « à changement de couleur »

N°Echant.	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV06	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	6,002	Rond Brillant	14,00 9,65	
CV17	Collection DEDEYNE Roger 527	13,880	Emeraude	14,75 12,21 7,19	
CV20	Collection DEDEYNE Roger 492	13,735	Rond Brillant	11,90 5,62	

CV29	Collection VASSEUR achat chez PRADAT T. (Gem+)	1.93	Ovale	8,01 6,01 4,47	
------	------------------------------------------------------------	------	-------	----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

## Rose

N°Echant	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV11	Collection SBG B1402	5,362	Rectangle	10,38 8,40 5,58	
CV12	Collection SBG B1116	8,342	Coussin	13,18 11,07 6,59	
CV13	Collection SBG B1293	2,806	Ovale : Caboillon et facetté	10,03 8,15 3,73	
CV28	Collection VASSEUR achat chez PRADAT T. (Gem+)	1.869	Ovale	8,12 6,18 4,31	
CV40	Collection SBG B498	6.795	Rectangle	12,18 9,17 5,96	
CV43	Collection SBG B150	7.151	Emeraude	12,15 10,07 5,94	

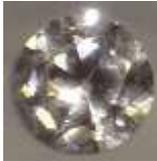
## Jaune

N°Echant	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
----------	------------	------------	--------	-----------------	-------

CV03	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	3,059	Ovale	9,78 7,91 4,68	
CV04	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	8,619	Navette	20,56 9,18 5,69	
CV05	Collection RONDEAU Benjamin Univ.Nantes	12,100	Emeraude	18,13 10,08 6,02	
CV14	Collection DEDEYNE Roger 296	2,551	Brillant	8,31 5,26	
CV21	Collection DEDEYNE Roger 6	5,179	Ronde, Table en cabochon et culasse facettée	11,03 6,29	
CV27	Collection VASSEUR achat chez PRADAT T.(Gem+)	1.833	Ovale	8,04 6,24 4,12	
CV44	Collection SBG055	4.176	Emeraude	11,31 7,87 4,38	

## Incolore

N°Echant.	Provenance	Masse (ct)	Taille	Dimensions (mm)	Photo
CV22	Collection SBG B1432	0,686	Rond brillant	5,13 3,65	

CV46	Collection SBG B2055	0.742	Brillant	5.50 3.48	
CV45	Collection SBG B2054	1.219	Brillant	6.56 3.75	

## Brut

N°Echant	Provenance	Masse (ct)	Taille	Couleur	Dimensions (mm)	Photo
CV25	Collection DEDEYNE Roger	12,362	BRUT	Rose		
CV43	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	54,373	BRUT	Bleu		
CV23	Collection SBG	45,646	BRUT	Incolore		
CV24	Collection DEDEYNE Roger	7,931	BRUT	Orange		
CV26	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	15,781	BRUT	Vert		

CV47	Collection VASSEUR reçu chez Djévalite		Brut	Jaune		
CV38	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes		BRUT	Vert		

## Verre de Montre et Lentilles

CV48	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	Verre de montre	Incolore		
CV49	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	Verre de montre	Incolore		
CV50	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	lentille	Incolore		
CV51	Collection FRITSCH Emmanuel Univ.Nantes	lentille	Incolore		

## 5. MÉTHODE

### A) INSTRUMENTS

Pour mesurer la densité, j'ai utilisé une **balance hydrostatique avec Kit de densité** de la Marque : Mettler Toledo Type : CB203 (photo5-1)



*Photo 5-1 : balance*

La mesure de l'indice de réfraction a été effectué à l'aide d'**un réfractomètre** de la marque KYOWA (photo 5-2)



*photo 5-2 : Réfractomètre*

**La lampe UV** utilisée est une lampe

Hand UV Lamp  
8 Watt Tube de chez HEROLAB (photo5-3)



*Photo 5-3 Lampe UV*

La recherche de l'axe optique, a été faite à l'aide d'**un polariscope** fabriqué par Optitech pour la SBG avec filtre retardateur  $\lambda/4$ . Ce filtre permet de faire la différence entre une gemme uniaxe positive et une gemme uniaxe négative (photo5-4)



*Photo 5-4 Polariscopes*

Pour découvrir les lignes courbes et les grosses bulles dans les Verneuil, un microscope droit peut parfois suffire : pour cette étude le microscope Binoculaire à zoom du Type GIA-Gem (photo 5-5)



*Photo 5-5 Microscope Binoculaire*

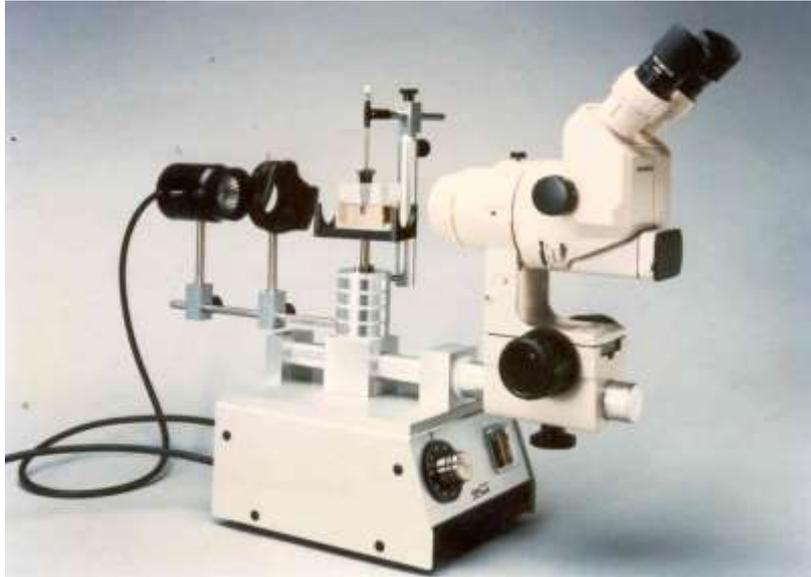
Pour l'identification ou l'observation d'une pierre en immersion (photo 5-6), l'utilisation d'un **microscope horizontal** est très pratique :

Optique : Marque -Olympus

Type : SZ6045TR avec zoom

Base horizontale : fabrication par Optitech

sur demande et spécifications de Mr. R.Dedeyne et Mr. Y.Quintens



*Photo 5-6 Microscope inversé avec système en immersion*

**Cuvette** en verre optique 360-2500nm de 40mm sur 40mm

(Hellma Analytics) (photo 5-7)



*Photo 5-7*

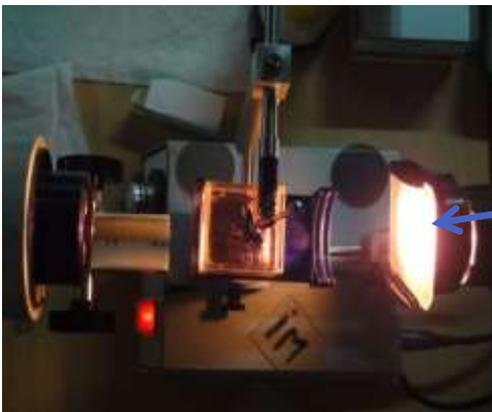
**Infra Rouge :** Pour confirmer l'origine Verneuil de mes échantillons, j'ai utilisé un spectromètre d'absorption Infra Rouge : VERTEX 70 de chez BRUKER. J'ai réalisé des spectres sur base de 100 scans avec une résolution de  $4\text{cm}^{-1}$  Pour les verres de montre et les lentilles, ils sont posés sur le porte échantillon mais pour les autres pierres j'ai pu utiliser une sphère intégratrice.

## B) MODE OPÉRATOIRE

Ce qui est très important c'est que les brucelles et le support soient à la fois très maniables dans toutes les directions à l'intérieur de la cuvette et en même temps très stables.

Pour observer une pierre avec un microscope en immersion, la première chose est de bien nettoyer la pierre avec une petite peau de chamois pour enlever la graisse superficielle provenant le plus souvent des doigts. Ensuite on place la pierre entre les brucelles avec la table au centre et le tout dans la cuvette contenant du MI pour un premier examen global.

En **lumière transmise** (Photo 5-8) c'est à dire lorsque la source lumineuse reste dans l'axe du microscope, il faut placer un filtre diffuseur (photo5-8b) entre l'objet et la lampe pour ne pas être ébloui par celle-ci.



*Photo 5-8: vue en hauteur, cuvette et brucelles, lampe et filtre mat*



*Photo 5-8b: filtre diffuseur*

Les **bulles de gaz**, en lumière transmise, sont très facilement reconnaissables : ce sont de petits cercles ronds ou ovales noirs avec une pointe centrale de lumière. (Photo 5-9)



*Photo 5-9: bulles de gaz dans un Verneuil*

Les **résidus de couleurs**, aisément identifiables (photo 6-1,6-2,6-3,6-4 et 6-5), suivent le plus souvent la courbure de croissance de la matière mais pas toujours. Elles peuvent se trouver en petits nuages localisés.

Les **lignes courbes** sont assez faciles à observer en tout cas pour les pierres de coloration intense, les bleues, les rouges et celles « à changement de couleur ». C'est d'autant plus facile si le Verneuil est ancien. La distribution de l'alumine et des colorants a été beaucoup améliorée au fil du temps.

Pour améliorer leur définition, leur visibilité, leur aspect, l'utilisation de la technique de **shadowing** traduit en français par **assombrissement** (Photo 5-10 et 11) est d'une grande utilité (Koivula, 1982).



Photo 5-10: cuvette avec lumière transmise et grille de shadowing

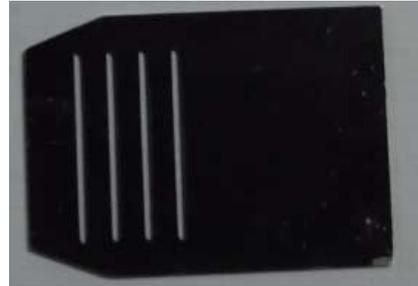


Photo 5-11: Grille de Shadowing

Le principe de la grille de « shadowing » est très simple. Il s'agit d'une grille percée de fentes qui sera placée devant la source lumineuse du microscope. Ces fentes provoquent une dispersion de la lumière depuis les lèvres des fentes et forment un éventail de rayons incidents d'ordre croissant. (Figure 6-2) Ces rayons incidents se réfléchissent sous des angles également croissants, ce qui provoque des zones rectilignes claires et obscures. L'utilisation de la grille de « shadowing » ne nécessite pas de filtres polarisants ou diffusants. Elle améliore beaucoup l'effet de contraste. Il est important que la direction longitudinale de l'écran et de la ligne de croissance soient le plus parallèle possible. On peut également utiliser un objet tel qu'une carte de crédit ou un morceau de carton bien découpé. (Cours SBG, 2003)

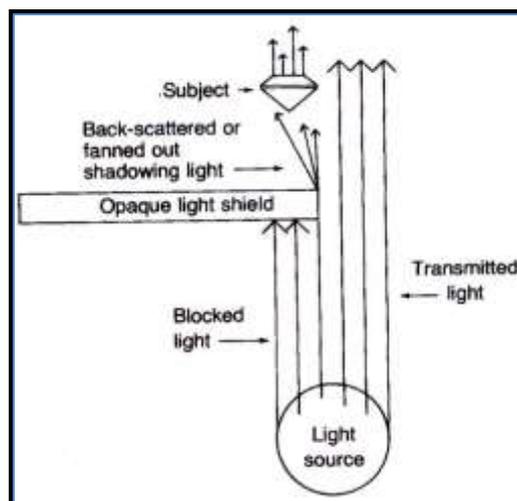


Figure 5-2 : Shadowing : schéma qui explique la diffusion de la lumière bloquée par un objet opaque. (Koivula, 1982)

-La visibilité des lignes courbes dans un corindon jaune, est améliorée par l'usage d'un filtre bleu pour maximiser le contraste.

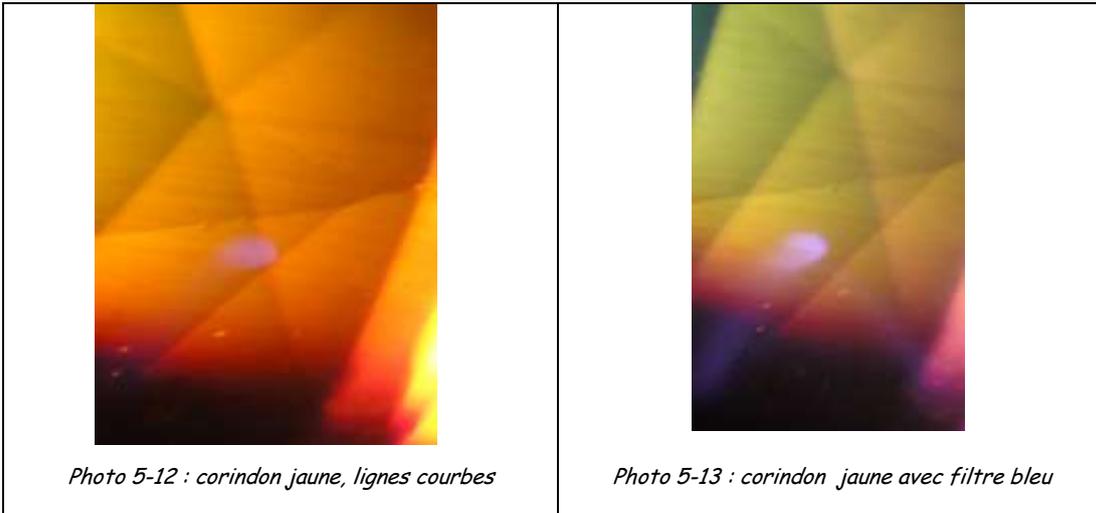


Photo 5-12 : corindon jaune, lignes courbes

Photo 5-13 : corindon jaune avec filtre bleu

-Il est impossible d'apercevoir des lignes courbes dans un corindon incolore si l'on n'utilise pas la présence d'UVC. N'ayant pas ce matériel à ma disposition, cette observation n'a pu être réalisée.

-Il est devenu aussi assez difficile d'apercevoir des lignes courbes dans les nouveaux Verneuil car ils ont sans doute été re-chauffés et les lignes sont atténuées.

### Les filtres polarisés, les brucelles, la cuvette d'immersion :

#### -Les liquides d'immersion

Le choix du liquide va être déterminé par son indice de réfraction. Celui-ci doit être le plus proche possible de celui de la pierre que l'on veut examiner. Lorsque le liquide et la pierre ont même indice de réfraction, une pierre incolore sera invisible et une pierre colorée sera seulement observée comme une tache de couleur. Les inclusions seront alors bien visibles. L'avantage du liquide d'immersion est l'élimination de la réflexion de la lumière sur les facettes. Cela facilite l'observation intérieure de la pierre.

-Le plus couramment renseigné dans la littérature pour l'observation des corindons est le **Di-iodométhane** ou **Iodure de Méthylène** :  $\text{CH}_2\text{I}_2$  dont l'IR est de 1,75, la Densité de 3,32 et est appelé dans le texte **MI**.

Il faut signaler sa toxicité. Il doit donc être utilisé dans un local bien ventilé. Il se colore en brun-orange par action de l'oxygène ce qui diminue la visibilité des couleurs réelles. Une pièce de cuivre limitera ce problème. Son prix d'achat est relativement élevé. Le fait d'utiliser un microscope inversé diminue l'intoxication éventuelle de l'utilisateur.

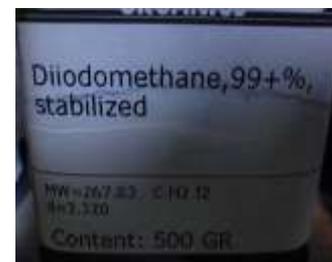
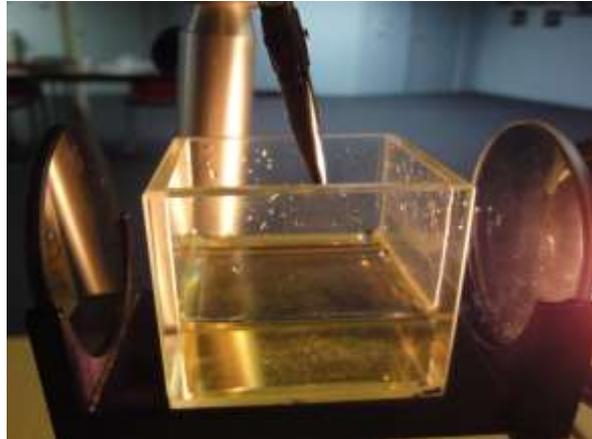


Photo 5-14: MI

-Les filtres polarisateurs verticaux (**Analyseur et Polarisateur**) (photo 5-15) sont placés devant et derrière la cuvette dans une encoche spéciale prévue pour les soutenir sans les bloquer.

Ce sont des filtres polarisés linéaires et non pas circulaires comme les lunettes de soleil. La source lumineuse est en position « lumière transmise » c'est-à-dire dans l'axe des oculaires. Les filtres sont croisés à 90° jusqu'à l'obtention d'un fond sombre (le liquide est sombre) : la lumière est donc bloquée par les filtres.



*Photo 5-15 : les deux filtres polarisants qui entourent la cuvette.*

### Recherche des LP

Pour découvrir des LP, il faut déterminer la position de l'axe optique. Cela peut se faire au polariscope de la même manière que lorsqu'on détermine si une pierre est uniaxe ou biaxe. Il faut trouver la position d'isotropie optique. Dans certains cas, localiser l'axe optique peut demander énormément de temps. Il ne faut pas hésiter à modifier la position de la pierre, parfois simplement de quelques millimètres, parfois changer de facettes ou tourner la pierre en tous sens. On recherche des lignes concentriques principalement verdâtres et rosâtres identiques à celle de la photo 5-16. L'axe optique est rarement en plein en travers de la table de la pierre comme ici sur cette Photo 5-16. Une fois les lignes concentriques localisées, il faut déplacer délicatement la pierre afin de les maximiser. La direction dans laquelle les cercles atteignent leur couleur maximale est la direction de l'axe optique. Les LP sont visibles exactement dans l'axe optique. Pour bien les différencier d'un éventuel site R (anciennement appelé plan de macles avec ou sans boehmite voir annexe photo11-2) il suffit d'enlever un des filtres polariseurs par exemple l'analyseur, si les lignes disparaissent entièrement ce sont des LP.

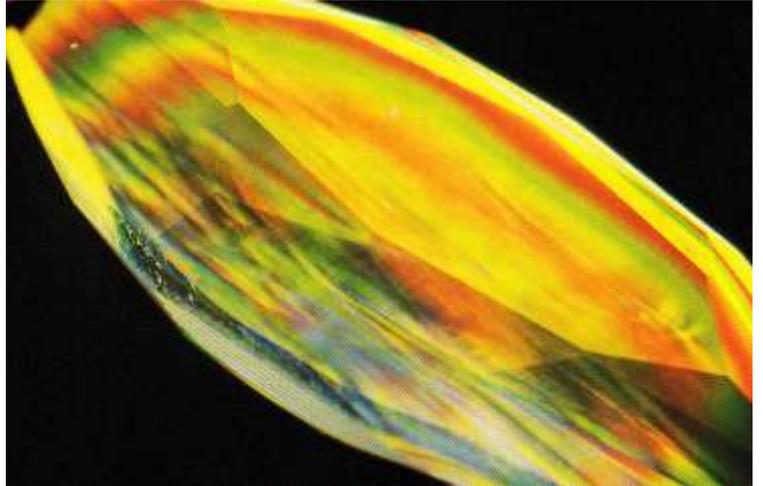


*Photo 5-16 : Corindon placé en immersion juste dans l'axe optique : présence des cercles concentriques et la pierre est éclairée, le fond est noir.*

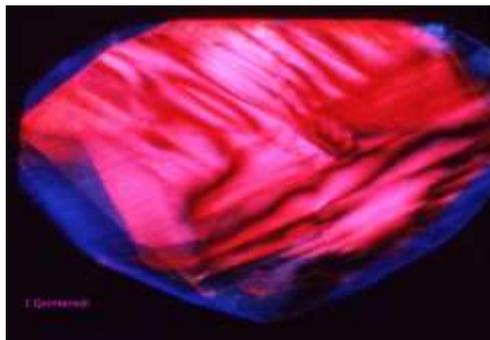
*(Photo Ch. Vasseur)*



*Photo 5-17 : photo atlas vol. 1 p478 Sandmeier-Plato*



*Photo 5-18 : Photo Shane ELEN: LP*



*Photo 5-16 Corindon Rubis Verneuil : LP (Photo Ivo Quintens)*

## 6. RÉSULTATS

### A) MESURES DE GEMMOLOGIE CLASSIQUE

Le tableau ci-dessous détaille pour chaque échantillon la masse volumique, l'indice de réfraction(n), la biréfringence ( $\Delta n$ ), le caractère optique et le dichroïsme.

Le caractère optique est indiqué sachant que le signe est toujours négatif.

La dernière colonne détaille les couleurs extrêmes du dichroïsme.

Échantillons	Masse Volumique	n	$\Delta n$	Caractère Optique	Dichroïsme
<i>Bleu</i>					
CV15	3.99	1.759-1.769	0.010	Biaxe	Bleu clair/Bleu moyen
CV18	4.00	1.759-1.769	0.010	Uniaxe	Bleu clair/Bleu moyen
CV31	3.99	1.759-1.769	0.010	Uniaxe	Bleu clair/Bleu moyen
CV32	4.00	1.760-1.769	0.010	Uniaxe	Bleu vert/Bleu violet
CV33	4.00	1.760-1.769	0.010	Uniaxe	Bleu clair/Bleu moyen
CV34	4.02	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Bleu vert/Bleu foncé
CV35	4.00	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Bleu clair/Bleu moyen
CV36	4.00	1.759-1.769	0.010	Uniaxe	Bleu clair/Bleu foncé
CV37	4.05	1.760-1.768	0.008	Uniaxe	Bleu clair/Bleu foncé
<i>Rouge</i>					
CV01	4.05	1.762-1.772	0.010	Biaxe	Rouge Orange/Rose
CV02	4.00	1.761-1.769	0.008	Uniaxe	Rouge Orange/Rose
CV16	3.98	1.759-1.770	0.011	Biaxe	Rouge Orange/Rose
CV19	4.00	1.761-1.769	0.008	Uniaxe	Orange/Rouge pourpre
CV30	4.00	1.761-1.770	0.009	Uniaxe	Orange/Rouge pourpre
CV41	3.99	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Orange/Rouge pourpre
CV42	3.98	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Orange/Rouge pourpre
<i>Rose</i>					
CV11	3.99	1,760-1,769	0,009	Biaxe	Rose Orange/Rose
CV12	4.00	1,760-1,769	0,009	Uniaxe	Orange/Rose
CV13	3.99	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Rose orange/Rose
CV28	3,99	1,759-,1.769	0,010	Uniaxe	Rose saumon/Rose
CV40	4,01	1,759-1,768	0,009	Uniaxe	Jaune pâle/Rose
CV43	3,99	1,759-,1.768	0,009	Uniaxe	Orange/Rose
<i>Changement de couleur</i>					
CV06	3.99	1,760-1,769	0,009	Uniaxe	Jaune orange/Violet

CV17	3.99	1,760-1,769	0,009	Uniaxe	Violet /Gris jaune
CV20	4.00	1.760-1.769	0.009	Uniaxe	Violet/Gris Jaune
CV29	3,98	1.759-1.768	0.009	Uniaxe	Vert /Bleu
<i>Jaune</i>					
CV03	3.99	1.759-1.768	0.009	Uniaxe	Jaune /Jaune clair
CV04	3.99	1.758-1.769	0.011	Biaxe	Jaune/Jaune clair
CV05	3.99	1.759-1.768	0.009	Biaxe	Jaune/Jaune clair
CV14	3.99	1,760-1,769	0,009	Biaxe	Pas visible
CV21	3.98	1.760 -1,769	0,009	Uniaxe	Jaune pâle /Jaune vert
CV27	3.98	1,759-1,768	0,009	Uniaxe	Jaune pâle /Jaune clair
CV44	3,98	1,759-,1769	0,009	Uniaxe	Incolore/Jaune
<i>Orange</i>					
CV07	3.99	1,759-1,769	0,010	Biaxe	Orange /Jaune
CV47	3,99	1,759-1,768	0,009	Uniaxe	Orange /Jaune Orange
<i>Incolore</i>					
CV22	3.99	1.759-1.770	0.011	Biaxe	----
CV45	3,98	1,760-1,769	0,009	Biaxe	----
CV46	4,03	1,759-1,769	0,010	Uniaxe	-----

La **densité** des échantillons est assez homogène entre 3.98 et 4.03. Cela correspond à ce qui est décrit dans la littérature. L'**indice de réfraction** est de 1,760-1,769 pour la grande majorité des échantillons avec une biréfringence de 0,009. Parfois cela peut descendre jusqu'à 1,759 ou monter jusqu'à 1,770. La **biréfringence** peut être 0,010 ou exceptionnellement 0,011.

Pour 10 échantillons, j'ai observé une très légère **biaxialité anormale**. Les autres sont uniaxes.

Le **dichroïsme** est toujours visible sauf pour les incolores et le jaune très pâle CV14.

B) MICROSCOPIE OPTIQUE

Case remplie = présence de la particularité

TABLEAU RÉCAPITULATIF

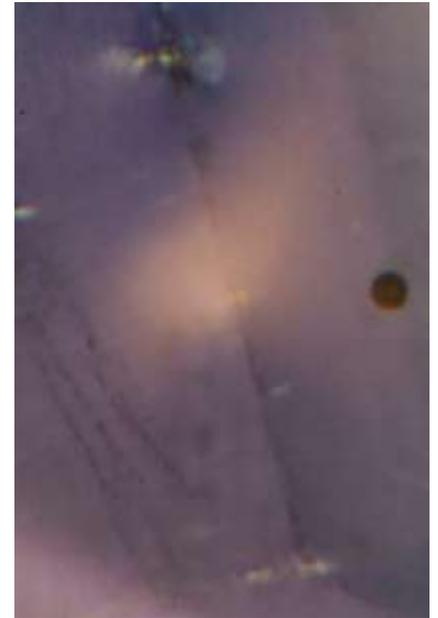
37 Echantillons	Bulles, amas de coloration	Lignes courbes	Lignes de Plato	Lignes de Plato	Tensions résiduelles- dislocations- déformations- moiré-macles
					
			A	B	
Sur 37 pierres	10/37	26/37	11/37	16/37	11/37
15					
18					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
01					
16					
19					
30					
41					
42					
11					
12					
13					
28					
40					
43					
06					
17					
20					
29					
03					
04					
05					
14					
21					
27					
44					
07					
47					
22					
45					
46					

**BULLES, RÉSIDUS DE MATIÈRE NON FONDUS, BANDES DE COULEUR ET IMPERFECTIONS DE SURFACE, ETC ...**

J'ai observé des bulles assez grosses dans les Verneuil de couleurs bleues (CV18-32-33-34-35). Pas dans les autres.



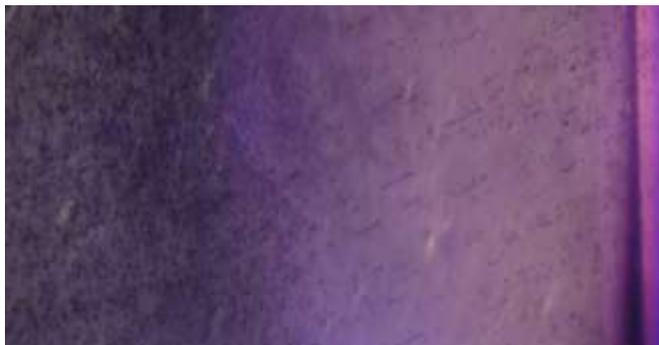
*Photo 6-1 : CV33 lignes courbes accentuées par le défaut d'homogénéité d'élément colorant, bulles assez grosses.*



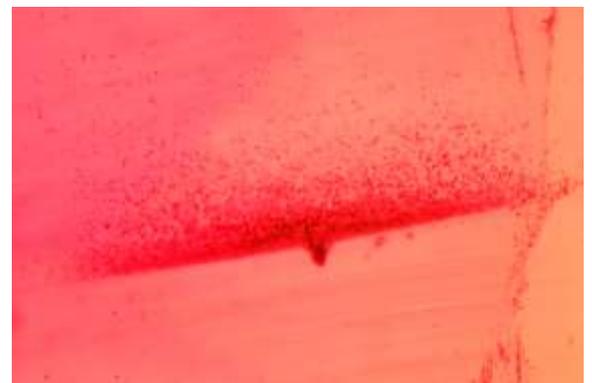
*Photo 6-2 : CV32 Bulle et micro taches bleues*

J'ai observé des fines bulles, seules ou accompagnées, dans quelques pierres : CV35 et CV18 (bleu)-CV40 et CV12 (rose)-CV17 (Changement de couleur) –CV30 (rouge).

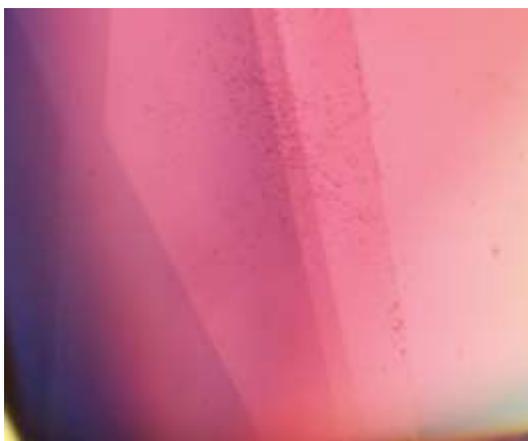
Ici dans l'échantillon CV30, un Verneuil assez ancien lui aussi, on découvre cet amas d'éléments colorants entouré de micro bulles. Dans le CV17 de nombreuses micro-bulles ou taches.



*Photo 6-3 : CV35 micro-bulles télescopées*



*Photo 6-4: CV30 fines bulles et amas de matière colorante*



*Photo 6-5 : CV17 nuage de micro-taches*

### LIGNES COURBES ET LIGNES COLORÉES

J'ai observé des lignes courbes dans toutes les bleues CV15-18-31-32-34-35-36-37 et toutes les rouges CV01-16-19-30-41-42 (photo 6-6), dans les roses CV12-13-28-43, dans quelques jaunes CV04-05 (photo 6-7) et dans quelques « Changement de couleur » CV06-17-20 (photo 6-8) mais pas dans les incolores CV22-46-45, ni le rose pâle CV11, ni les roses CV28-40, les jaunes pâles CV07-14-21-27-44.



Photo 6-6 : CV12 effet « disque vinyle »



Photo 6-7: CV05 lignes courbes

Souvent elles sont accompagnées de différences d'intensité de coloration. Et parfois de quelques craquelures superficielles. (Photo 6-9)



Photo 6-8 : CV17 lignes courbes

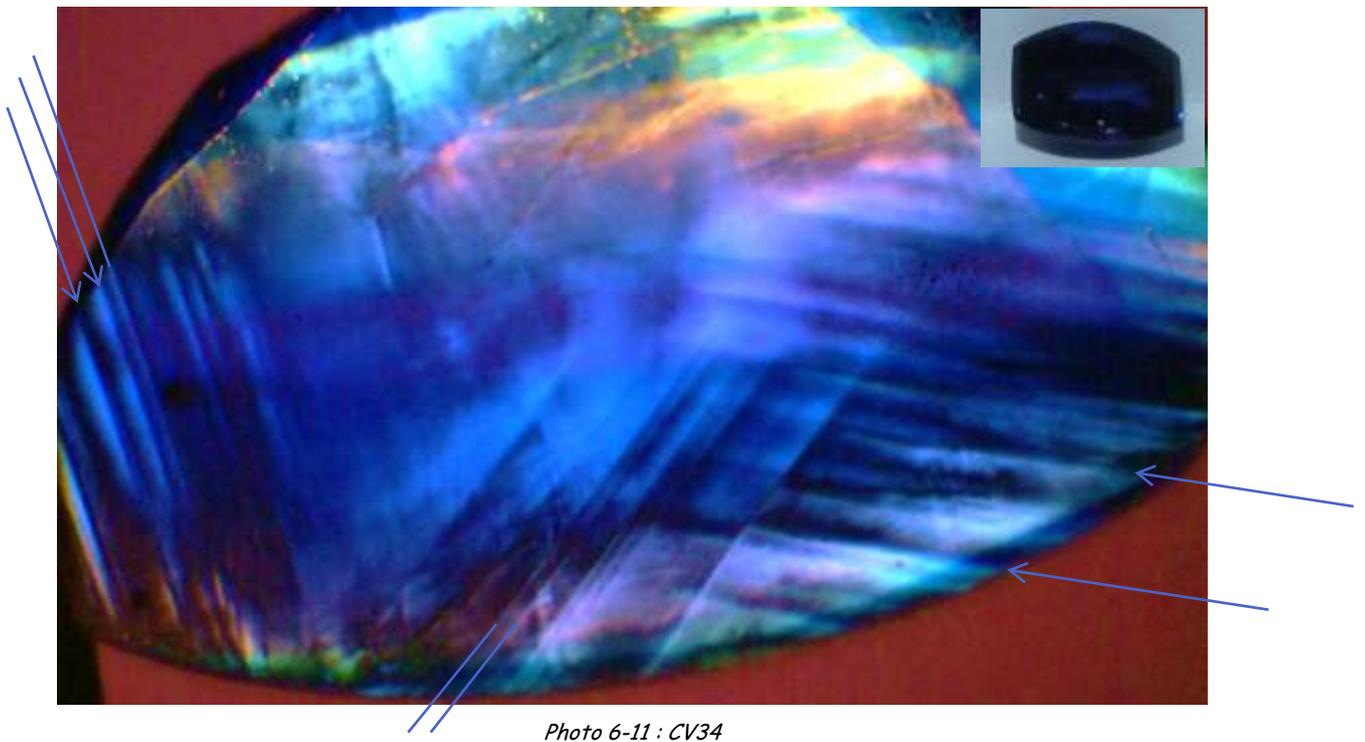
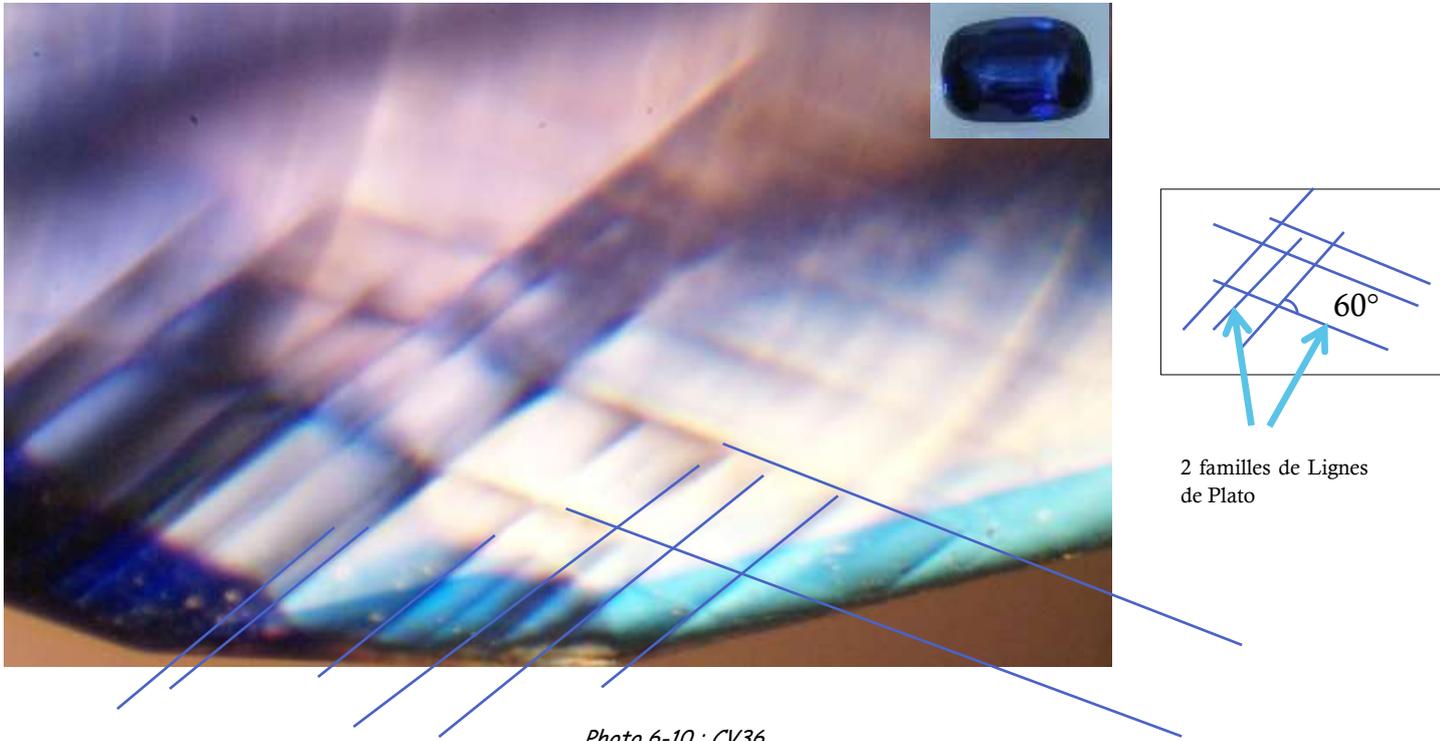


Photo 6-9 : CV36 lignes courbes et vaguelettes (craquelures superficielles)

**LIGNES DE PLATO-SANDMEIER :**

1. **Les losanges en mosaïques :** « A » sur le tableau récapitulatif : **11/37**

Des lignes et même plutôt des plans qui se croisent dans deux ou trois directions à 60° ou à 120°. On les observe dans les Verneuil bleus (CV31-32-33-34-35-36) (voir plus de photo en annexe résultats) ainsi que pour un « à changement de couleur » (CV17), les jaunes (CV05-14), les roses (CV28-11). Pour les pierres taillées, 11 sur 37 présentent les losanges en mosaïques ou des croisements de plans bien marqués.



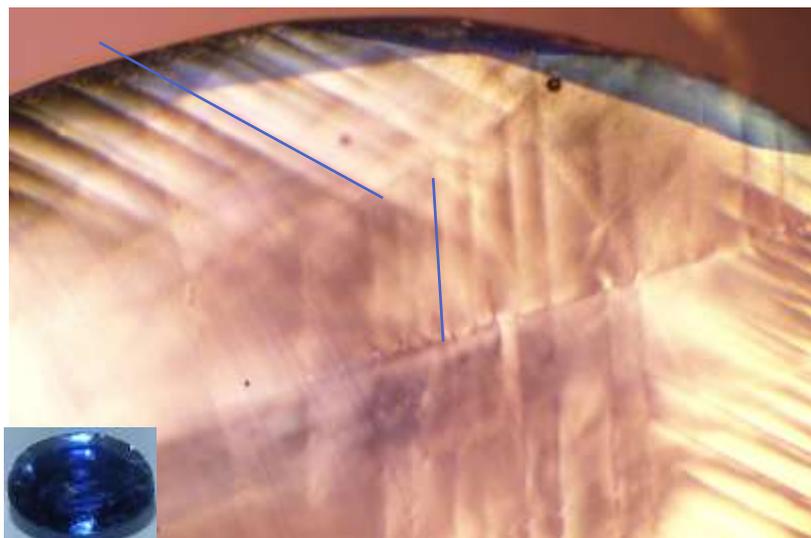


Photo 6-12 : CV32

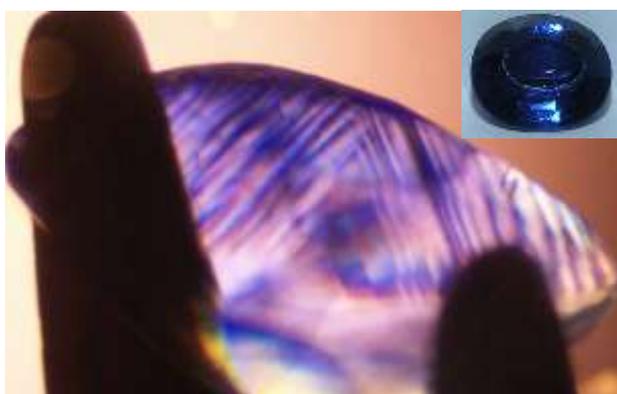
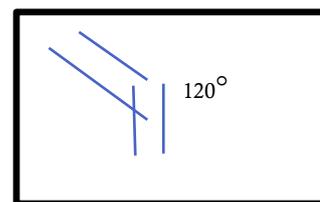


Photo 6-14 : CV33

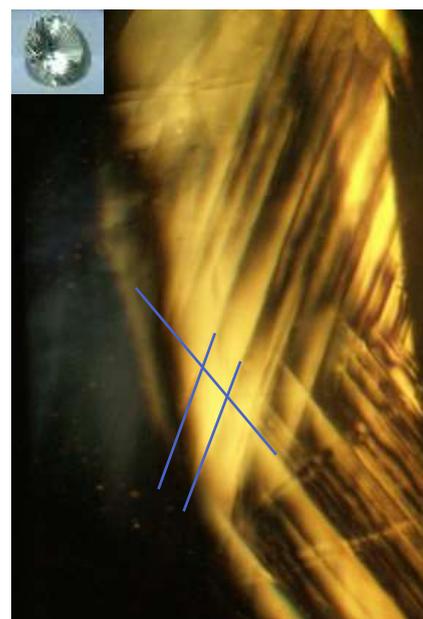


Photo 6-16 : CV14

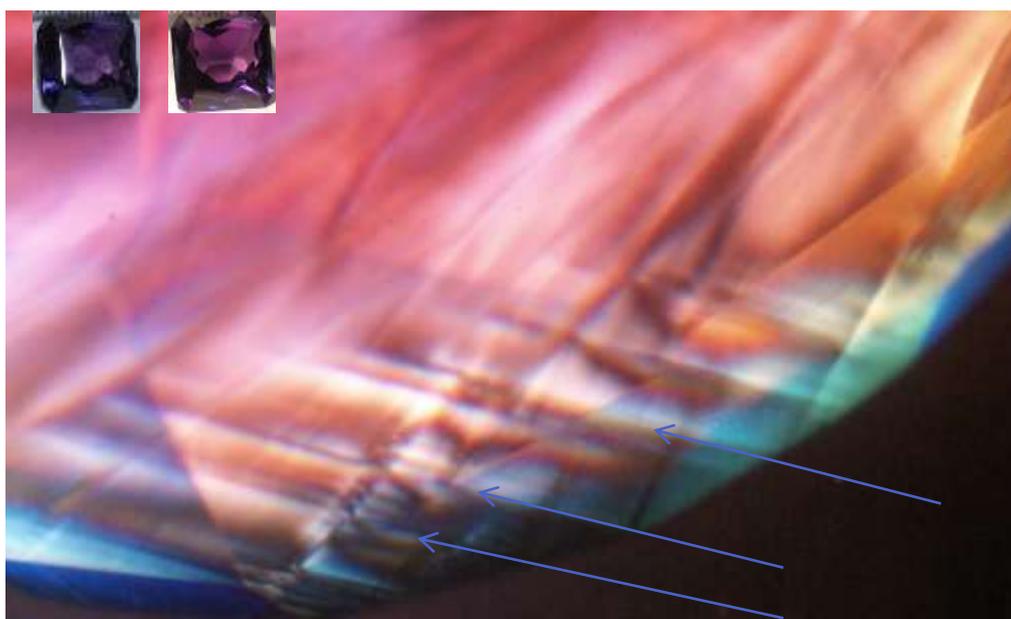


Photo 6-15 : CV17

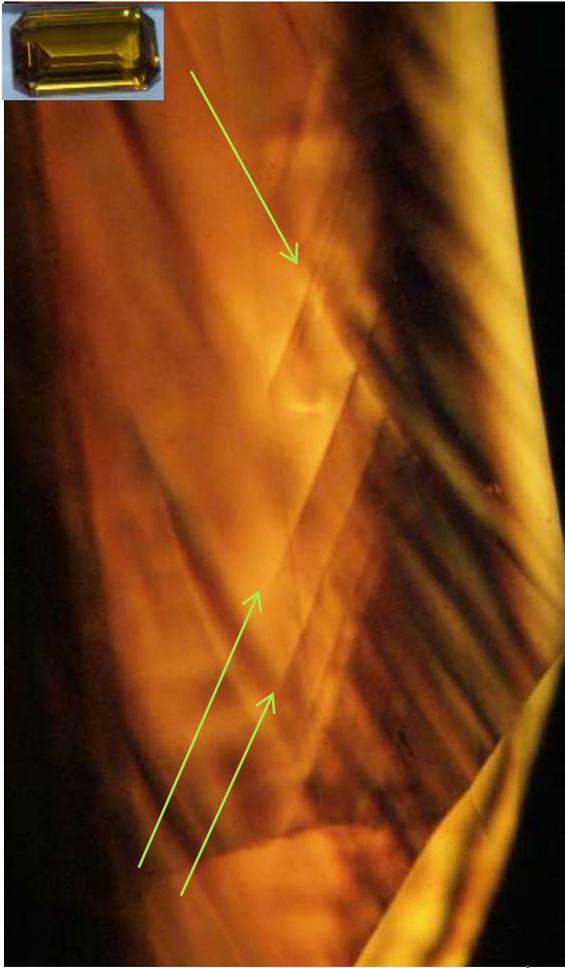


Photo 6-17: CV05



Photo 6-18 : CV11

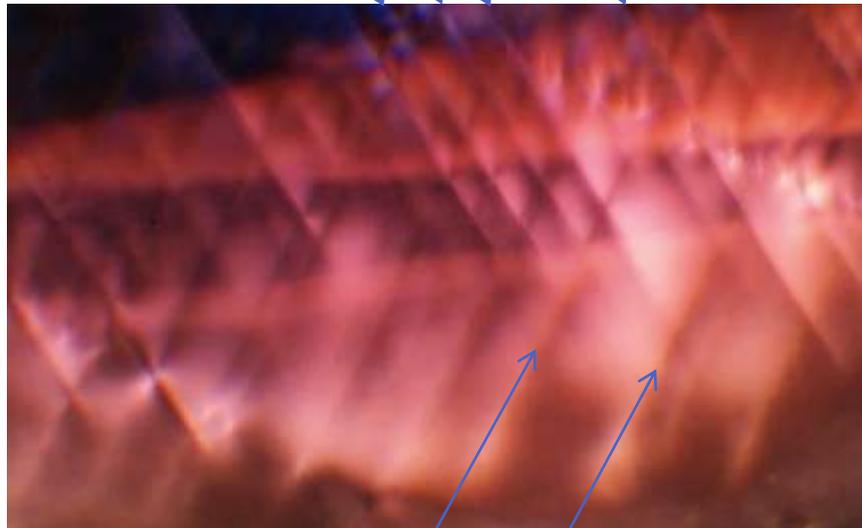


Photo 6-19 : CV28

2. Les lignes de Plato simples et parallèles : « B » sur le tableau récapitulatif (16/37)

On observe des lignes « interrompues » fines comme des plans de coupe pour des bleus CV15-18, des incolores CV22-45-46, un « à changement de couleur » CV06, les orange CV07-47, les rouges CV16-19-30, les roses CV12-13-43, les jaunes CV27-44. Elles sont placées en bordure de pierre le plus souvent.



Photo 6-21 : CV07



Photo 6-20 : CV15

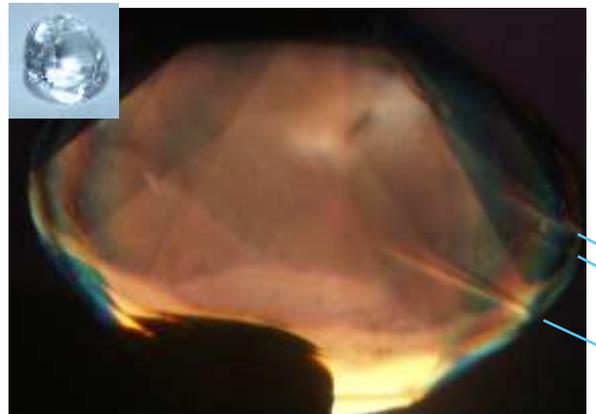


Photo 6-22 : CV22

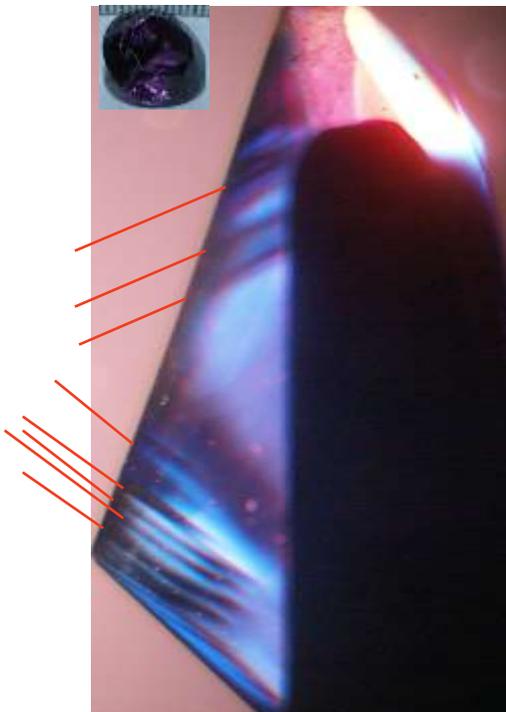


Photo 6-24 : CV06

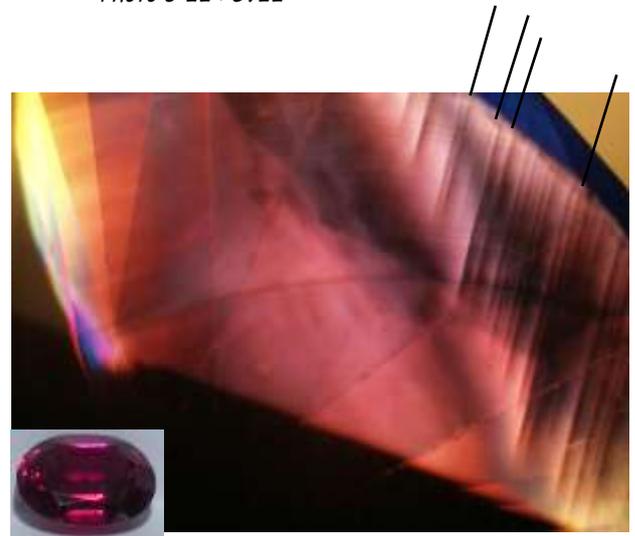


Photo 6-23 : CV19

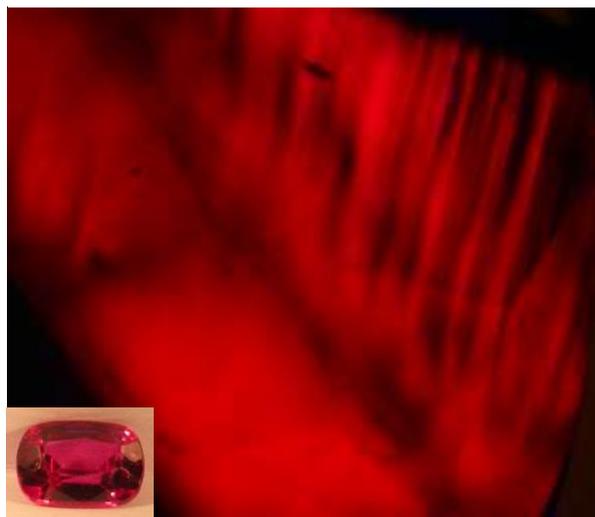


Photo 6-26: CV30

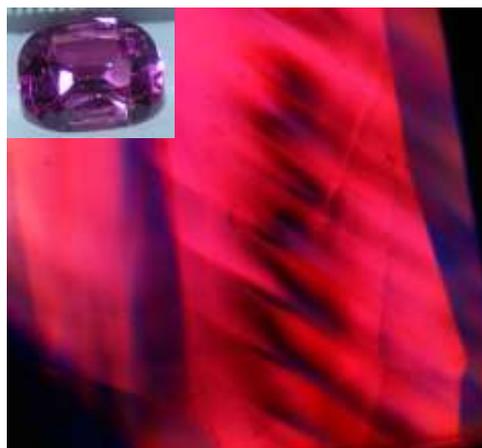


Photo 6-25: CV12

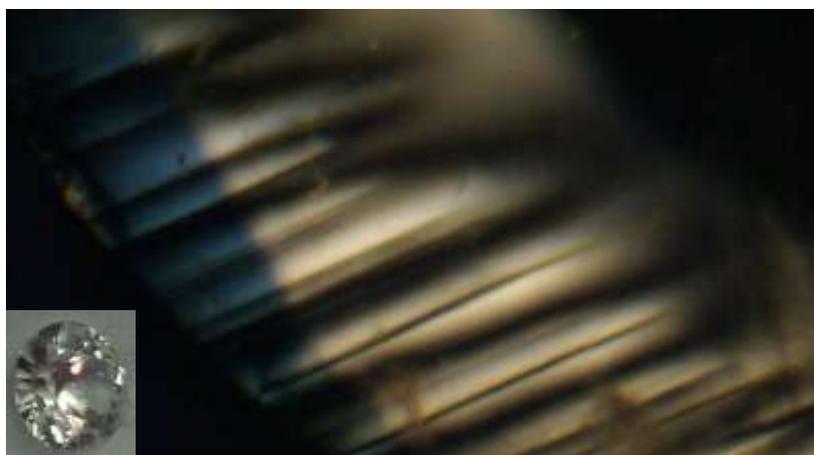


Photo 6-27 : CV46

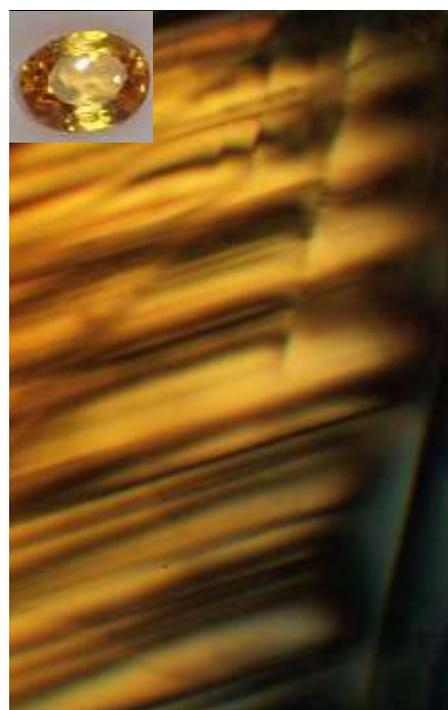


Photo 6-28 : CV27

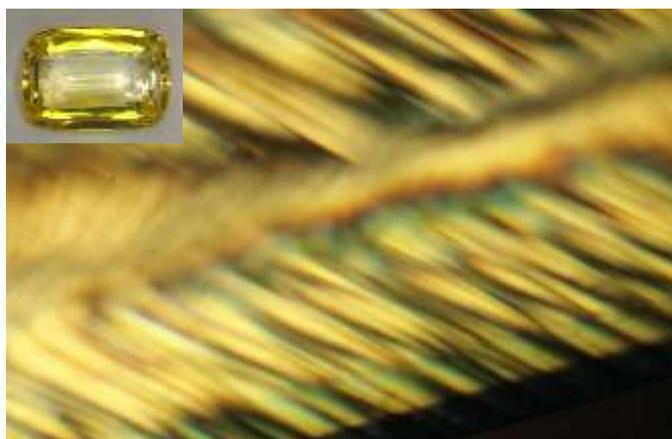


Photo 6-29 : CV44

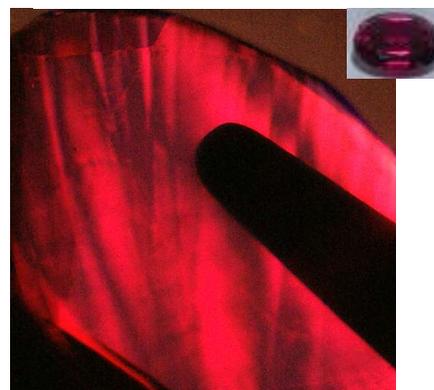
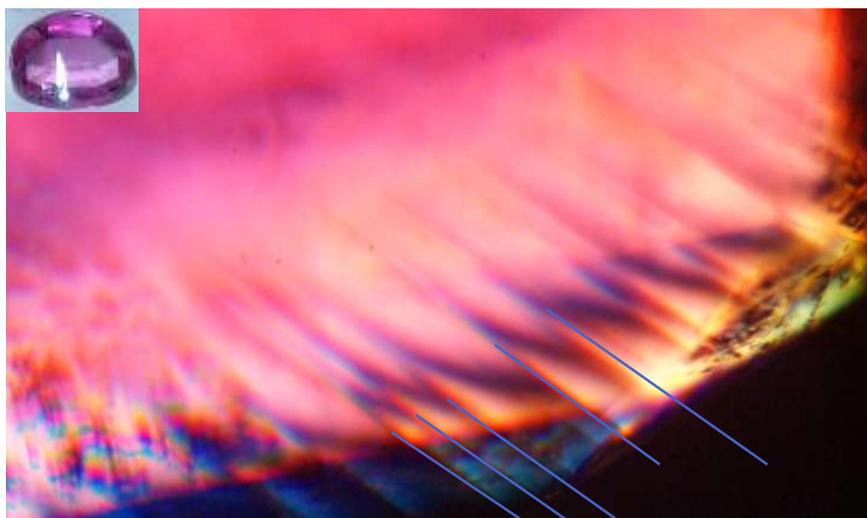


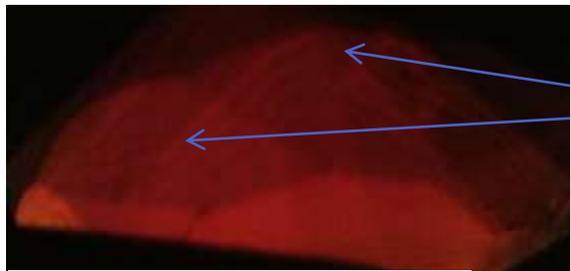
Photo 6-30 : CV16



*Photo 6-31: CV13*

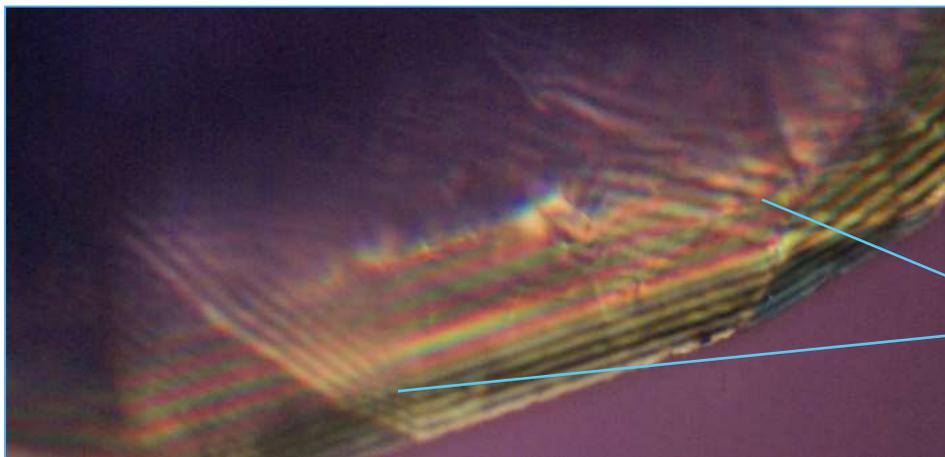
3. Les tensions résiduelles, les dislocations, les déformations, les moirés et occasionnellement les macles : 11/37.

Des tensions ondulantes parfois colorées parfois noires, des macles caractérisées par le moiré sont observables dans certaines pierres rouges CV 01-16-41-42, jaunes CV03-04-21, bleues CV37, color-change CV20-29, rose le CV40 et un incolore CV22.



Effet de moiré !

Photo 6-32 : CV 01



Moiré de macles

Photo 6-33 : CV37

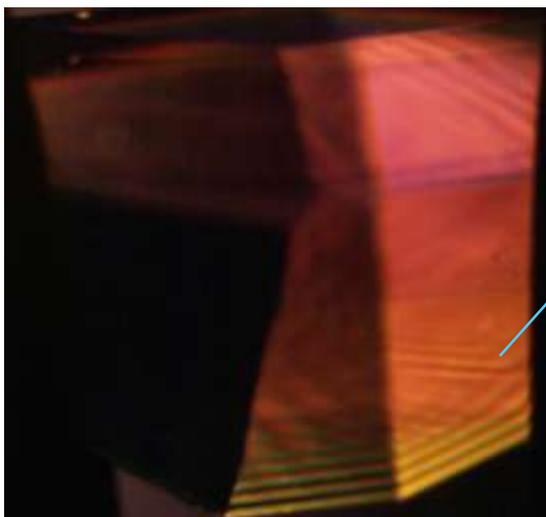
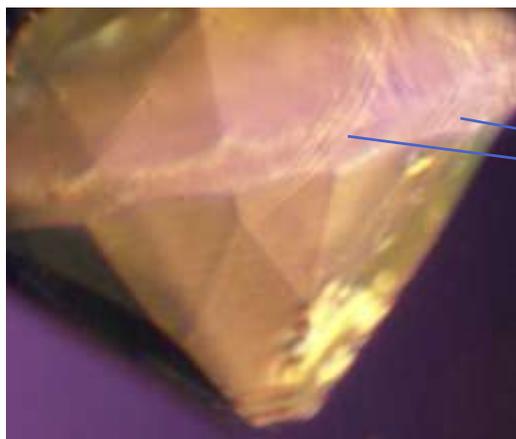


Photo 6-34 : CV40

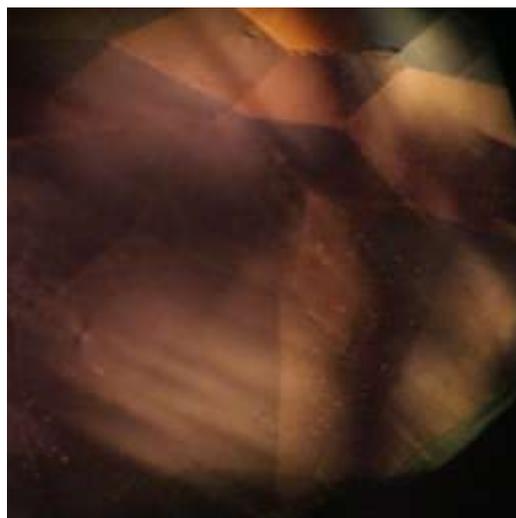
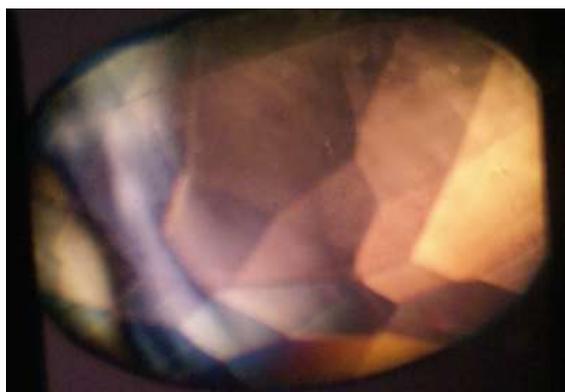


Effet de  
moirés

*Photo 6-34: CV22*



*Photo 6-35 : CV04*



*Photo 6-37 et 38: CV21*

lignes de Plato ?

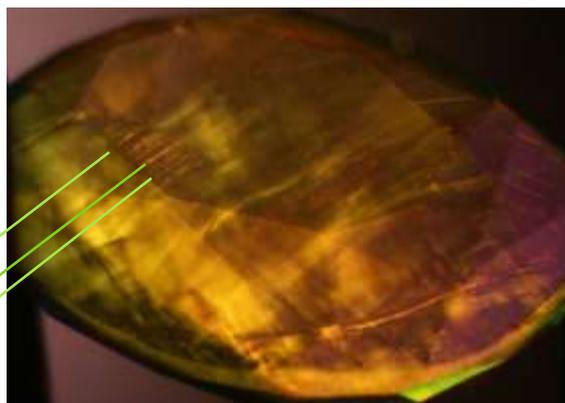
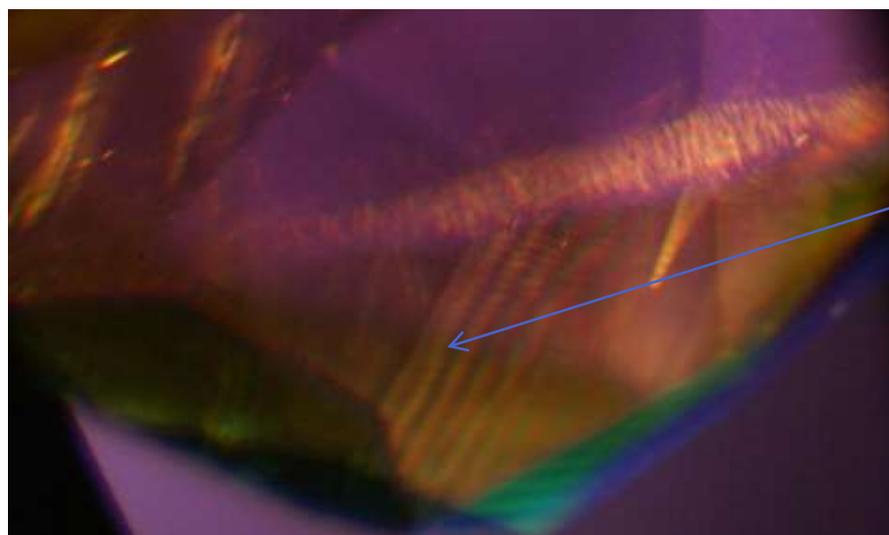


Photo 6-39 : -38 : CV03



Effet de moirés

Photo 6-30 : CV03

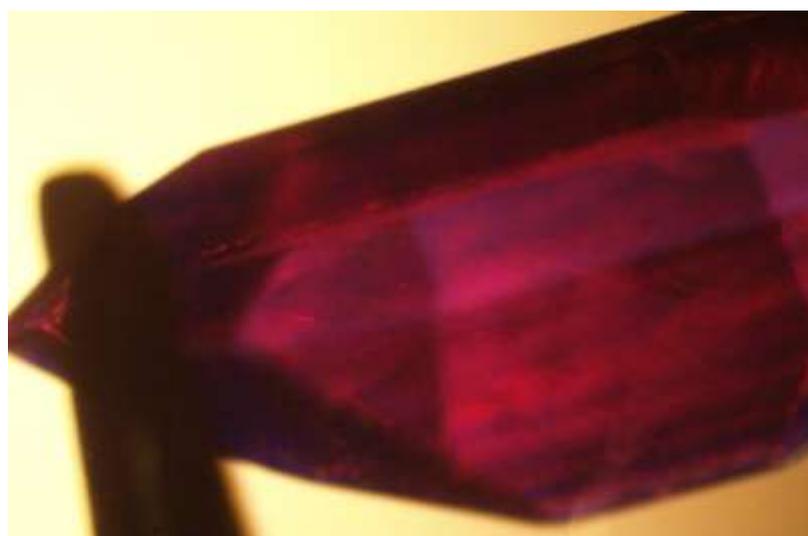
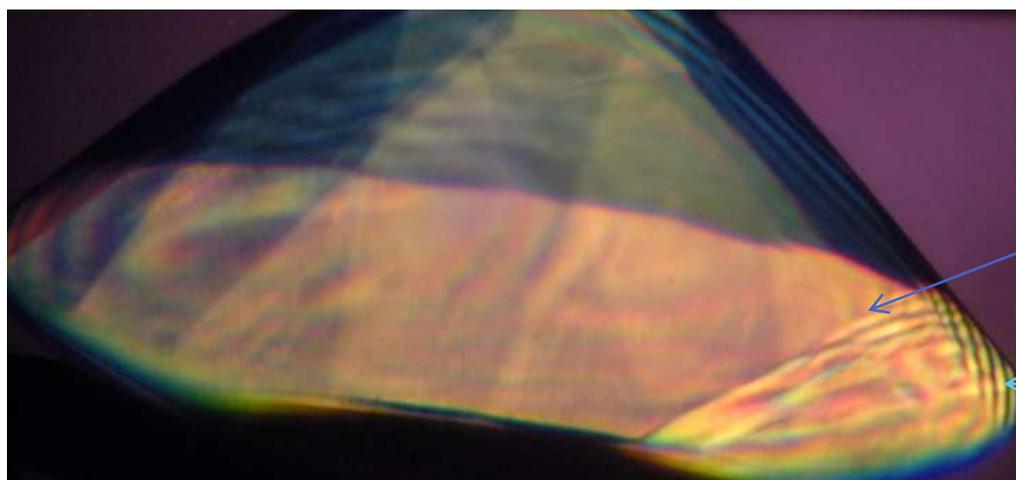


Photo 6-41 : CV42



Moiré de macle

Moiré de contour  
de forme

*Photo 6-43 : CV21*

Variation suivant le milieu d'immersion :

CV14



-Dans le MI pour la pierre CV14 jaune presque incolore, les LP sont visibles au travers d'une facette.



Photo 6-40 : CV14 dans le MI entre polarisateurs croisés

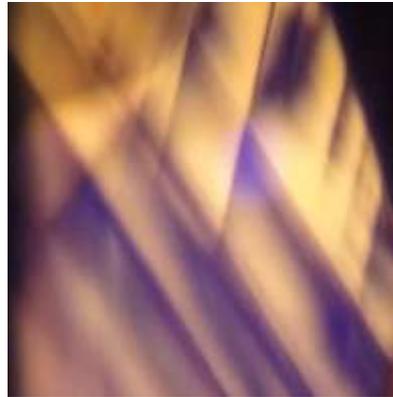


Photo 6-39 : idem agrandi

-A sec entre les deux filtres : la pierre s'allume uniquement dans l'axe optique ou l'on aperçoit très difficilement des lignes colorées.



Photo 6-41 : CV14 à sec entre polarisateurs croisés

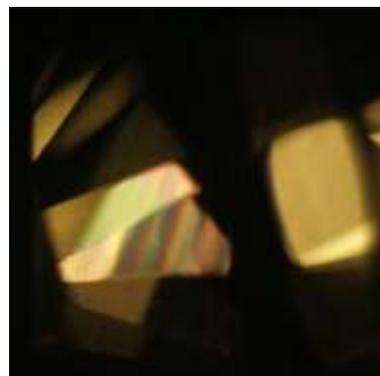


Photo 6-42 : idem agrandi

-J'ai aussi essayé d'utiliser de l'**Ethanol**. Son coût d'achat est faible et il est peu toxique. J'ai acheté dans le commerce de l'alcool alimentaire à 96% en volume. Son IR est de 1.36. Il n'y a pas de modification de couleur mais une rapide évaporation. Par contre, les facettes sont vraiment très marquées et la recherche de l'axe optique est beaucoup plus compliquée. Ici, grâce au grossissement on arrive à bien voir les LP au travers de la facette pour la pierre **CV14**.

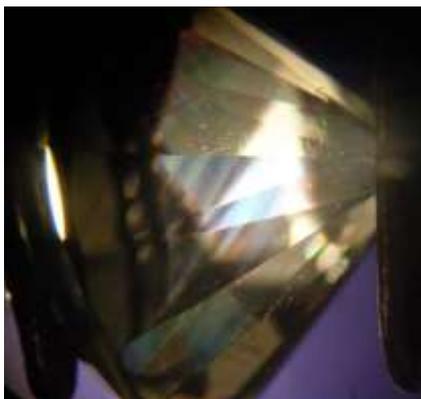


Photo 6-43 : CV14 dans l'éthanol les facettes sont très visibles

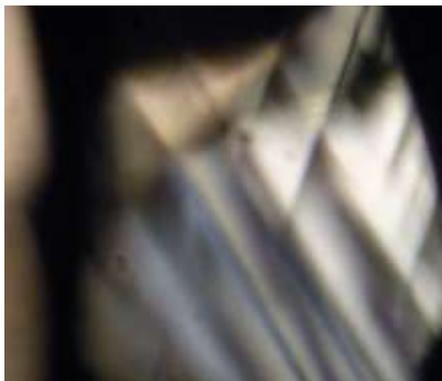


Photo 6-44

-J'ai testé avec **de l'huile de carthame**. Son IR est de 1.47. Dans cette huile, grâce à la facette, on peut aussi bien apercevoir les LP et leur aspect est complètement identique à celui vu dans le MI. Ici la pierre CV14.



Photo 6-45 : Corindon dans de l'huile de Carthame



Photo 6-46

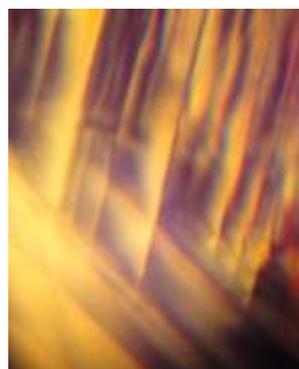


Photo 6-47

-De l'eau, tout simplement. IR 1.33.

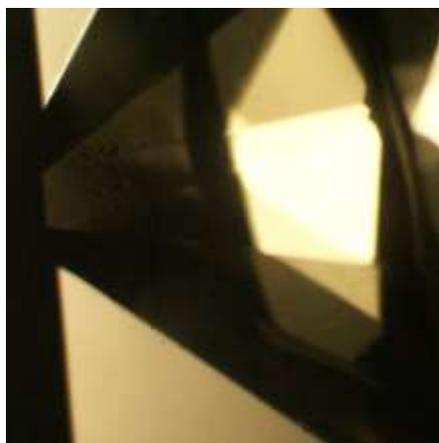


Photo 6-48



Photo 6-49



Photo 6-40



CV28

-Dans le MI les LP sont très clairement visibles au travers du rondiste.



Photo 6-51 : CV28 sans filtres pol.

« un petit défaut sur le rondiste en surface »

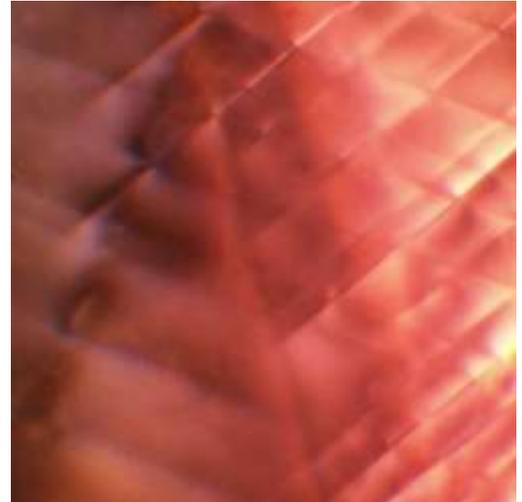


Photo 6-52 : CV 28 avec filtres pol.

-Ici, dans le cas de l'**Ethanol** pour cette pierre CV28 les LP se devinent pour un œil averti exactement sur la rondiste.



Photo 6-53 : CV28 on aperçoit les LP sur le rondiste

-Dans l'huile de carthame à présent, on perd complètement la définition des LP et il reste quelques tensions colorées. Cela ne convient pas dans ce cas –ci.

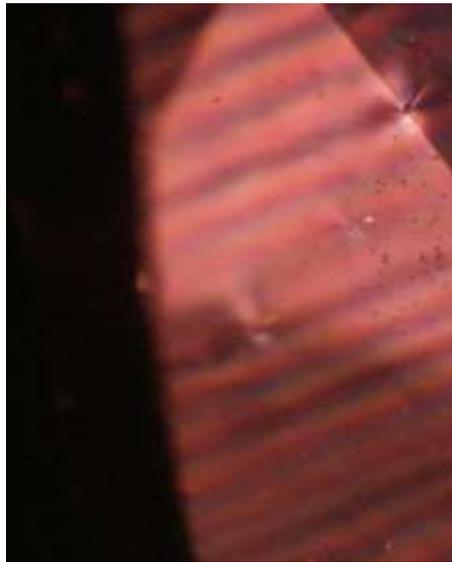


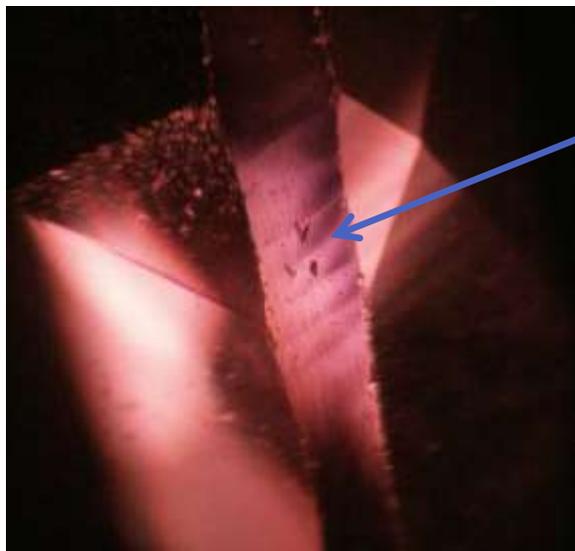
Photo 6-54 CV28 dans l'huile sous polarisateurs croisés



On peut retrouver ici le petit défaut sur le rondiste.

Photo 6-55 CV28 dans l'huile de carthame sous polarisateurs croisés

-J'ai testé dans l'eau pour la CV28 et on voit quand même (lorsqu'on sait où chercher) des LP sur le rondiste.



« le petit défaut »

Photo 6-56 Corindon rose dans l'eau entre polarisateurs croisés

**Remarque :** pour ces deux pierres CV14 et CV28, j'ai également testé avec du Benzyl Benzoate IR 1.57 (appelé BB) et avec du 1-Bromonaphtalène IR : 1.66 (appelé MBN) mais comme les résultats n'était pas probants et que cela reste des produits chimiques, donc relativement toxiques, je n'ai pas jugé nécessaire de rajouter les photos.

## SHADOWING

Parfois, il est utile d'améliorer leur visibilité mais uniquement dans le cas des jaunes.  
 Je n'ai pas été très convaincue par l'utilisation d'un **filtre bleu**. Par contre le **shadowing**  
 ou même simplement le placement d'un seul **filtre polarisant** suffit à renforcer la  
 visibilité des lignes courbes.



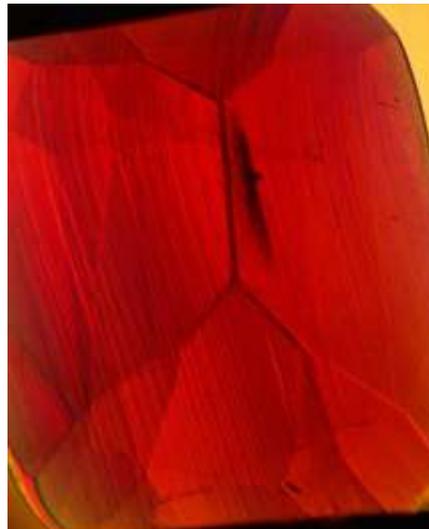
*Photo 6-10 : CV32*



*Photo 6-11: CV32 avec 1 filtre polarisant*



*Photo 6-52 : CV30*



*Photo 6-13 : CV30 avec 1 filtre polarisant*

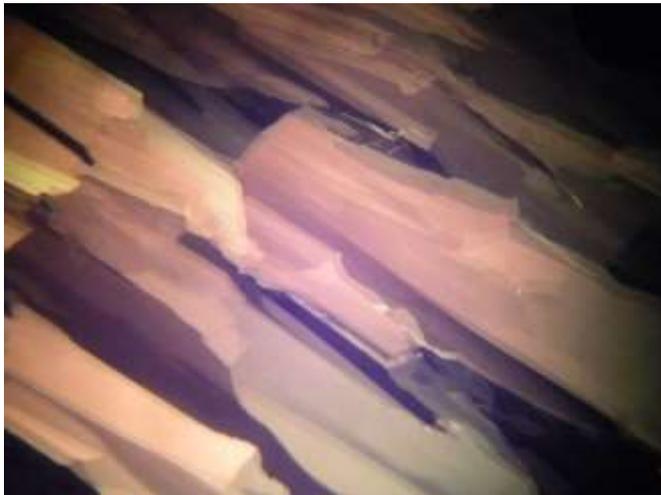
### JOINTS DE GRAINS

J'ai reçu de Monsieur Emmanuel Fritsch deux verres de montre en corindon incolore. Ils proviennent d'après lui d'un fournisseur de verre de montre Verneuil. Ceux-ci sont complètement transparents. Ils ont un diamètre de 30mm environ et une épaisseur de 0.75mm pour l'un et 2mm. Leur densité est de 3.99.



*Photo 6-57 : Le verre de montre au Polariscope*

Les photos sont prises au microscope en immersion dans le MI sous polariseurs croisés.



*Photo 6-58 Au microscope dans le MI sous polariseurs croisés*

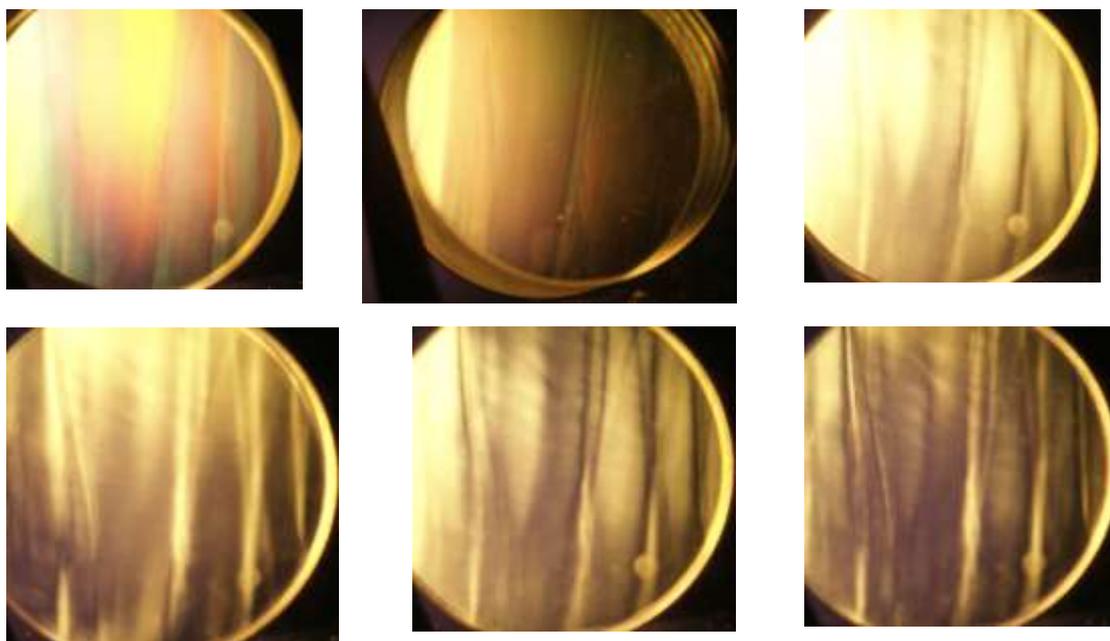


*Photo 6-59 idem*

La photo est prise exactement au même endroit, mais il y a juste un des deux filtres polariseurs que l'on a déplacé très légèrement. On peut donc clairement discerner les différents grains de corindon.



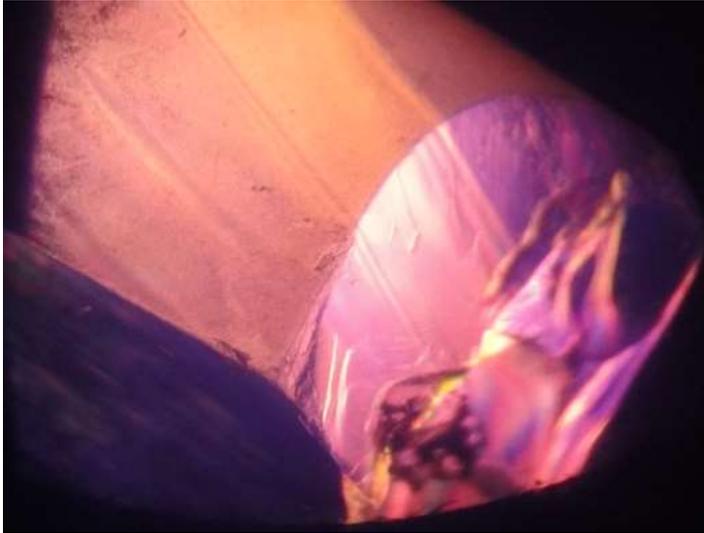
*Photo 6-60 Verre de montre en corindon incolore CV49 au microscope en immersion sous polariseurs croisés*



*Photo 6-61 : CV50 au microscope en immersion dans le MI sous polariseurs croisés dans différentes positions.*

**BRUT**

La présence de « grains » de corindon est ici bien visible sous polarisateurs croisés dans ce morceau **brut ici un jaune** :

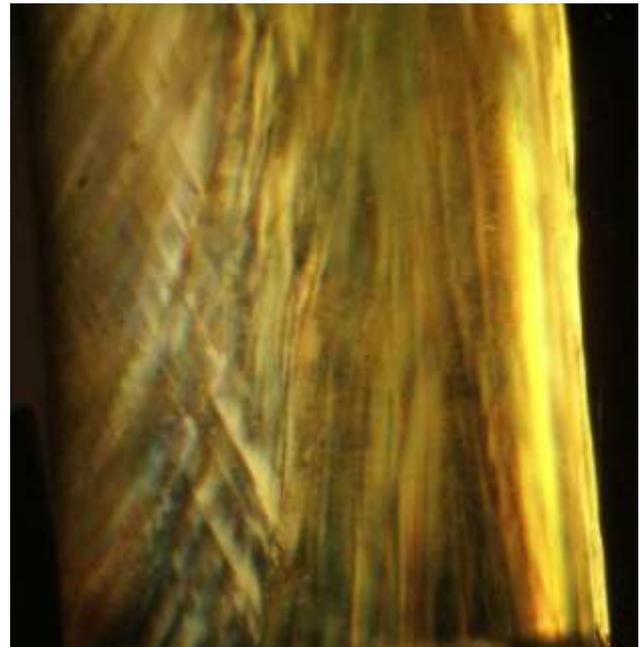
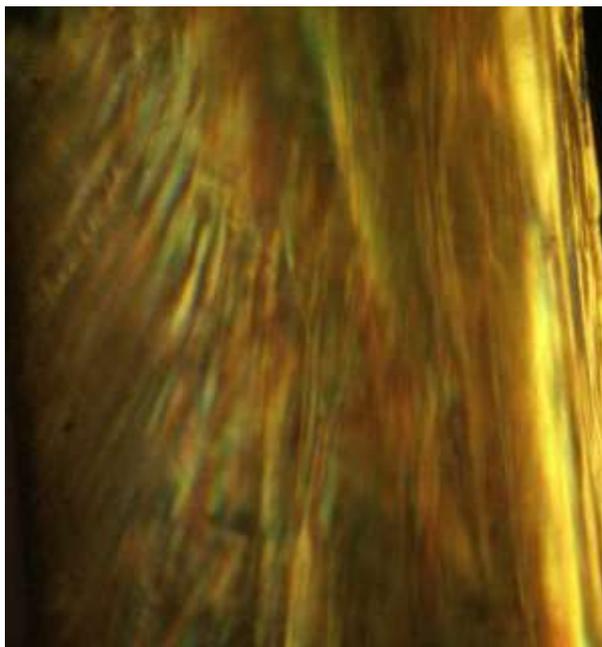


*Photo 6-63 : CV47 en immersion sous polariseurs croisés polycristallisation du brut de Verneuil*



*Photo 6-62 : CV47*

Il peut se produire au début de la fabrication du Verneuil une germination multiple due à de mauvaises conditions (température ou autres ...).

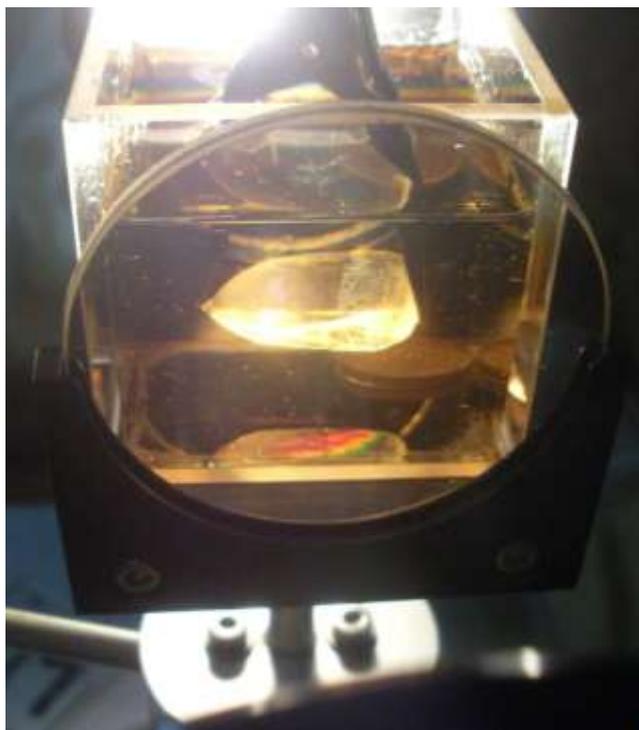


*Photos 6-64 et 6-65 : CV47 entre polariseurs croisés dans le MI*

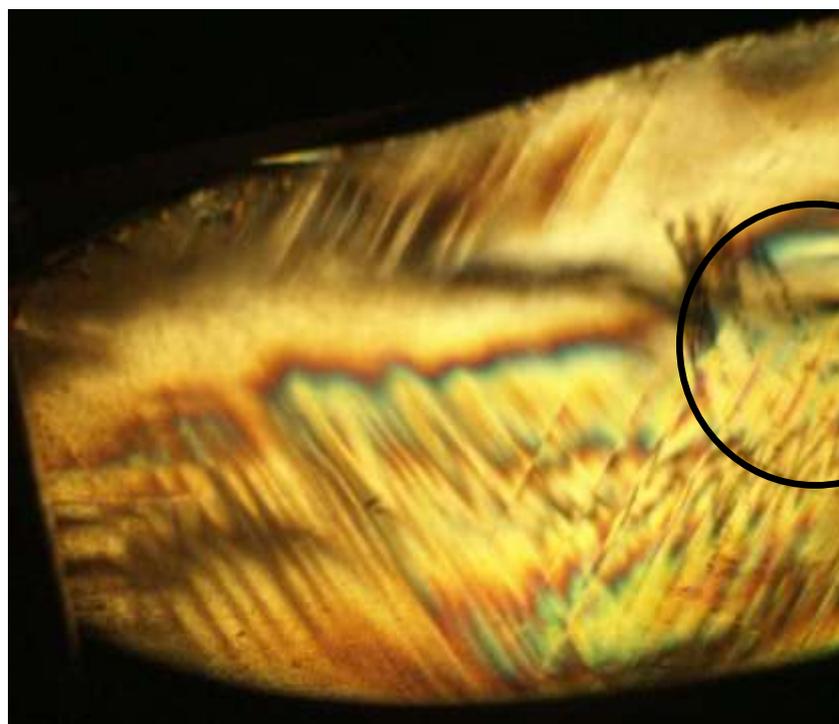
Ici un incolore :



*Photo 6-66 : CV23*



*Photo 6-67*



*Photo 6-68*

Le cercle a un diamètre de 6mm. J'estime donc par règle de trois que la largeur entre deux LP peut être estimée à 200 $\mu$ . La littérature parle (Mr Eppler) de 70 à 90 $\mu$ .

C) U.V.

--- = inerte

Echantillons	UV	UV
<i>Bleu</i>		
CV15	Bleu clair	----
CV18	Bleu clair	----
CV31	Bleu clair	----
CV32	Bleu clair	----
CV33	Bleu clair	----
CV34	Bleu clair	----
CV35	Bleu très	----
CV36	Bleu clair	----
CV37	Bleu clair	----
<i>Rouge</i>		
CV01	Rouge vif	Rouge très
CV02	Rouge	Rouge très
CV16	Rouge	Rouge très
CV19	Rouge	Rouge très
CV30	Rouge	Rouge très
CV41	Rouge	Rouge très
CV42	Rouge	Rouge très
<i>Rose Fuchsia</i>		
CV11	Bleu clair	Rouge vif
CV12	Rose -	Rouge vif
CV13	Rose	Rouge vif
CV28	Rose bleuté	Rouge vif
CV40	Rose bleuté	Rouge vif
CV43	Rose bleuté	Rouge vif
<i>À changement de couleur</i>		
CV06	Bleu clair	Rouge
CV17	Bleu clair	Rouge
CV20	Bleu clair	----
CV29	Bleu clair	----
<i>Jaune</i>		
CV03	----	---
CV04	----	---
CV05	----	---
CV14	----	---
CV21	----	---
CV27	----	---
CV44	-----	---
<i>Orange</i>		
CV45	----	Rouge
CV07	----	Rouge
<i>Incolore</i>		
CV22	----	----
CV45	bleu	----
CV46	-----	----

Dans mes échantillons **Bleus** j'ai observé une luminescence bleue claire aux UVC. Celle-ci est légèrement plus intense pour le CV35. Et presque nulle pour le CV 37. Aux UVL les Verneuil bleus restent inertes.

Pour les échantillons **Rouges** : aux UVC ils ont tous une fluorescence rouge modérée et une fluorescence rouge très vives aux UVL.

Tous les échantillons **Jaunes** sont inertes aussi bien aux UVC qu'aux UVL.

Les Verneuil **Roses** ont aux UVC une fluorescence imprévisible qui varie du rouge ou rose vers le violet ou le bleuté. Ils sont par contre tout à fait rouge vif sous UVL.

Les **Incolores** ne réagissent pas aux UV sauf le CV45 qui a réagi bleu sous UVC. Ils sont tous les trois transparents aux UVC.

Les **Oranges** ne sont pas réactif aux UVC et avec une faible réaction rouge sous UVL.

Les **ColorChange** bleussent tous les quatre aux UV Courts. Deux échantillons réagissent aux UV longs (CV6-17). Ils rougissent. Les deux autres sont inertes (CV20-29)

Les photos ont été réalisées en **lumière du jour**, puis en **UVC** et ensuite en **UVL**.

#### Bleu



*Photo 6-69 : CV15-18-31-32-33-34-35-36-37*

#### Incolore



*Photo 6-70 : CV22-45-46*

Rouge

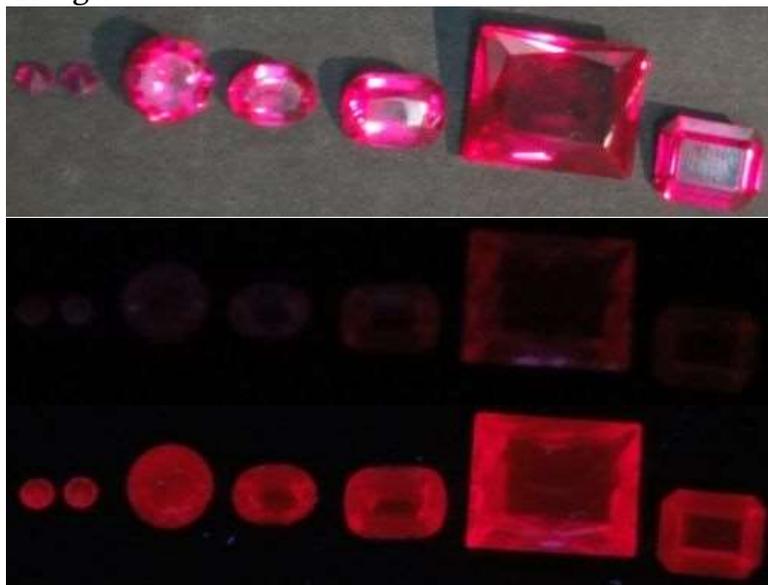


Photo 6-71 : CV01-02-16-19-30-41-42

ColorChange



Photo 6-72 : CV6-17-20-29

Rose



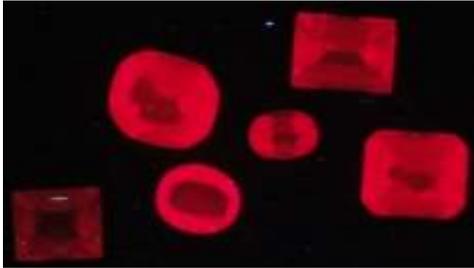


Photo 6-73 : CV11-12-13-28-40-43

### Jaune



Photo 6-74 : CV 03-04-05- 27-44- 14-21

### Orange



Photo 6-75 : CV07-47

Brut



Photo 6-76

Brut incolore, orange, bleuté, vert, rose pâle, vert, jaune

D) SPECTRE INFRA ROUGE

I. Tableau récapitulatif - Infra Rouge pour quelques Verneuil

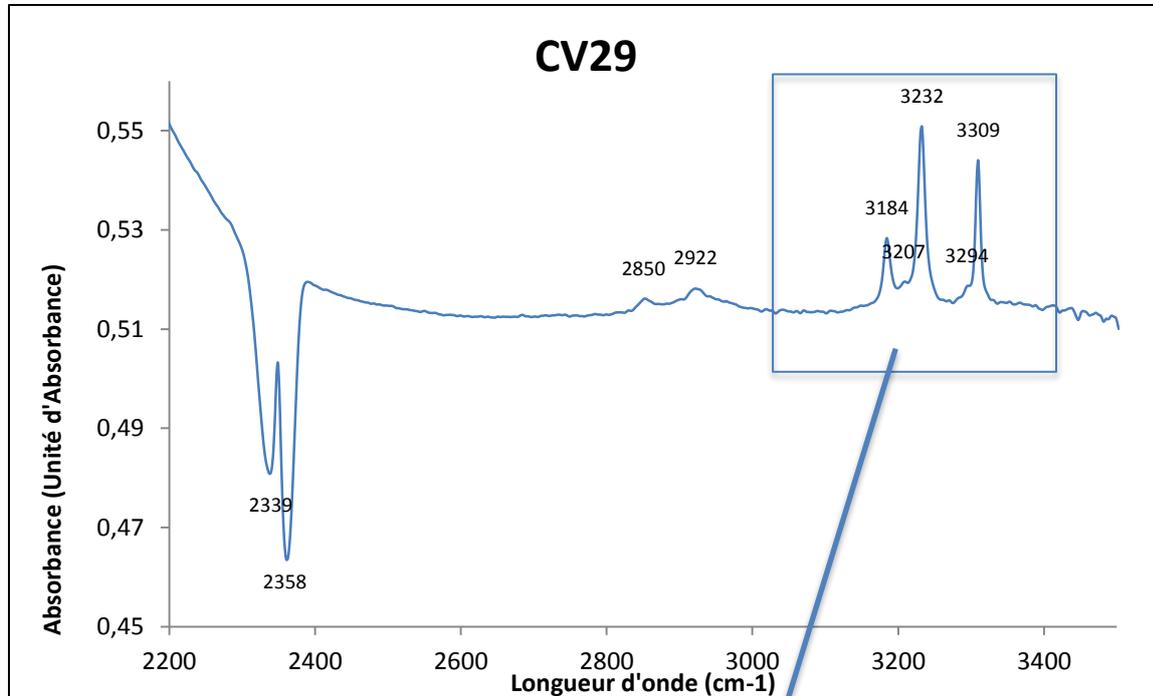
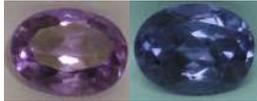
Les 7 échantillons (CV29-22-45-46-03-04-05) sont des pierres taillées.

Les CV48-49 sont les verres de montre et les CV50-51 sont les lentilles.

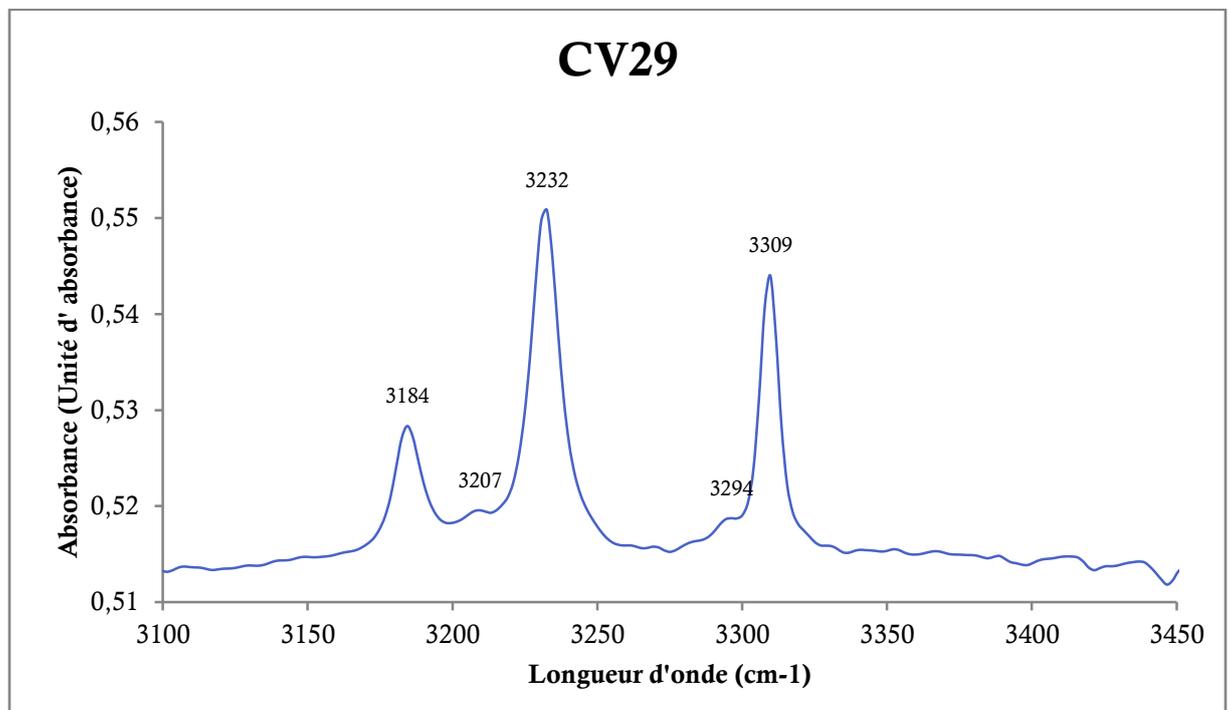
Les longueurs d'onde sont en cm-1.

Echantillons	3163	3180	3182	3184	3207	3217	3232	3278	3294	3309	3319	3419
CV29												
CV22-Incolore												
CV45 Incolore												
CV46 Incolore												
CV48 Verre de montre												
CV49 Verre de montre												
CV50 Lentille												
CV51 Lentille												
CV03												
CV04												
CV05												

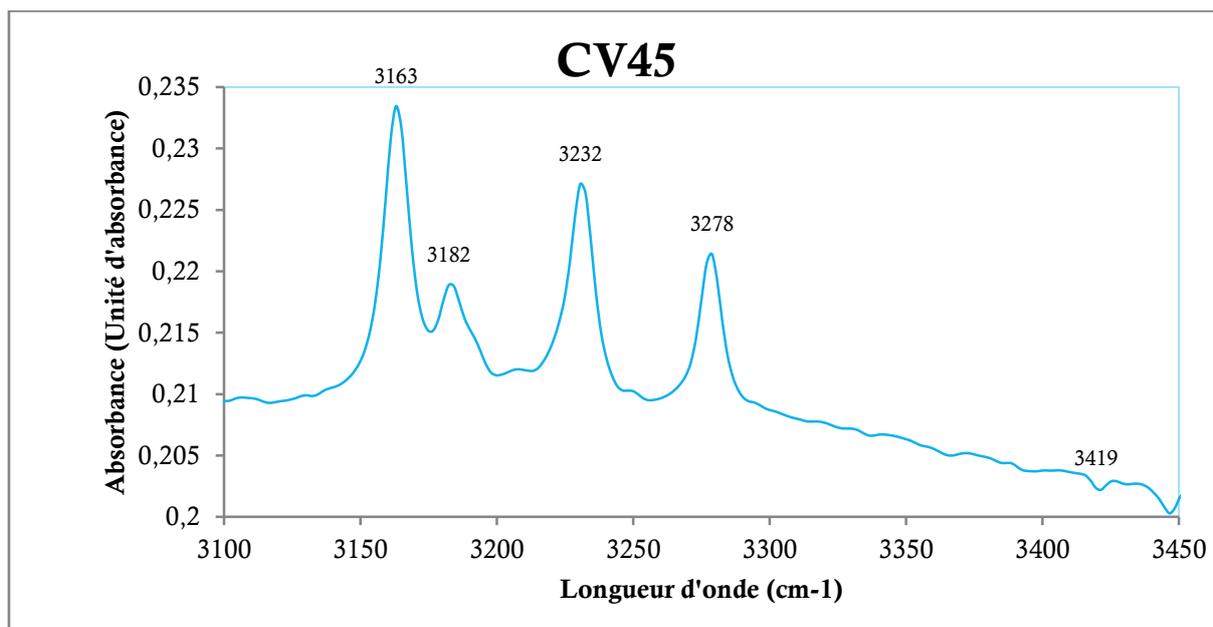
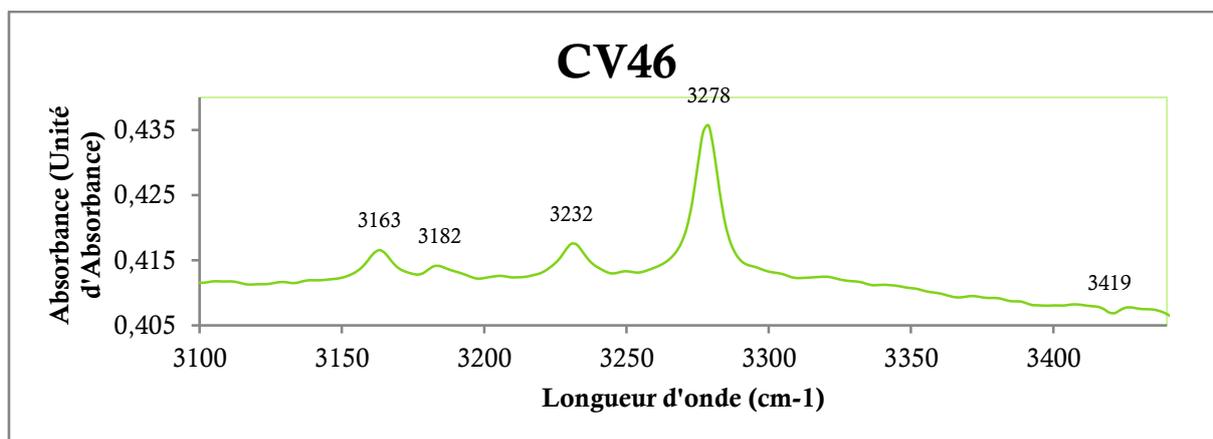
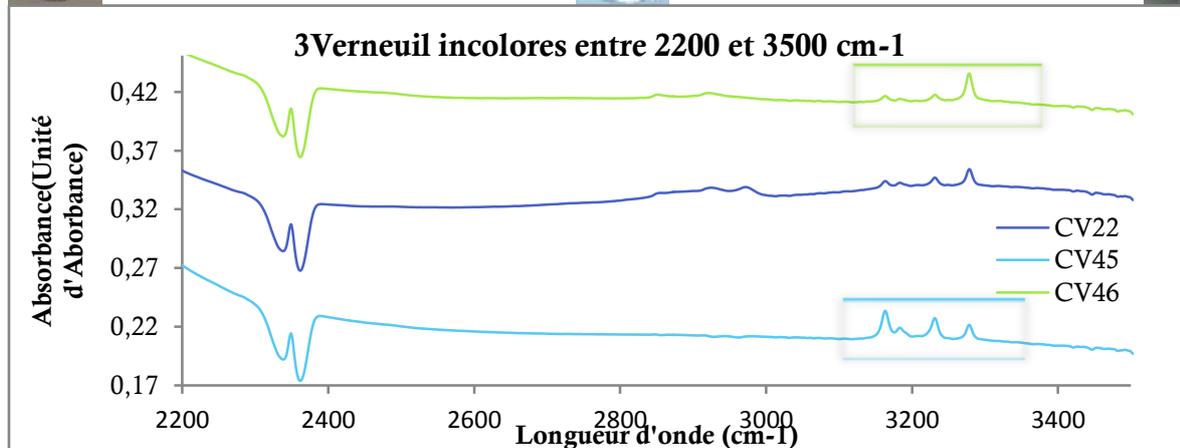
II. Verneuil à changement de couleur



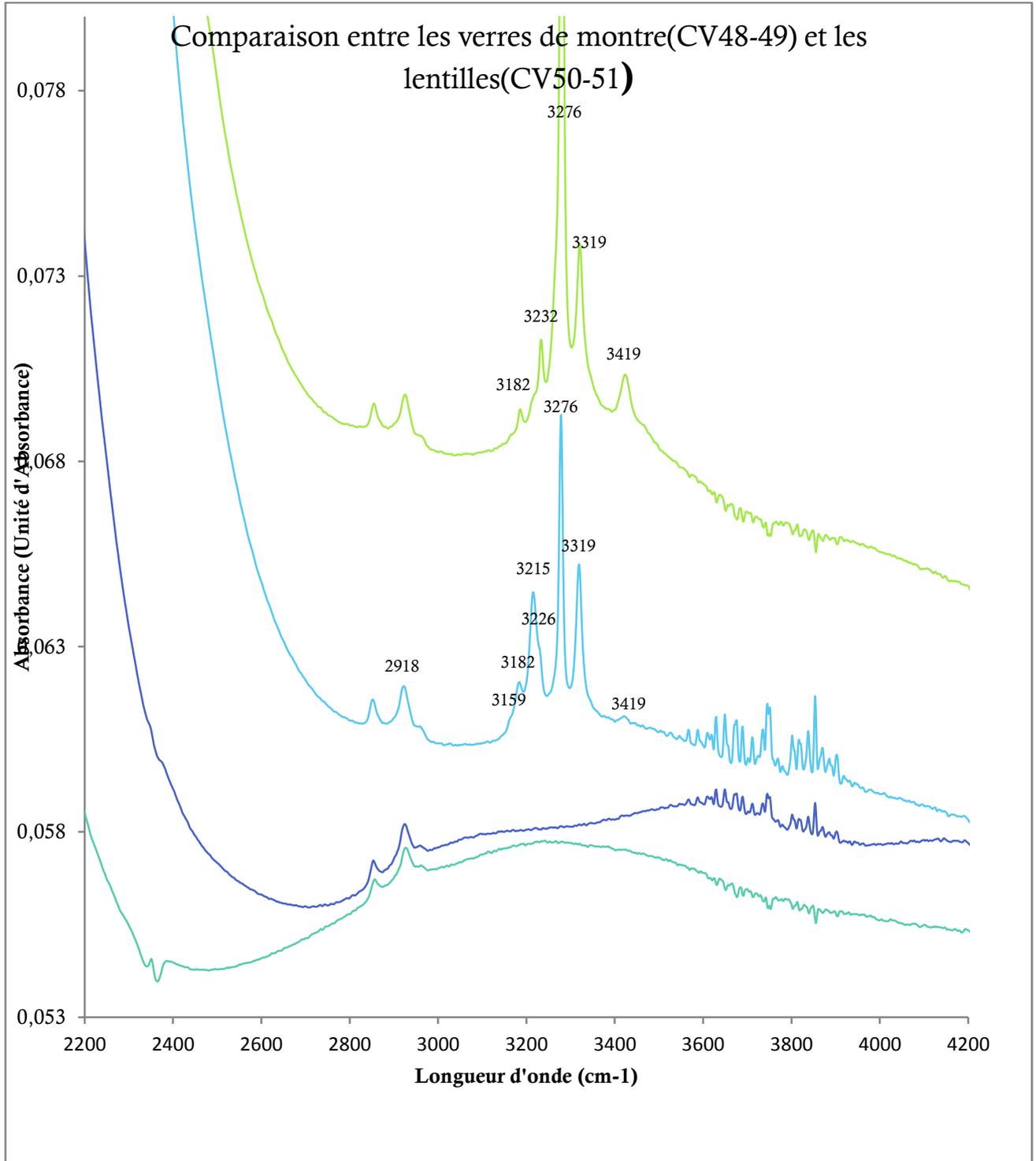
Je rappelle que les deux pics négatifs sont des artefacts dus au CO<sub>2</sub> atmosphérique.  
Les petits pics entre 2850 et 2930 sont dus aux traces de doigts.



III. Verneuil incolores



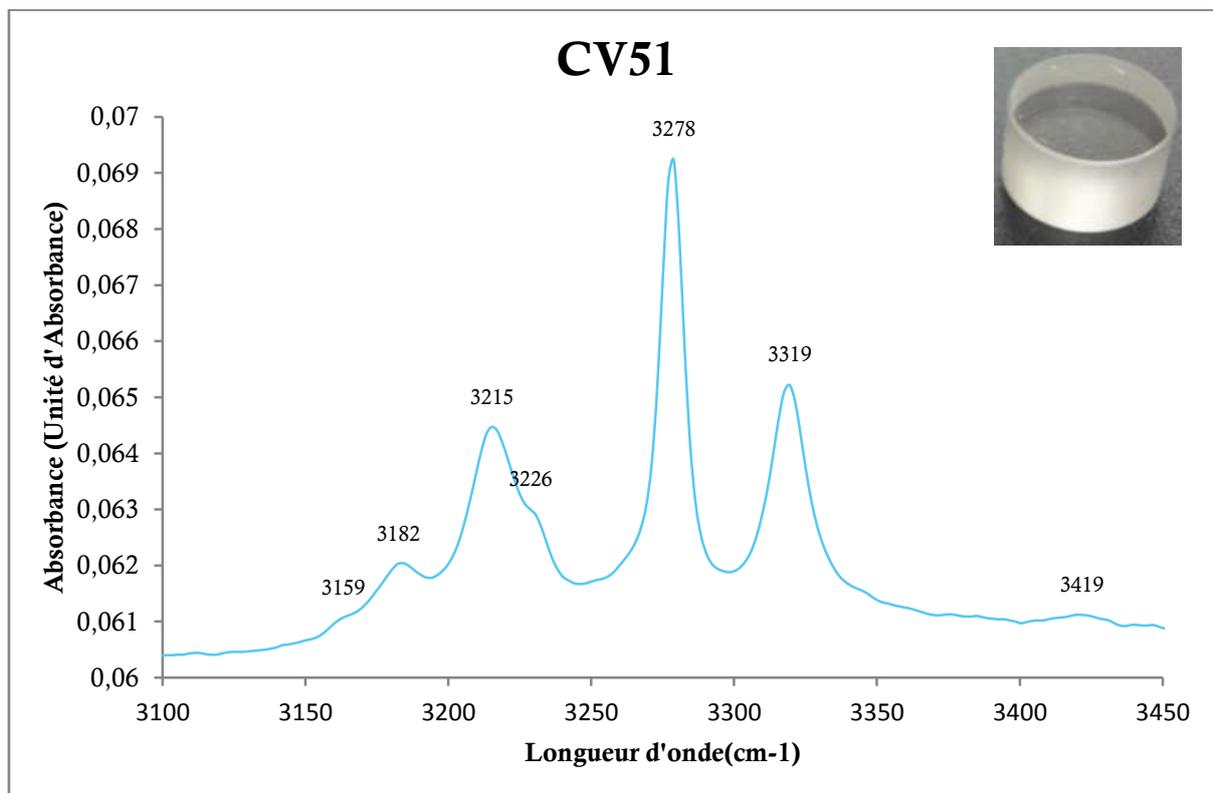
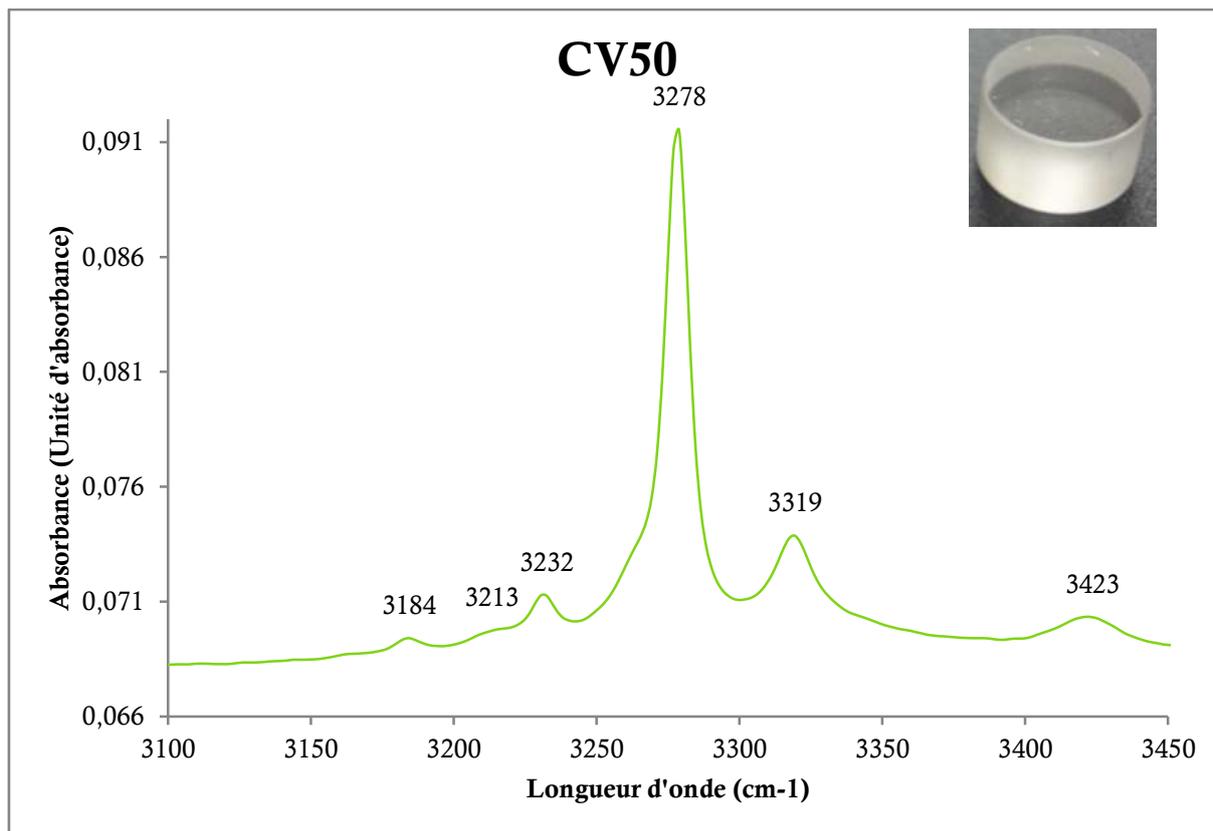
IV. Verres de montre et Lentilles



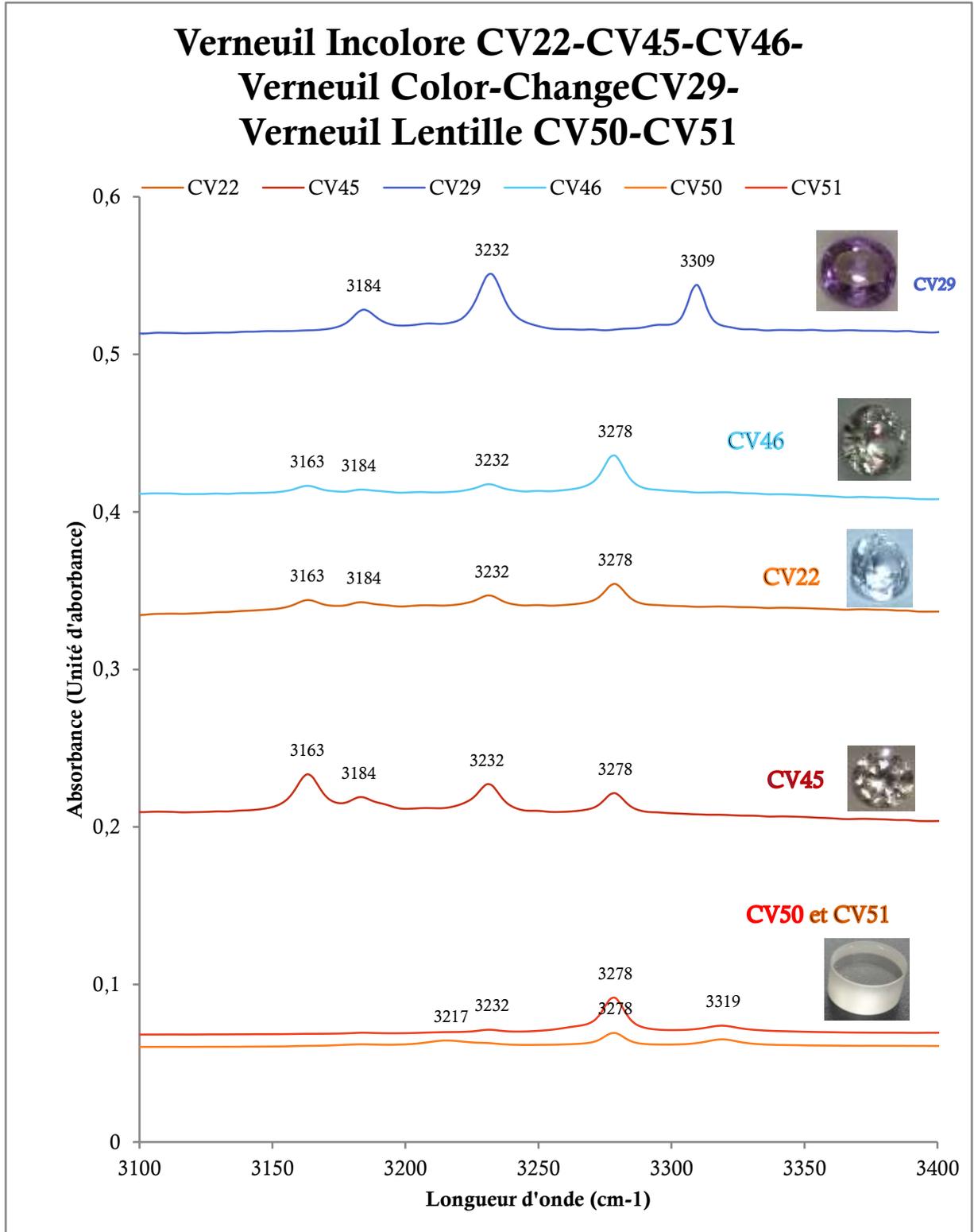
CV50 et CV51



CV48 et CV49

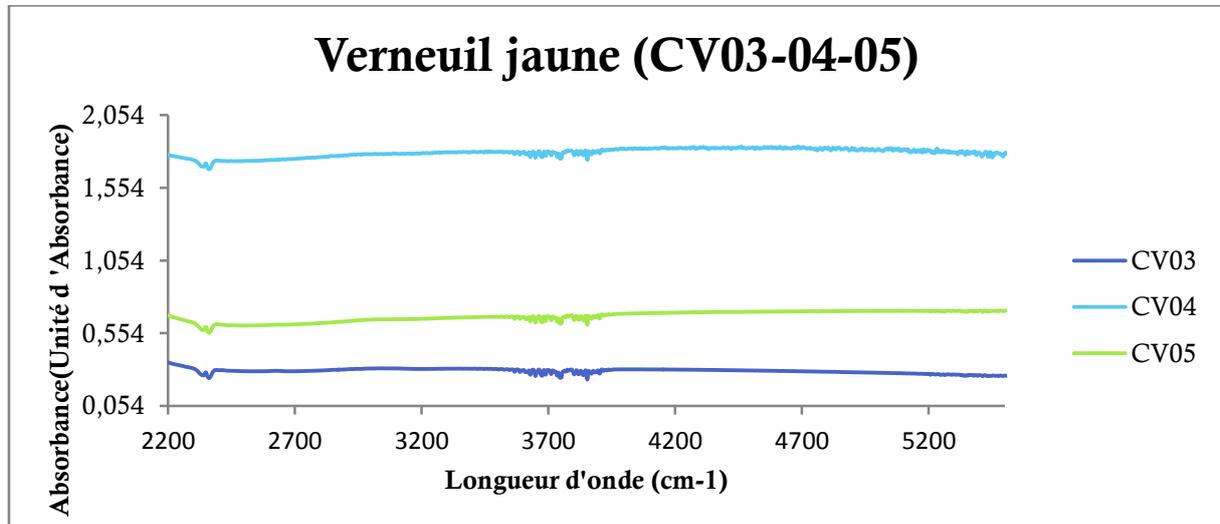


V. Verneuil



VI. Verneuil jaune

Sur toute la plage d'analyse entre 2200 et 5200, on ne remarque aucun pic d'absorption.



CV03



CV04



CV05

## 7. DISCUSSION

### I. Analyse des résultats :

J'ai étudié 37 Verneuil taillés: 9 bleus, 6 rouges, 6 roses, 4 à changement de couleur, 7 jaunes, 2 oranges et 3 incolores. Sur ces 37 pierres, 25 ont des lignes courbes facilement identifiables au microscope en immersion.

Les 12 sans ligne courbe sont soit de couleur pâle soit incolores.

Pour 8 d'entre eux, les LP sont bien distinctes. Concernant les quatre derniers, le CV40 rose a de petits dépôts d'excès de matière colorante, le CV21 jaune pâle a une macle et des tensions internes, le CV03 présentent des tensions internes qui masquent sans doute les lignes de Plato et le dernier à changement de couleur CV29 a des tensions résiduelles sous polarisateurs croisés. C'est celui qui reste le plus ambigu.

### II. Trouve-t-on toujours un critère de gemmologie classique pour identifier un Verneuil ?

Ni la densité, ni la biréfringence, ni une biaxialité anormale ne sont indicatifs d'un Verneuil. Le dichroïsme bien marqué pour les pierres de couleur ne se trouvera pas de manière systématique sur la table ou ailleurs. La position du dichroïsme le plus marqué est dépendante de l'axe optique et non pas de l'axe de croissance. L'axe optique est décidé par l'industriel pour des raisons de commodité ou vitesse de croissance et la gemme sera taillée de manière aléatoire.

Julie Dupuy (de ma promotion) m'a prêté la plupart des **Verneuil bleus (CV31 à 37)** et un **Verneuil rouge (CV30)** que j'ai utilisé pour ce travail. Elle est antiquaire brocanteuse spécialiste des bijoux anciens en salle de ventes. Ses « Verneuil » sont donc originaires de bagues anciennes. Ils ont en générale des lignes courbes facilement visibles, des bulles visibles à la loupe, des amas de taches bleues ou rouges et parfois même des craquelures en surface. C'est aisé de les identifier.

J'ai reçu des **saphirs Verneuil jaunes foncés (CV03-04-05)** de Benjamin Rondeau. Les lignes courbes ne sont pas visibles à la loupe. En immersion, les lignes courbes sont visibles pour le CV04 et CV05. Ils n'ont pas de bulles et très peu d'imperfection. Les LP sont très bien marquées pour le CV05 et peu présentes (tensions internes) pour CV03 et CV04.

Les quatre **saphirs Verneuil jaunes moyens (CV14-21-27-44)** que j'ai étudié n'ont pas de lignes courbes visibles. Ils ont tous des LP.

J'ai étudié aussi des « **à changement de couleur** » (CV6-17-20-29). Les lignes courbes se voient au microscope pour la plupart mais pas pour le CV29 acheté dernièrement chez T.Pradat. Ils sont de toutes manières aisément reconnaissables grâce à leur couleur bien caractéristique due au vanadium. Les LP ont été bien nettes pour deux d'entre eux CV 6 et CV17. Par contre très floues pour le CV20 et le CV29. (Ces deux-là étaient inertes aux UVL.)

Les **Verneuil rouges (CV01-16-19-30-41-42)** ont bien souvent des lignes courbes structurelles bien marquées avec cet effet « disques vinyles ». Il y a aussi parfois un peu de dépôt de colorant (CV30). J'ai découvert que la recherche des LP pouvait se révéler plus difficile dans les pierres fortement colorées. Les LP apparaissent parfois seulement sous forme d'ombres indistinctes (CV01-CV16-CV41-CV42). Par contre le CV19 et le CV30 montrent des LP bien distinctes.

Les Verneuil roses (CV11-12-13-28-40-43) n'ont pas nécessairement de lignes courbes très visibles (CV11 et CV40). Cela dépend de l'intensité de la coloration. Parfois on peut observer sous forme de poussière rouge (CV40) un excès d'éléments colorants. Les LP sont parfois très visibles, très bien marquées (CV11-12-13-28-43) et parfois très difficiles à préciser (CV40).

Dans les pierres de couleur pâle incolore (CV22-45-46) jaune pâle (CV14-21) rose pâle (CV11) qui m'ont été prêtées par R. Dedeyne ou par la SBG il n'y a pas de ligne courbe, pas d'inclusions sous forme de bulles ou de dépôt. J'ai trouvé des LP dans toutes les pierres incolores ainsi que dans les jaunes et la rose pâle. La pierre incolore CV22 a montré des plans interrompus plutôt que des vraies LP. Les trois pierres incolores sont transparentes aux UVC.

### III. Certaines couleurs de Verneuil sont-elles plus difficiles à identifier ?

Oui, les Verneuil incolores ou faiblement colorés, ne montrent pas aisément leurs lignes courbes. Les nouvelles fabrications de Verneuil avec la modernisation des systèmes de chauffage, le perfectionnement des différents éléments utiles à leur fabrication, les gaz, la granulométrie de la poudre et son saupoudrage, l'enceinte de cristallisation, ont été améliorées dans le but d'obtenir différents cristaux de corindons de formes utiles pour l'industrie. Toutes ces modernisations ont beaucoup diminué les défauts structurels dus aux anciennes techniques mécaniques des anciens Verneuil.

Les Verneuil avec une coloration assez intense bleue ou rouge sont plus faciles à identifier grâce à leurs lignes de croissance courbes. Les Verneuil peu ou pas colorés ne pourront pas être identifiés par ce moyen.

Dans toutes les pierres étudiées, j'ai pu sous polarisateurs croisés et en immersion, déterminer leur nature synthétique grâce aux LP ou à des tensions bizarres différentes de ce que l'on observe d'habitude dans les pierres naturelles équivalentes.

### IV. Trouve-t-on toujours des LP dans un Verneuil ?

Pour les 37 pierres Verneuil étudiées, j'ai pu photographier des LP bien marquées dans 27 pierres. Les 10 autres ont montré des tensions sous forme de moirés indistincts. Dans certains Verneuil, tout particulièrement les rouges foncés, mais pas seulement, la visibilité nette des LP n'est pas possible, par contre la présence d'ombres noires est très marquée, des lignes ondulantes ou parfois des plans de macles ?

### V. Les filtres polarisants sont-ils obligatoires ?

Pour observer les LP, il est absolument nécessaire d'utiliser des filtres polarisants. D'abord pour trouver l'axe optique et ensuite pour faire apparaître les lignes dans la direction de l'axe optique. En effet, on pourra différencier les plans de macles d'un corindon naturel avec des LP d'un Verneuil en retirant un des deux filtres polarisant : la LP disparaît et le plan de macle non. C'est ce qui les différencie principalement en dehors d'une inclusion plus opportune !

C'est peut-être pour cela que certains gemmologues ont cru voir des LP dans des corindons naturels de Tanzanie ou d'une région géologique comparable (Madagascar ? Voir photos en annexe 11). Certains plans de macles peuvent se trouver dans l'axe optique ou tout près et induire en erreur.

#### VI. L'utilisation du liquide d'immersion a-t-elle son importance ?

Bien évidemment, l'usage du diiodométhane (Mi) est le plus performant. Grâce à son indice de réfraction proche de celui du corindon la qualité de la vision dans la pierre est très bonne. Par contre, il est réputé très nocif et est assez couteux. Il faut prévoir de l'utiliser sous hotte aspirante et avec des gants. L'eau donne un résultat qui n'est pas si mauvais, le problème est de trouver la position de l'axe optique. Cela complique énormément le travail.

#### VII. La détection des LP est elle plus aisée en fonction du liquide d'immersion et du matériel utilisé ?

Oui bien évidemment ! Ce qui est difficile c'est de trouver l'axe optique. Après c'est une question d'œil et aussi de stabilité du matériel. Les LP ne sont pas toujours localisées sur une grande surface, il faut donc scruter l'axe optique afin de les trouver.

Le matériel qui maintient la pierre en position immobile est aussi de grande importance. Ce qui est agréable avec un microscope inversé, c'est que le gemmologue est éloigné du liquide d'immersion.

Il faut également trouver une cuvette en verre optique en rapport avec la grosseur de la pierre, de la même manière il faut avoir des brucelles qui ont un écartement agréable, stable, des pointes fines qui ne gêneront pas la vue. C'est compliqué de regarder des toutes petites pierres qui sont complètement dissimulées par les brucelles et cela l'est pareillement pour les grosses pierres qui ne restent pas toujours complètement immergées dans le liquide.

#### VIII. La position des LP :

J'ai remarqué que les lignes commencent souvent au bord de la pierre. C'est valable pour toutes les LP que j'ai pu observer sauf pour le CV14 et quelques Verneuil rouges ou la position de départ des LP étaient plus imprécises. Les Verneuil Brut ont également cette particularité voir photo 6-64 et 6-68.

Madame Dobrovinskaya dans « Sapphire » rappelle que le centre de la boule Verneuil est plus dense, plus concentré alors que la partie extérieure, là où la circonférence est plus large, permet aux tensions de se répartir différemment.

La taille, le polissage de la pierre pourrait-il éventuellement renforcer ces perturbations dans le réseau cristallin ?

#### IX. Les LP sont-elles une particularité uniquement du Verneuil ?

-Dans la littérature, Monsieur Liddicoat signale l'éventuelle présence de LP dans les rubis de Tanzanie. En annexe, j'ai proposé deux rubis de Tanzanie prêtés par Monsieur R.Dedeyne qui montrent des tensions bizarres pour l'un et des croisements de macles avec des sites R bien marqués pour l'autre. (Photo11-1,2) Attention ! Dès que l'on enlève les filtres polarisés, on perd les colorations mais on garde les défauts de structures et inclusions diverses. Ce serait difficile de confondre avec un Verneuil. J'ai également pu remarquer dans des rubis de Madagascar prêté par Monsieur G. Lalous, de grosses ressemblances avec certains Verneuil. Des tensions résiduelles sont bien présentes. (Photo11-3, 4, 5, 6, 7)

-Monsieur F.Notari m'avait signalé et montré une photo de LP qu'il avait trouvé dans un corindon obtenu par tirage (Czochralski).

-J'ai eu également en ma possession trois pierres déclarées comme des Verneuil chauffés et remplis de verre au plomb. Pour le rouge, il n'y a pas eu de problème, j'ai tout de suite repéré les lignes courbes, pour le bleu aucune ligne courbe et trop de matière vitreuse ou colorée pour

pouvoir apercevoir de LP et pour le jaune des tensions bien visibles pouvant s'apparenter aux LP et sans doute aux joints de grain (photos 12-1 et 2 dans annexe 12). Je suppose donc que le rechauffage a perturbé le réseau et masqué d'une part les lignes courbes et d'autres parts les LP. Ceci devrait être vérifié sur un plus grand nombre de pierres.

#### X. Quel est la nature cristallographique des LP et à quoi sont-elles dues ?

Dans le Belyaev de 1980, page 150 et 151, Madame Chernysheva propose 4 corindons vus sous polarisateurs croisés, l'observation est faite dans la direction de l'axe optique (Photo7-1):

-a : une structure en bloc avec des lignes courbes et des joints de grains.

-b : plan de glissement

-c : plan de macle observé à un angle de l'axe optique

-d: fracture du à un plan de clivage (10-11).

La photo en « a » ressemble beaucoup à celle prise avec le Verneuil « brut » jaune (photo 6-64 et 6-65). Et aussi à la photo prise par Messieurs Koivula et DeGhionno en 1999. (photo3-15)

Les plans de glissement proposés en « b » sont bien identiques aux différentes lignes observées pour les lignes de Plato.

En position « c », on aperçoit des moirés suivant la forme extérieure de la pierre et des moirés de macles. J'en ai observé dans quelques Verneuil CV01, 03, 22, 40,37. C'est un phénomène que j'ai également pu observer dans les pierres naturelles (photos 11,1-7-13-14).

Et enfin en position « d », des clivages. Je n'en ai pas observé dans les Verneuil utilisés pour cette étude.

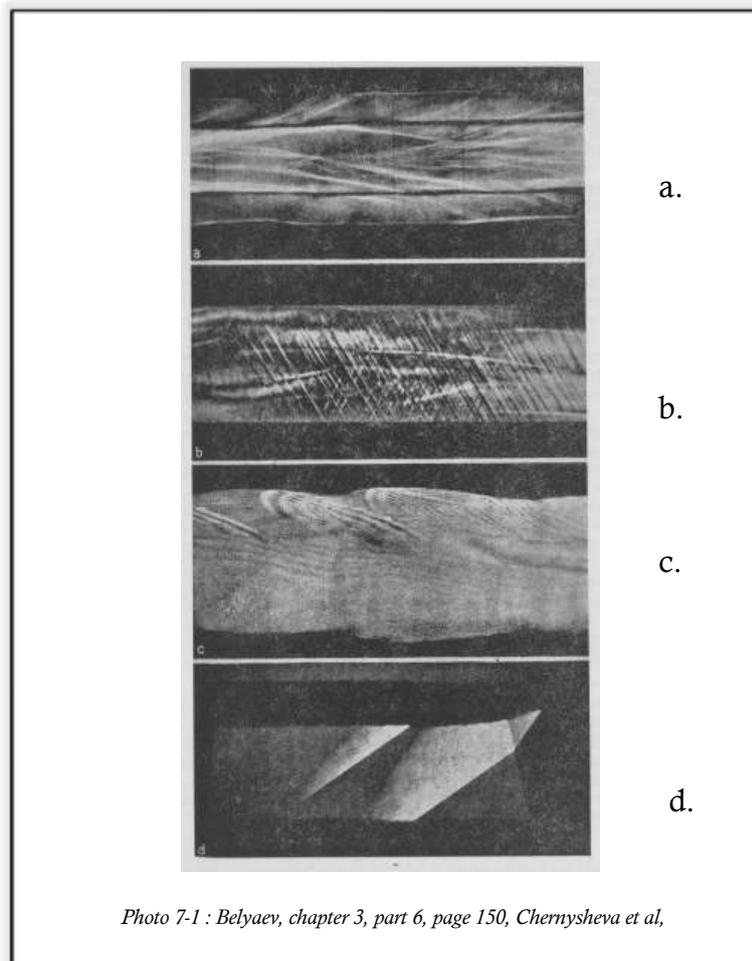


Photo 7-1 : Belyaev, chapter 3, part 6, page 150, Chernysheva et al,

Madame Chernysheva (dans le Belyaev, chapter 3, part 6, page 151, figure 3.41) propose aussi un schéma des plans de glissement prismatique (Figure 7-1)

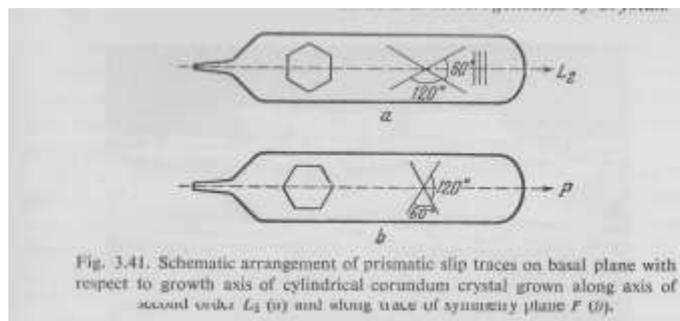


Figure 7-1 : Belyaev, chapter 3, part 6, page 151 : Chernysheva et al,

Madame Dobrovinskaya en 2009 propose dans son livre « Sapphire » page 67, fig 2.14 la localisation de ce qu'elle appelle les «chipping plan» et les «slip plan» que l'on traduit par « plans de glissement ». Ces différents plans se croisent tous en une ligne : l'axe C.

L'axe C est noté (0001). (Figure 7-2,3 et 4)

Un autre nom pour lignes de Plato !

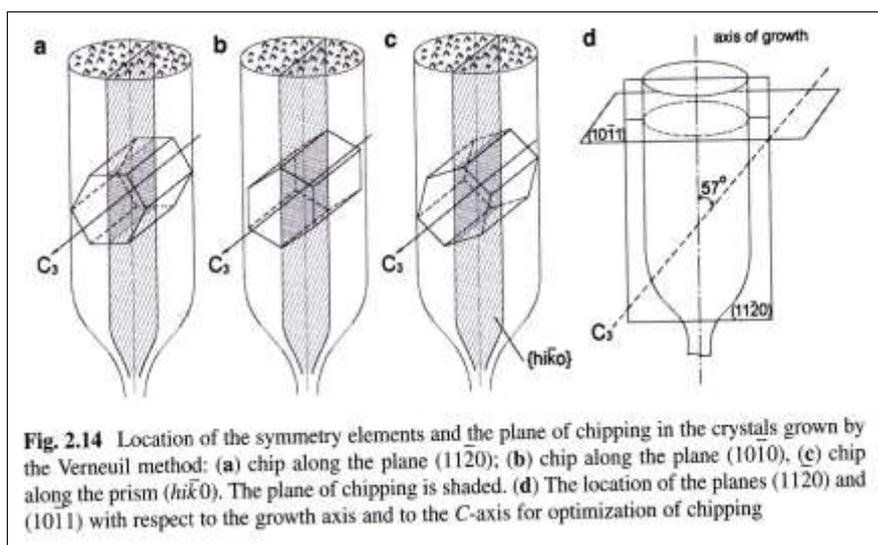


Figure 7-2 : Dobrovinskaya, Sapphire, p67

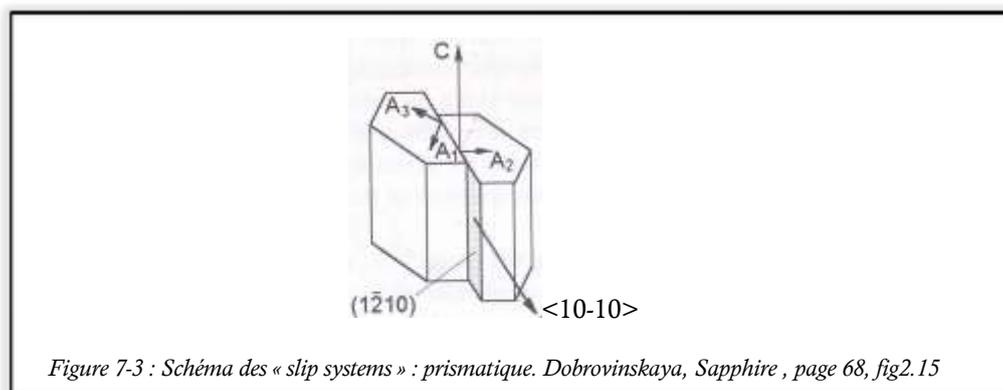


Figure 7-3 : Schéma des « slip systems » : prismatique. Dobrovinskaya, Sapphire, page 68, fig2.15

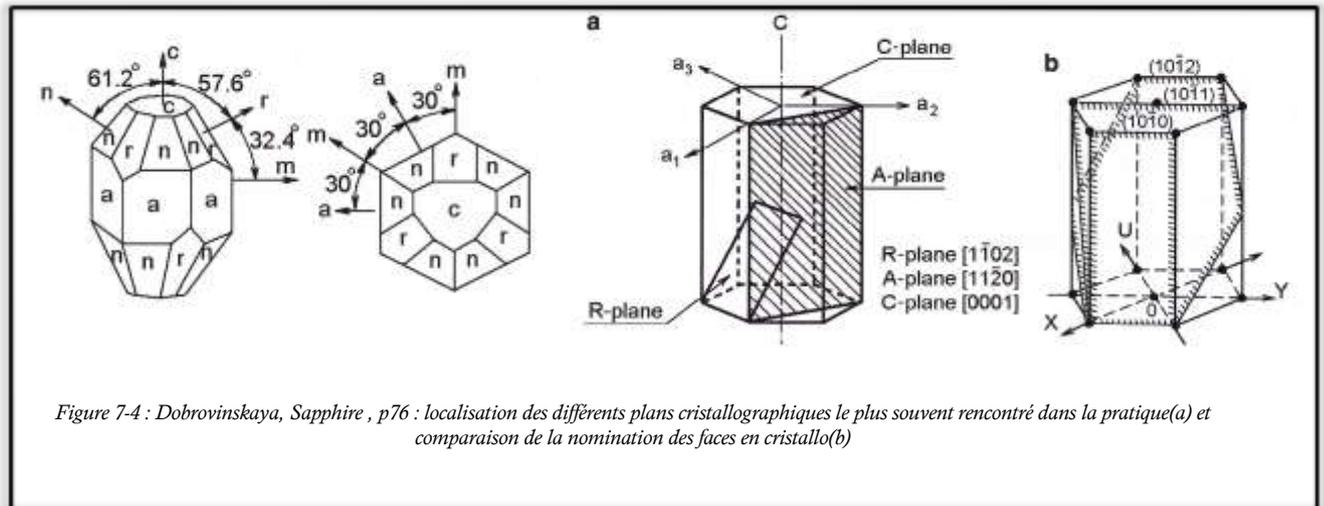


Figure 7-4 : Dobrovinskaya, Sapphire , p76 : localisation des différents plans cristallographiques le plus souvent rencontré dans la pratique(a) et comparaison de la nomination des faces en cristal(b)

### XI. Les Joints de grains : que peut-on en dire ?

Dans le livre de Belyaev au chapitre III partie 2 page 107, Madame M.V.Klassen-Neklyudova propose 4 facteurs responsables de la formation de grains de corindon : héritage du germe, dislocation de l'empilement, glissement des grains avec désorientation, formation de grains limités provoqué par le processus de polygonisation (restructuration des dislocations en mur verticaux à haute température) (Figure 7-5)

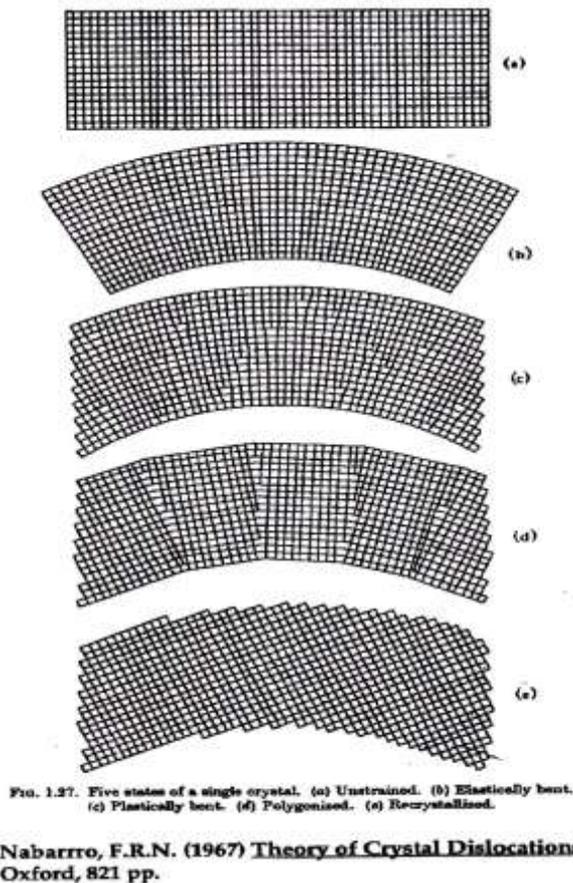


Figure 7-5 : exemple de polygonisation et recristallisation finale.

La figure 3.12 du livre Belyaev (photo7-2) Madame Klassen-Neklyudova montre une topographie aux rayons X d'une plaque de rubis coupée perpendiculaire à l'axe de croissance du brut et dans ce cas-ci parallèle au plan du prisme (11-20). La figure B montre la même plaque entre polarisateurs croisés.

L'épaisseur des blocs est de l'ordre de 0.5mm et leur longueur de 4 à 5 mm. Un petit angle de désorientation de l'ordre de 15 à 30 min d'angle est observé. ( $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  degré d'angle)

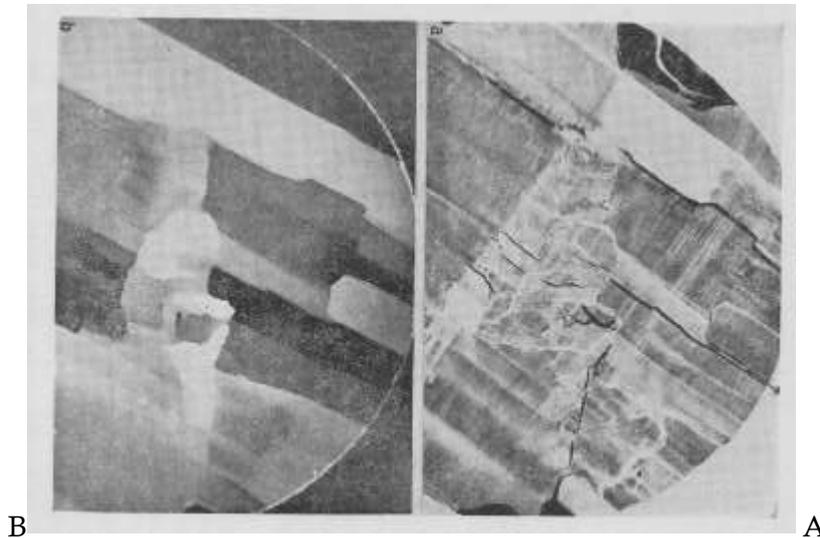


Photo 7-1 :BELYAEV : Klassen-Neklyudova et al, chapitre3,partie 2, page 114 Fig 3.12 A et B

Un peu plus loin toujours dans le Belyaev, chapitre 3, partie 7, page 158, Monsieur Bagdasarov et Madame Chernysheva étudient les défauts structurels des leucosaphirs en croissance horizontale. Ce qui correspond aux verres de montre. Ils expliquent la présence de ces blocs par des conditions défavorables lors de la croissance : température instable, gradient de température, mouvement non uniforme de leur conteneur, etc... Ils décrivent également la présence de stress interne dû à une compression de la partie latérale et une tension interne de la partie centrale. Ils pointent aussi le fait que les cristaux produits en cristallisation horizontale produisent bien moins de stress interne que les boules ou cristaux produits par la méthode Verneuil. (Photo7-3)

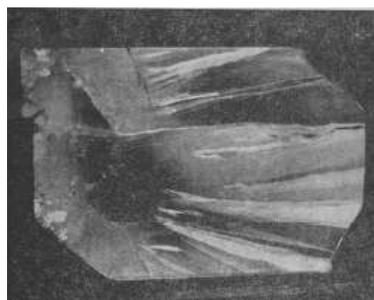


Photo 7-3 : Belyaev : Bagdasarov and Chernysheva p158 : structure en bloc avec une orientation de  $90^\circ$  par rapport à l'axe C.

Cette description correspond bien à ce que j'ai observé pour les verres de montre (voir photo 6-57, 58, 59) ainsi que celle décrite par Monsieur D. De Ghionno dans « Gems and Gemology » en 1999 et photographié par J. Koivula. (Photo 3-13, 3-14)

Pour Madame Dobrovinskaya dans « Sapphire » (page 317), il y a trois sortes de grain de grosseurs différentes et de désorientation variable :

- substructure de premier ordre : angle de  $0.5^\circ$  à  $3^\circ$ , grosseur du grain : de une fraction de cm à quelques cm (exactement ce qu'on a observé dans les verres de montre)
- substructure de second ordre : angle  $0.5$  à  $30'$  (max  $1/2$  degré d'angle) et grosseur du grain 100 micron à 1 mm.
- substructure de troisième ordre : angle inférieure à  $30'$  (soit un demi-degré) et grosseur du grain de 10-100 micron.

Les deux derniers s'appellent « low angle boundaries » et seraient dus à la polygonisation suite à un relâchement thermoélastique par glissement du à une densité ayant atteint un taux critique. (page318) Ceci étant accompagné d'une formation de grain d'angle à petite désorientation dont la provenance n'est pas connue.

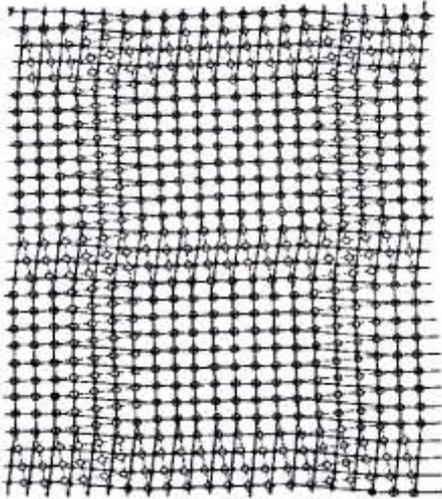


Figure 7-6: twist boundary formed by two rows of intersecting screw dislocations. Dobrovinskaya, Sapphire page 279

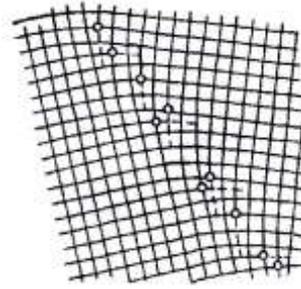


Figure 7-7: transition region formed by two rows of edge dislocations. Dobrovinskaya, Sapphire page 280

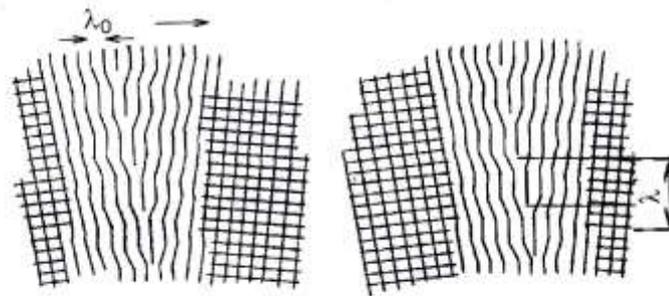


Fig. 4.86 Displacement of a small-angle tilted boundary due to applied shear stresses

Figure 7-8 : Dobrovinskaya, Sapphire page 280

On peut séparer les joints de grain en deux catégorie : ceux avec un petit déplacement (inférieur à  $1^\circ$  d'angle) et ceux supérieur à  $1^\circ$ . Cela va jouer sur la mobilité des atomes et sur un tas d'autres points très complexes que je ne vais pas développer ici.

## 8. CONCLUSION

Les anciens Verneuil restent faciles d'identification surtout s'ils sont bleus, rouges, « à changement de couleur » ou jaunes foncés. Les nouveaux Verneuil et ceux qui sont peu colorés sont déjà beaucoup plus difficiles à identifier avec certitude. Ils n'ont pas de lignes courbes, pas de bulles, rarement un fin dépôt de coloration. Ils peuvent avoir été recuits ce qui a provoqué la polygonisation. Les défauts cristallographiques tels que lignes courbes ou les lignes de Plato sont alors très atténués en lignes ondulantes, en moirés, etc... Les Verneuil sont aussi parfois traités par fracturation (choc thermique) et remplis de verre ou autres matières afin de masquer les figures typiques (voir annexe 12).

Sur les 37 pierres taillées que j'ai analysées, j'ai trouvé

- 10 pierres avec des bulles ou des amas de coloration, soit 27%.
- 25 pierres avec des lignes courbes, soit 67%.
- 27 pierres avec des lignes de Plato nettes et bien visibles, soit 73%.
- 11 pierres avec des tensions ondulantes, des moirés, des macles, soit 29%.

Tous les échantillons présentent l'une ou l'autre, ou plusieurs de ces caractéristiques.

Seules 2 pierres sur 37 n'ont ni bulles ou amas, ni ligne courbe, ni ligne de Plato. Par contre, ces deux-là présentent des tensions ou des moirés. Donc seul 5% des échantillons amènent à se poser une question d'identification. L'utilisation de la recherche des lignes de Plato restreint considérablement les doutes.

Pour ces deux pierres CV03 et CV29, une analyse préliminaire au FTIR a été réalisée. Sur 7 pierres taillées, les jaunes CV03-04-05 ne donnent pas de signal particulier. Est-ce caractéristique des Verneuil ? Les incolores CV22-45-46 ont un pic principal à 3278 cm<sup>-1</sup>. Est-ce caractéristique ? Dans tous ceux-là, pas de pic à 3309 cm<sup>-1</sup>. Mais pour le CV29, il n'y a pas de pic à 3278 cm<sup>-1</sup> mais bien à 3309. Est-il naturel ? Non ! C'est un « à changement de couleur » bien visible.

Il faut rester attentif à la présence de tensions, de moirés, de macles, de sites r ou autres dans certaines pierres naturelles. Surtout, il ne faut pas le confondre avec ce qu'on voit sous polariseurs croisés pour des pierres synthétiques.

9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES
--------------------------------

**Bariand P., Cesbron F., Geffroy J.**, (2005) *Les Minéraux, leurs gisements, leurs associations*, Tome 1 : *cristallographie*. Minéraux et Fossiles, Janvier, Hors-Séries n°19

**Belyaev L.M.** (1980) *Ruby and Sapphire*, Published for the National Bureau of Standards United States Department of Commerce and the National Sciences foundation, Washington, DC, by Amerind Publishing Co, Ltd, New Delhi

**Cesbron F., Lebrun P., Le Cléac'h J.-M., Notari F., Gobron C et Deville J.**(2002) *Corindon et Spinelles*, Minéraux et Fossiles, octobre, Hors-Série n°15, édition cedim, Paris

**Crowningshield G.R., Moses T.**(1996) *Lab Notes*, Flame Fusion Synthetic Sapphire, *Gems and Gemology*, Vol 32, n°3, 1996, pages211-212.

**Duroc-Danner J.M.** (2002) Verneuil synthetic sapphire showing an iron absorption spectrum, *The journal of Gemmology*, Vol.28, N°4, 227-230.

**DeGhionno D.**(1999) Gem News : Using mineralogical techniques to solves gemological problems, part 2 : « Plato Lines » and growth structures in synthetic corundum, *Gems and Gemmology*, Vol 35, n°1, 1999, p58-59

**Dobrovinskaya E.R., Lytvynov L.A., Pishchik V.**, (2009) *Sapphire Material, Manufacturing, Applications*, Springer Science+Business Media, New York, USA, pp481

**Elwell D.**(1979) Ruby, Sapphire and Spinel dans *Man-Made Gemstones*, Ellis Horwood Ltd-Publishers, Chapter 2, pp

**Eppler W. F.** (1964) Polysynthetic twinning in synthetic corundum, *Gems and Gemology*, Vol. 11, n°6, 1964, p169-174,191

**Escard J.** (1914) *Les pierres précieuses*, Paris, H. Dunod et E. Pinat, libraires-éditeurs, (520pp).

**Gubelin E.J.** (1942) Genuinen Type Inclusions in New European Synthetics dans *Gems and Gemology*, Vol. 4, n°2, 1942, pp18-22

**Gübelin E.J., Koivula J.I.** ,(1986) *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*, Vol 1, 2008, 5eme édition, Opinio Verlag, Basel, Suisse

**Gübelin E.J., Koivula J.I.** ,(2008) *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*, Vol 3, pages 157,165,179, Opinio Publishers, Basel, Suisse, p478

**Gübelin E.J.**, (1983) The Usurpers from the Factory: Synthetic corundum (page 202-206) *Internal World of Gemstones*, ABC Edition, Zurich, 3ème édition, Suisse, 236 pages

**Hughes R.W.** (1990) Synthetic corundum and assembled stones: their manufacture and identification, *Corundum*, Butterworth-Heinemann, England, p129-142 et 156-166

**Hughes R.W.** (1997) Synthetic corundum, *Ruby and Sapphire*, RWH, Boulder, USA, page139-159

**Lafuma H.** (1954) *L'œuvre d'Auguste Verneuil et l'industrie des pierres scientifiques* (conférence prononcée le 3 juillet 1954 à l'occasion du 40ème anniversaire de la fondation de l'Industrie de pierres scientifiques Djévahirdjian à Monthey-Suisse)

**Liddicoat R.T.Jr** (1981) *Handbook of Gem Identification*, GIA, 11th edition, USA, p.118-129

**Liddicoat R.T., Jr** (1968) Different sapphire identification, Developments and Highlights at the gem trade lab in Los Angeles, *Gems and gemology*, Vol.12, n°10, 1968, p311

**Moses T.**(1991) Twinned Synthetic Sapphires, *Gem Trade Lab Notes, Gems and Gemology*, Vol. 27, N°4, p252-253

**Nassau K.**, (1980) *Gems made by man*. Chilton Book Company, Radnor Pennsylvania, USA, 364 pages

**Nabarro,F.R.N.**(1967) *Theory of Crystal Dislocations*, Oxford, 821pp

**O'Donoghue M.** (1997) Ruby and Sapphire-the corundum gemstones, dans *Synthetic, Imitation & Treated Gemstones*, Butterworth Heinemann, Oxford, page 66-96

**O'Donoghue M.** (1983) Corundum dans *Identifying man-made gems*, chapter 10, pp112 à 129, N.A.G.Press Ltd, Great Britain, 223 pages

**Plato,W.** (1952) Oriented Lines in Synthetic Corundum, *Gems and Gemology*, Vol.7,n°7, 1952, VII : 223-224

**Koivula J.I.**(1982) Shadowing: a new method of image enhancement for gemological microscopy, *Gems and Gemology*, Vol18, n°3, 1982, pp160-164

<http://www.ruby-sapphire.com/verneuil-synthetic-corundum-dangerous-curves.htm>>

**Raskin A.** : <http://umvf.univ-nantes.fr/odontologie/enseignement/chap1...>)

**Read P.G.** (1982) *Dictionary of Gemmology* , Butterworth Scientific, England, p.159 et p.212

**Read P.G.**, (1991) Synthetic gemstones and gemstone simulants (chapter15) Identifying inorganic gemstones and their synthetic counterparts (chapter 16) dans *Gemmology* , 2010, 3eme edition, NAG Presse, London , 324 pages

**Sandmeier E.G.**, Synthetic corundum for Jewel Bearings

**Seeman A.K.**,(1949) American Synthetic Crystals , Sapphire to Titania, Gems and gemology , Spring 1949,page 151-159

**Shane E, Fritsch E.**,(1999) The Separation of Natural from Synthetic Colorless Sapphire, *Gems and Gemology*, Vol. 35, N°1, pp30-41

**Shipley R. Jr**, (1934) Straight striae in Synthetics, *Gems and Gemology*, Vol.1, N°2, pp53-54

**Smith C. P.**,(1996) Introduction to analyzing internal growth structures : identification of the negative d plane in natural ruby., *Gems and gemology*, Vol.32, N°3, pp170-184

**St Clair B.W.**, (1934) Sapphires and Sapphire bearings, *Gems and Gemology* , Vol.1,N°6, pages173-174

**Webster R.**, (1970) *Gems*, second edition, Butterworth, London, 838 pages

**Raskin A.** : <http://umvf.univ-nantes.fr/odontologie/enseignement/chap1...>)

**Koivula** :<http://www.ruby-sapphire.com/verneuil-synthetic-corundum-dangerous-curves.htm>>

Site : « [geminterest.com](http://geminterest.com) » consulté le 28/12/2012

☐ Corindon Verneuil

780

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_saphsynjaunvern\\_plato&nom=Saphir jaune synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_saphsynjaunvern_plato&nom=Saphir%20jaune%20synth%C3%A9tique)

779

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_saphsynbrunvern\\_plato&nom=Saphir brun synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_saphsynbrunvern_plato&nom=Saphir%20brun%20synth%C3%A9tique)

778

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_saphsynbrunvern\\_plato2&nom=Saphir brun synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_saphsynbrunvern_plato2&nom=Saphir brun synthétique)

rose type recuit 544

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_saphsynverrose\\_curve&nom=Saphir rose synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_saphsynverrose_curve&nom=Saphir rose synthétique)

Bleu 1135

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_SaphSynthVern\\_NuagBul&nom=Saphir synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_SaphSynthVern_NuagBul&nom=Saphir synthétique)

inclusion aspect mie

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_SaphSynVern\\_MieNoir&nom=Saphir synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_SaphSynVern_MieNoir&nom=Saphir synthétique)

dichroïsme

1316

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_SaphSynVern\\_Pleo&nom=Saphir synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_SaphSynVern_Pleo&nom=Saphir synthétique)

1137

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_SaphSynthVern\\_Pleo&nom=Saphir synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_SaphSynthVern_Pleo&nom=Saphir synthétique)

ligne de croissance colorée courbe 1317

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_SaphSynVern\\_ZonCourb&nom=Saphir synthétique](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_SaphSynVern_ZonCourb&nom=Saphir synthétique)

551 type craquelé

[http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc\\_saphsynvercraq\\_craqu&nom=Saphir synthétique traité](http://www.geminterest.com/inclistpop.php?gem=inc_saphsynvercraq_craqu&nom=Saphir synthétique traité)

10. ANNEXE RÉSULTATS : PIERRE PAR PIERRE

I. Bleu

CV15



Photo 10-2



Photo 10-1

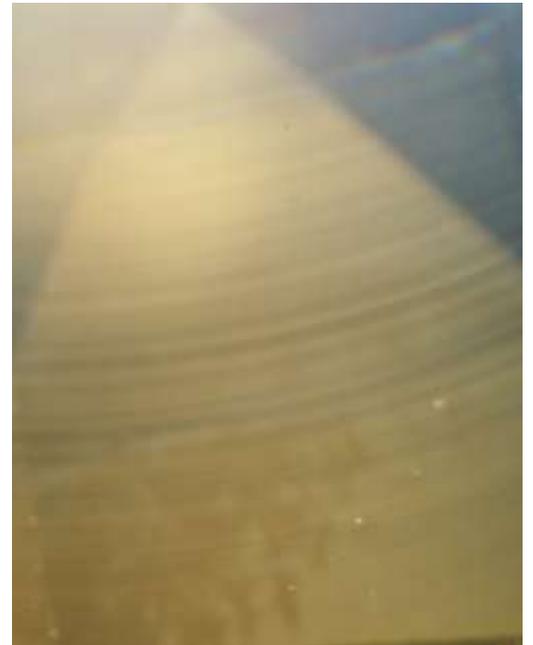


Photo 10-3

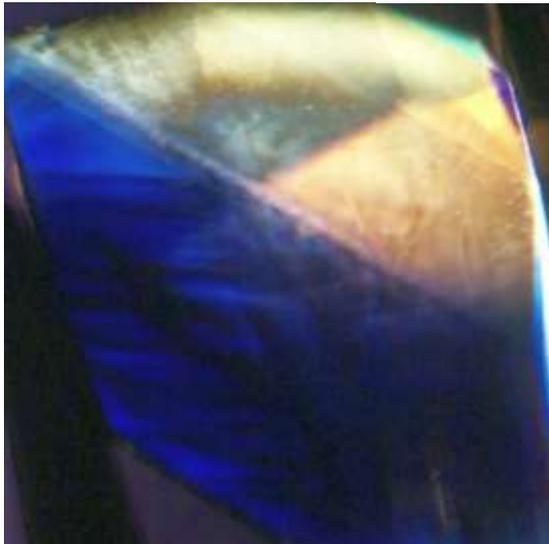


Photo 10-4



Photo 10-5

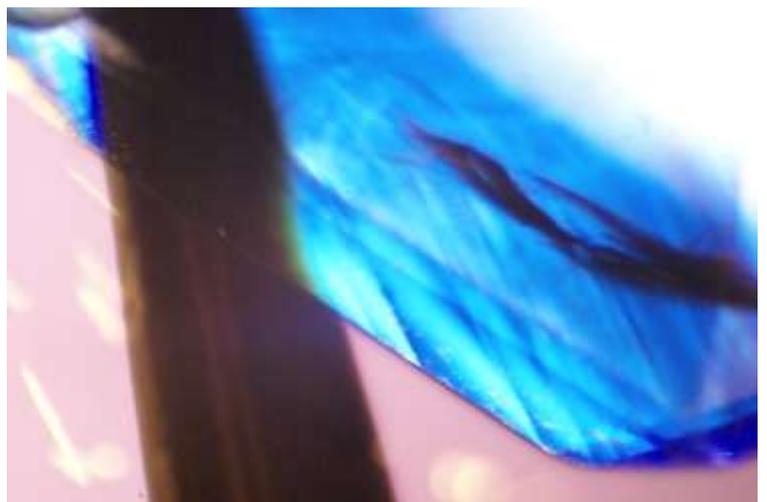
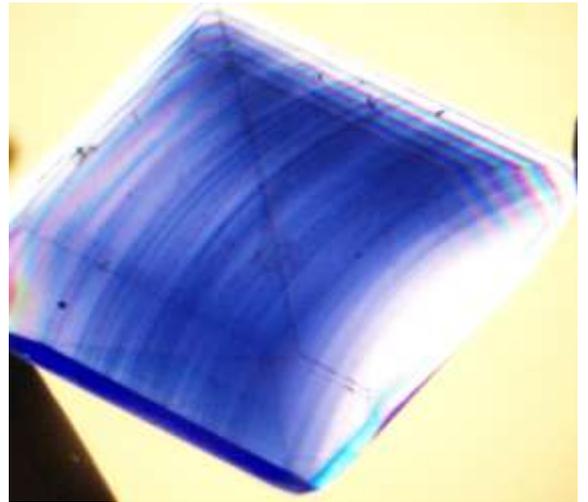


Photo 10-6

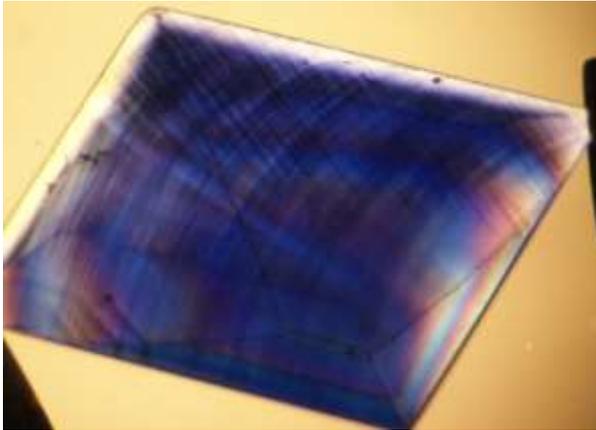
CV18



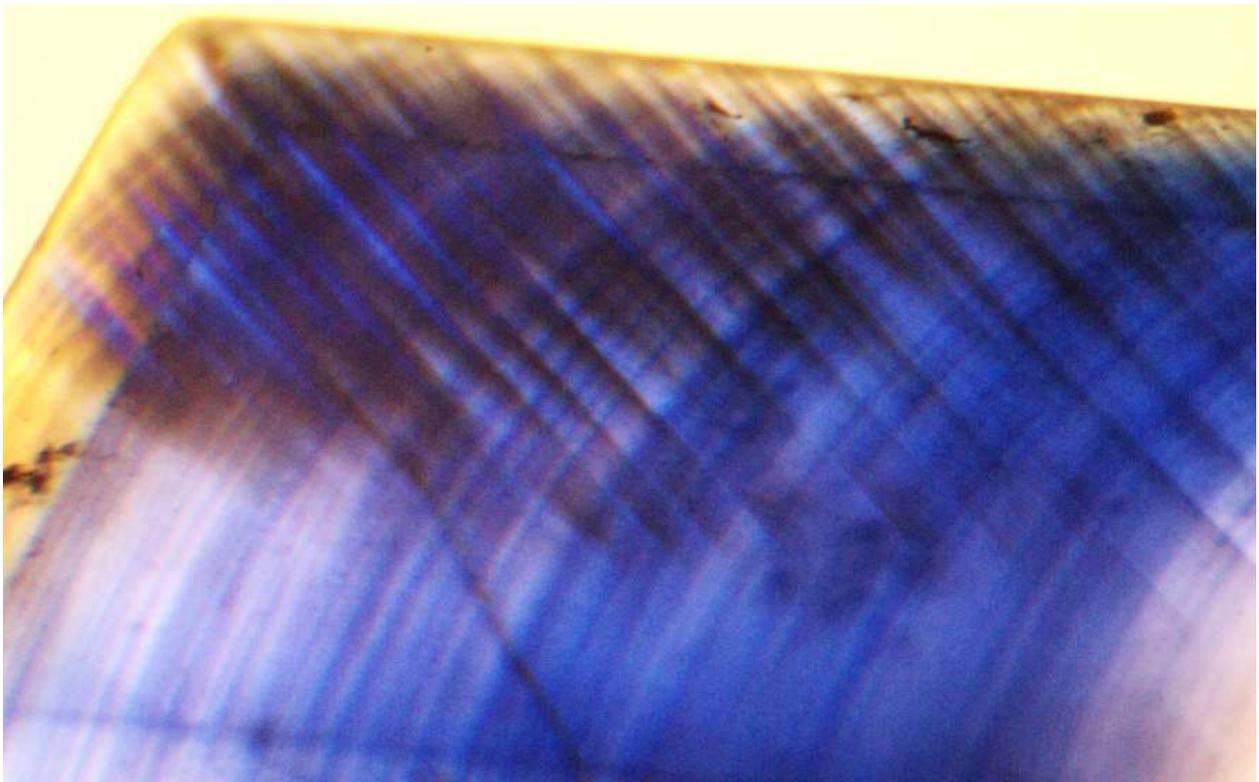
*Photo 10-8*



*Photo 10-7*



*Photo 10-10*



*Photo 10-9*

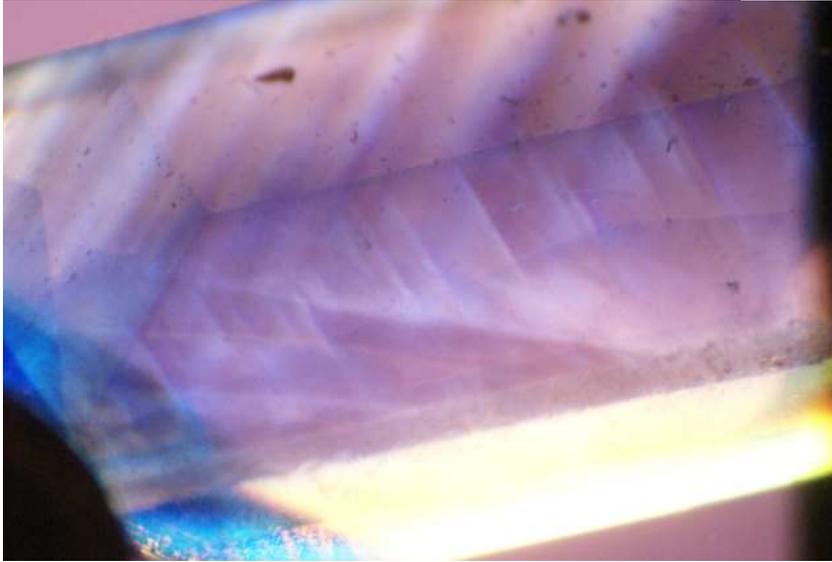
CV31



*Photo 10-12*



*Photo 10-11*



*Photo 10-13*



*Photo 10-14*

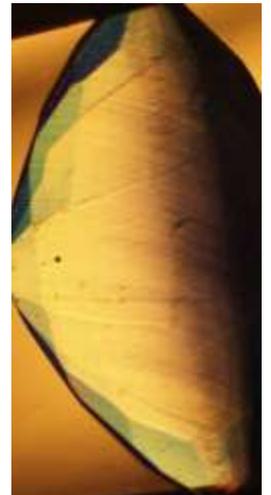
CV32



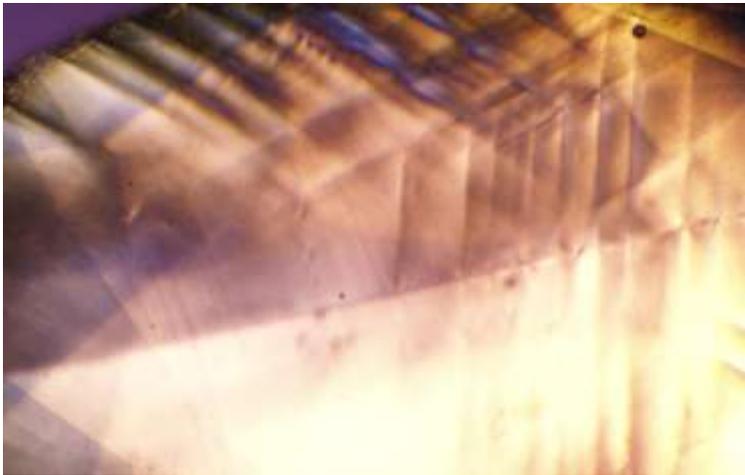
*Photo 10-18*



*Photo 10-16*



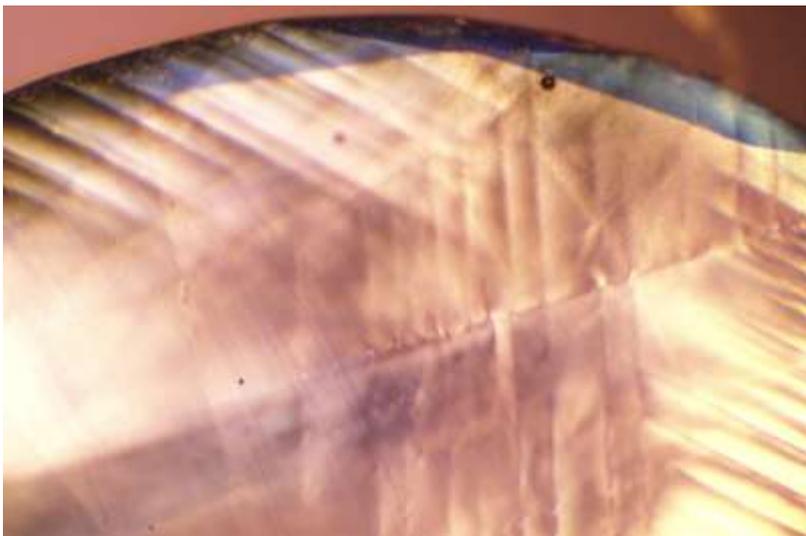
*Photo 10-17*



*Photo 10-15*

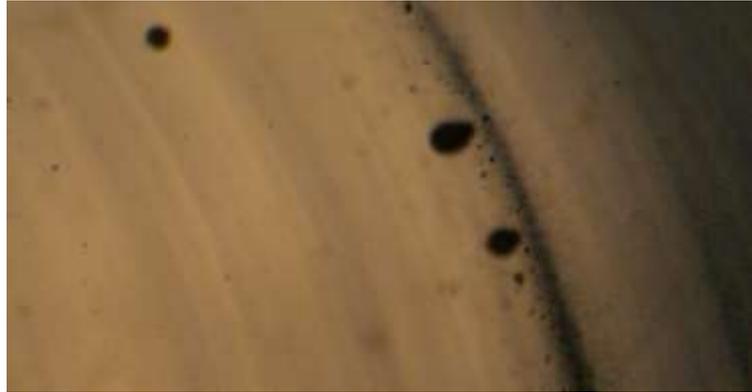


*Photo 10-20*

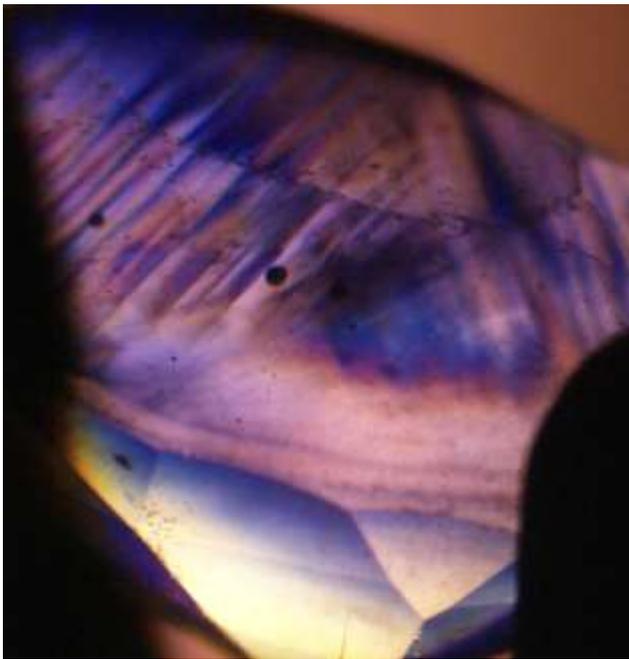


*Photo 10-19*

CV33



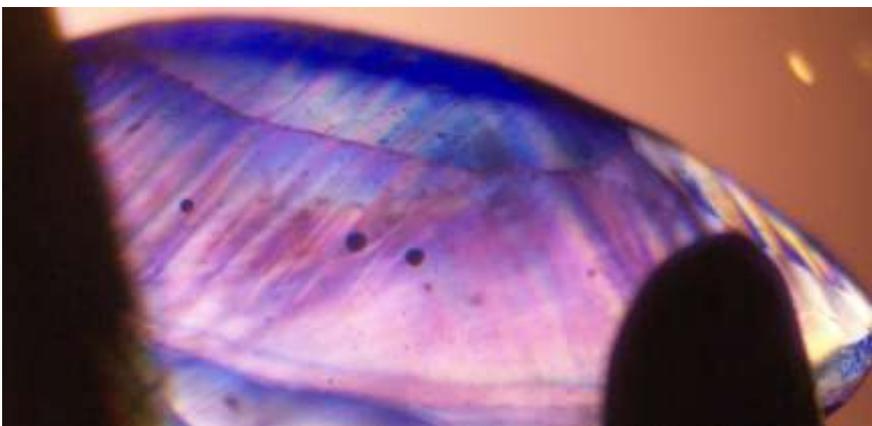
*Photo 10-21*



*Photo 10-22*



*Photo 10-23*

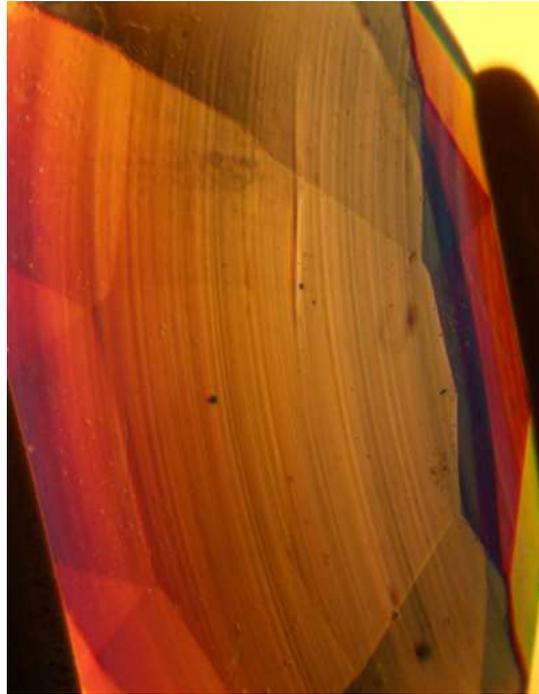


*Photo 10-24*

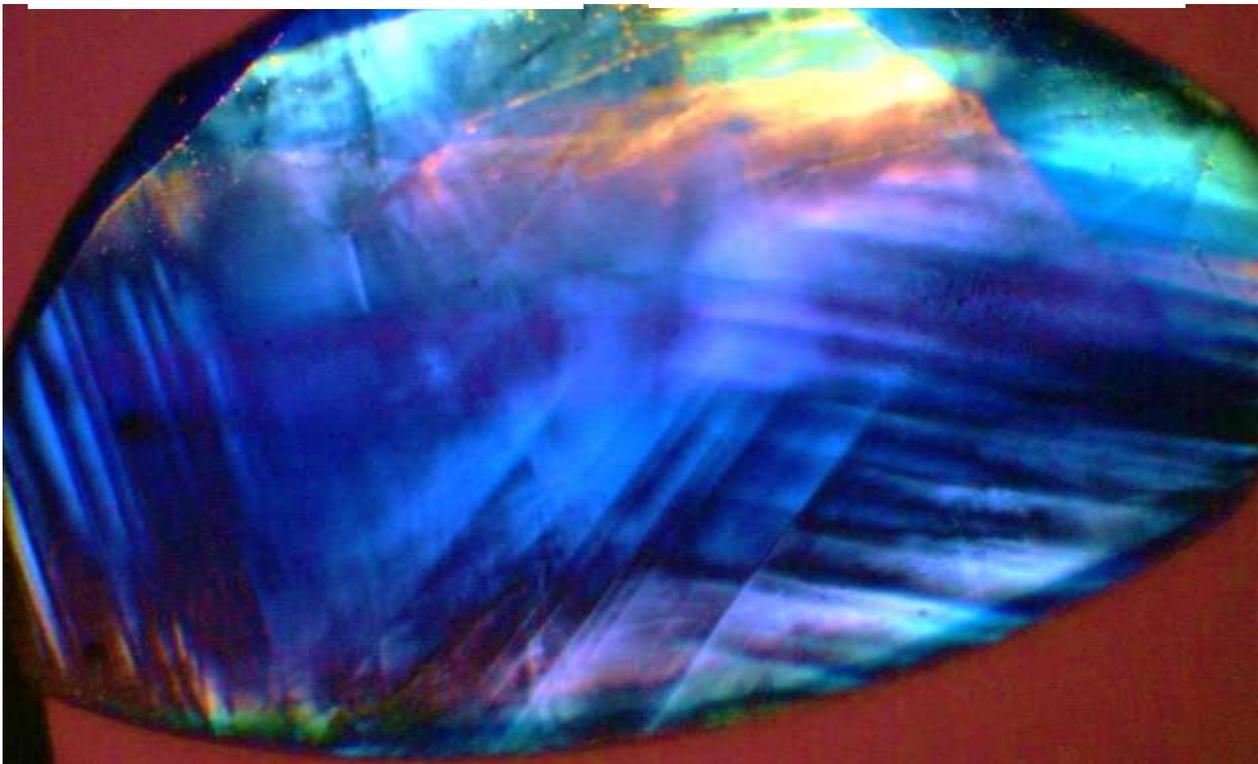
CV34



*Photo 10-26*



*Photo 10-25*

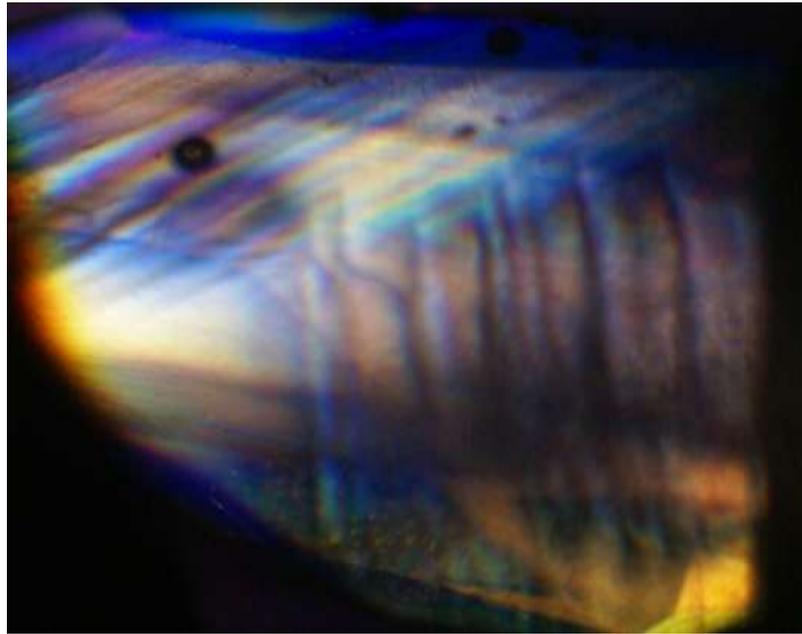


*Photo 10-27*

CV35



*Photo 10-29*



*Photo 10-28*



*Photo 10-30*

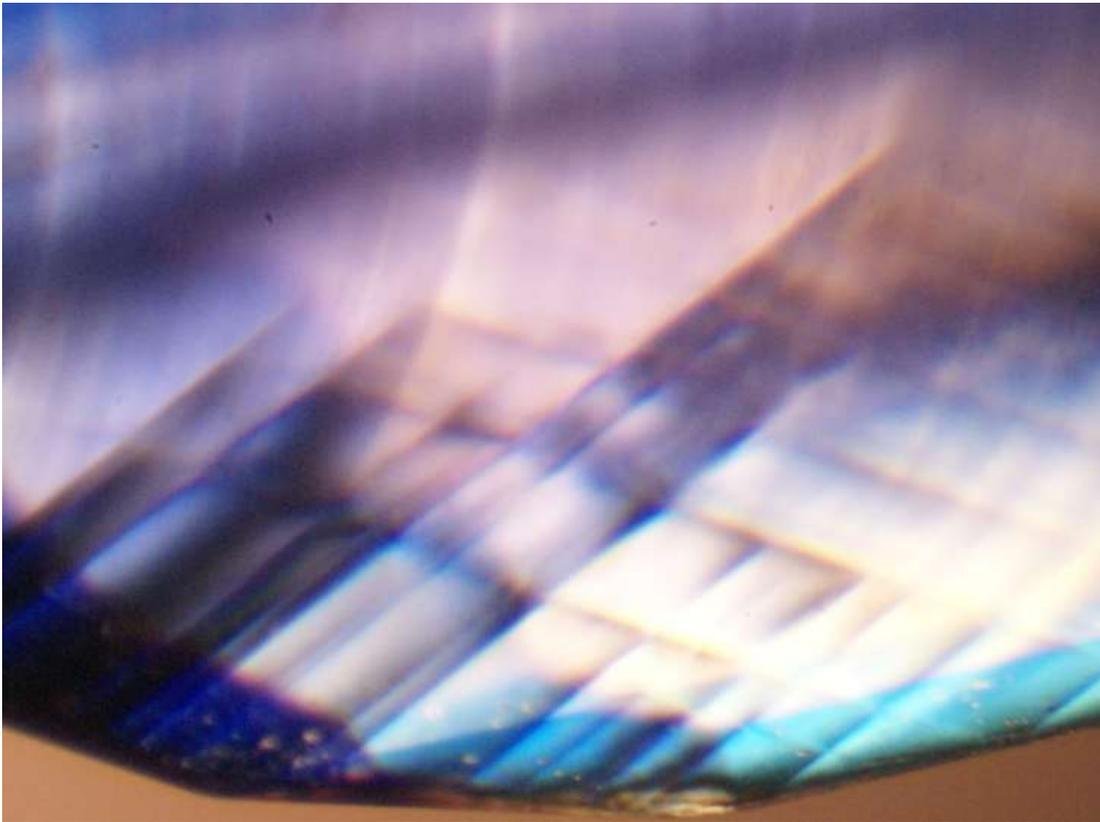
CV36



*Photo 10-32*

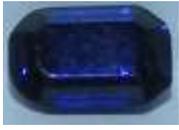


*Photo 10-31*

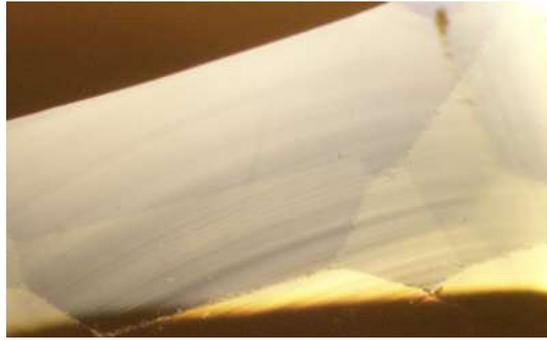


*Photo 10-33*

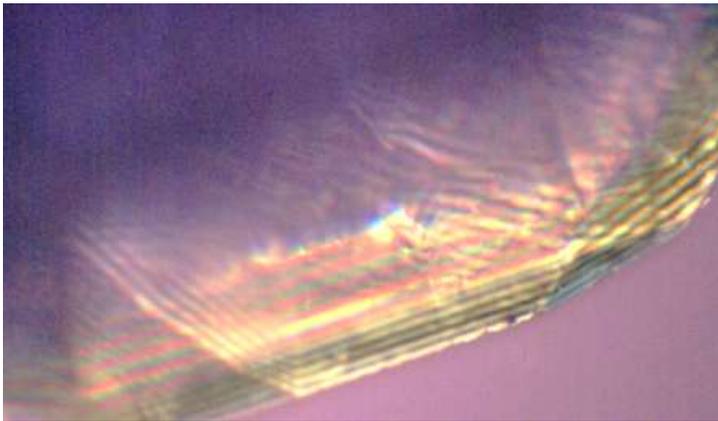
CV37



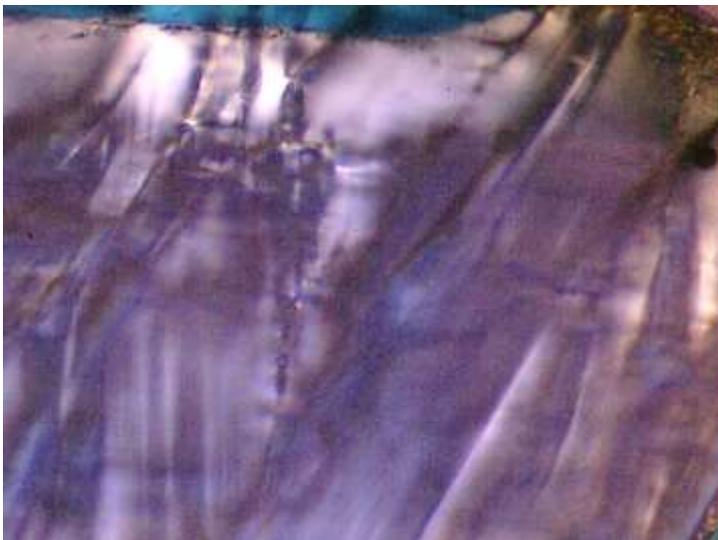
*Photo 10-35*



*Photo 10-34*



*Photo 10-36*



*Photo 10-37*

Rouge  
CV01



*Photo 10-38*

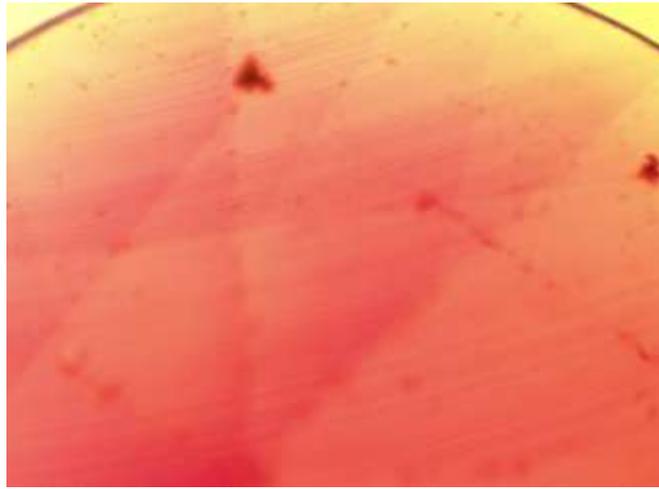


*Photo 10-39 moiré*

CV16



*Photo 10-39*



*Photo 10-40*

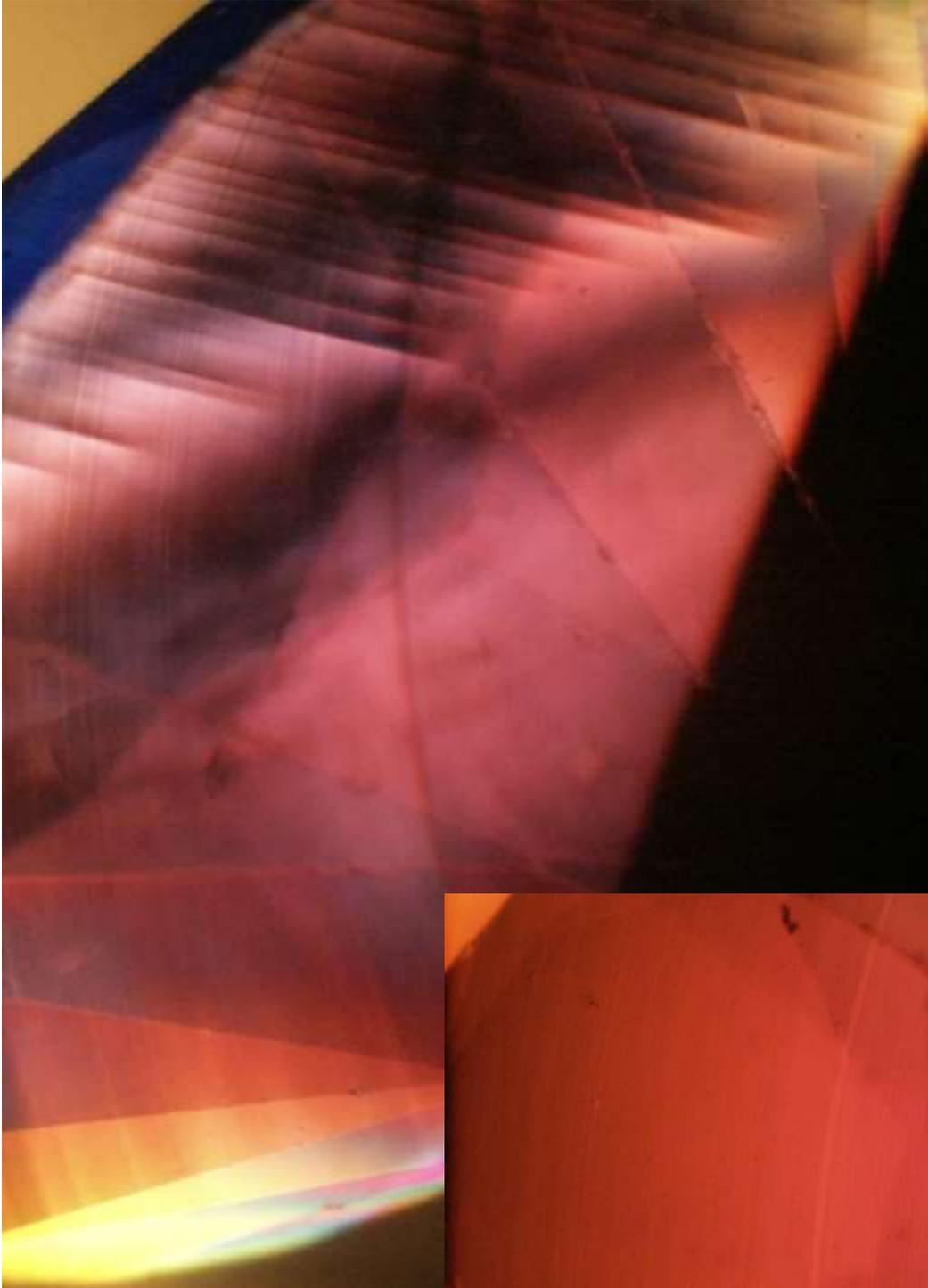


*Photo 10-41*

CV19



*Photo 10-40*



*Photo 10-42*

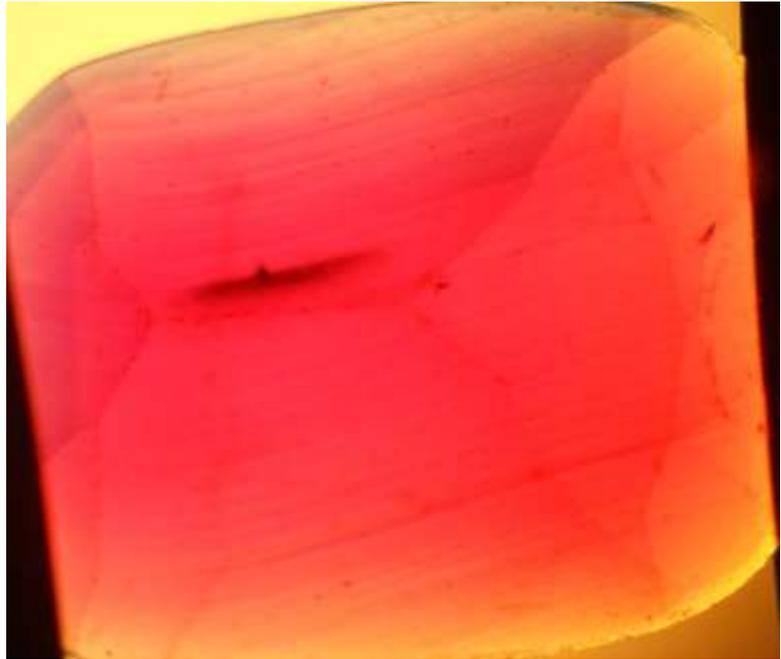


*Photo 10-41*

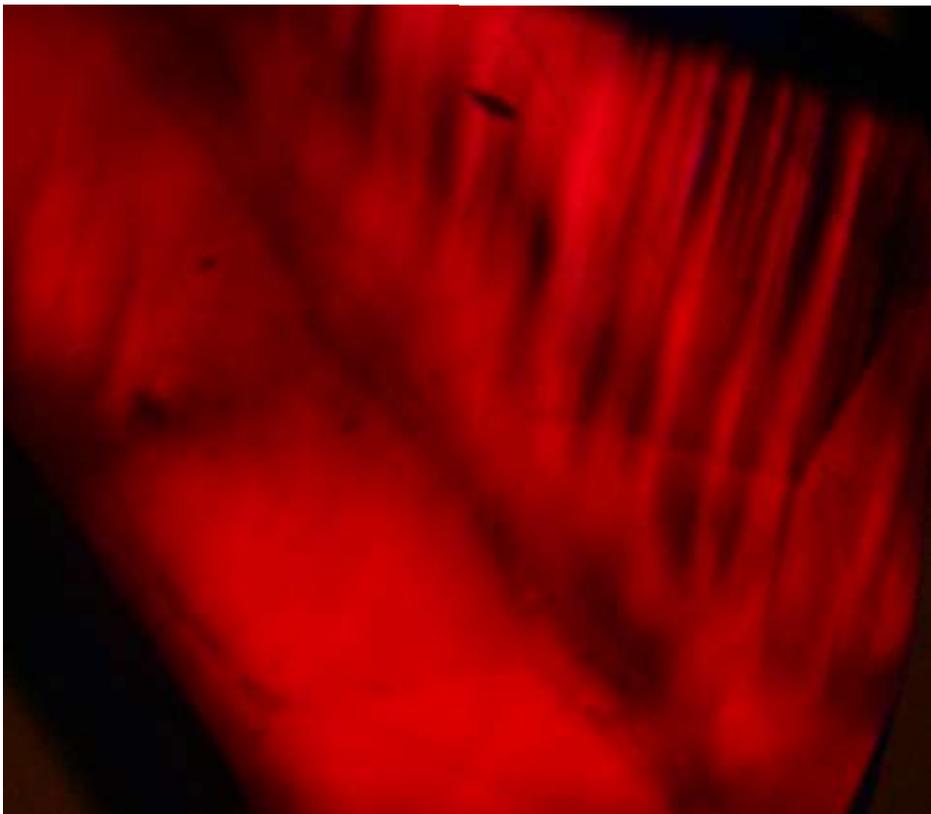
CV30



*Photo 10-43*



*Photo 10-42*



*Photo 10-44*

CV41



*Photo 10-45*



*Photo 10-46*



*Photo 10-48*

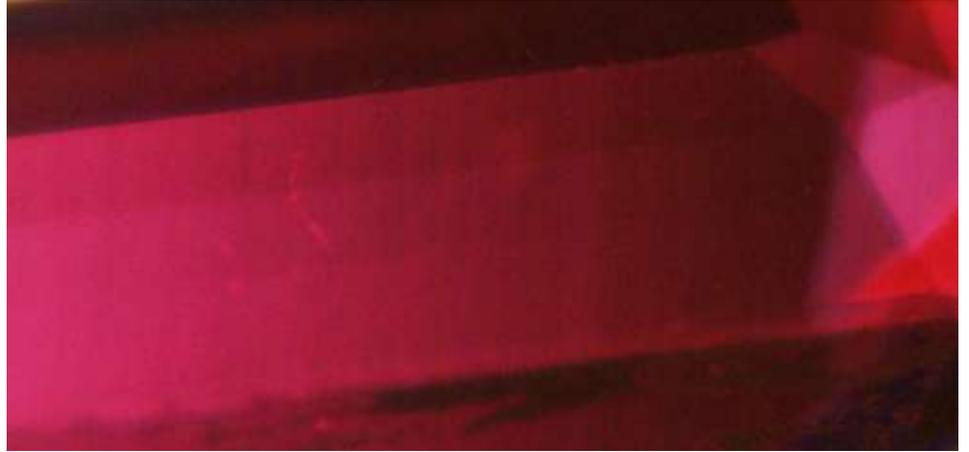


*Photo 10-47*

CV42



*Photo 10-50*



*Photo 10-49*



*Photo 10-51*

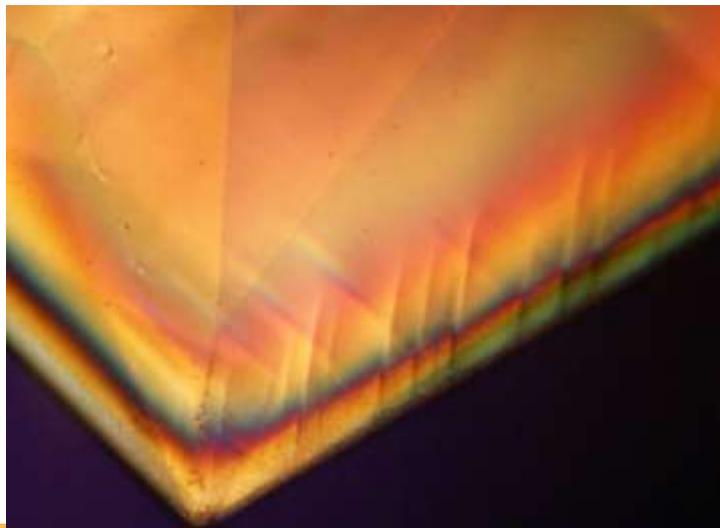
Rose  
CV11



*Photo 10-52*



*Photo 10-53*



*Photo 10-54*

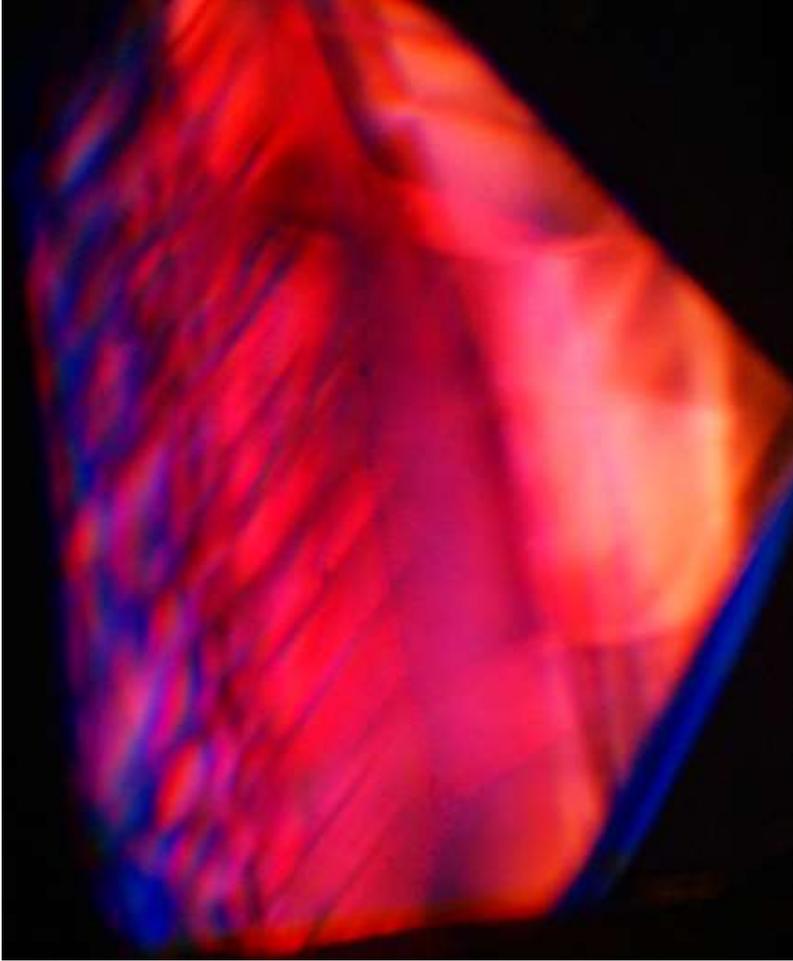


*Photo 10-55*

CV12



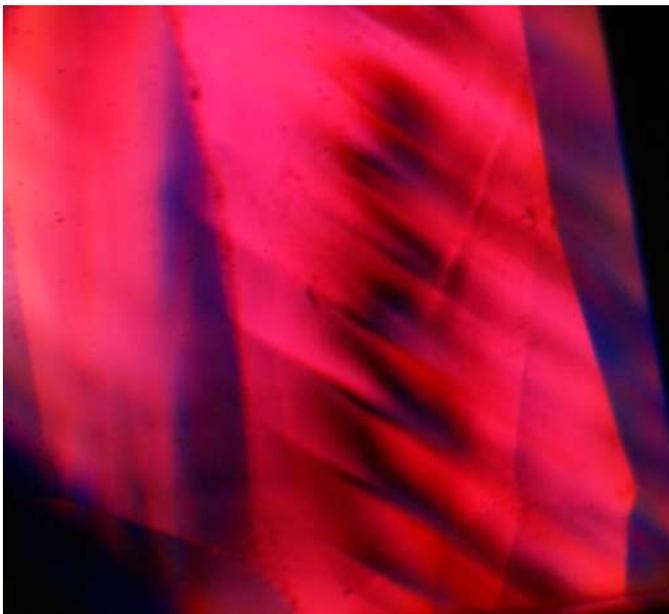
*Photo 10-56*



*Photo 10-58*



*Photo 10-57*

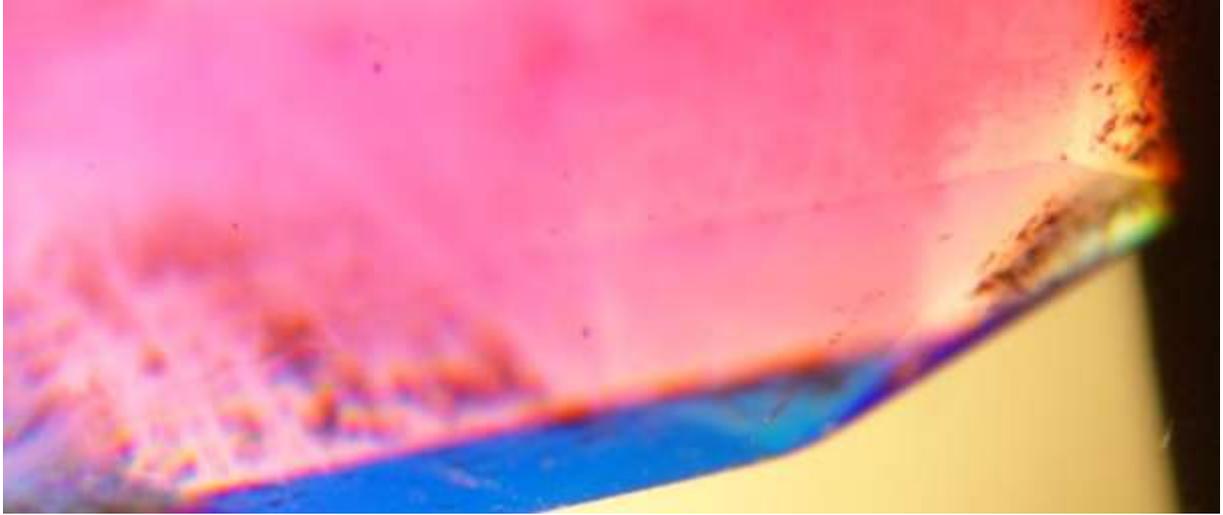


*Photo 10-59*

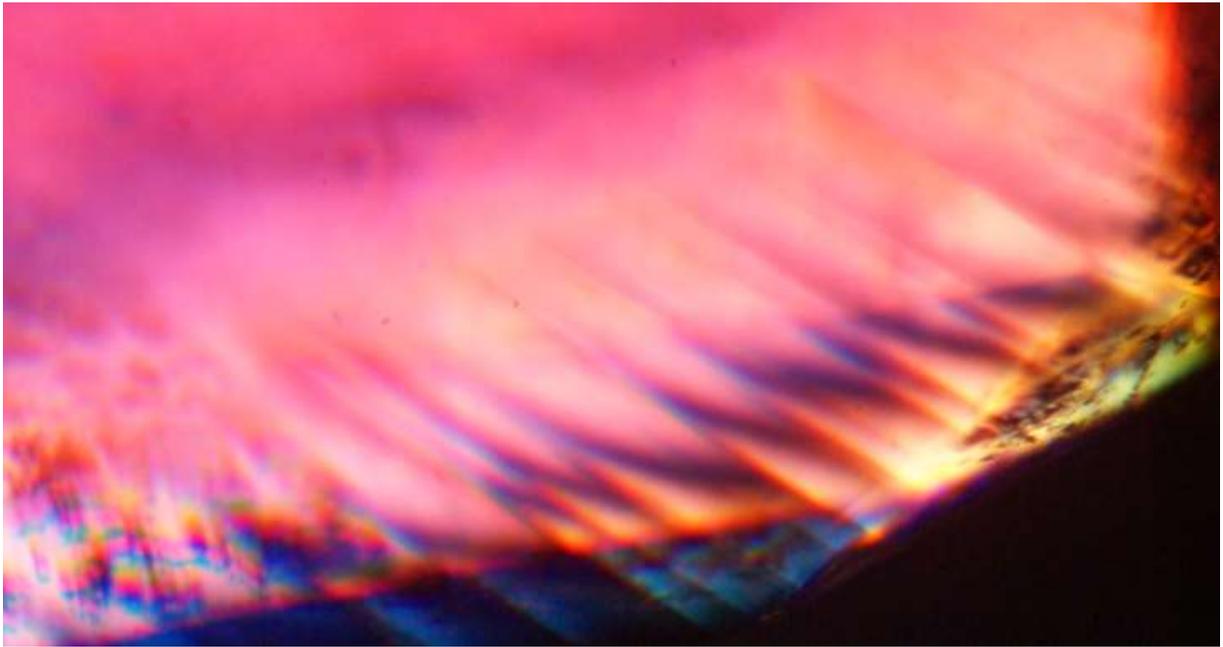
CV13



*Photo 10-60*



*Photo 10-61*



*Photo 10-62*

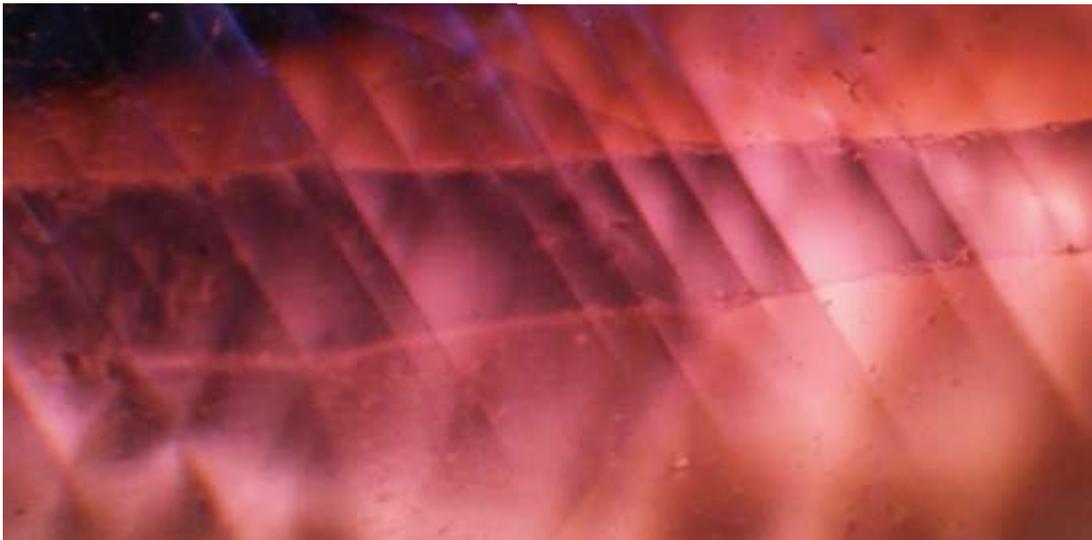
CV28



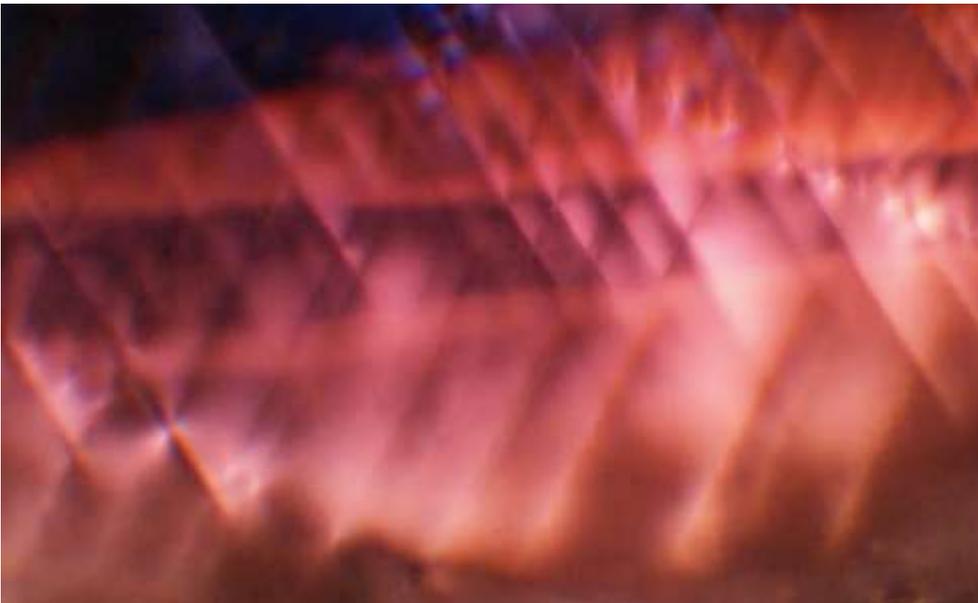
*Photo 10-64*



*Photo 10-63*



*Photo 10-65*

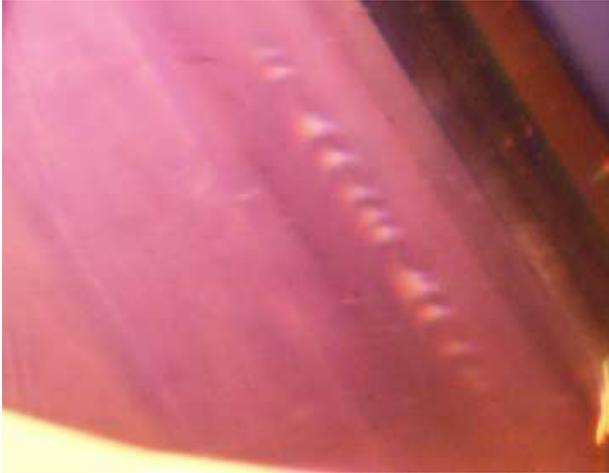


*Photo 10-66*

CV40



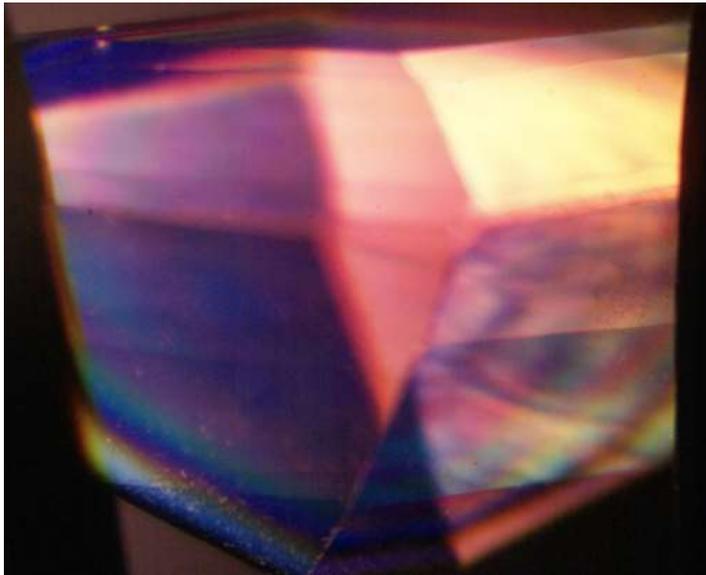
*Photo 10-68*



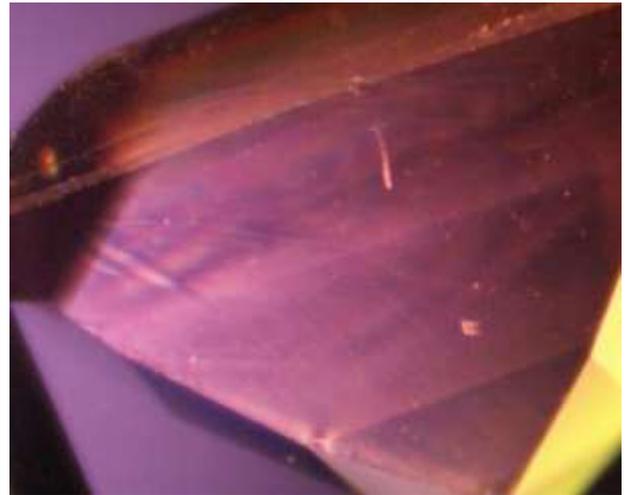
*Photo 10-69*



*Photo 10-67*



*Photo 10-70*

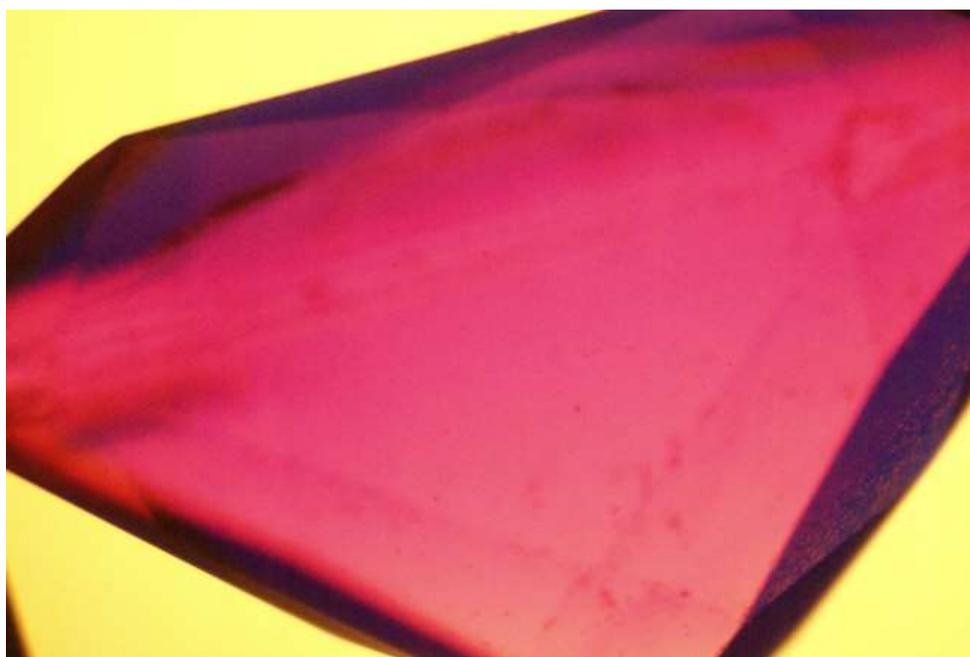


*Photo 10-71*

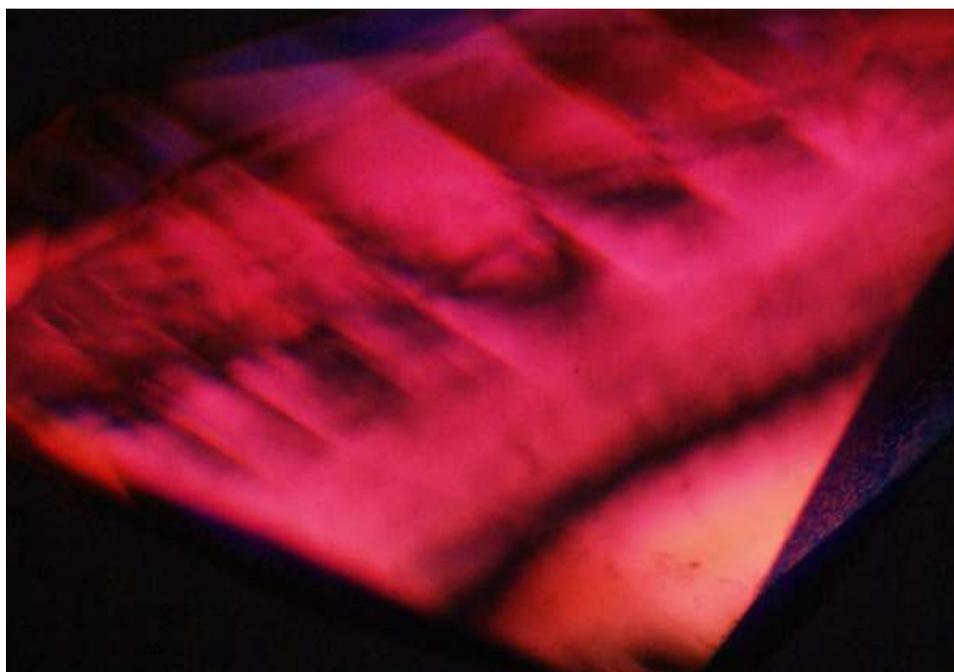
CV43



*Photo 10-72*



*Photo 10-73*



*Photo 10-74*

À changement de couleur

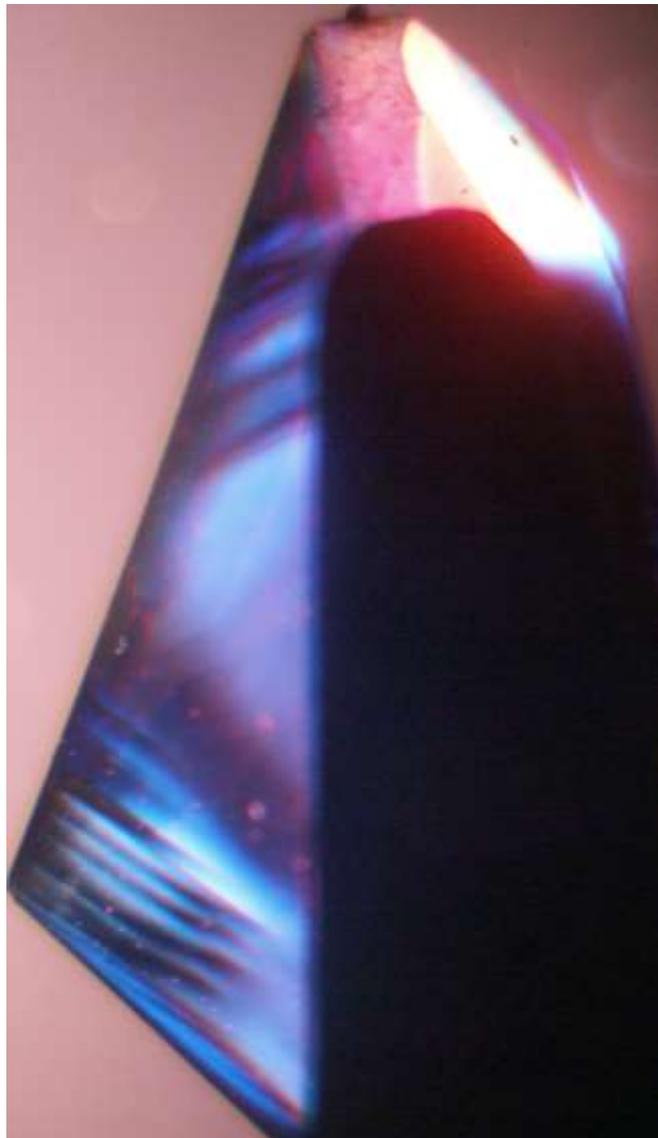
CV06



*Photo 10-75*



*Photo 10-76*



*Photo 10-77*

CV17



*Photo 10-81*



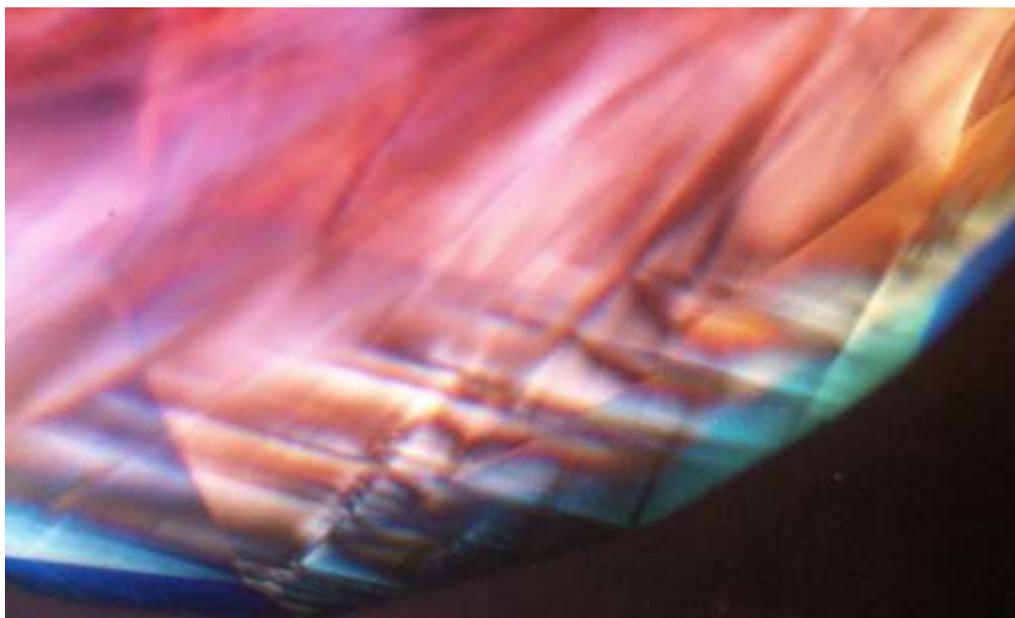
*Photo 10-78*



*Photo 10-79*



*Photo 10-80*



*Photo 10-82*

CV20



*Photo 10-84*



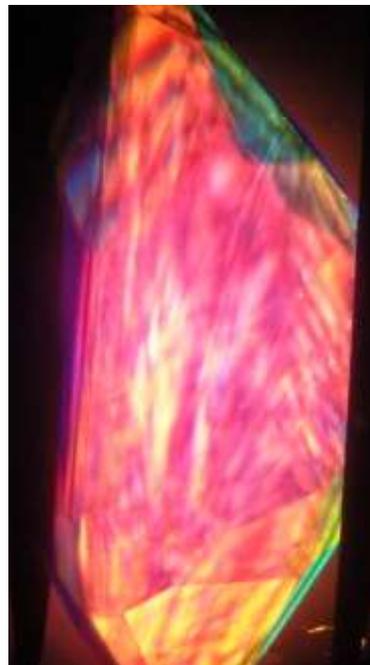
*Photo 10-83*



*Photo 10-86*



*Photo 10-87*

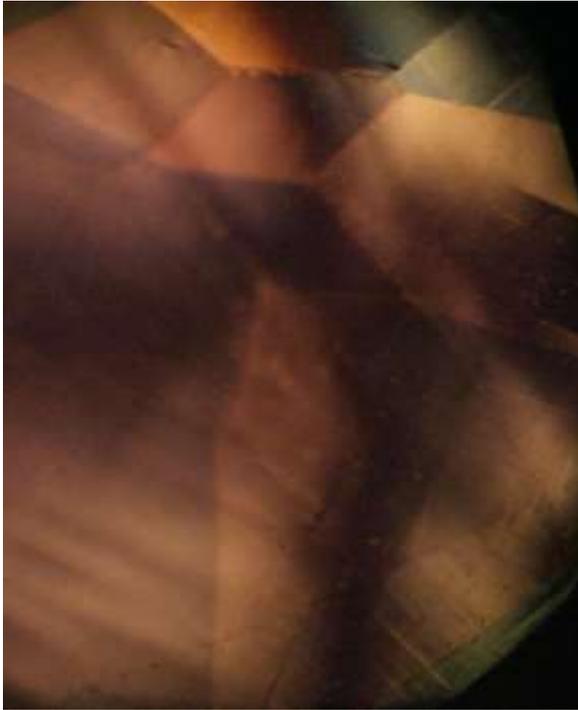


*Photo 10-85*

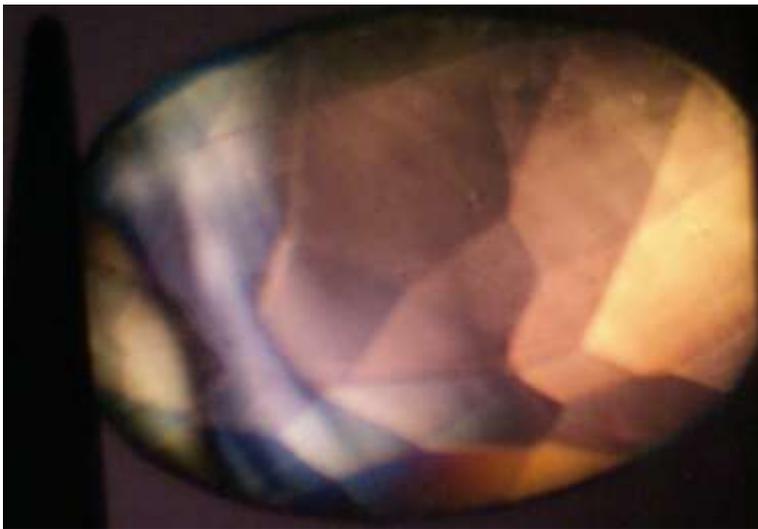
CV29



*Photo 10-88*



*Photo 10-89*



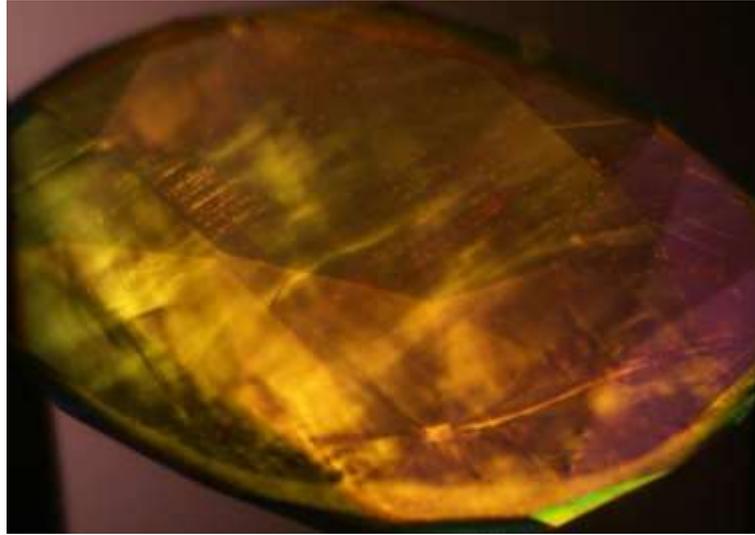
*Photo 10-90*

Jaune

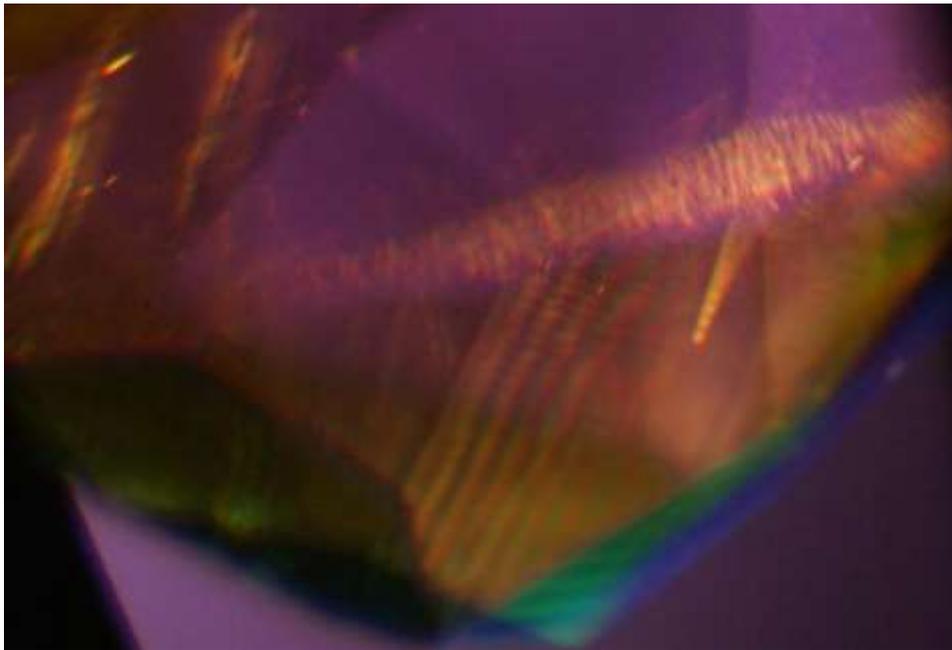
CV03



*Photo 10-92*



*Photo 10-91*

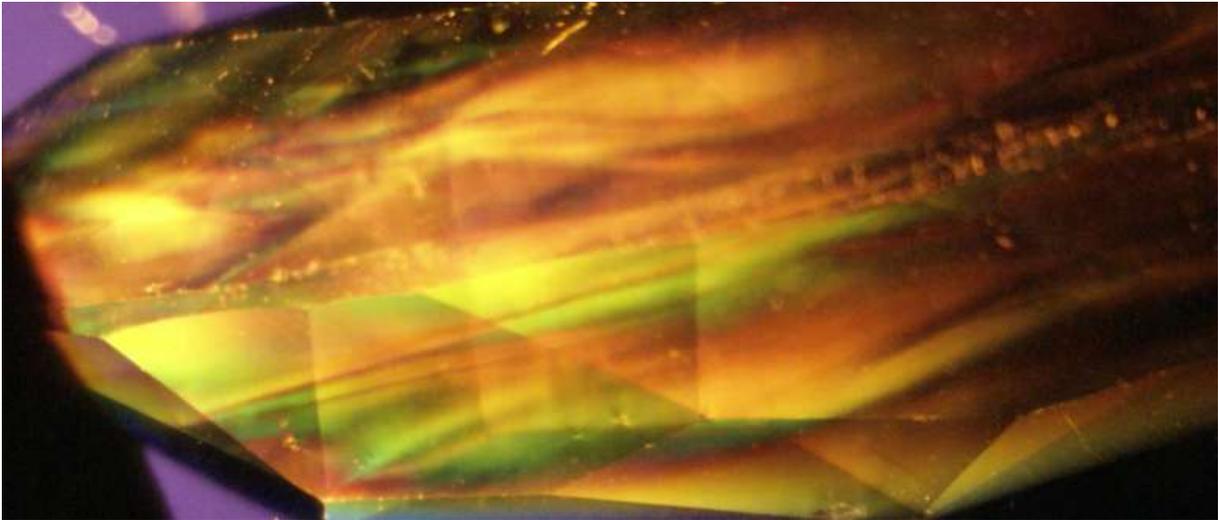


*Photo 10-93*

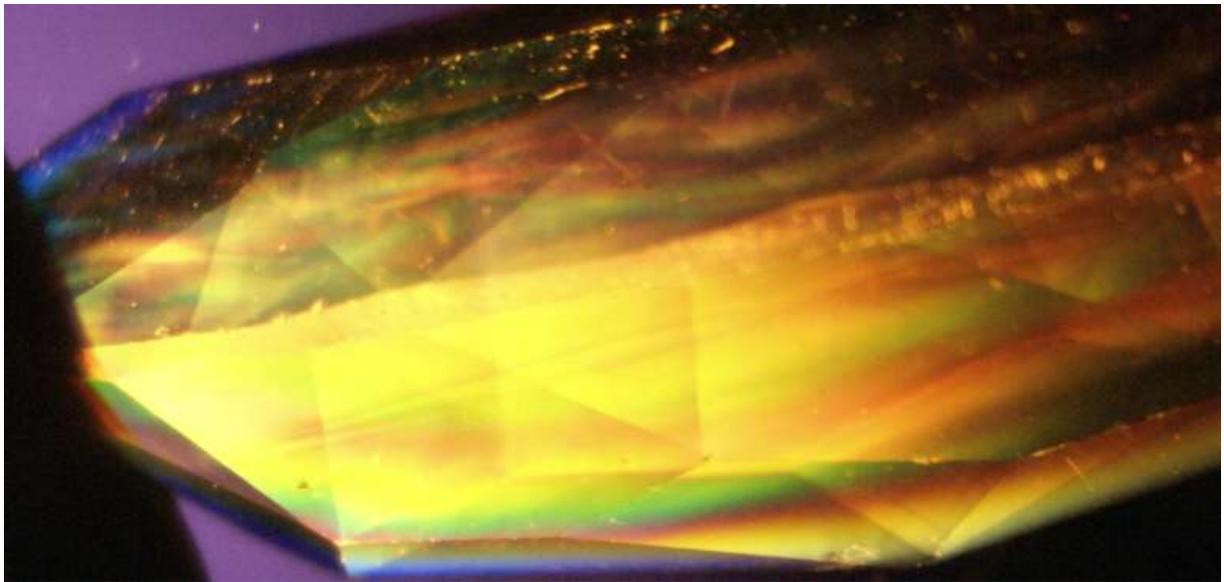
CV04



*Photo 10-94*



*Photo 10-95*



*Photo 10-96*

CV05



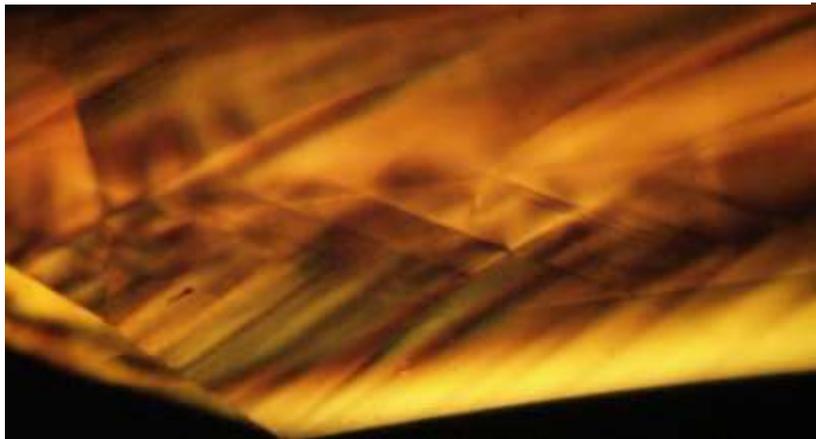
*Photo 10-99*



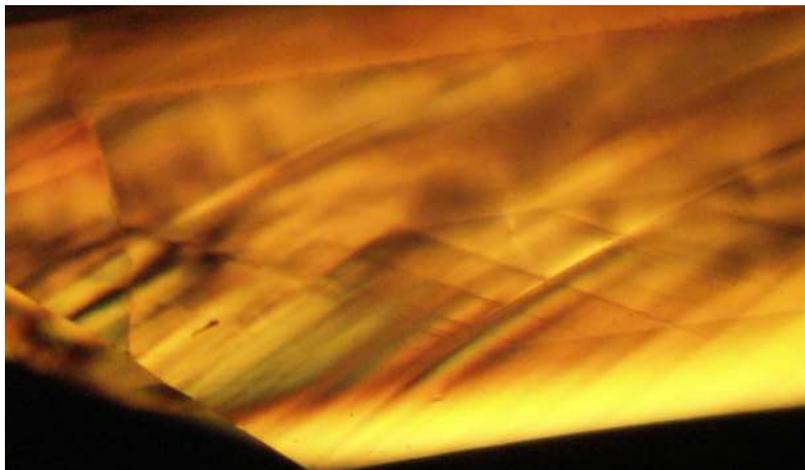
*Photo 10-98*



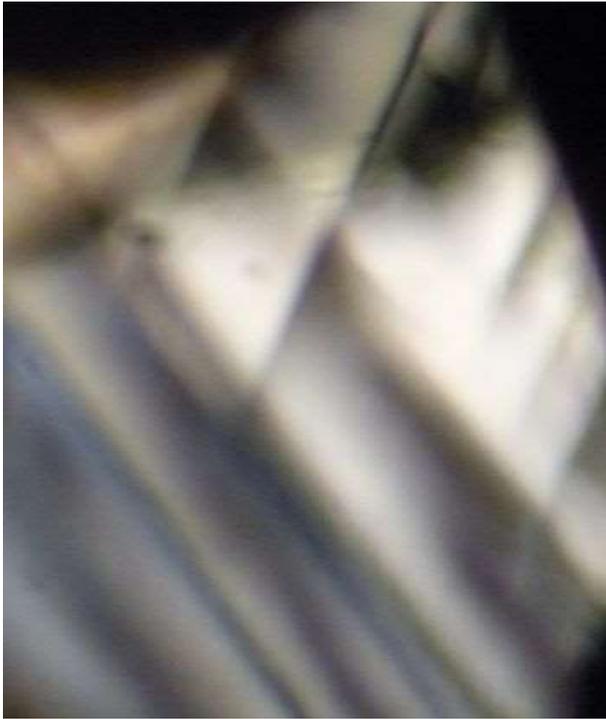
*Photo 10-97*



*Photo 10-101*



*Photo 10-100*

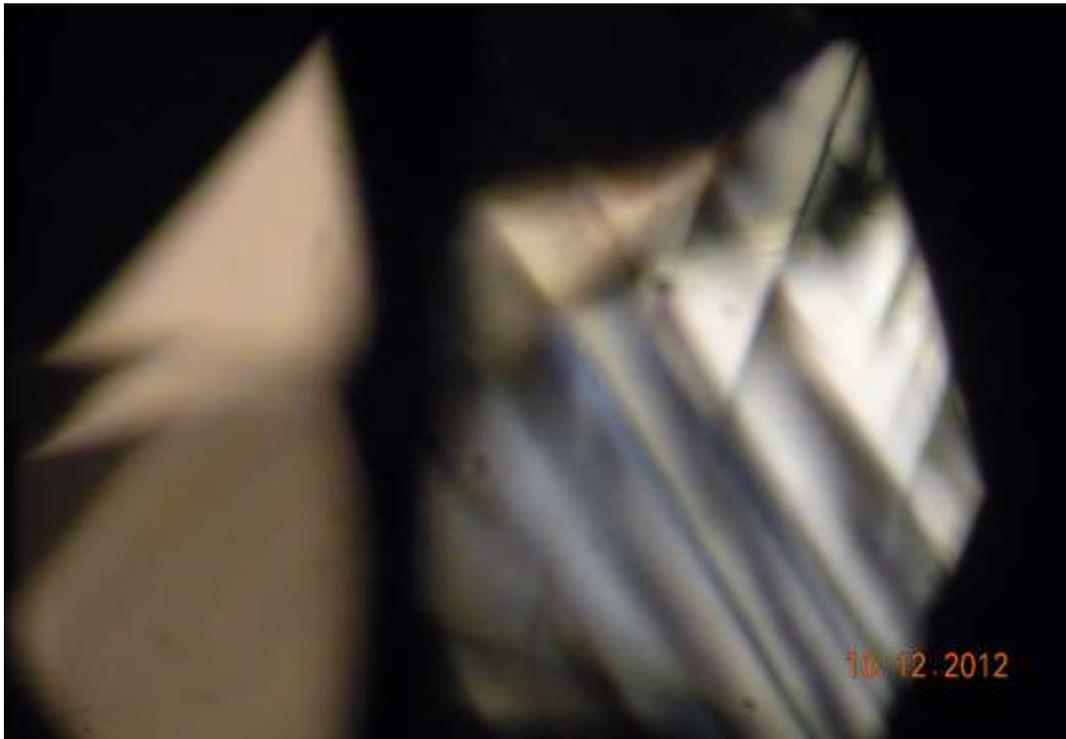


*Photo 10-103*

CV14



*Photo 10-102*

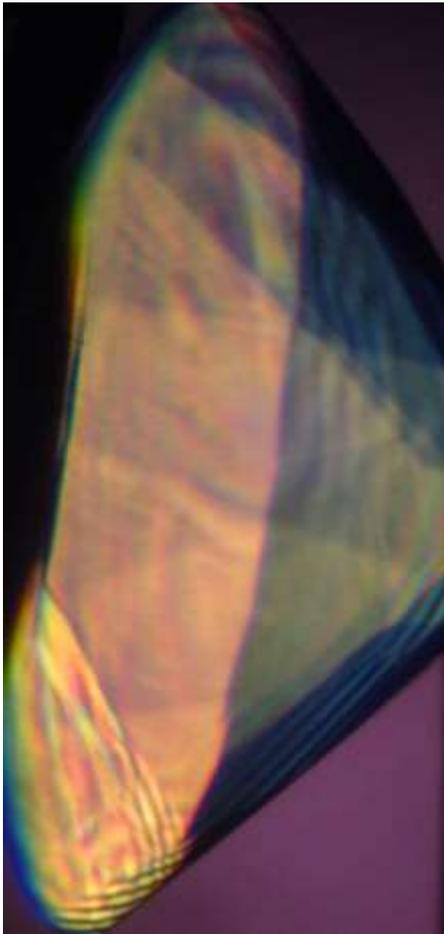


*Photo 10-104*

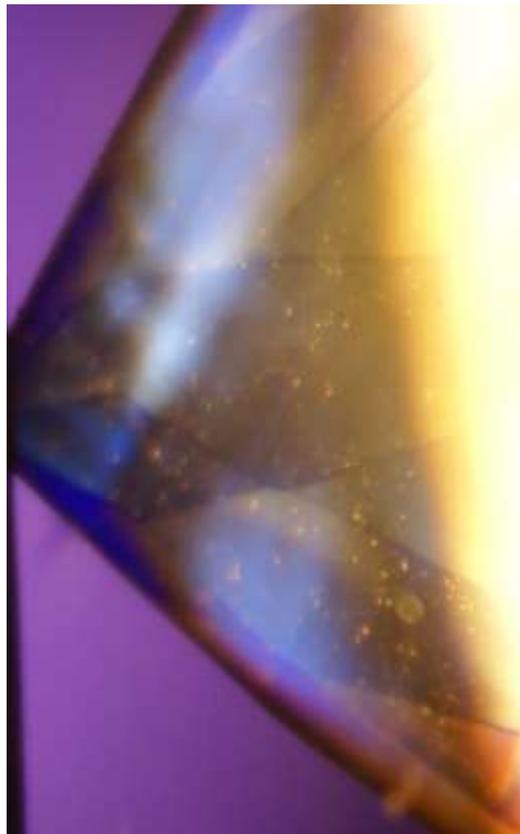
CV21



*Photo 10-105*



*Photo 10-107*



*Photo 10-106*

CV27



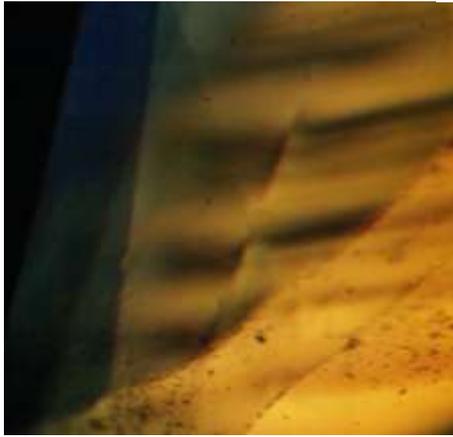
*Photo 10-109*



*Photo 10-110*



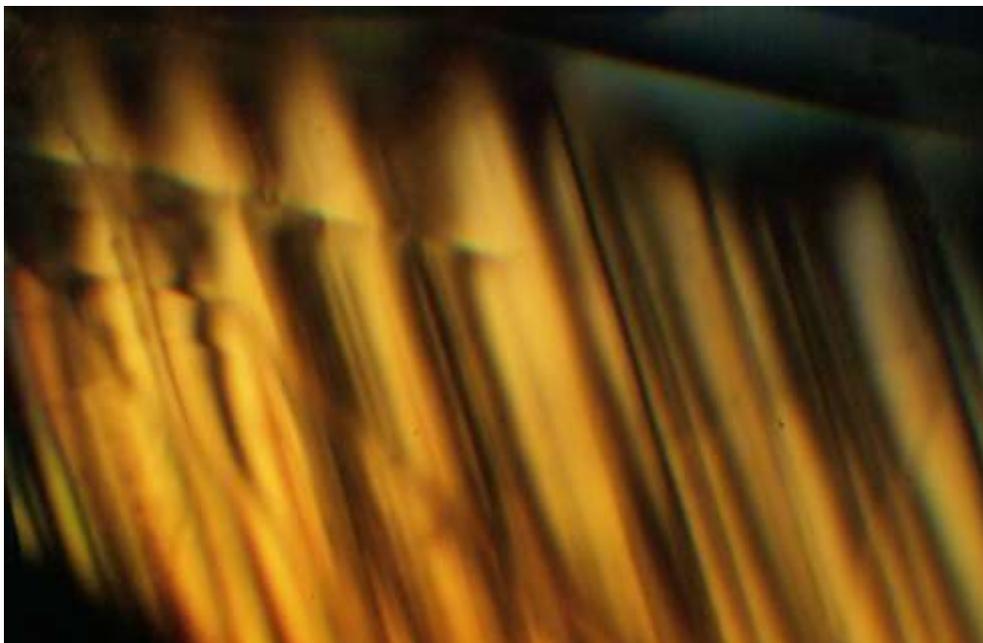
*Photo 10-108*



*Photo 10-111*



*Photo 10-112*

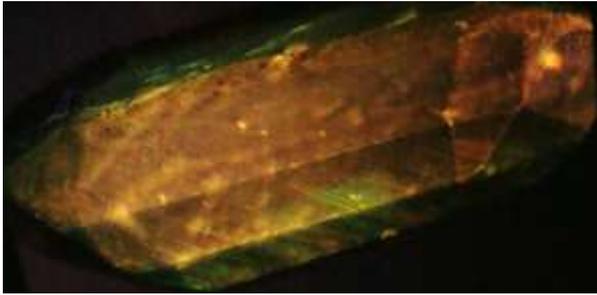


*Photo 10-113*

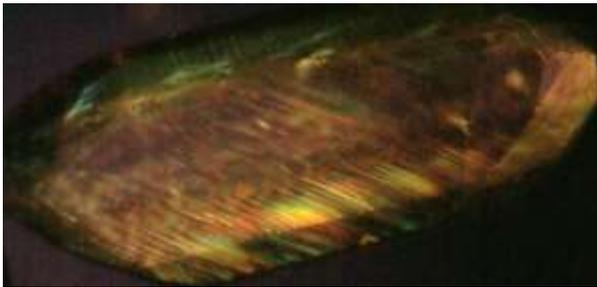
CV44



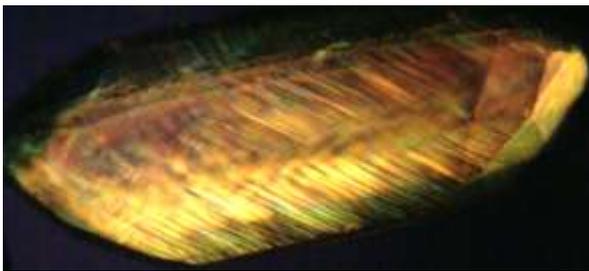
*Photo 10-114*



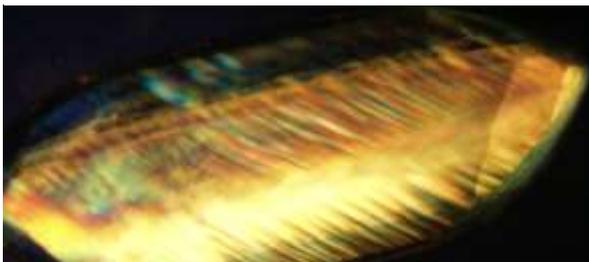
*Photo 10-115*



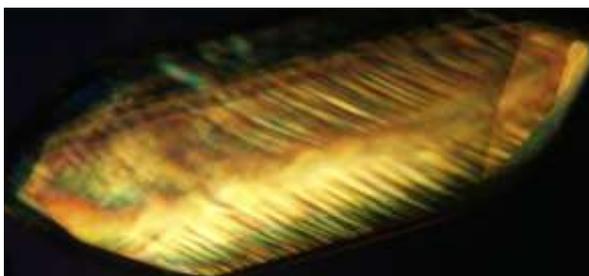
*Photo 10-116*



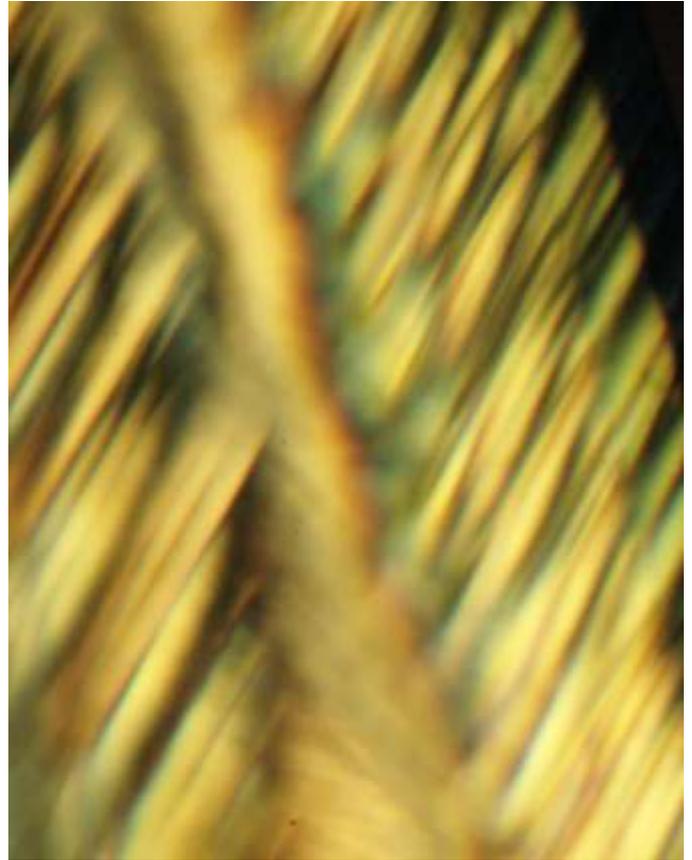
*Photo 10-118*



*Photo 10-120*



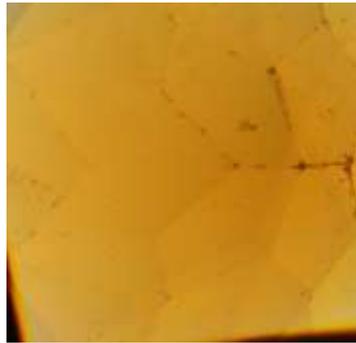
*Photo 10-119*



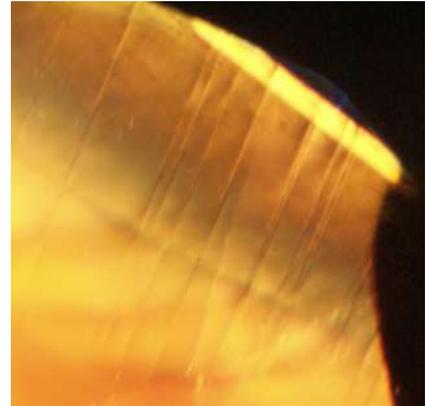
*Photo 10-117*

Orange

CV07



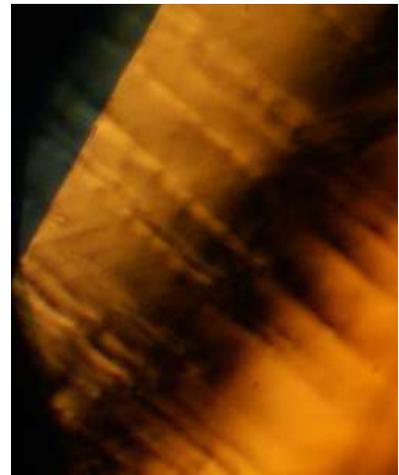
*Photo 10-122*



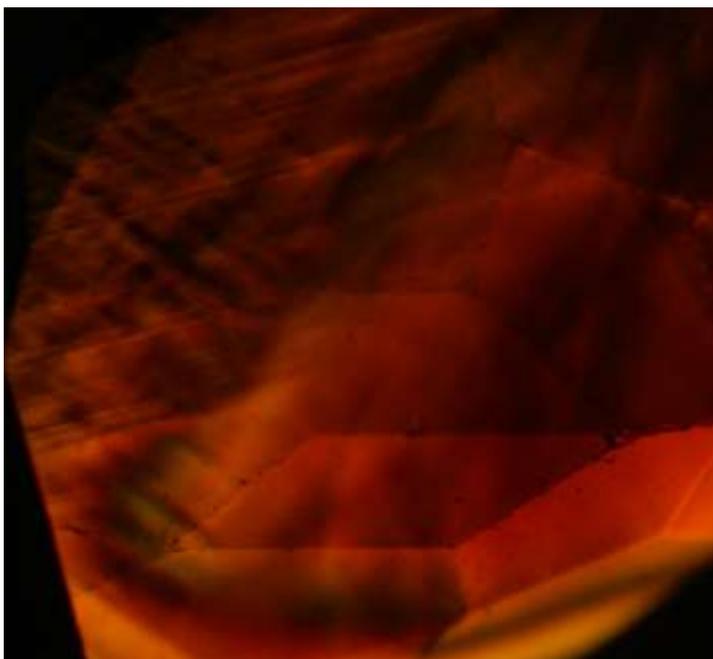
*Photo 10-121*



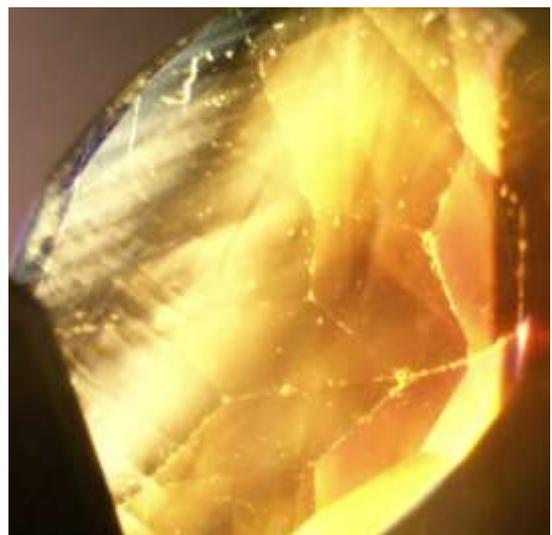
*Photo 10-126*



*Photo 10-123*



*Photo 10-124*



*Photo 10-125*

CV47



*Photo 10-128*



*Photo 10-127*



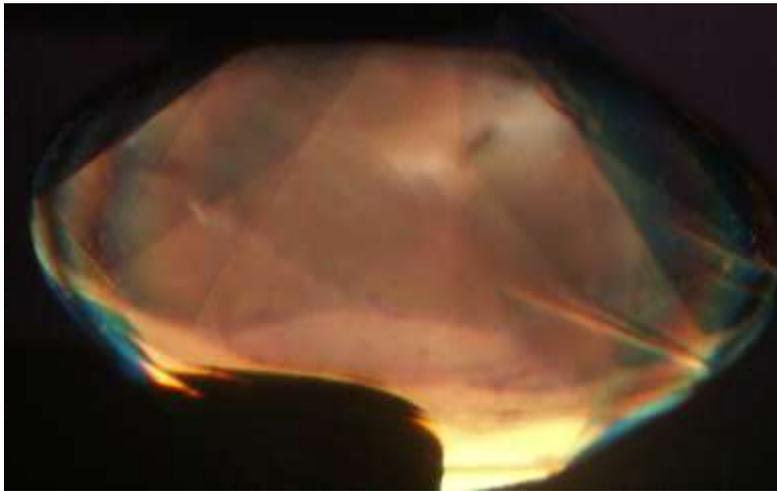
*Photo 10-129*

Incolore

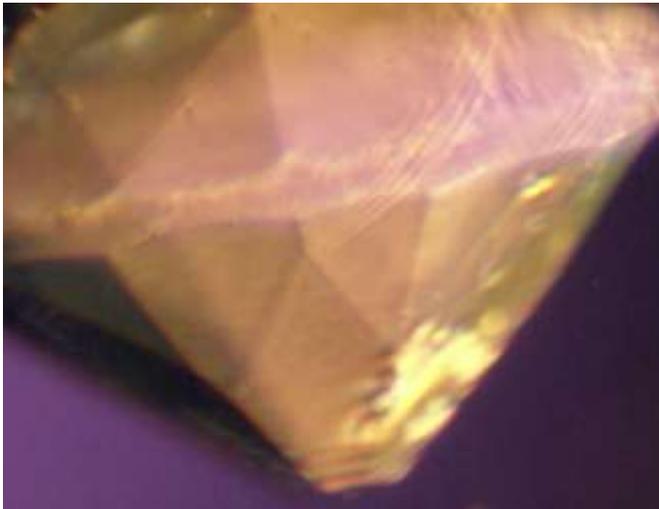
CV22



*Photo 10-130*



*Photo 10-131*



*Photo 10-132*

CV45



*Photo 10-133*



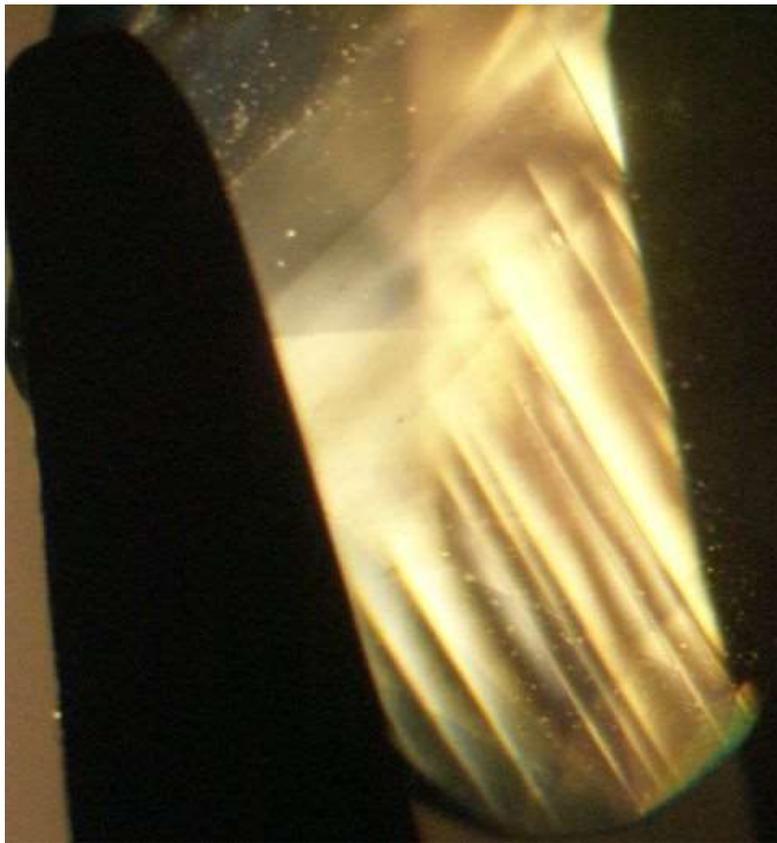
*Photo 10-134*



*Photo 10-136*



*Photo 10-135*



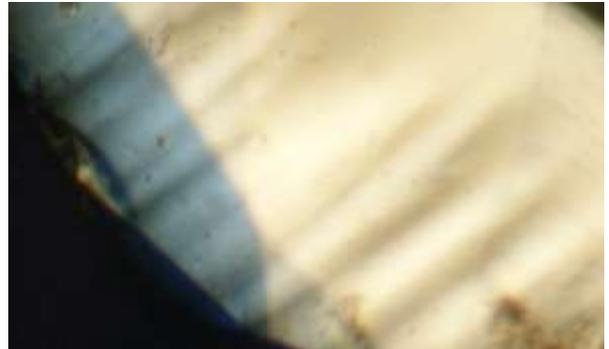
*Photo 10-137*

CV46

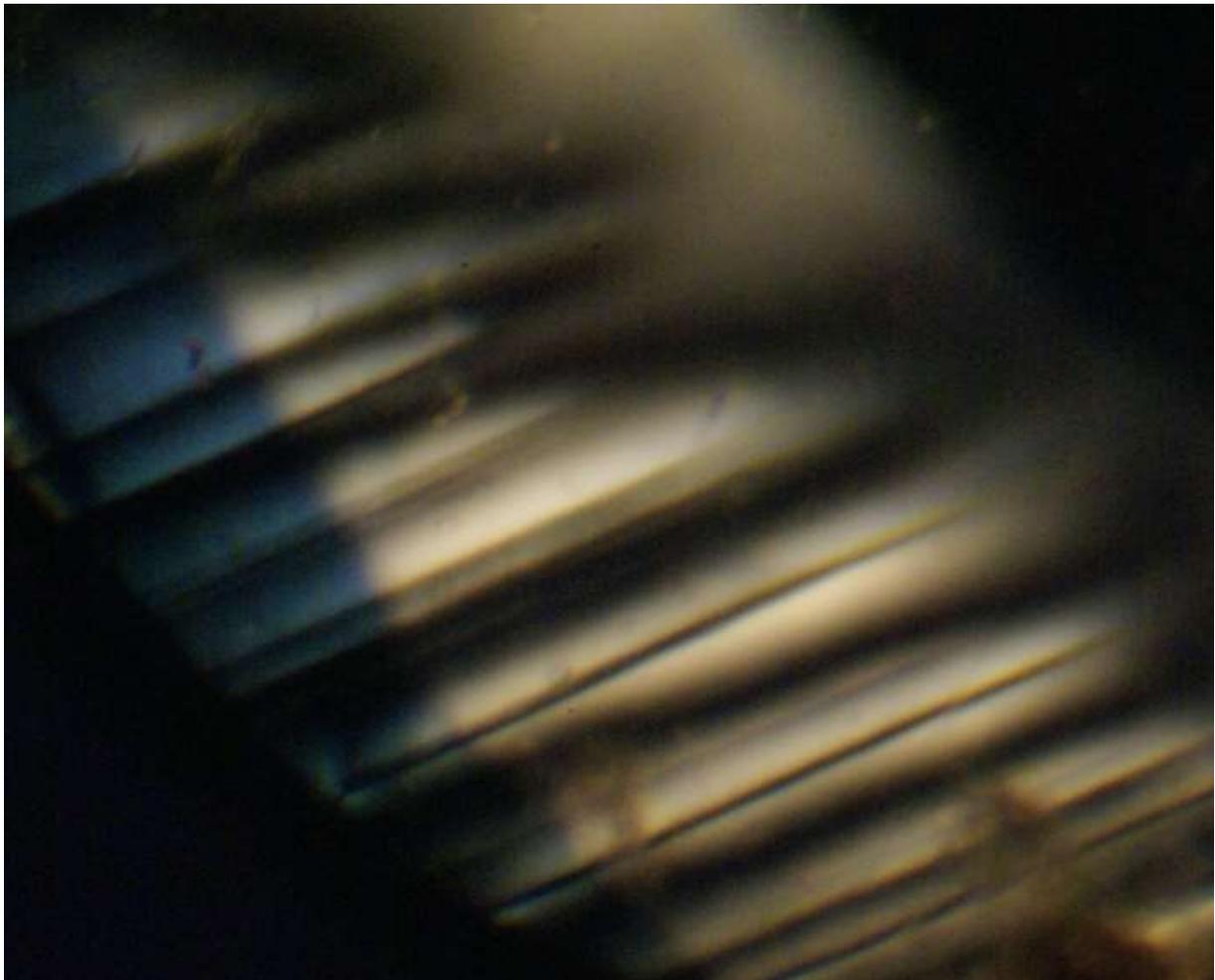
*Photo 10-138*



*Photo 10-141*



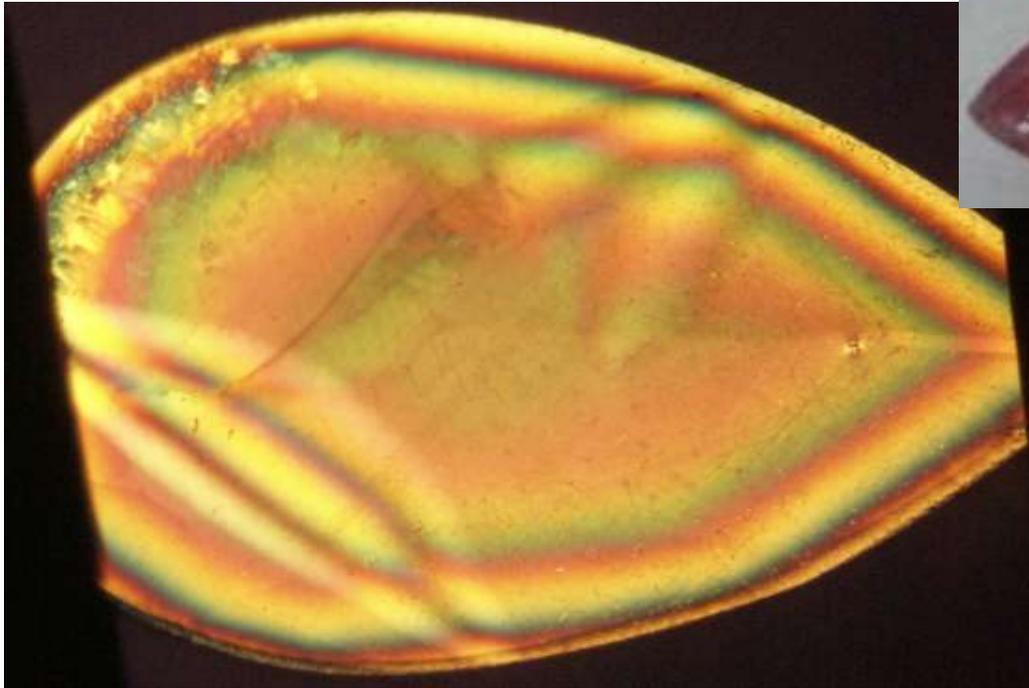
*Photo 10-139*



*Photo 10-140*

11. GEMMES NATURELLES QUI DONNENT UN FAUX ASPECT  
DE LIGNES DE PLATO

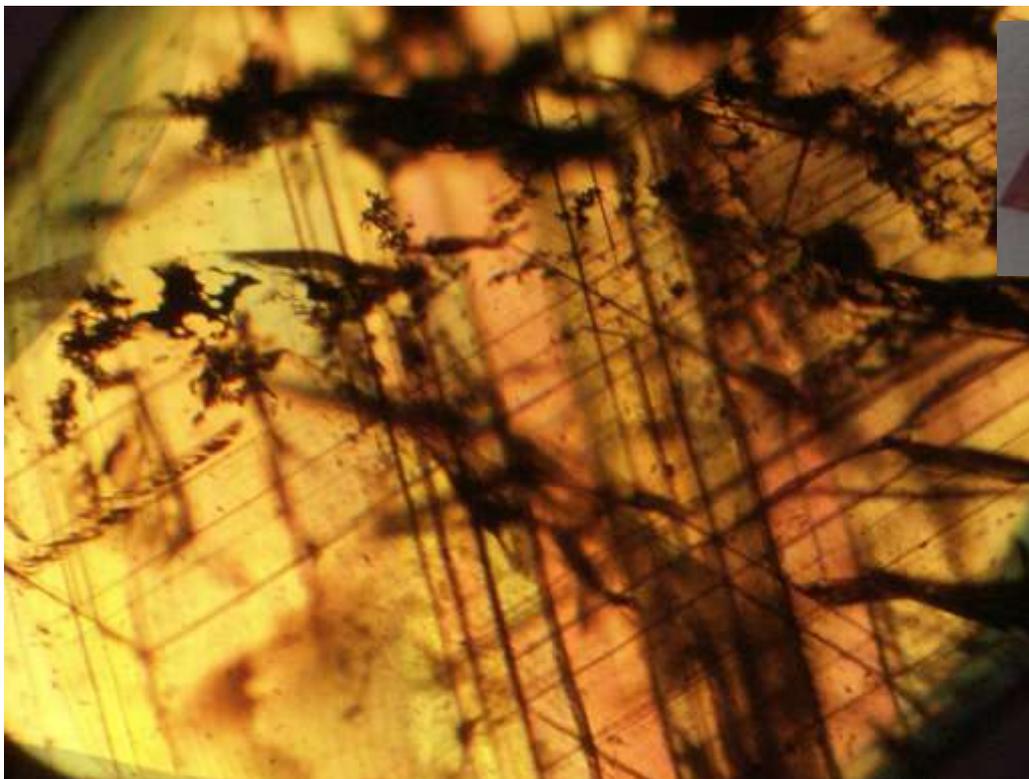
Deux rubis de Tanzanie (prêt Roger DEDEYNE)



*Photo 11-1*



*Photo 11-2*



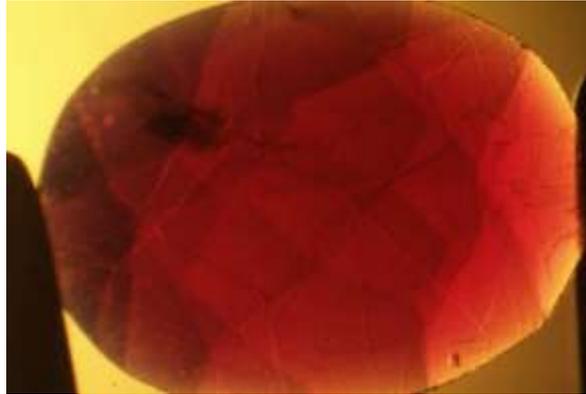
*Photo 11-3*



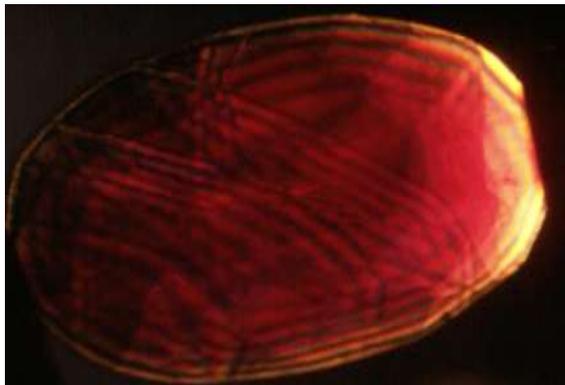
*Photo 11-4*

**Trois Rubis de Madagascar (prêt Guy LALOUS)**

1. Rubis n°1



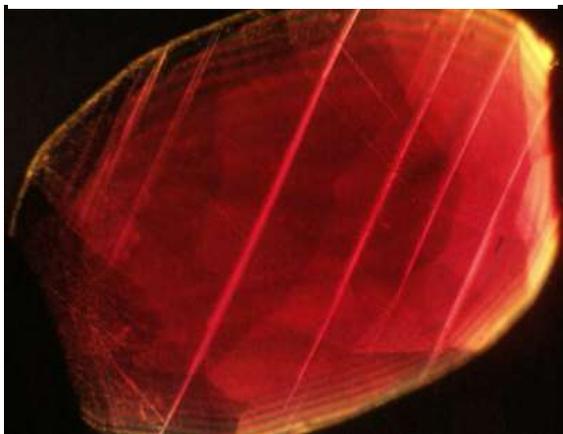
*Photo 11-5*



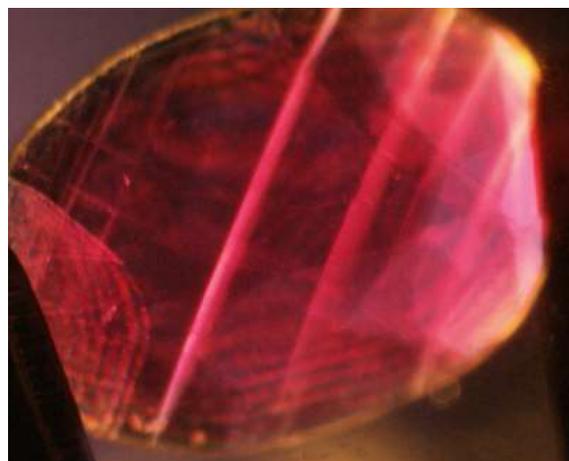
*Photo 11-7*



*Photo 11-8*



*Photo 11-6*



*Photo 11-9*

ANNEXE : RESULTATS

2. Rubis n°2

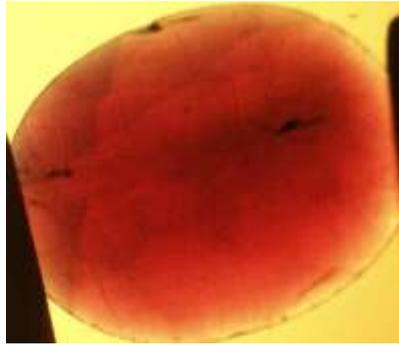


Photo 11-10

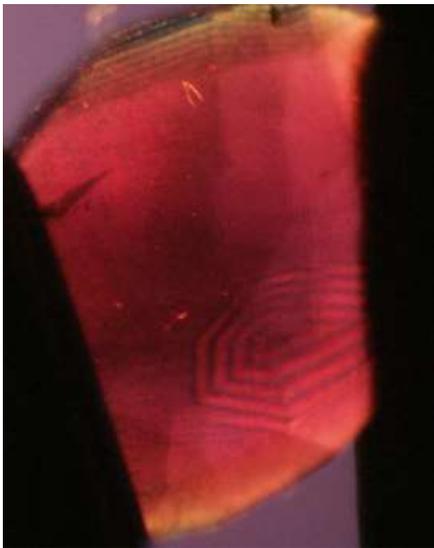


Photo 11-13



Photo 11-11

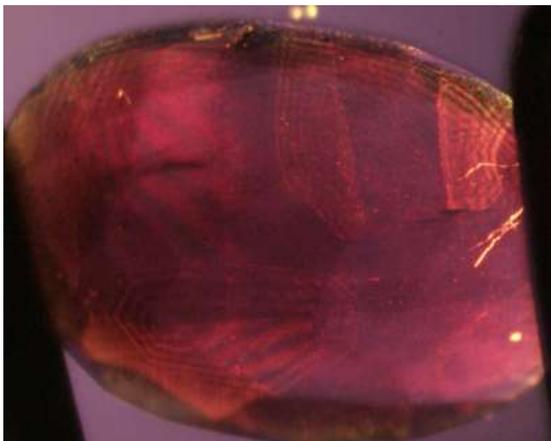
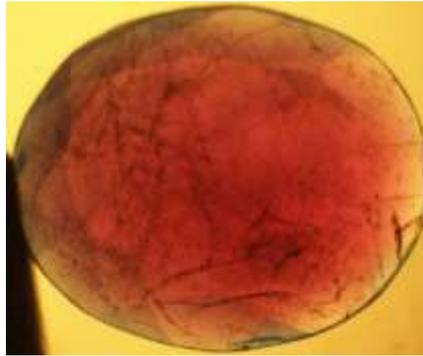
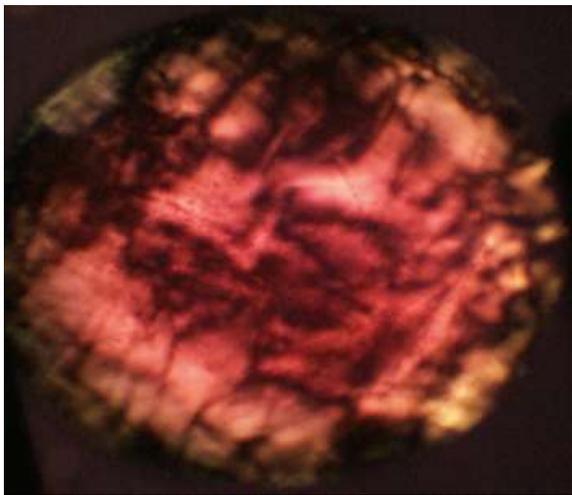


Photo 11-14

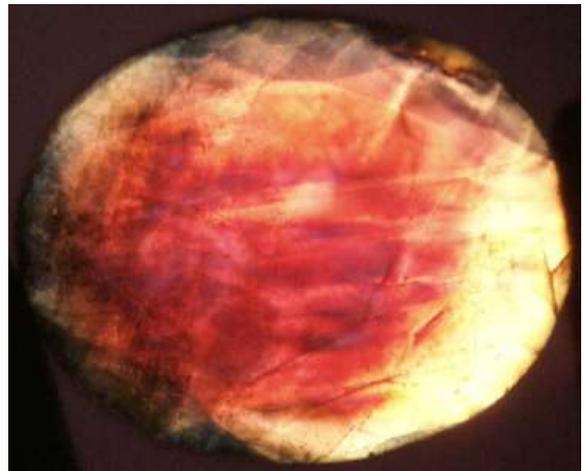
3.Rubis n°3



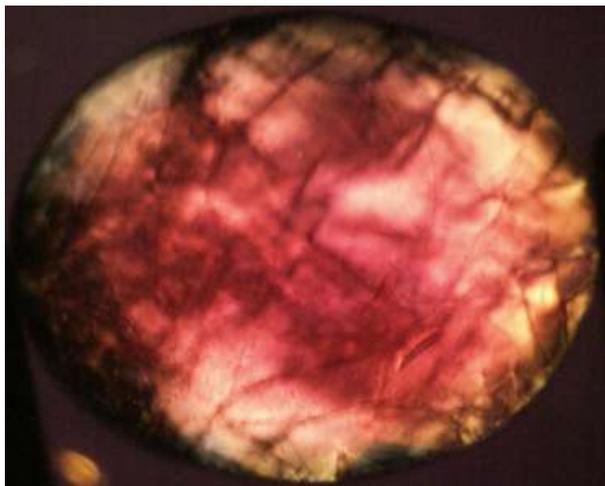
*Photo 11-15*



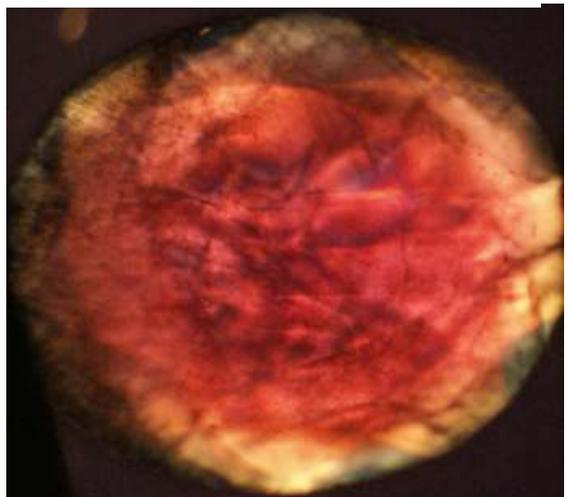
*Photo 11-20*



*Photo 11-17*



*Photo 11-19*



*Photo 11-16*

<b>12. Remarque ANNEXE : IDENTIFICATION D'UN REPLISSAGE</b>
-----------------------------------------------------------------

**I. Divers craquelés et remplis**

N°Echant.	Provenance	Masse(ct)	Taille	Couleur	Dimension	Photo
CV08	SBG B3478 (A.Ancemot)	3,968	Ovale	Rouge(GF)	9,88 7,77 5,08	
CV09	SBG B3477 (A.Ancemot)	1,662	Ovale	Bleu(GF)	7,97 6,01 3,48	
CV10	SBG B3478 (A.Ancemot)	1,596	Ovale	Jaune(GF)	7,05-6,13-4,19	

Résultats

au microscope en immersion MI en lumière transmise

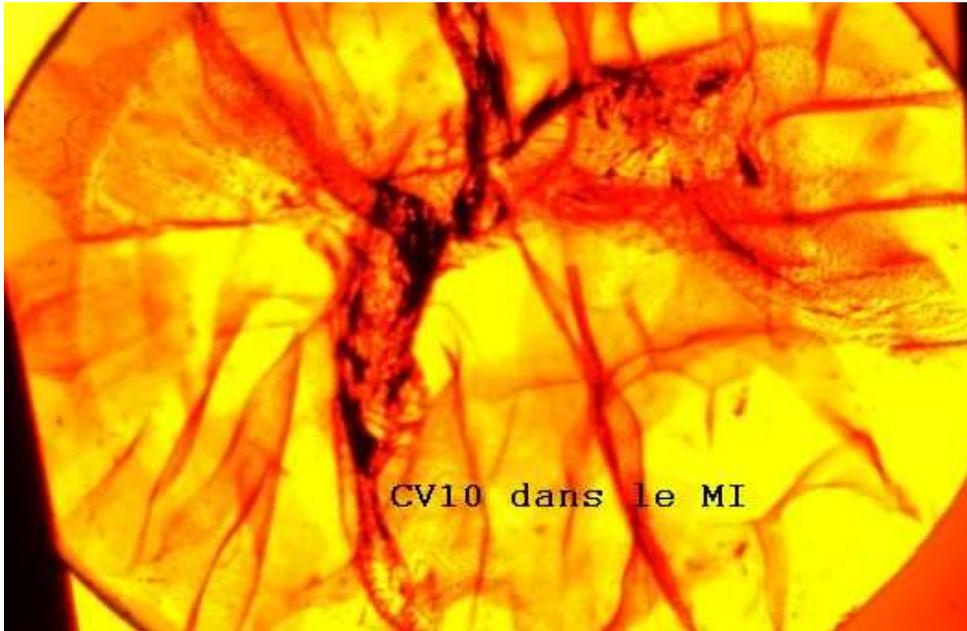


Photo 12-1

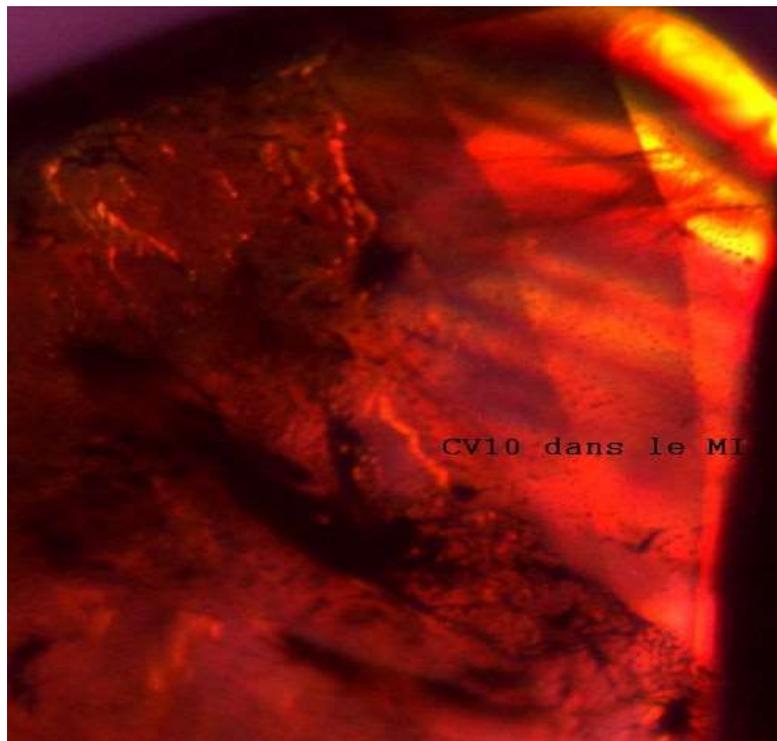
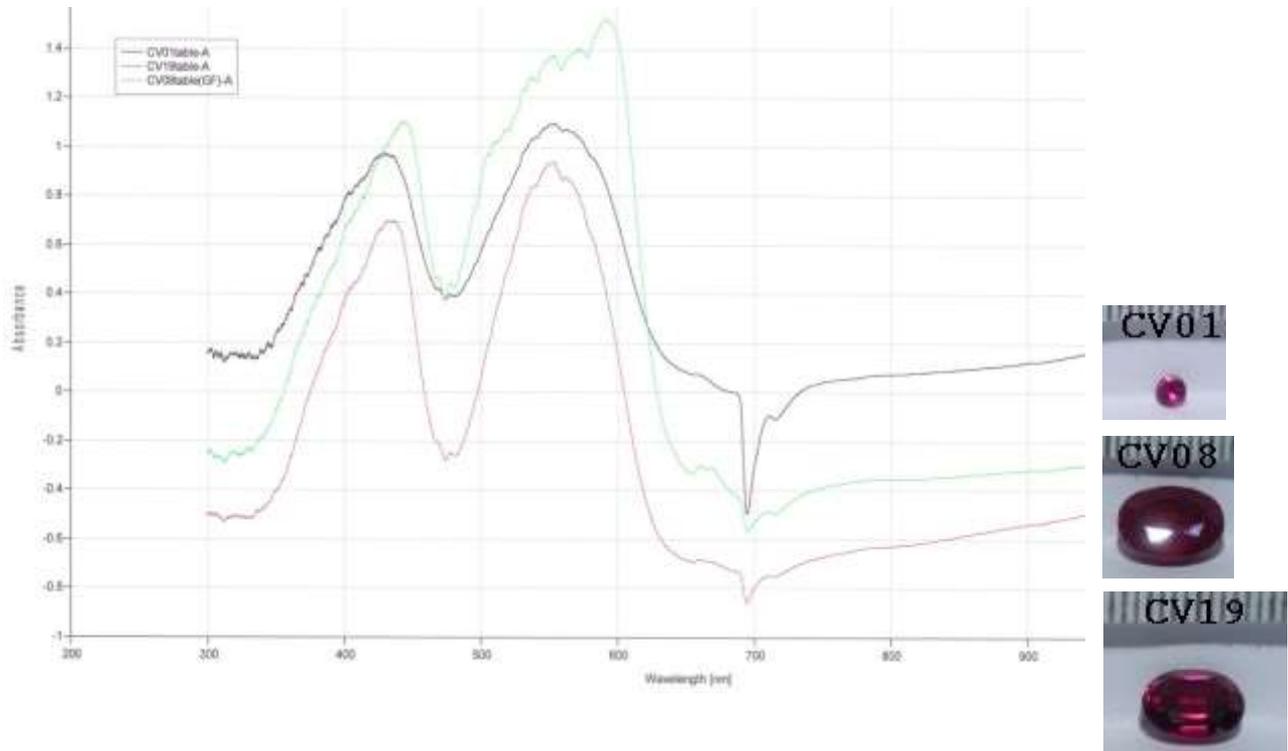


Photo 12-2

au microscope en immersion MI sous polarisateurs croisés, proche de l'axe c : des lignes de plato

ANNEXE : RESULTATS

COMPARAISON VERNEUIL ET VERNEUIL CHAUFFÉ ET REMPLI (VERRE OU BORAX)



## 13. GEMMOLOGIE DE LABORATOIRE

- **Spectromètre portable**

(UV-VIS-NIR : 300 – 1000 nm)

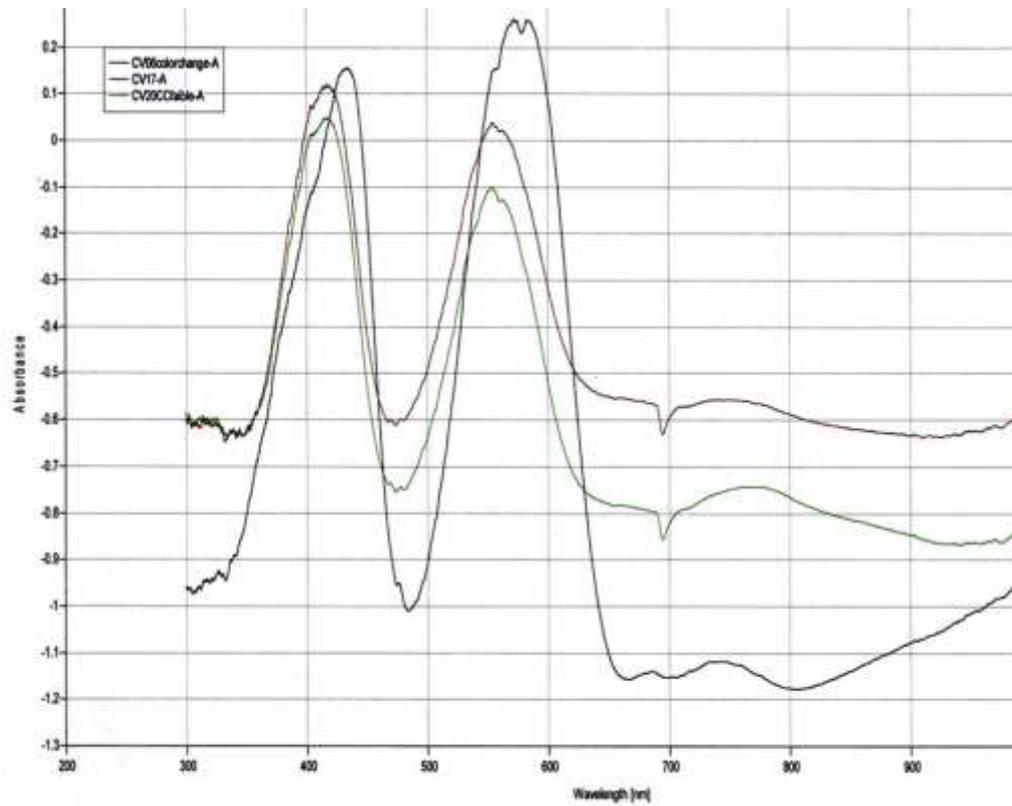
### Spécifications du spectromètre Gem GL™

1. **Poids:** 510 grammes
2. **Dimensions:** 170 mm x 100 x mm 50 mm
3. **Détecteur:** Toshiba TCD1304AP barrette (renforcée par un procédé exclusif)
4. **Portée du détecteur:** 200 – 1100 nm
5. **Pixels:** 3648 La taille du pixel: 8 mm x200 mm
6. **Signal-à-bruit:** 300:1 Résolution A / D:14 peu
7. **Connecteur de fibre optique:** SMA 905 à 0.22 l'ouverture numérique simple brin de fibre optique
8. **Résolution optique de longueur d'onde et:** 300-1000 nm < 1.0 nm avec 25 fente pm
9. **Le temps d'exposition:** 2.5 temps de lecture ms-10 s CCD: 14 vitesse de transfert de données ms: 200 ms / 100 ms (2 points de liaison)
10. **Consommation:** 200mA à 5 V à partir de l'interface ordinateur: USB 2.0, HID 2.0 (Câble USB inclus)
11. **Système opérationnel:** Windows XP / Vista / Windows 7 32/64 bits et les autres; avec un firmware propriétaire pour halogène 10W GL Gem titulaire

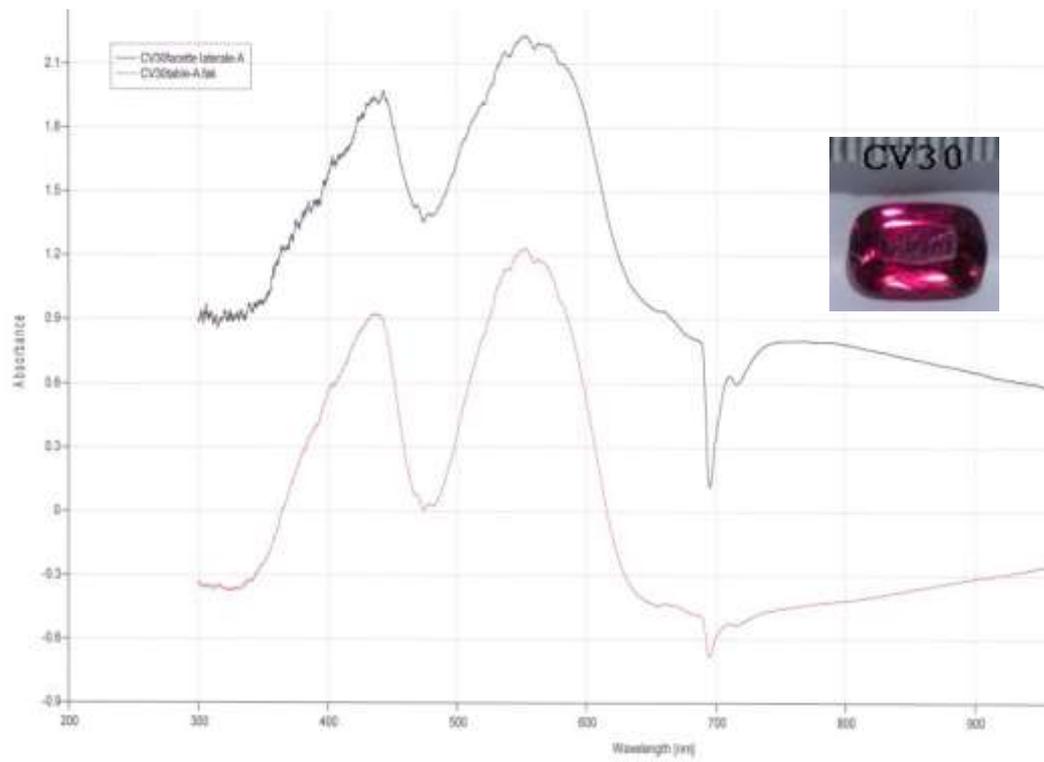


## Spectro UV-VIS-PIR

- Comparaison de différents effets Alexandrites



- Comparaison Verneuil (table et culasse)



14. VISITE CHEZ DJEVA (MONTHEY, SUISSE)



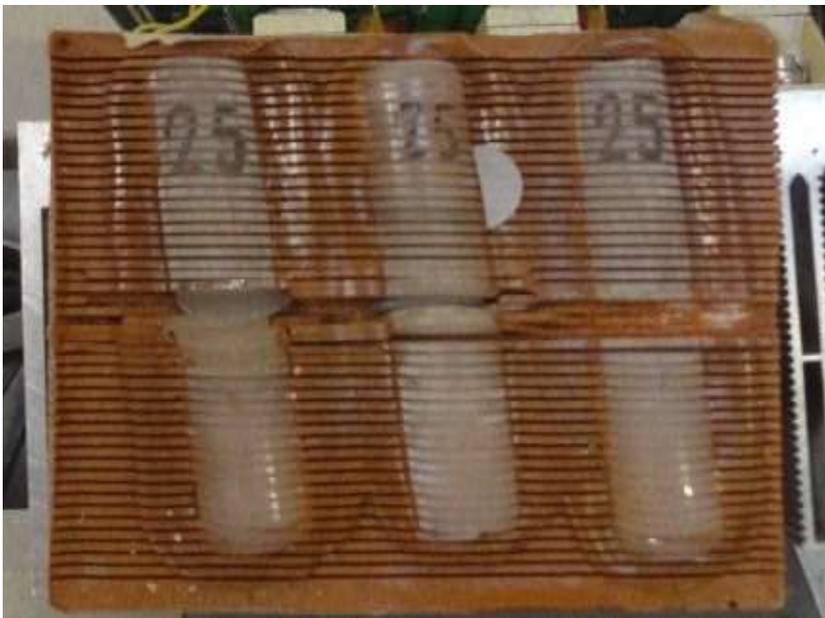




L'axe Optique est déterminé par le but d'utilisation futur du produit fini.  
Le futur germe est préparé avec un axe optique bien précis et connu.



*Le germe est placé sur la barre d'alumine.*



Le démarrage de la pointe est déterminant pour la structure la plus homogène possible. C'est toute la qualité d'un bon "pierreur (l'ouvrier)" de savoir comment faire démarrer la boule de Verneuil le plus adéquatement possible. Le moment difficile est l'élargissement du cône.



Ouverture du four. La boule est encore chaude .On remarque une ligne transversale. C'est la position de la fenêtre du four ou la température était un peu différente. C'est à cet endroit que l'on sépare la boule en deux.



Les différentes couleurs de Corindon proposées par la société Djévalite à Monthey (Suisse).



## LA MÉTHODE STEPANOV



*Figure 16-1: corindon synthétique, méthode Stepanov*

Corindon synthétisé dans un but industriel : Méthode STEPANOV (variante industriel par capillarité du Czochralski)