

# L'analyse des diamants de type IIa au LFG

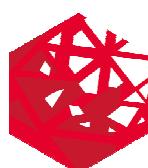
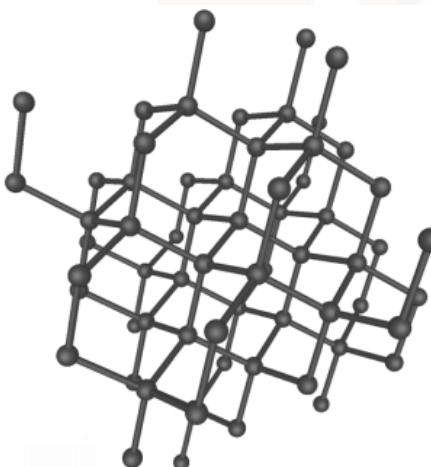
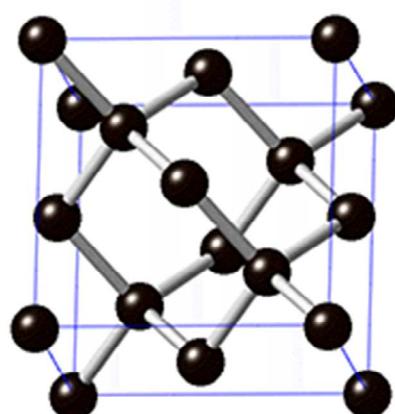
*Aurélien Delaunay*

Directeur du Laboratoire Français de Gemmologie  
+33 (0)1 40 26 25 45, [a.delaunay@lfg.paris](mailto:a.delaunay@lfg.paris)

09/09/2019

# Le diamant

- ◆ Diamant : carbone C + impuretés (N, H, B, Ni, etc.)
- ◆ Système cubique à faces centrées (chaque atome d'azote est entouré de 4 atomes d'azote formant un tétraèdre)



**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Géométrie

# Qu'est ce qu'un diamant de type II ?

- ◆ Diamant : carbone C + impuretés (N, H, B, Ni, etc.)

Robertson et al., 1934

Opaques aux UVC

Type I  
(avec azote)

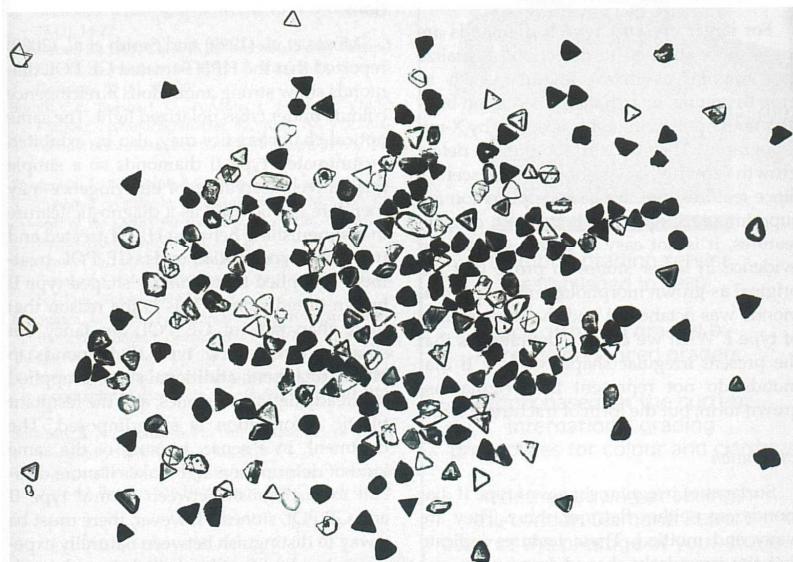


Figure 3: Positive image of micro-diamonds on a photographic plate under UV irradiation of  $\lambda = 2537\text{\AA}$ . Black images correspond to type I, transparent ones to type II, and grey crystals composed of types I and II. Magnification x4. No essential difference in morphology is noted between type I and II crystals. Reproduced from Figure 1 of Tolansky and Komatsu, (1967). By courtesy of Prof. H. Komatsu.

A discussion on the origin of irregular shapes of type II diamonds

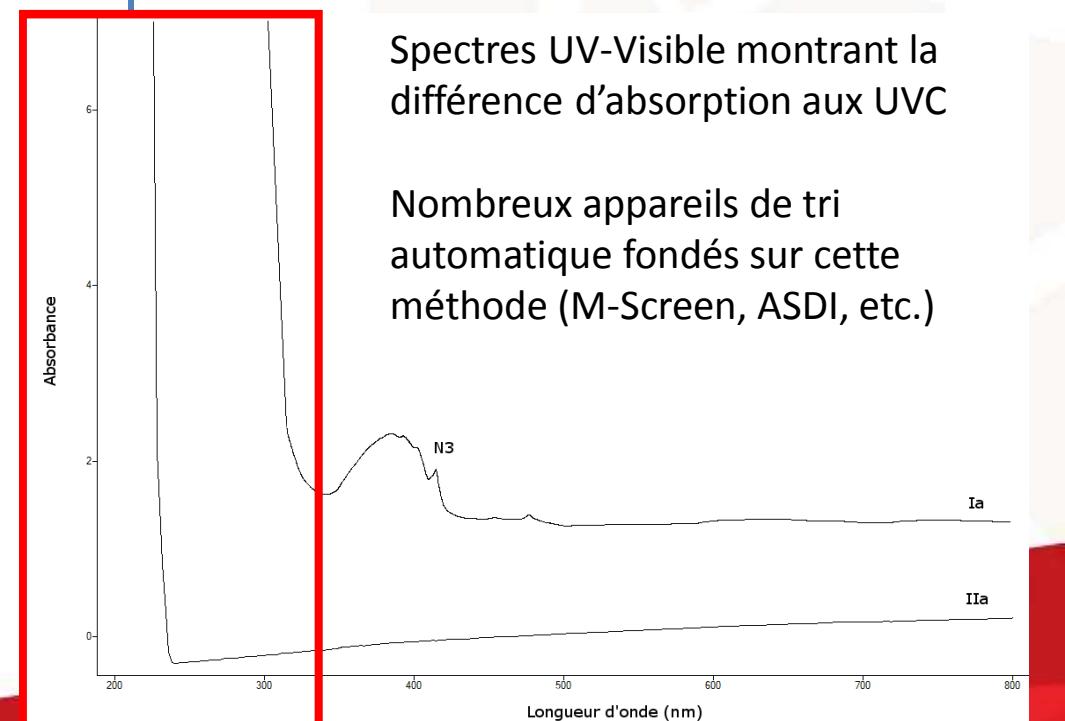
Sunagawa, JoG 2001

Transparents aux UVC

Type II  
(« sans azote »)

Spectres UV-Visible montrant la différence d'absorption aux UVC

Nombreux appareils de tri automatique fondés sur cette méthode (M-Screen, ASDI, etc.)

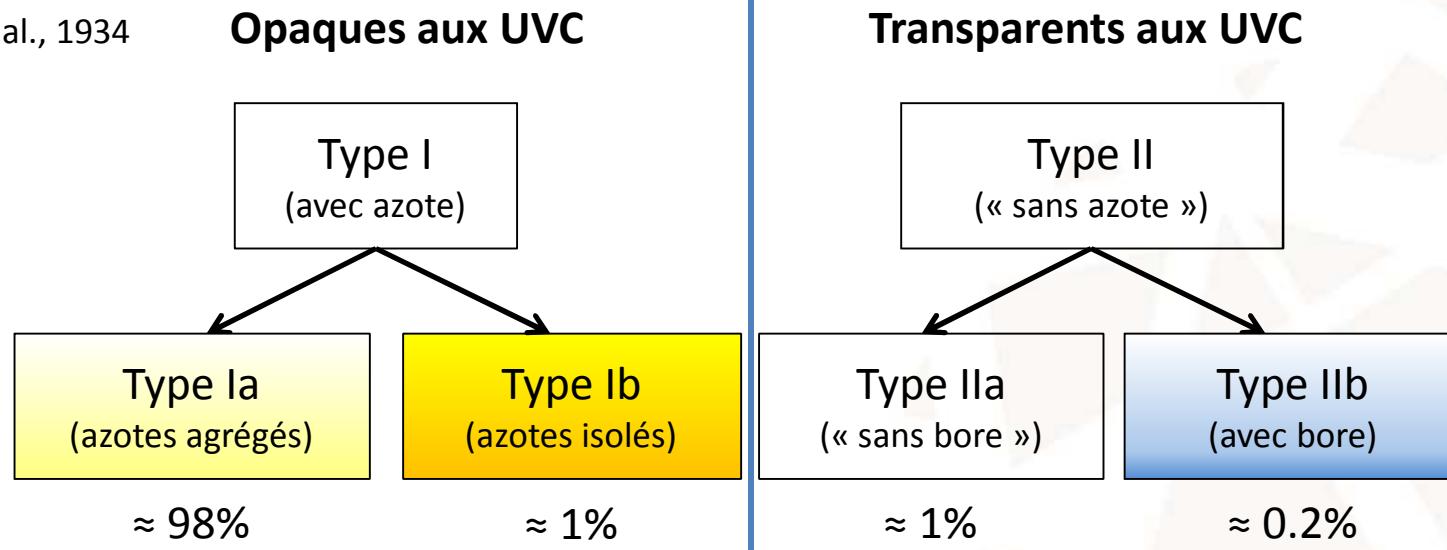


LFG - RDV AFG - 09/09/2019

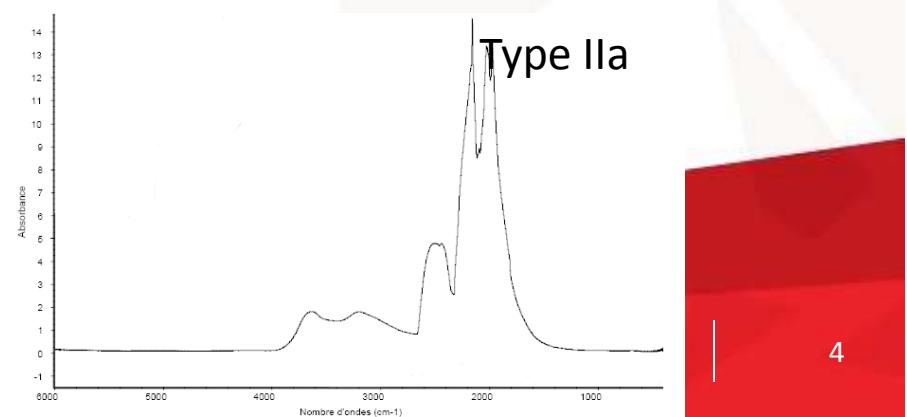
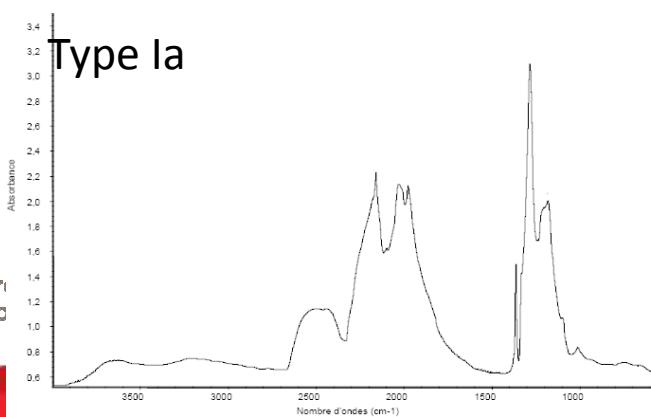
# Qu'est ce qu'un diamant de type II ?

- ◆ Diamant : carbone C + impuretés (N, H, B, Ni, etc.)

Robertson et al., 1934

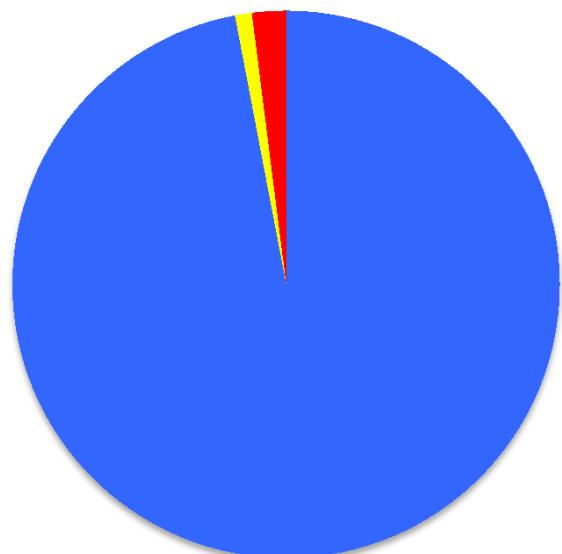


Au laboratoire, nous utilisons un spectromètre infrarouge pour l'identification du type.

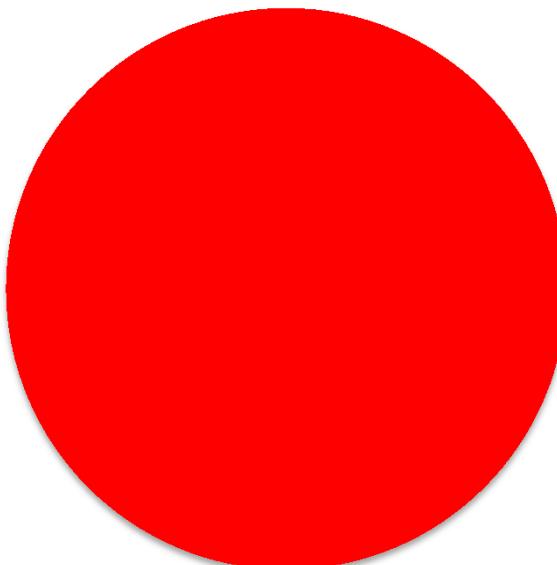


# Proportions des types de diamants presqu'incolores

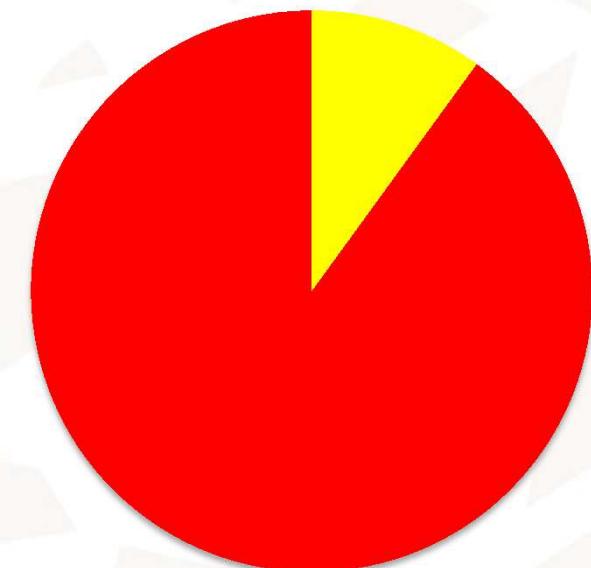
Naturels



Synthétiques CVD et HPHT



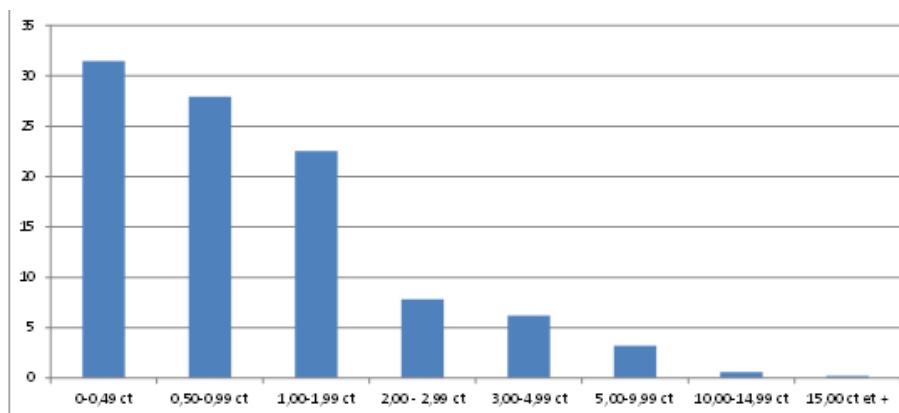
Traité HPHT



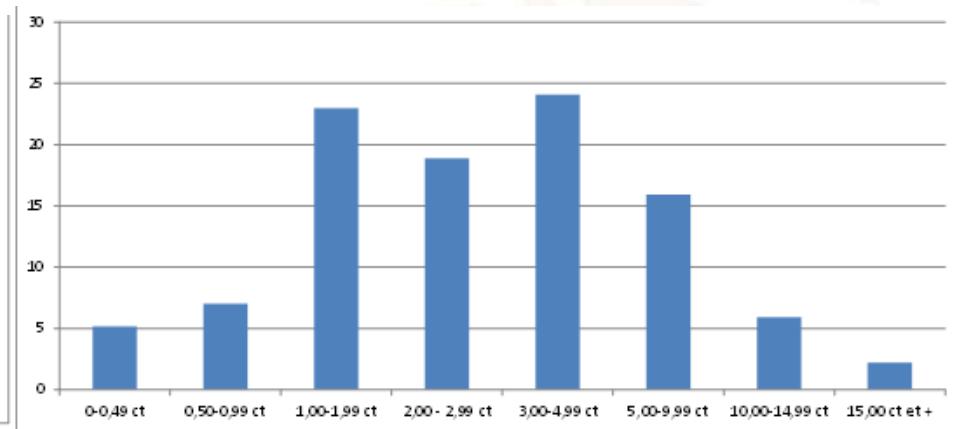
# Quelques statistiques sur les diamants de type II analysés au laboratoire

- ◆ Généralement un diamant de dimension « importante »

Ia



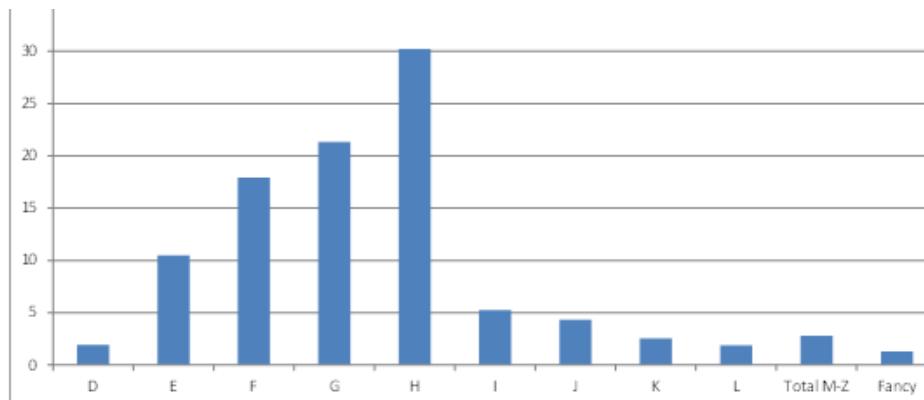
IIa



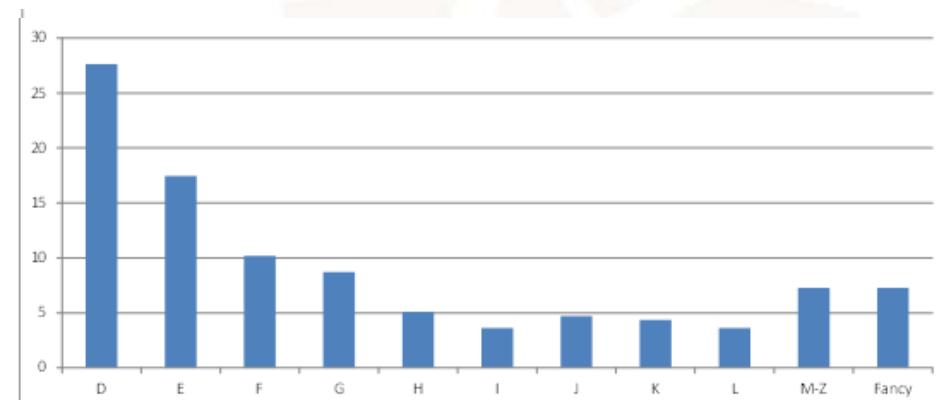
# Quelques statistiques sur les diamants de type II analysés au laboratoire

- ◆ Généralement un diamant de dimension « importante »
- ◆ Généralement un diamant de « bonne » couleur

Ia



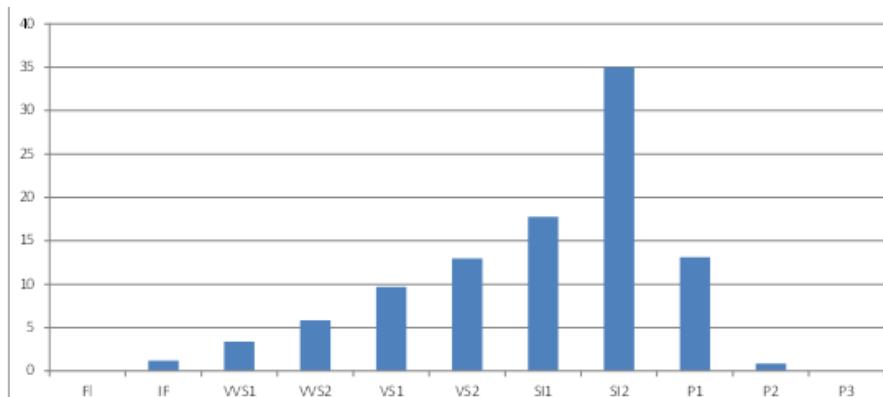
IIa



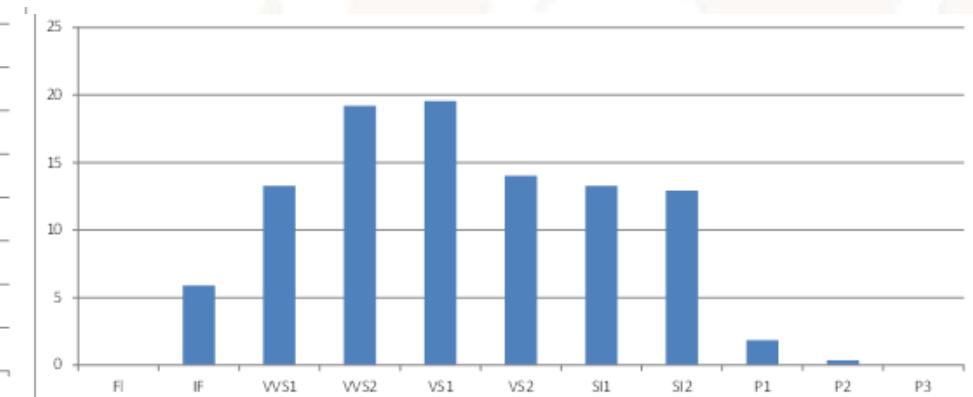
# Quelques statistiques sur les diamants de type II analysés au laboratoire

- ◆ Généralement un diamant de dimension « importante »
- ◆ Généralement un diamant de « bonne » couleur
- ◆ Généralement un diamant de « bonne » pureté

Ia



IIa



- ◆ De nombreux diamants de type II ont des tailles fantaisies : poire, navette, coussin, etc. Cela est du à la forme du brut souvent déformée ou aplatie.



Lesotho Promise (603 ct) trouvé en août 2006 dans la  
mine Letseng (Lesotho), Debby Bowen de Letseng  
Diamond Mine, Moore, 2009

Les diamants de type II sont réputés pour avoir une bonne couleur, une bonne pureté, des adjectifs que nous donnons souvent aux pierres anciennes, historiques provenant du gisement de Golconde en Inde. Mais comme vous pouvez le voir sur ces photos, nous analysons aussi des diamants de type II colorés avec des inclusions importantes.

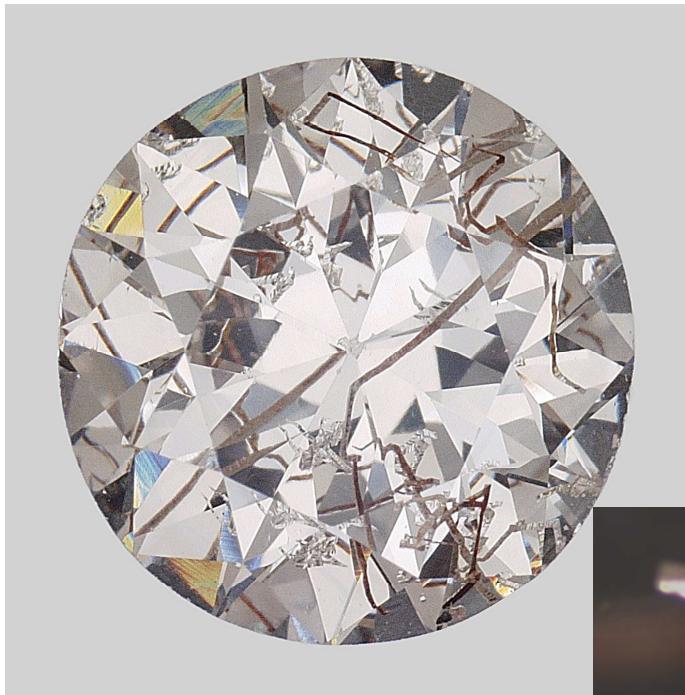


Env. 44 ct chacune D IF

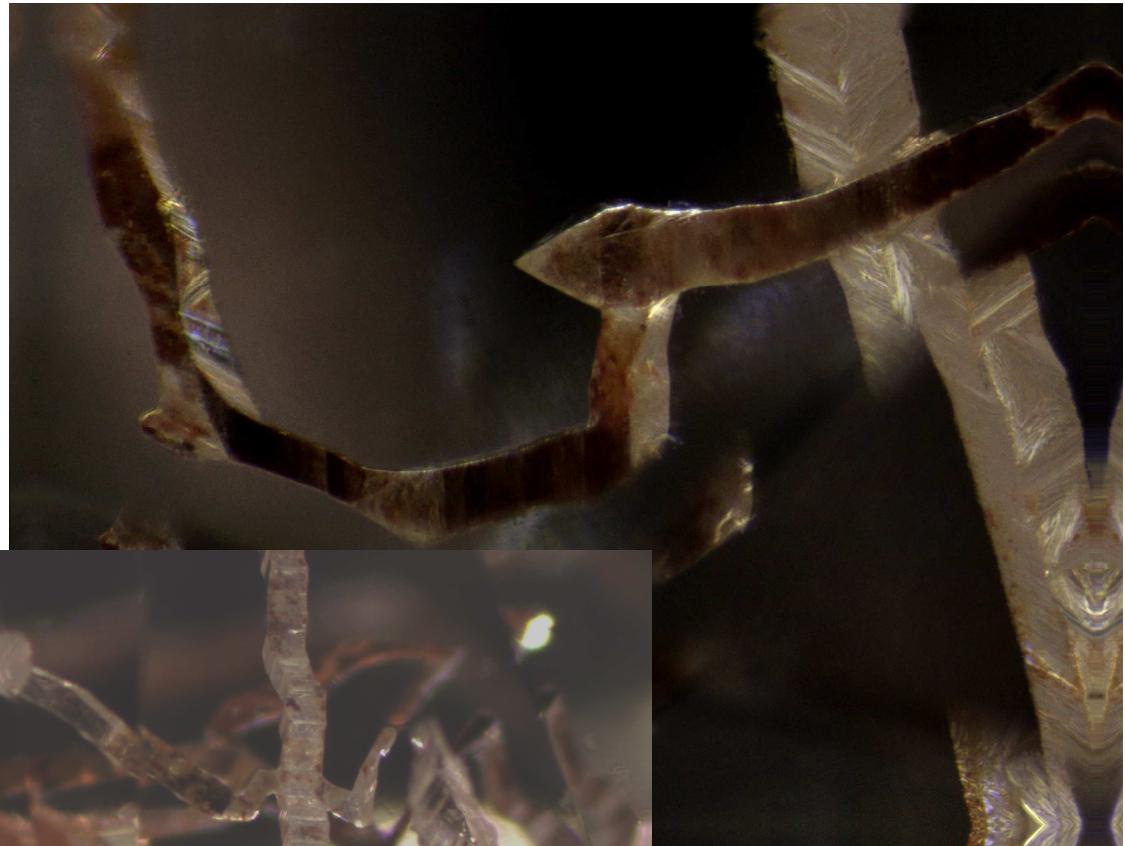


Env. 25 ct Fancy brun légèrement jaune P1

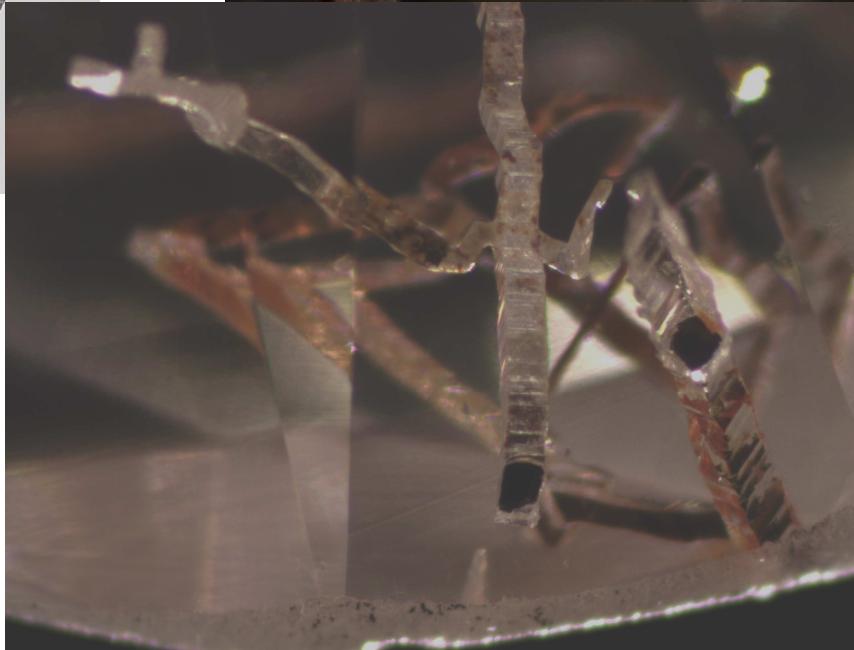
Inclusions exceptionnelles de dislocations dissoutes dans un diamant naturel de type IIa.



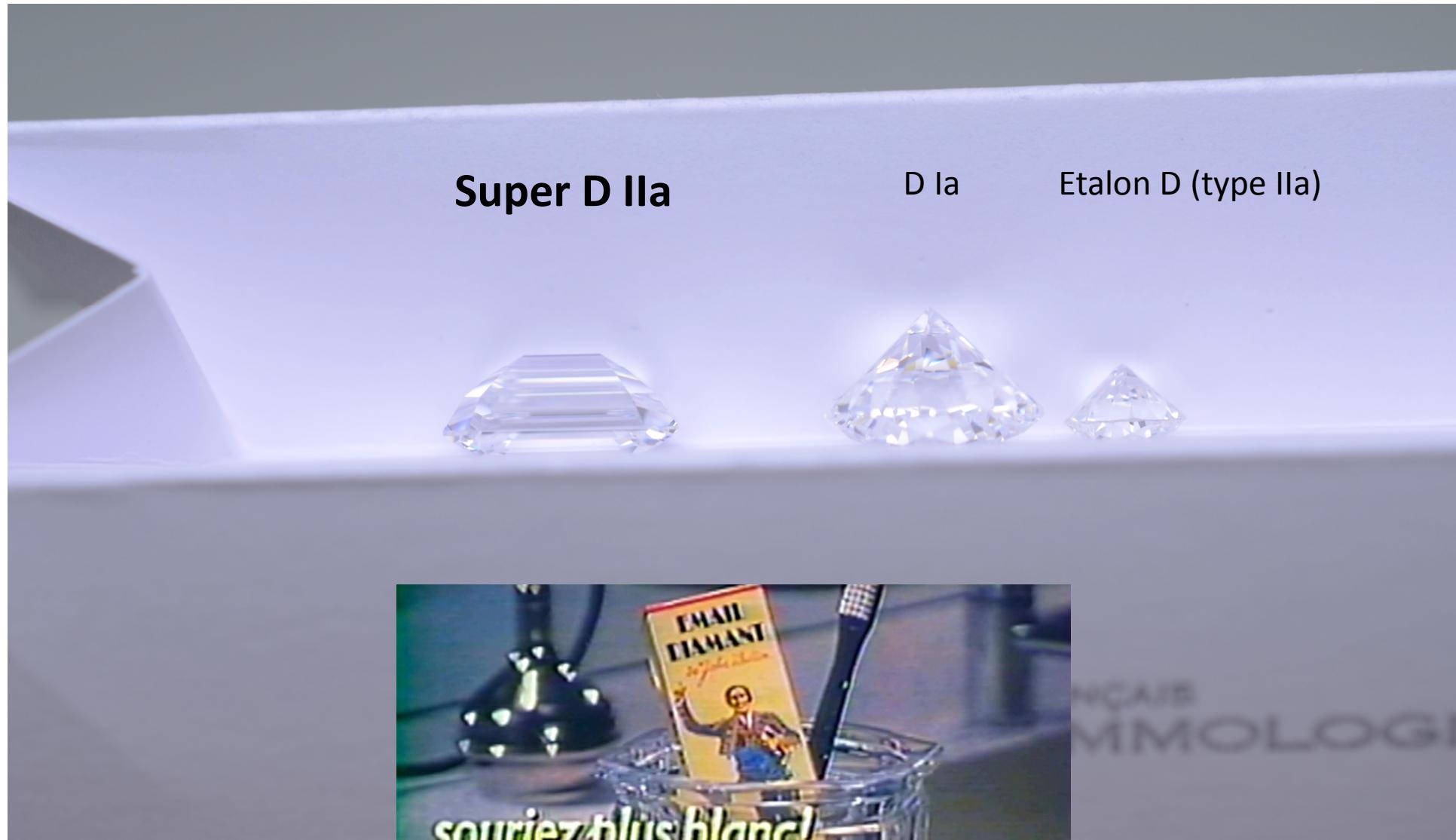
1.77 ct, IIa



x80



x50



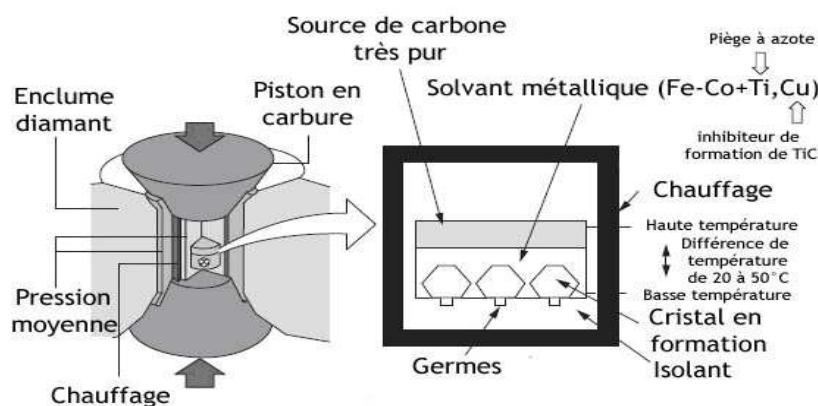
# Qu'est ce qu'un diamant synthétique ?

HPHT – Haute Pression Haute Température

Depuis 1953

Température : 1300 à 1800°C

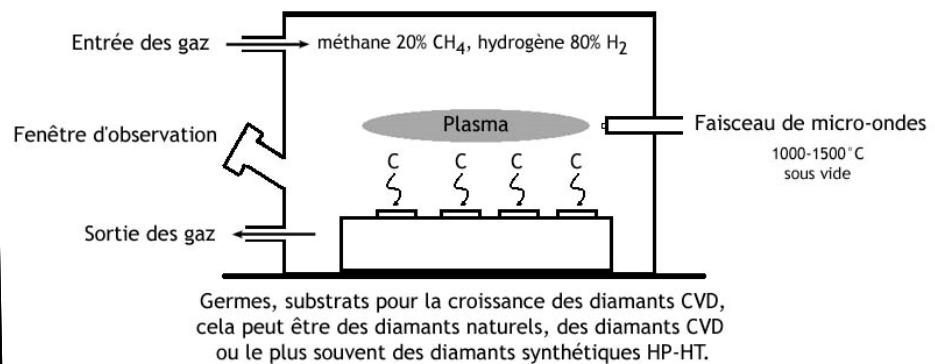
Pression : 50 à 70 kbars



CVD – Chemical Vapour Deposition

Depuis 1952

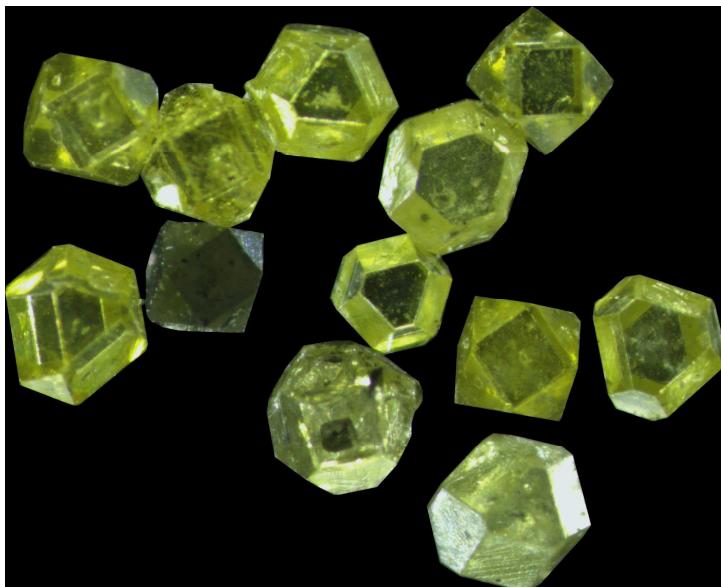
Température : 1000 à 1500°C



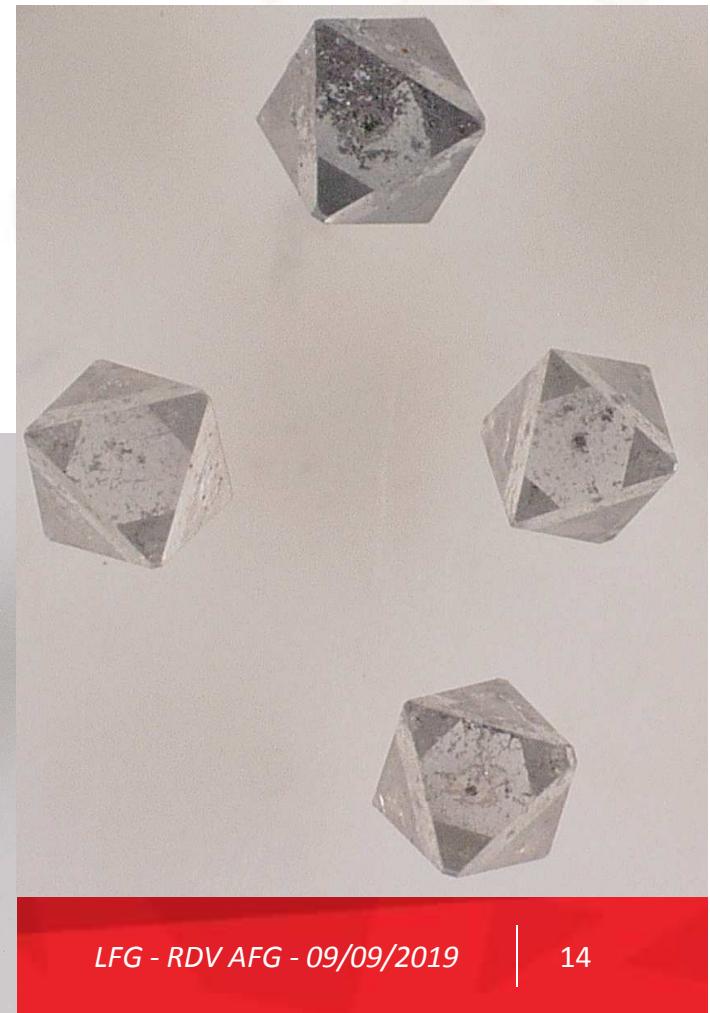
Source: Scio Diamonds

# Diamants synthétiques

- ◆ Haute pression haute température

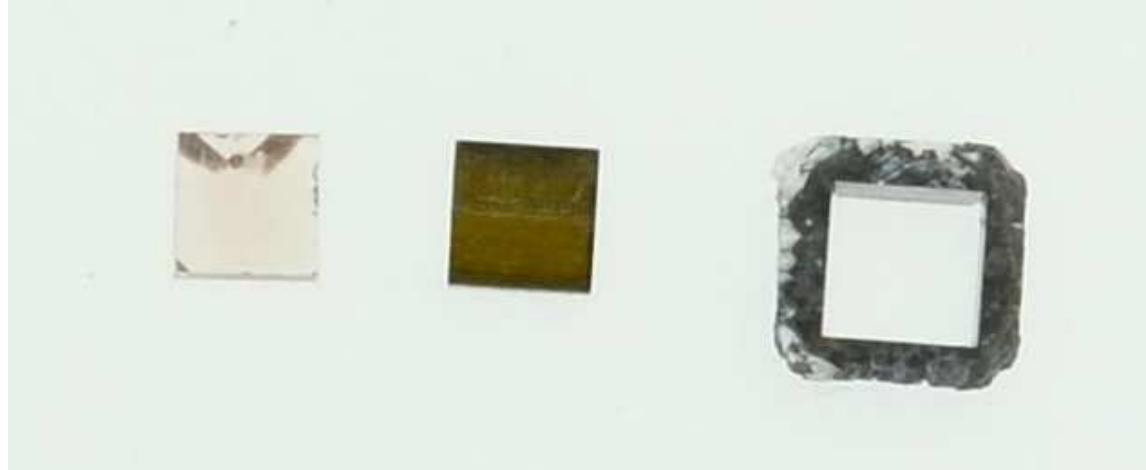


Diamants synthétiques HPHT de type Ib



Diamants synthétiques HPHT,  
pseudo-octaédrique, Taïwan

# Diamants synthétiques



Diamants synthétiques CVD « bruts »

# L'analyse des diamants de type IIa

- ◆ Caractérisation des 4Cs pour tous les diamants
  - Masse à l'aide d'une balance de précision comme toutes les gemmes naturelles taillées analysées au laboratoire. Les diamants synthétiques seront pesés en gramme.

# L'analyse des diamants de type IIa

- ◆ Caractérisation des 4Cs pour tous les diamants
  - Masse (carat)
  - Couleur à l'aide d'une cabine lumière normalisée et d'une série de pierres étalons

# L'analyse des diamants de type IIa

- ◆ Caractérisation des 4Cs pour tous les diamants
  - Masse (carat)
  - Couleur (colour)
  - Pureté à l'aide d'une loupe x10 et d'un microscope binoculaire

# L'analyse des diamants de type IIa

- ◆ Caractérisation des 4Cs pour tous les diamants
  - Masse (carat)
  - Couleur (colour)
  - Pureté (clarity)
  - Taille avec la caractérisation de la symétrie, du poli, et des proportions de la pierre

# L'analyse des diamants de type IIa

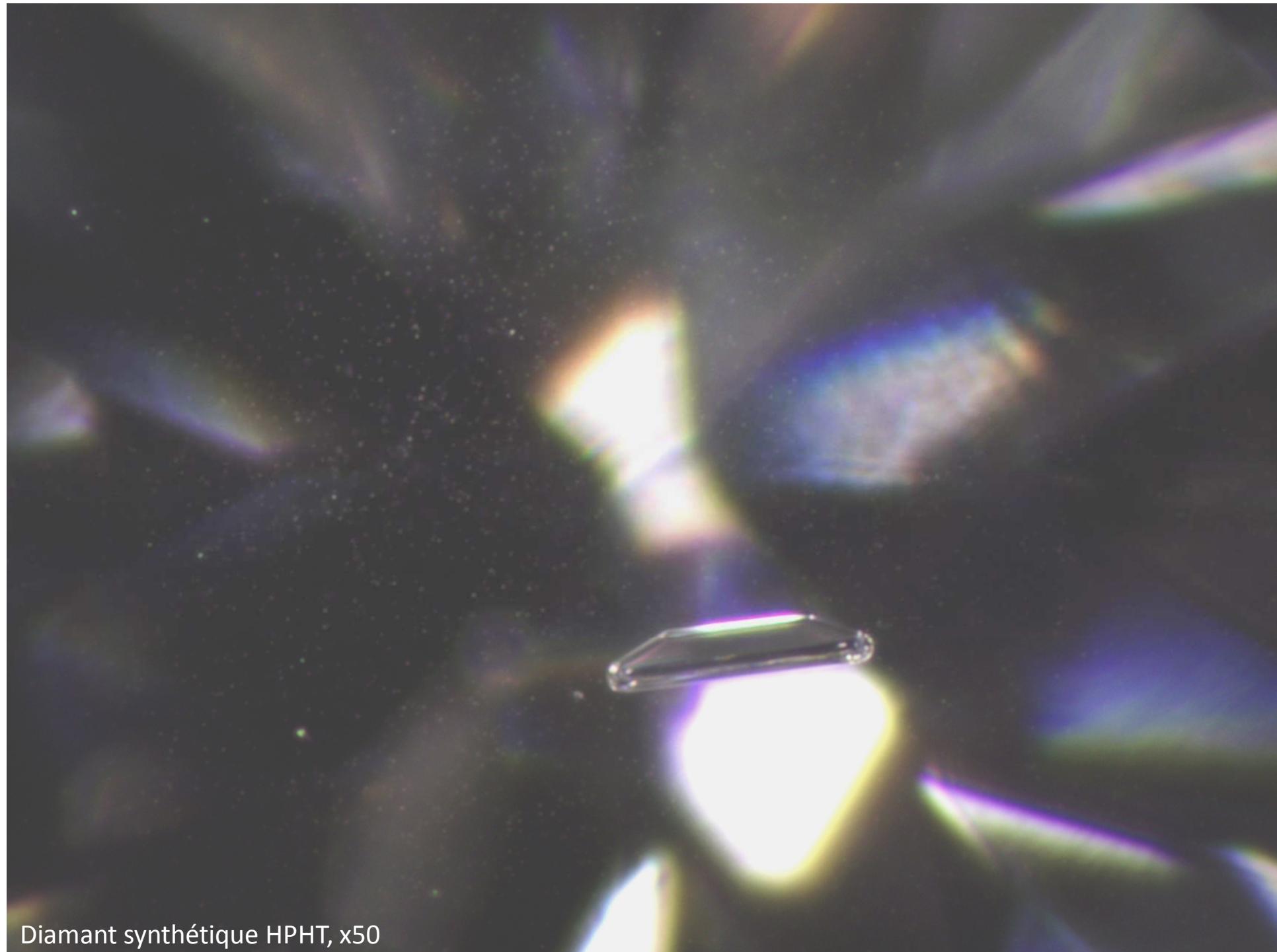
- ◆ Caractérisation des 4Cs pour tous les diamants
  - Masse (carat)
  - Couleur (colour)
  - Pureté (clarity)
  - Taille (cut)
  - Prises de photos de la pierre et de ses inclusions

# 1<sup>ère</sup> étape : observation

- ◆ **Observation** des inclusions à la loupe (lorsque présentes : points, inclusions métalliques...)



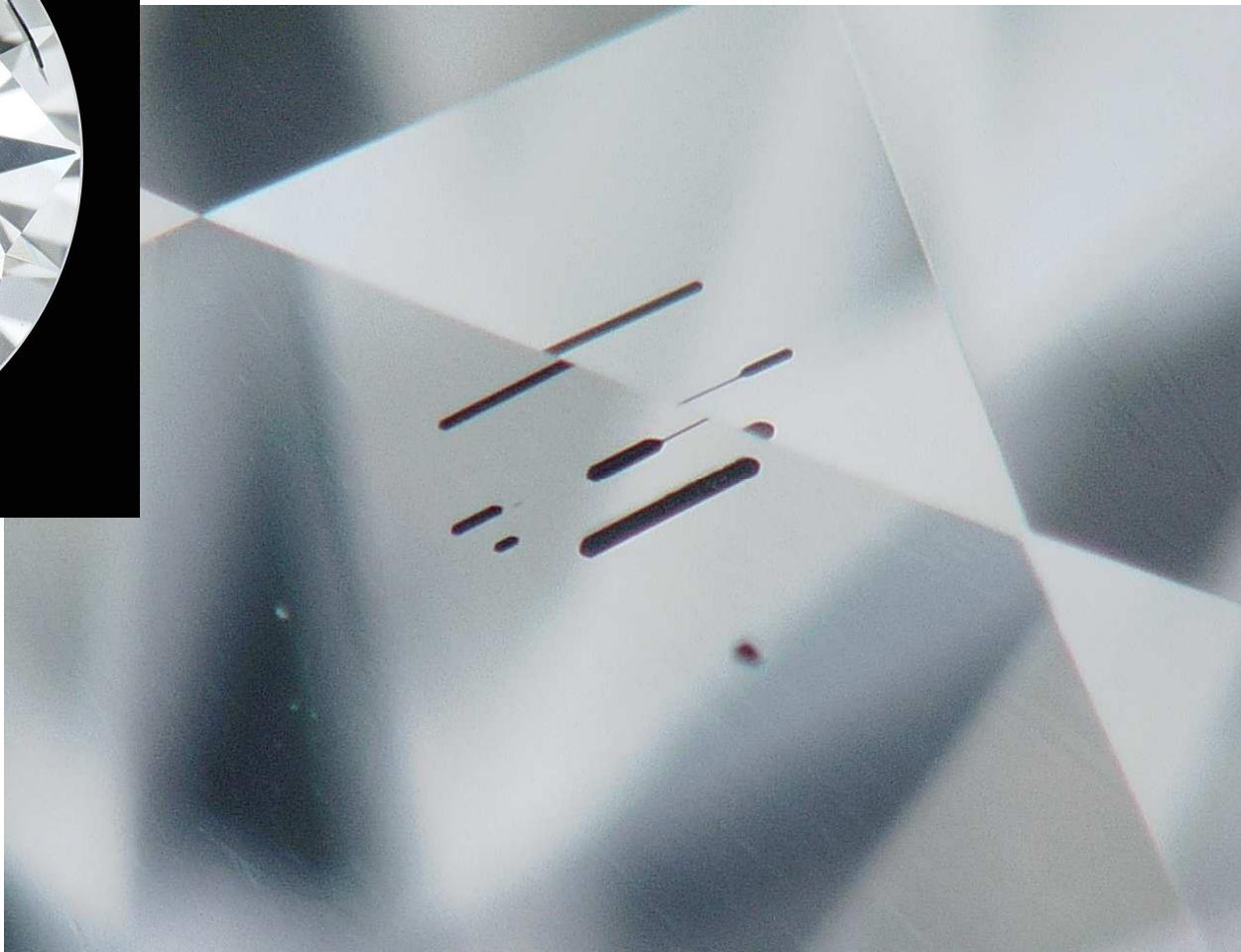
Diamant synthétique HPHT, x120



Diamant synthétique HPHT, x50

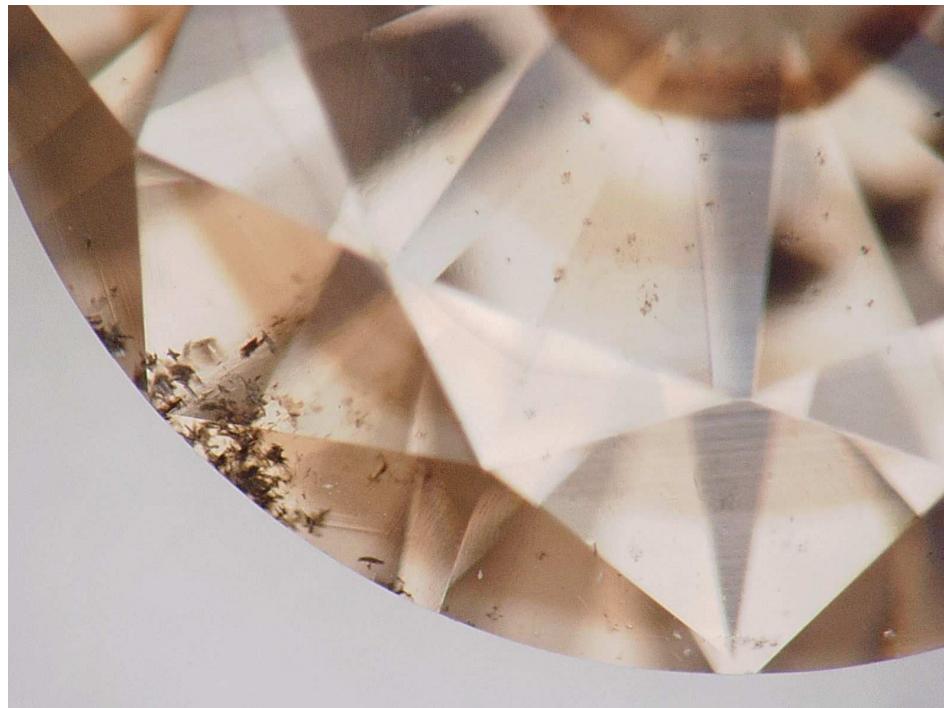


Diamant synthétique HPHT  
avec des inclusions  
métalliques orientées suivant  
les secteurs de croissance.



x160

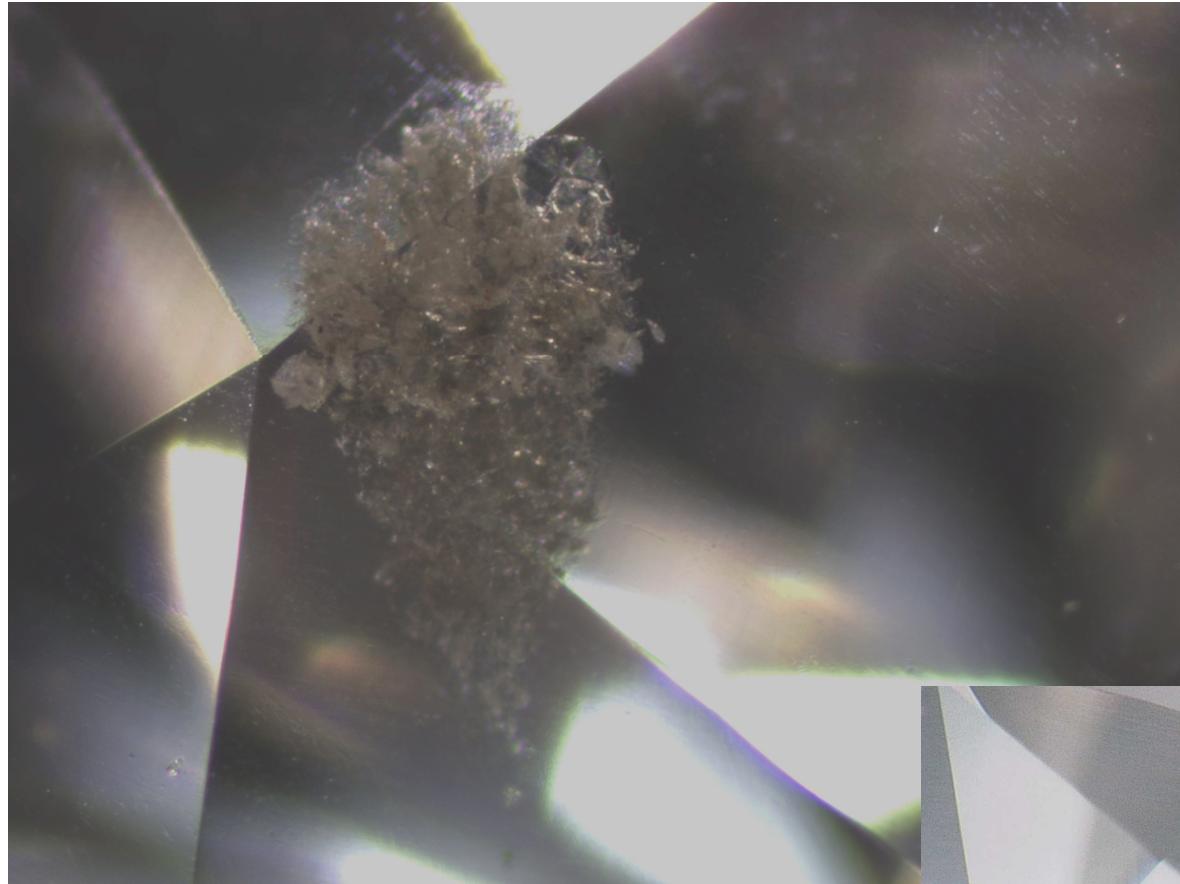
Inclusions de carbone (graphite?) en nuage d'aiguilles ou sur un plan. A noter aussi les zonations de couleur brunes parallèles.



Diamant synthétique CVD, x110

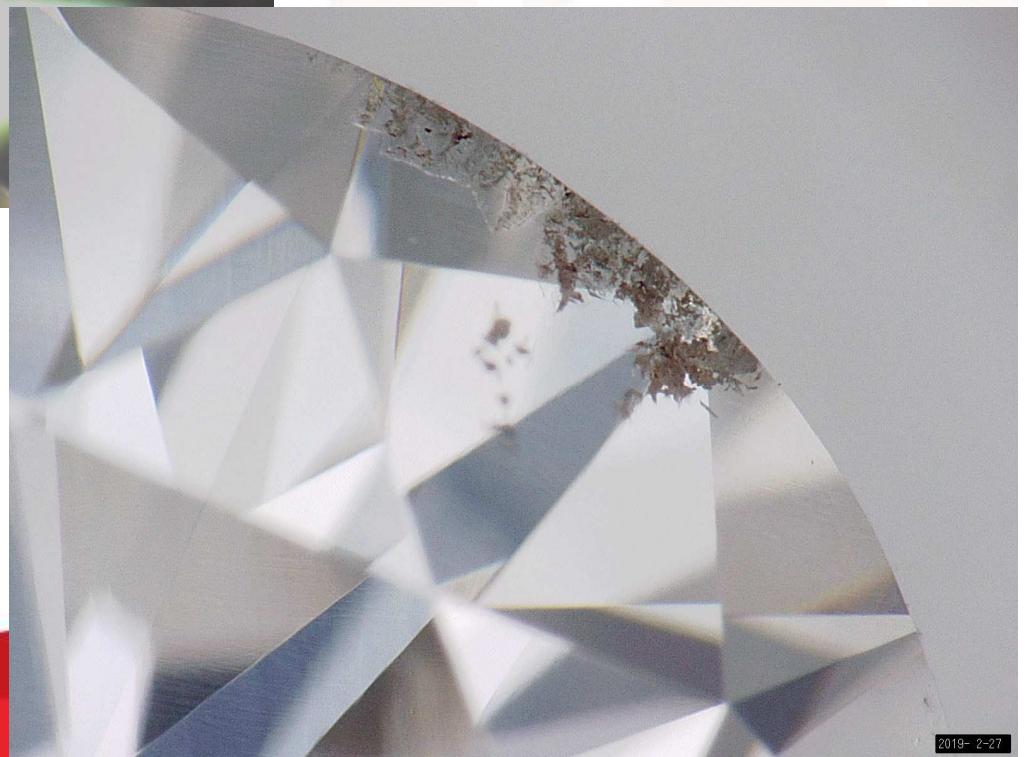


Diamant synthétique CVD, x80

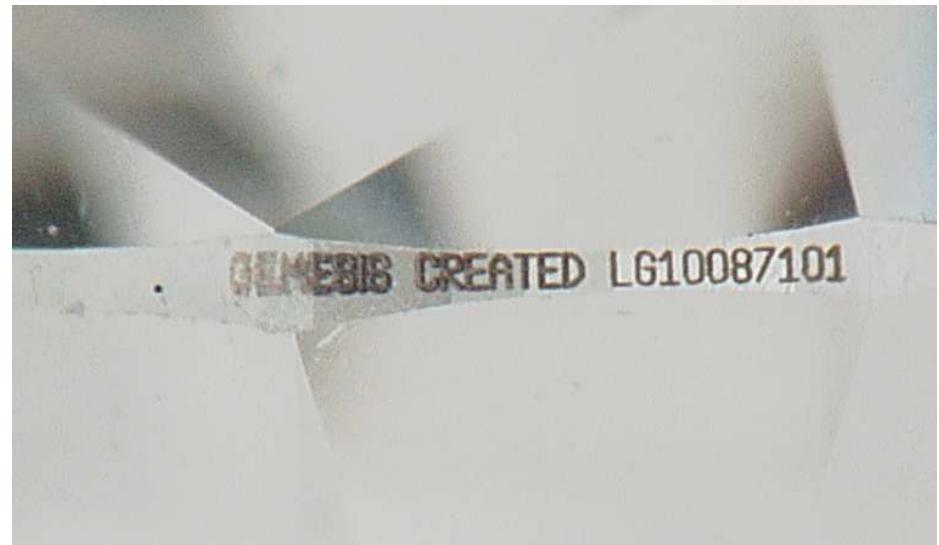


Diamant synthétique CVD, x50

Diamant synthétique CVD, x20



# 1<sup>ère</sup> étape : observation



Inscription laser du fabricant sur le rondiste des diamants synthétiques

# 1<sup>ère</sup> étape : observation

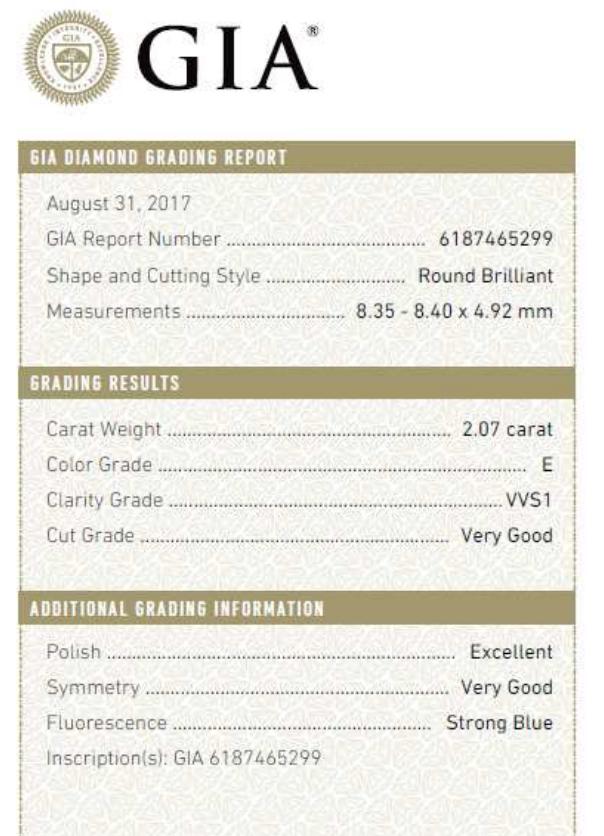
- ◆ Mais attention aux fausses gravures...



Équivalent à 2.09 ct

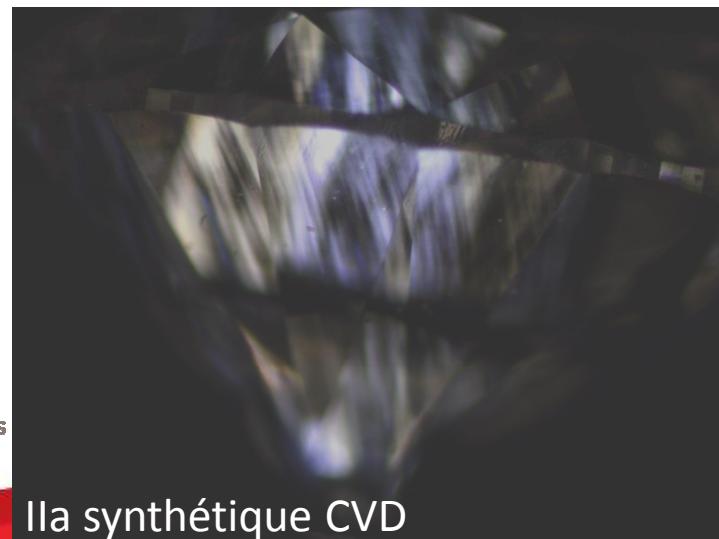
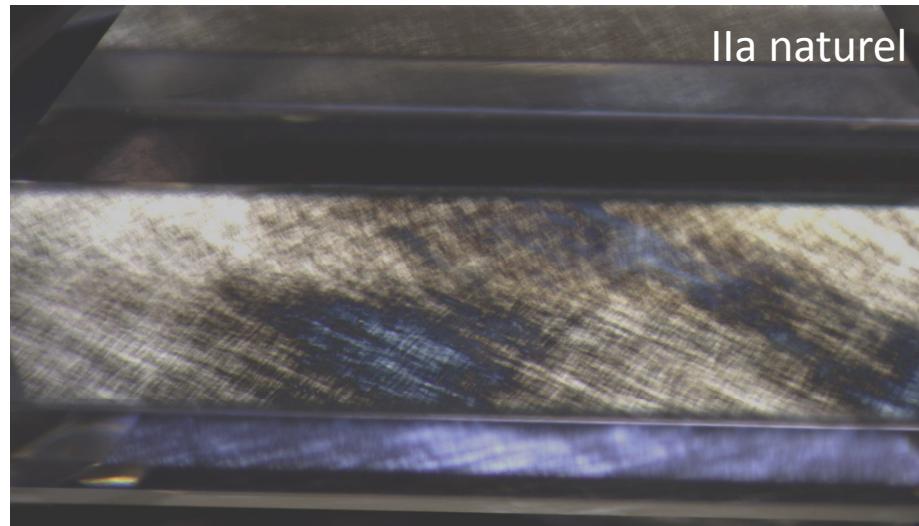
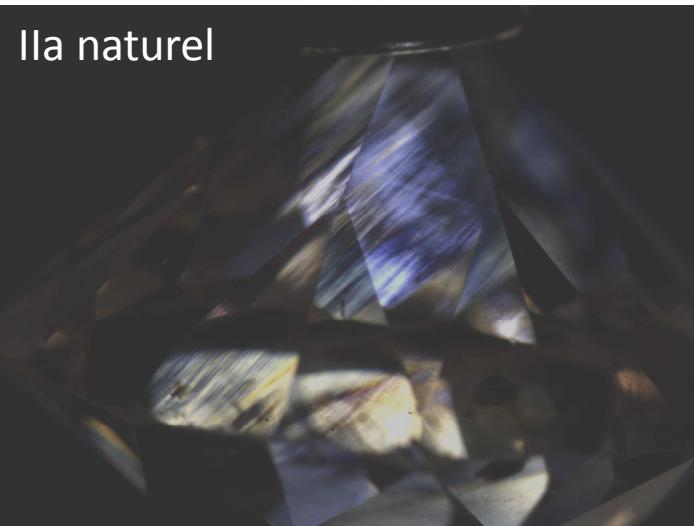


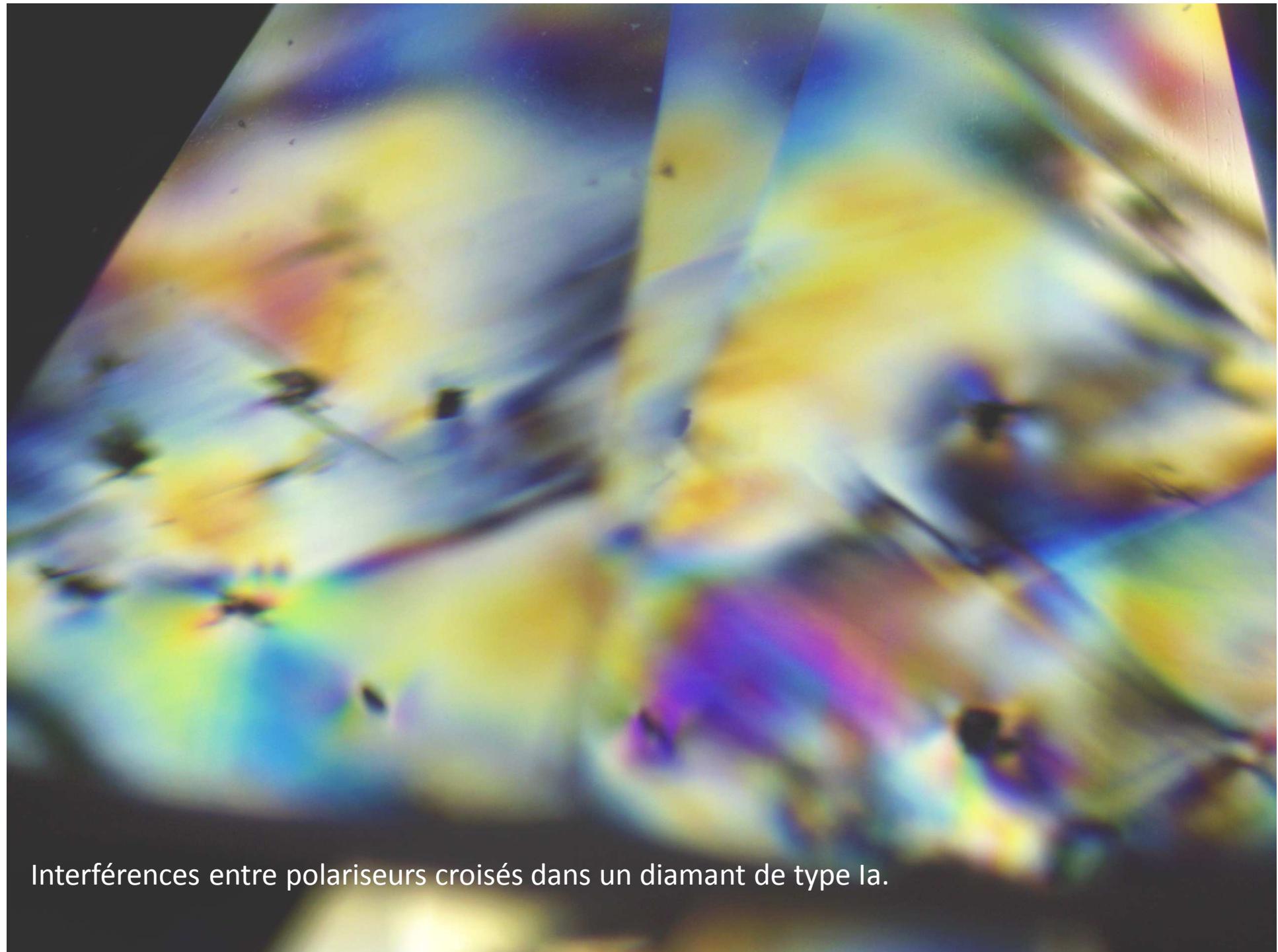
Diamant synthétique HPHT avec une gravure d'un numéro de rapport d'un diamant naturel similaire.



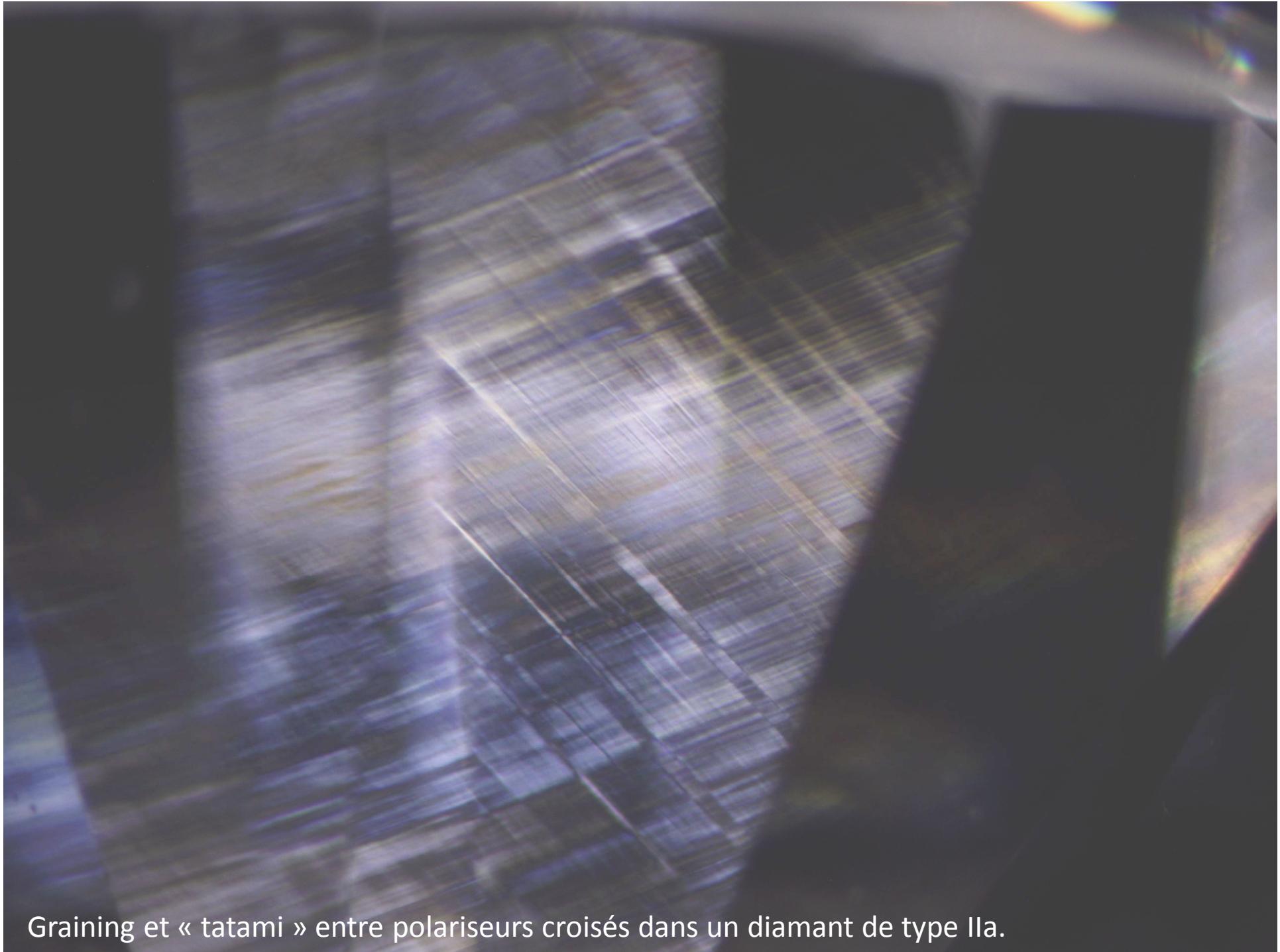
## 2ème étape : entre polariseurs croisés

- ◆ Morphologies de croissance différentes des diamants naturels : observation entre filtres polariseurs croisés

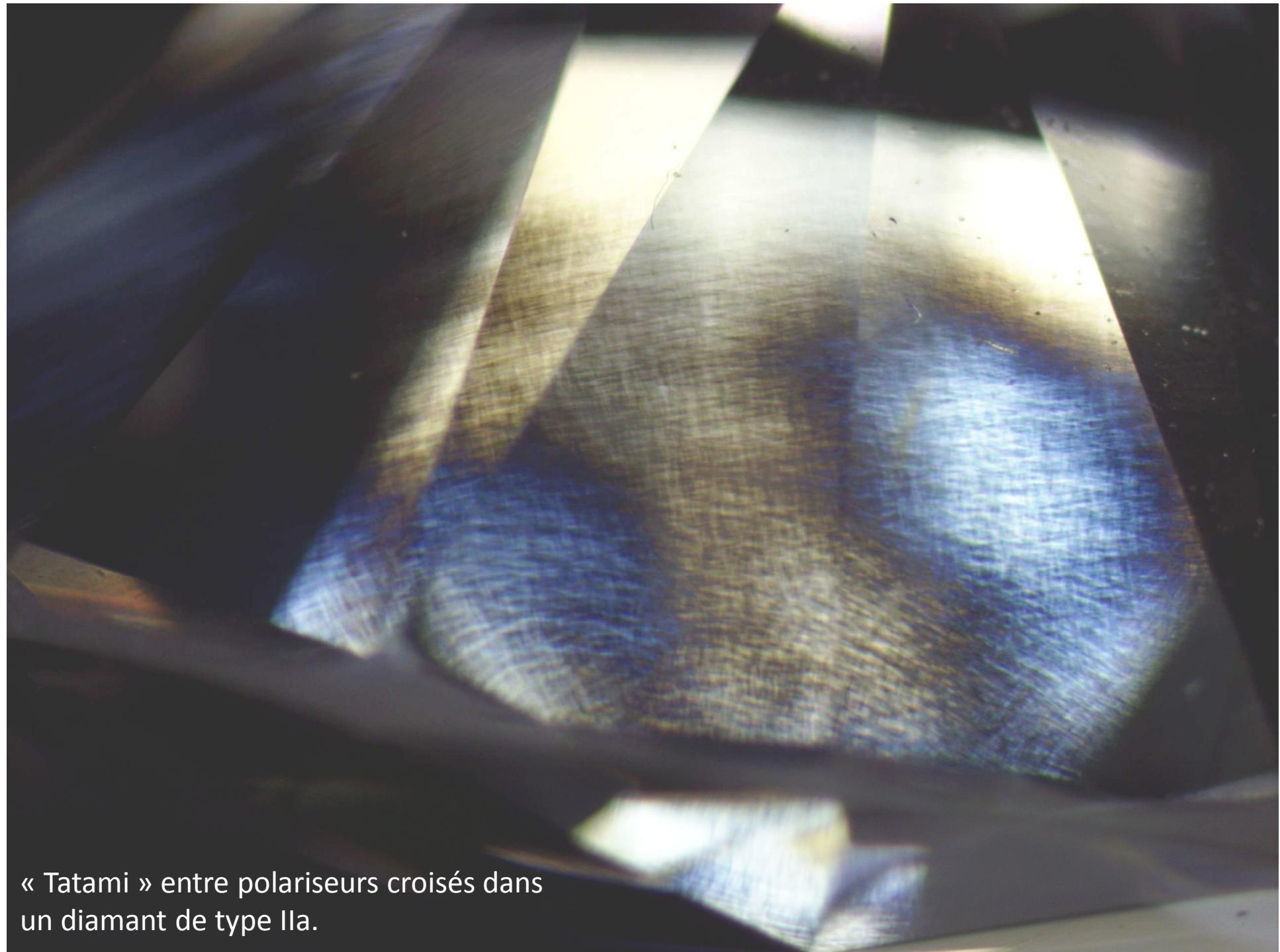




Interférences entre polariseurs croisés dans un diamant de type Ia.



Graining et « tatami » entre polariseurs croisés dans un diamant de type IIa.



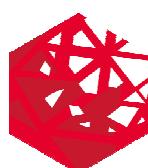
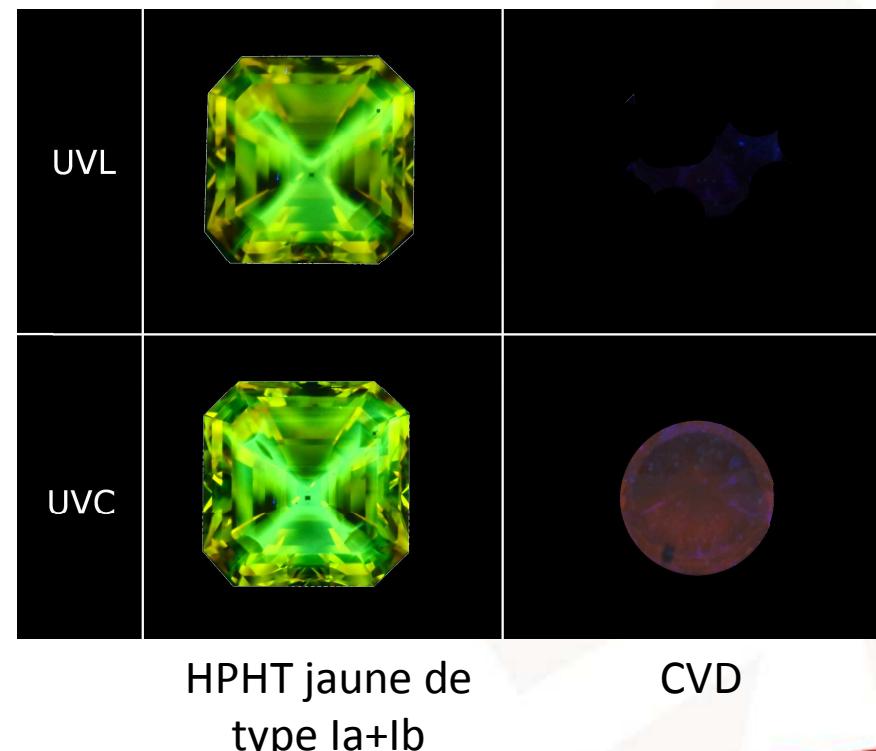
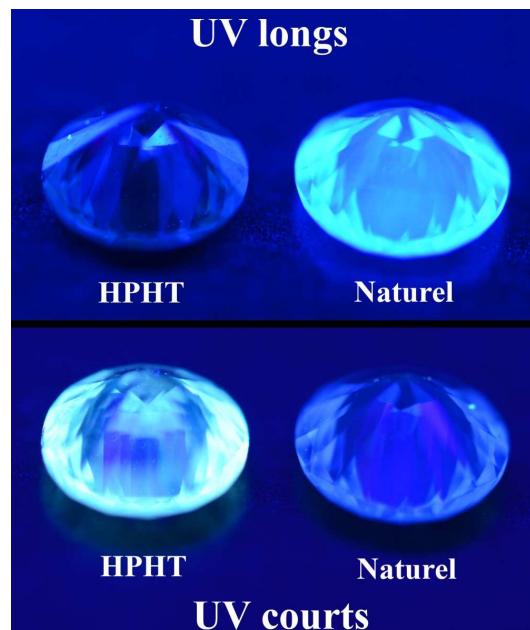
« Tatami » entre polariseurs croisés dans  
un diamant de type IIa.



« Effet brosse » caractéristiques dans des diamants synthétiques CVD

## 3ème étape : luminescence

- ◆ Luminescence inhabituelles (couleurs et zonations, avec une possible phosphorescence)



**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Géométrie

## 4<sup>ème</sup> étape : luminescence au DiamondView™

DiamondView™ : imagerie de luminescence (220 nm env.)

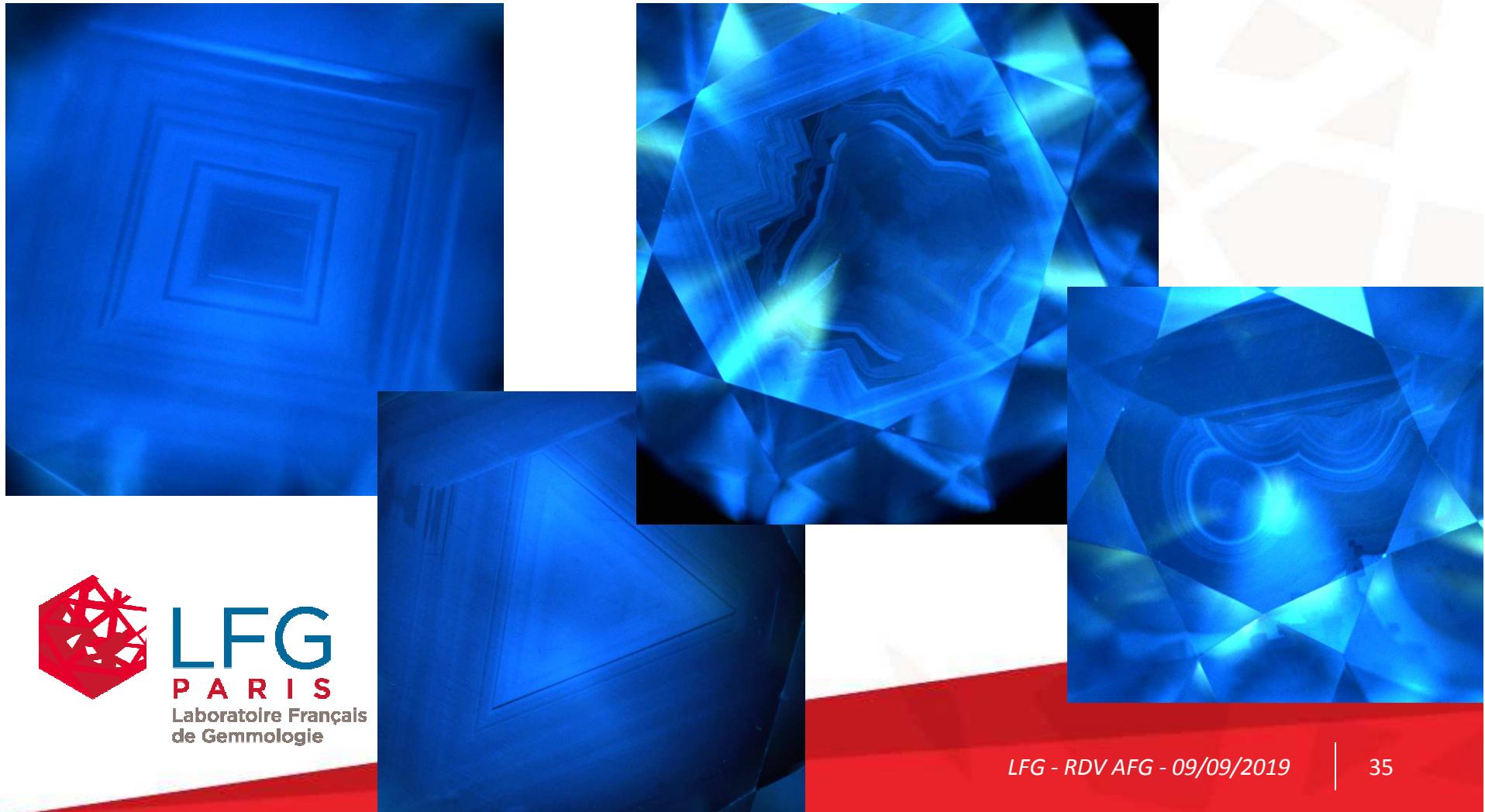
Histoire de croissance de diamants : morphologie interne

→ séparer diamants naturels / synthétiques



## 4<sup>ème</sup> étape : luminescence au DiamondView™

- ◆ Diamants naturels de type Ia

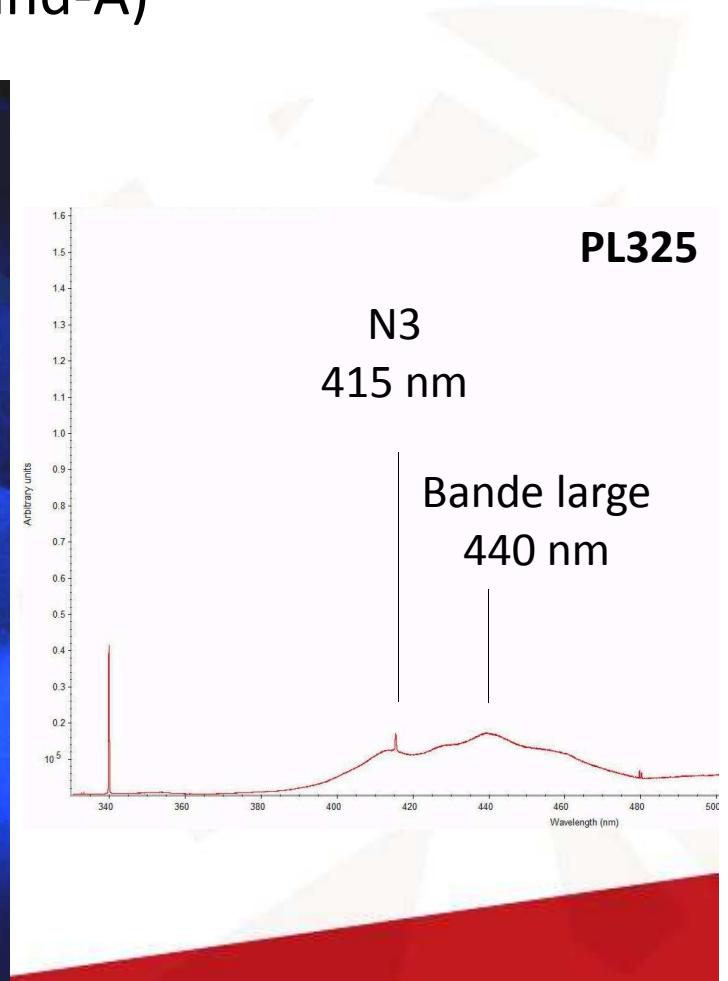
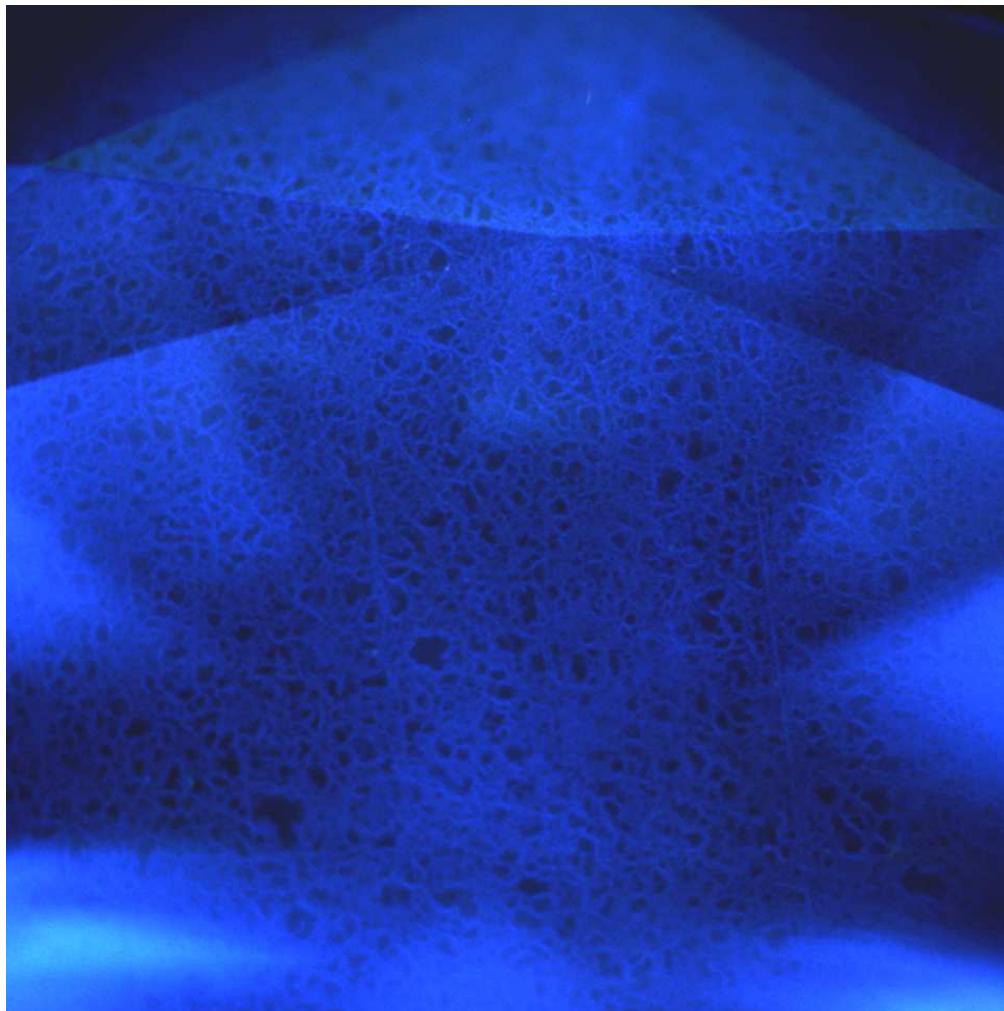


# Classification des diamants de type II sur la base de leur luminescence DiamondView™

- ◆ Couleur d'émission
- ◆ Texture
  - Liée à la croissance
  - Liée à la déformation

# Classification des couleurs d'émission

- ◆ Bleu violacé : liée au dislocations (band-A)

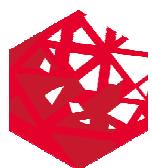
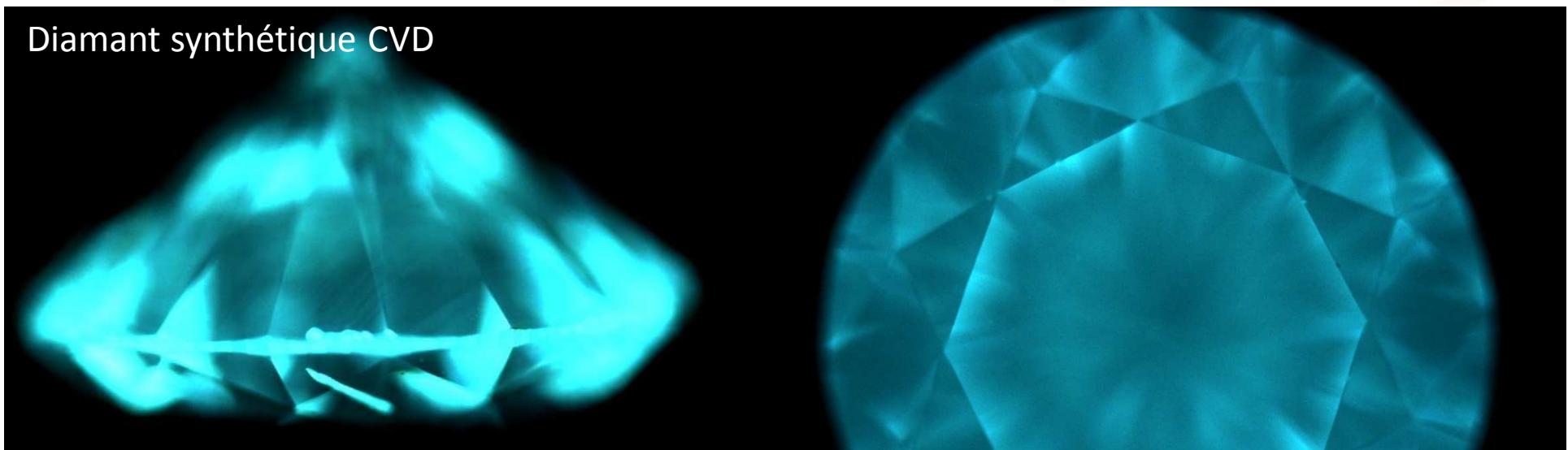


# Classification des couleurs d'émission

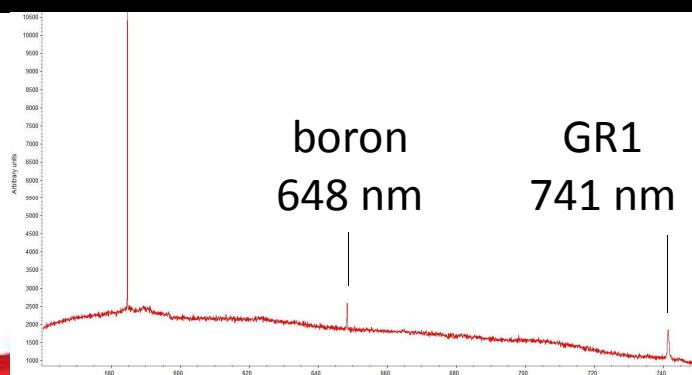
## ◆ Bleu vert :

- Associée au diamants synthétiques HPHT et CVD traités
- Phosphorescence liée à la présence de bore et d'azote

Diamant synthétique CVD



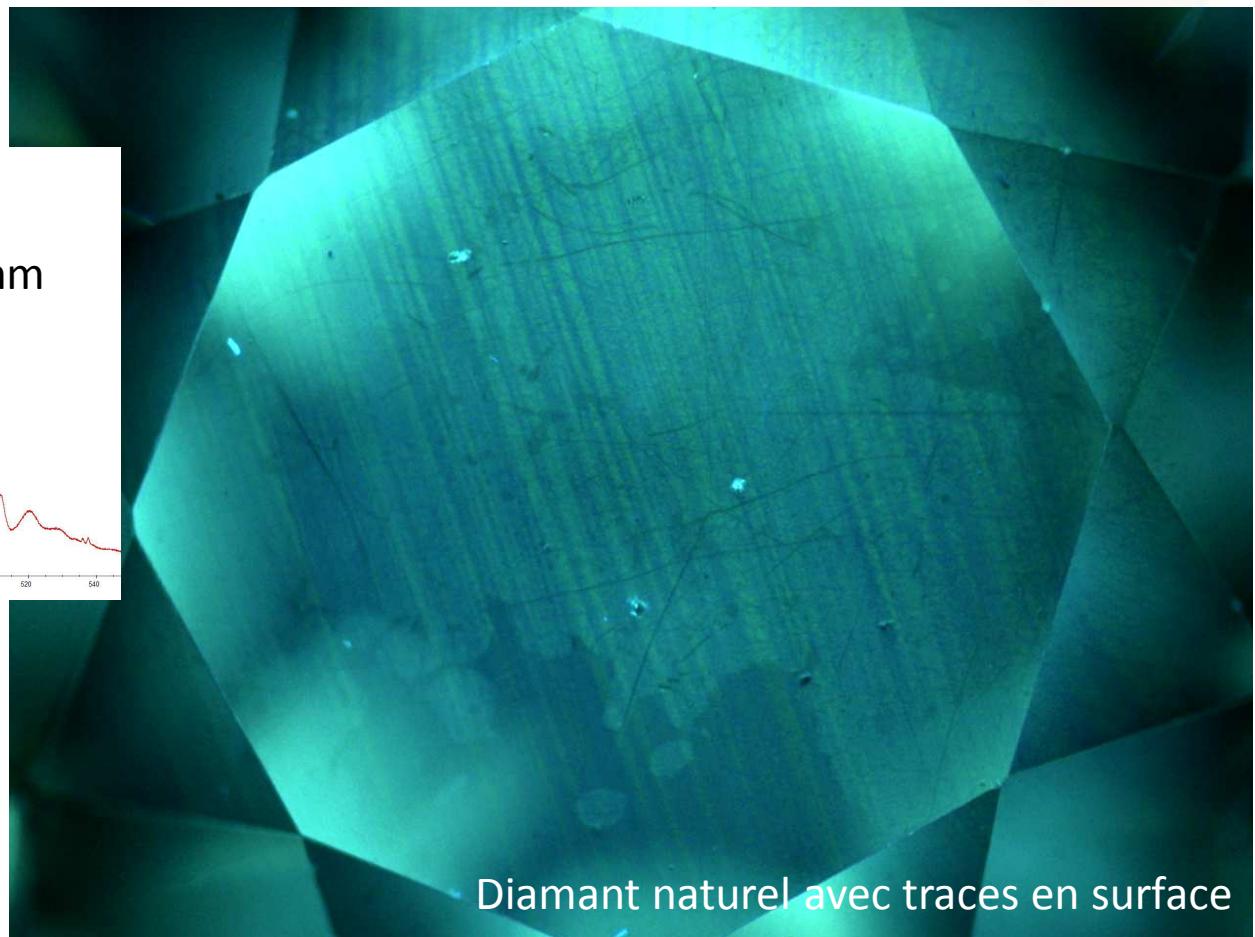
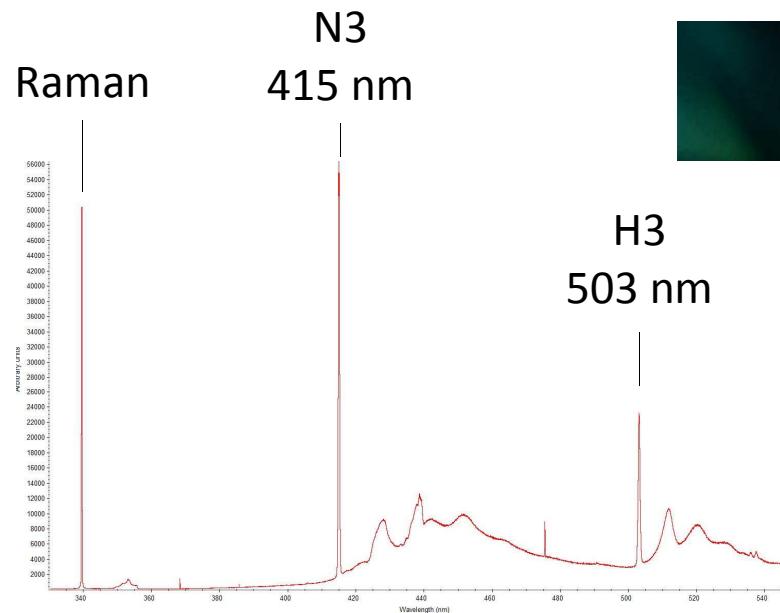
PL514



Diamant naturel phosphorescent

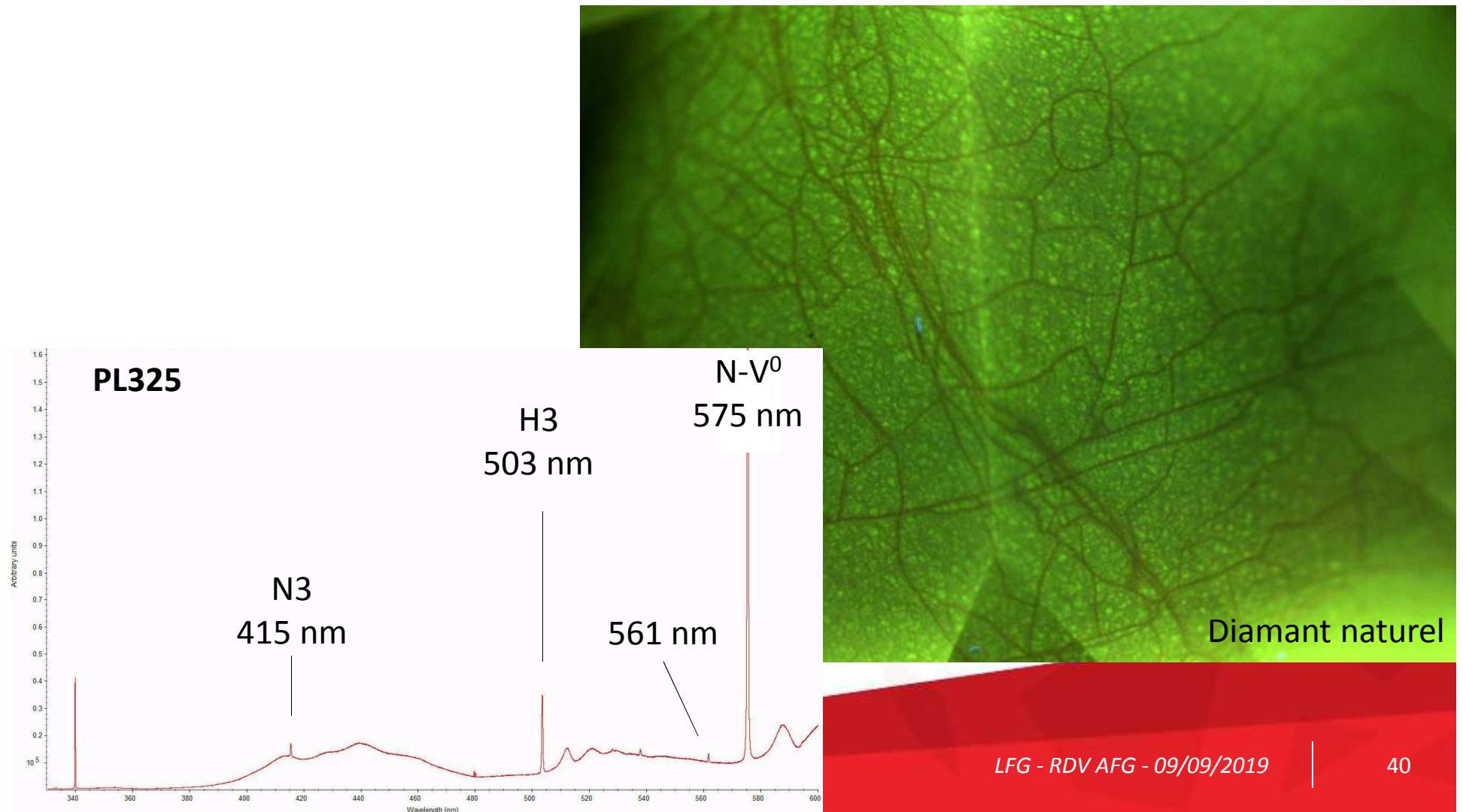
# Classification des couleurs d'émission

- ◆ Verte : liée probablement à la présence de centres H3



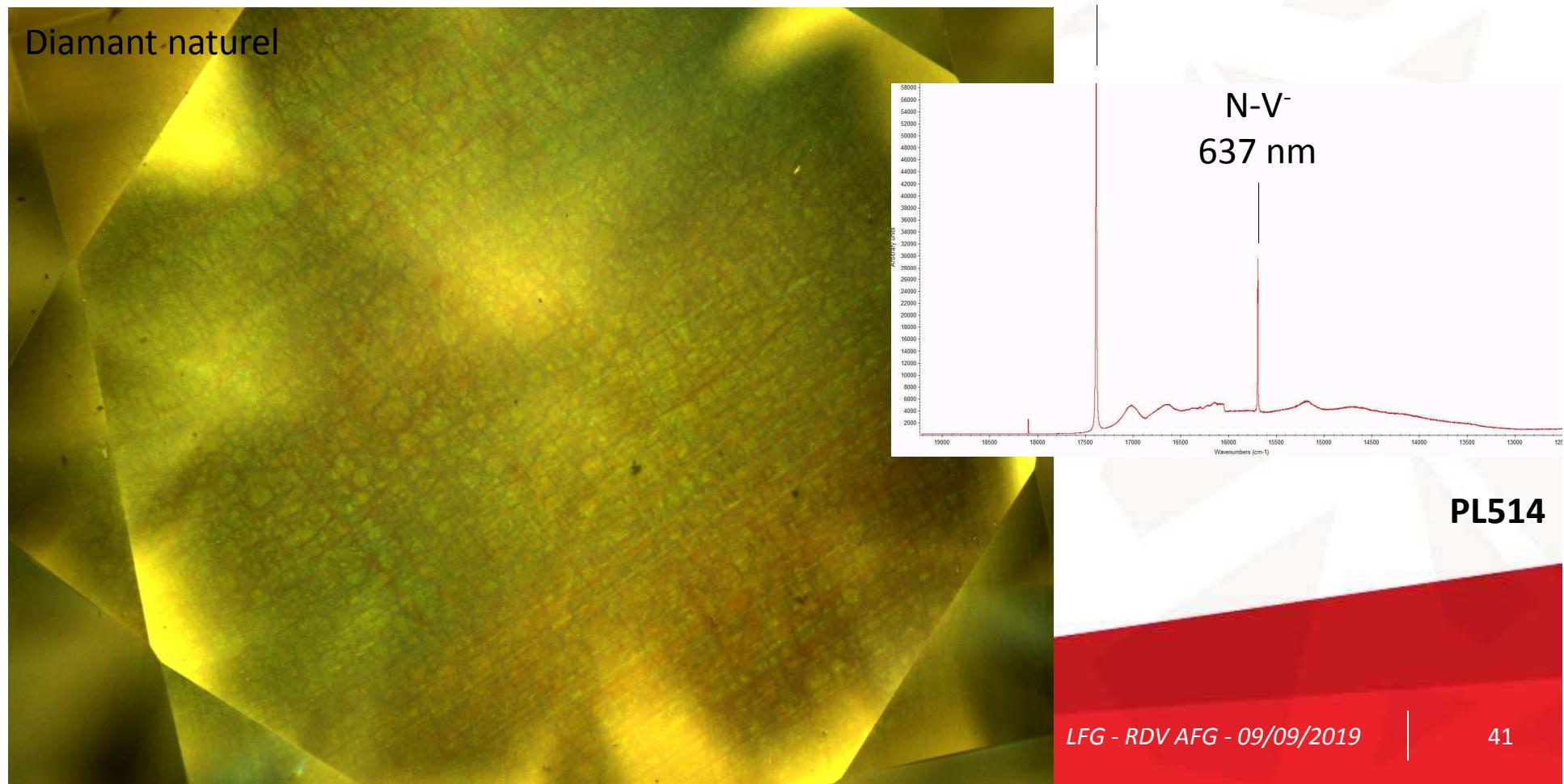
# Classification des couleurs d'émission

- ◆ Jaune vert : centres H3 plus N-V<sup>0</sup>



# Classification des couleurs d'émission

- ◆ Jaune orangé : liée au centres N-V avec probablement des centres H3

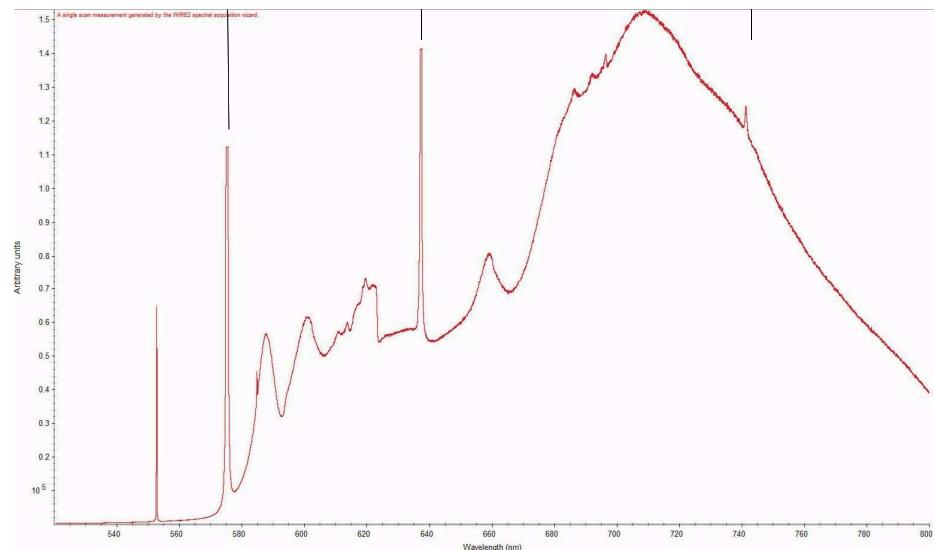


# Classification des couleurs d'émission

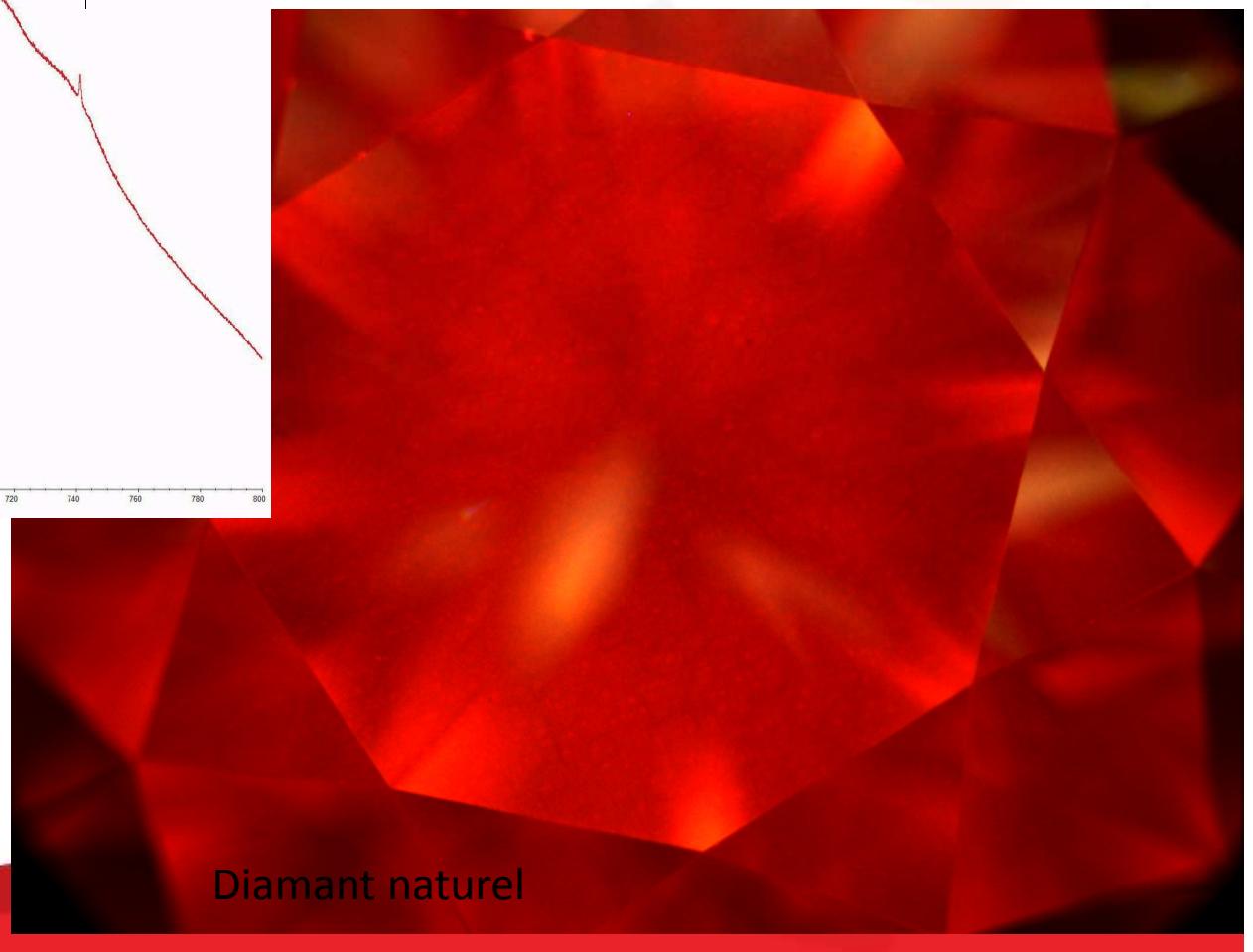
- ◆ Orange rouge : liée aux centres N-V

N-V<sup>0</sup>      N-V<sup>-</sup>  
575 nm      637 nm

GR1  
741 nm



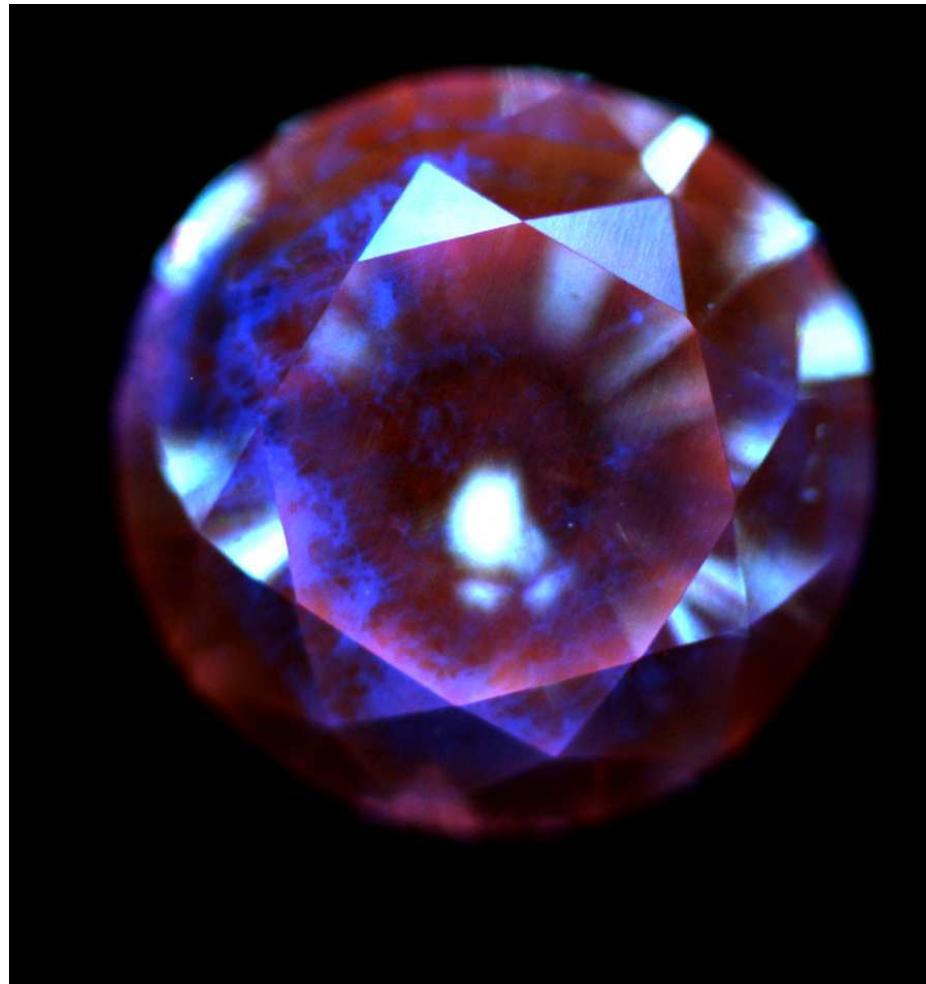
PL514



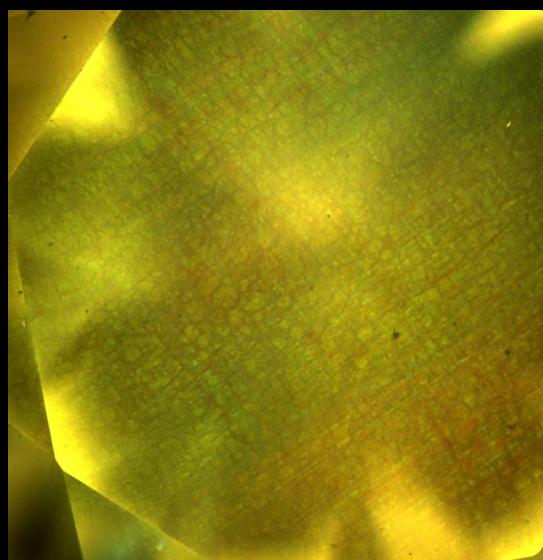
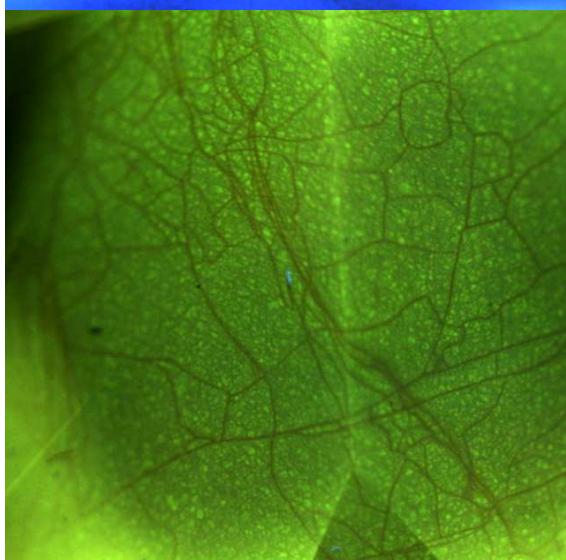
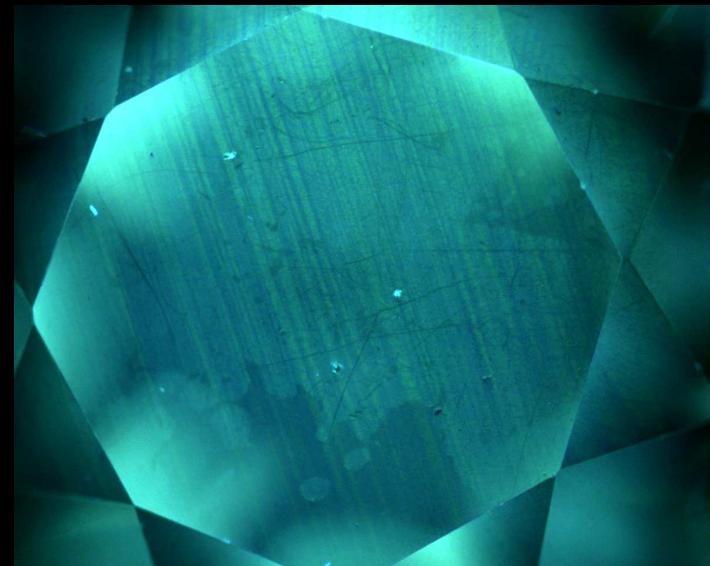
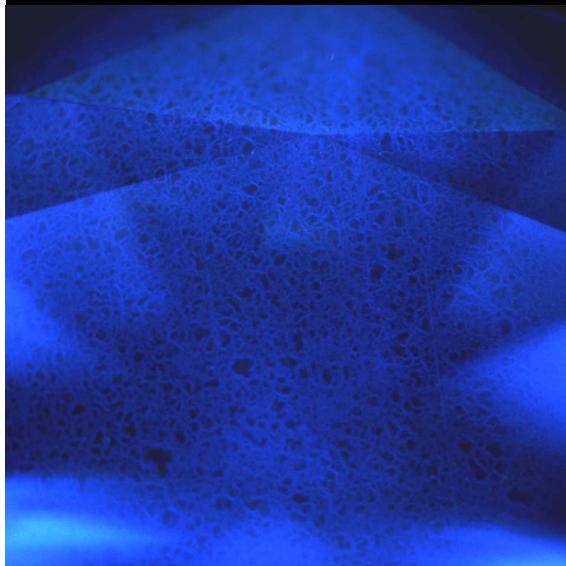
# Classification des couleurs d'émission

- ◆ Rouge : liée aux centres Si-V<sup>-</sup> dans les diamants synthétiques CVD

Diamant synthétique CVD

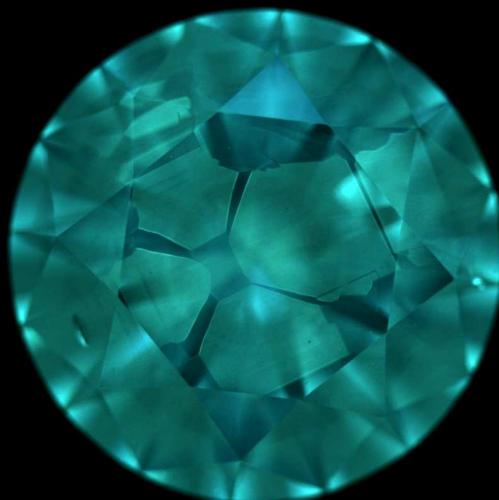
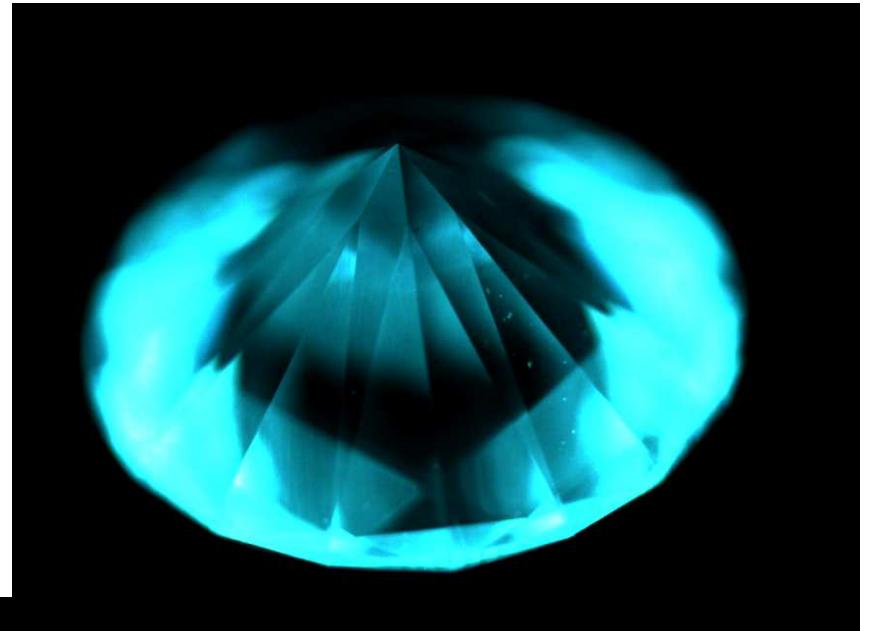
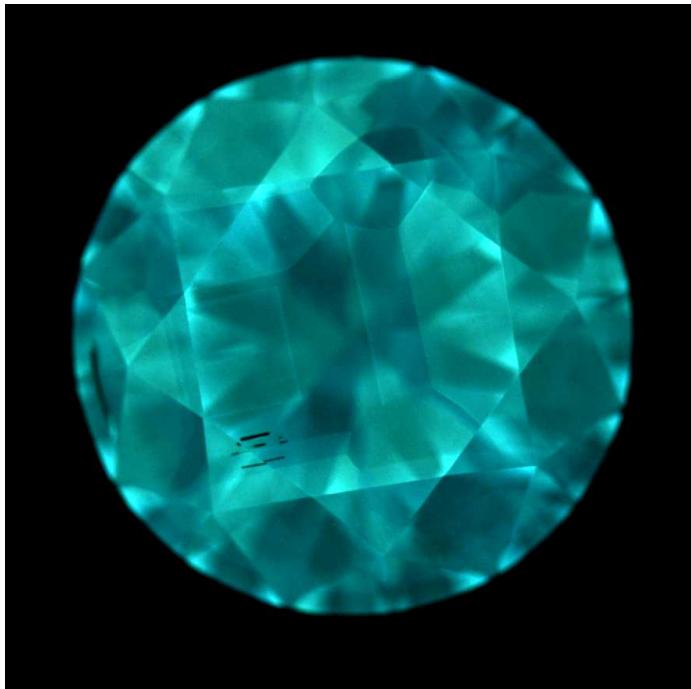


# Classification des couleurs d'émission



# Classification texturale : croissance

## ◆ Sectorisation : « classique »



Diamants synthétiques HPHT

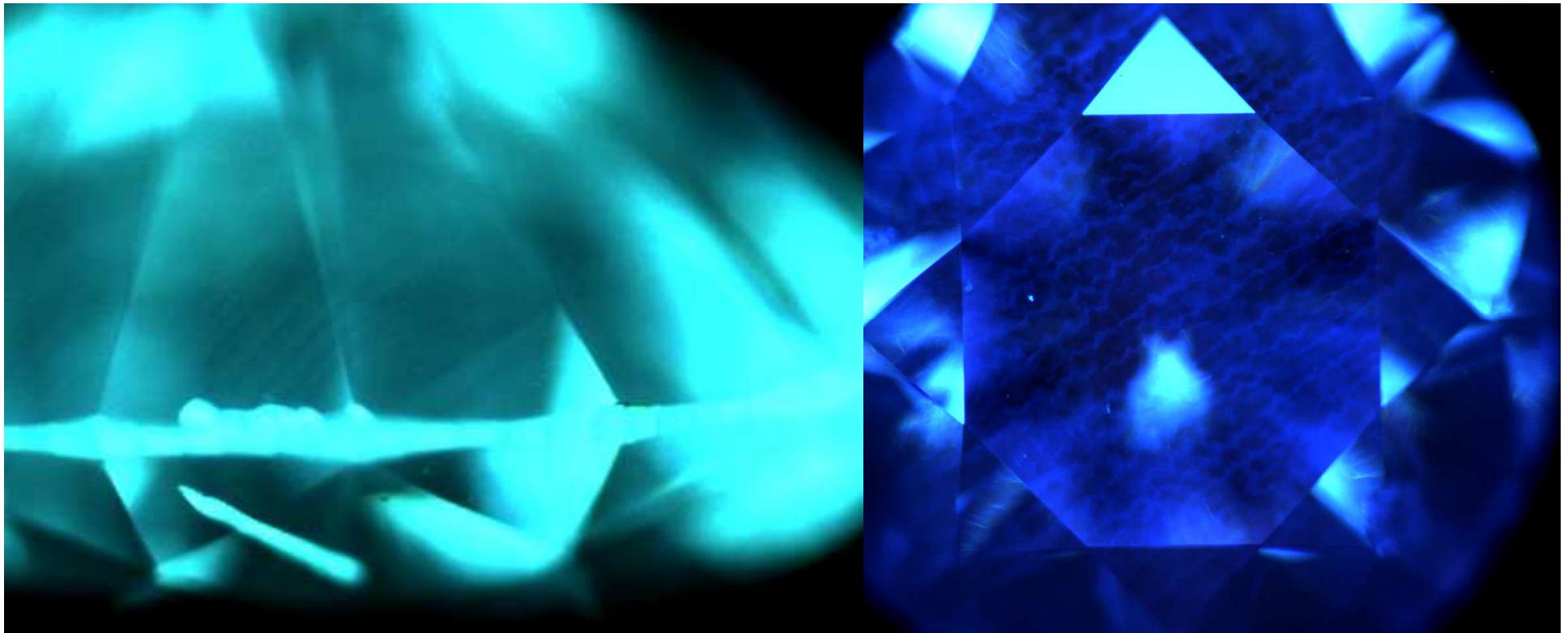


**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Gemmologie

# Classification texturale : croissance

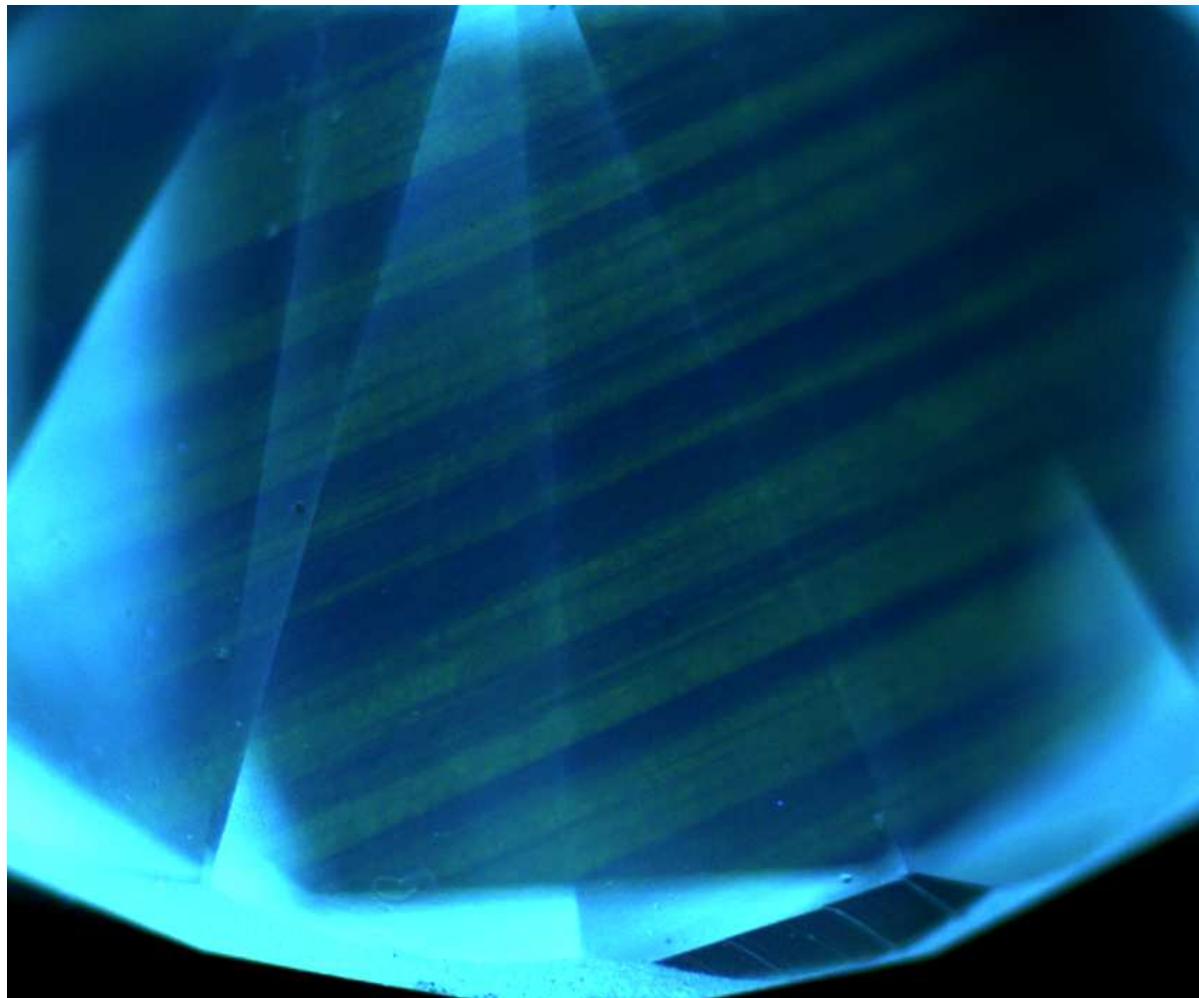
- ◆ Sectorisation : croissance progressive



# Classification texturale : croissance

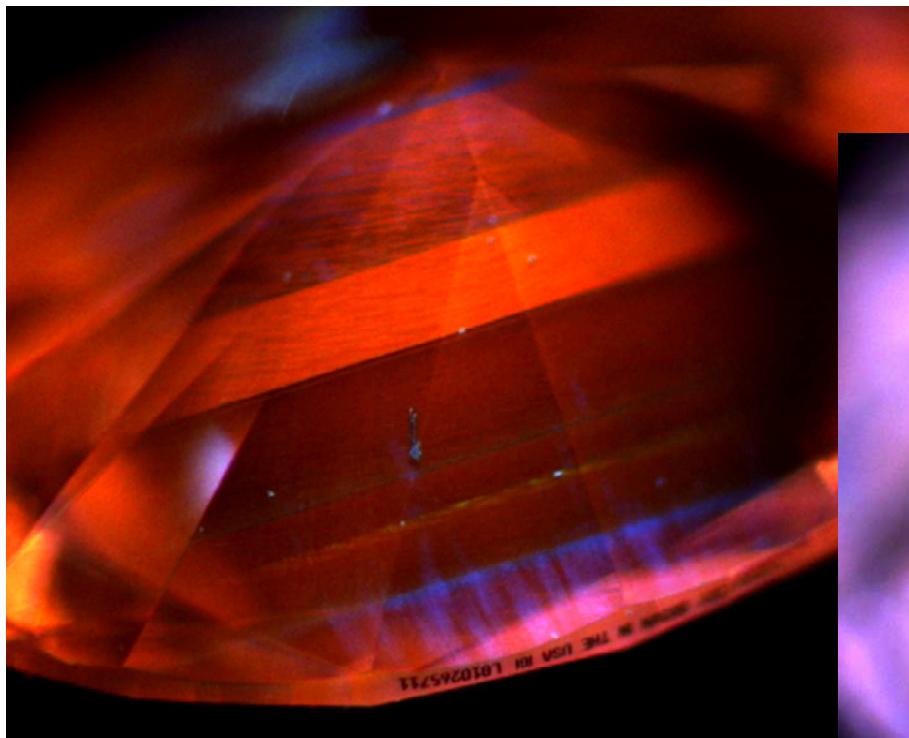
- ◆ « Banding »

Diamant naturel

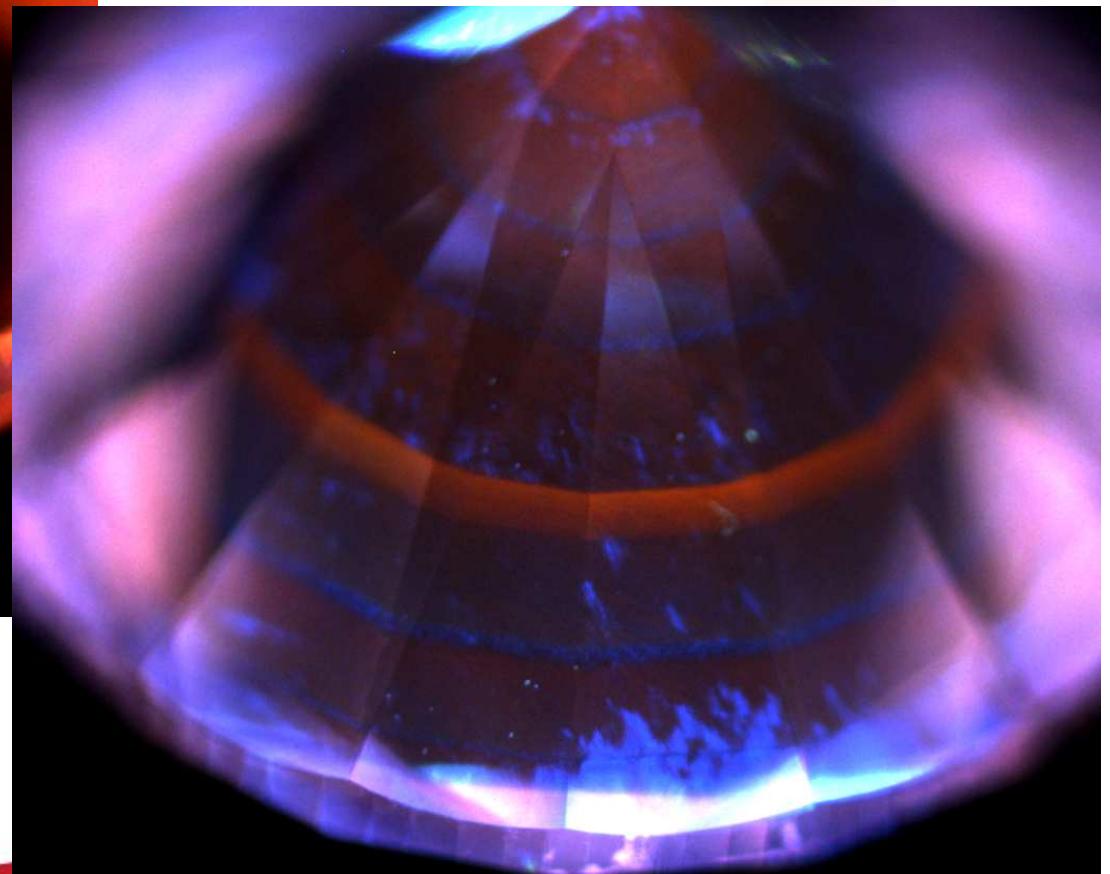


# Classification texturale : croissance

## ◆ Superposition



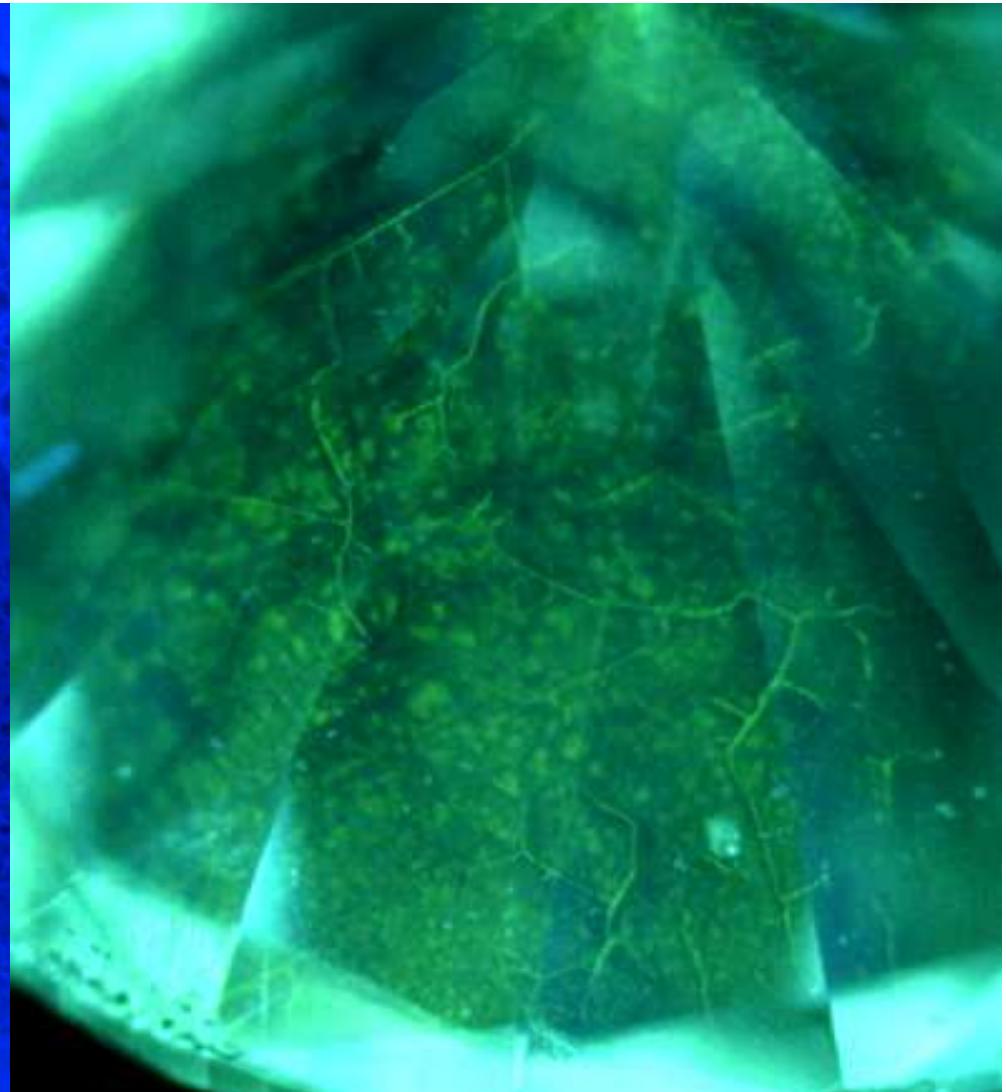
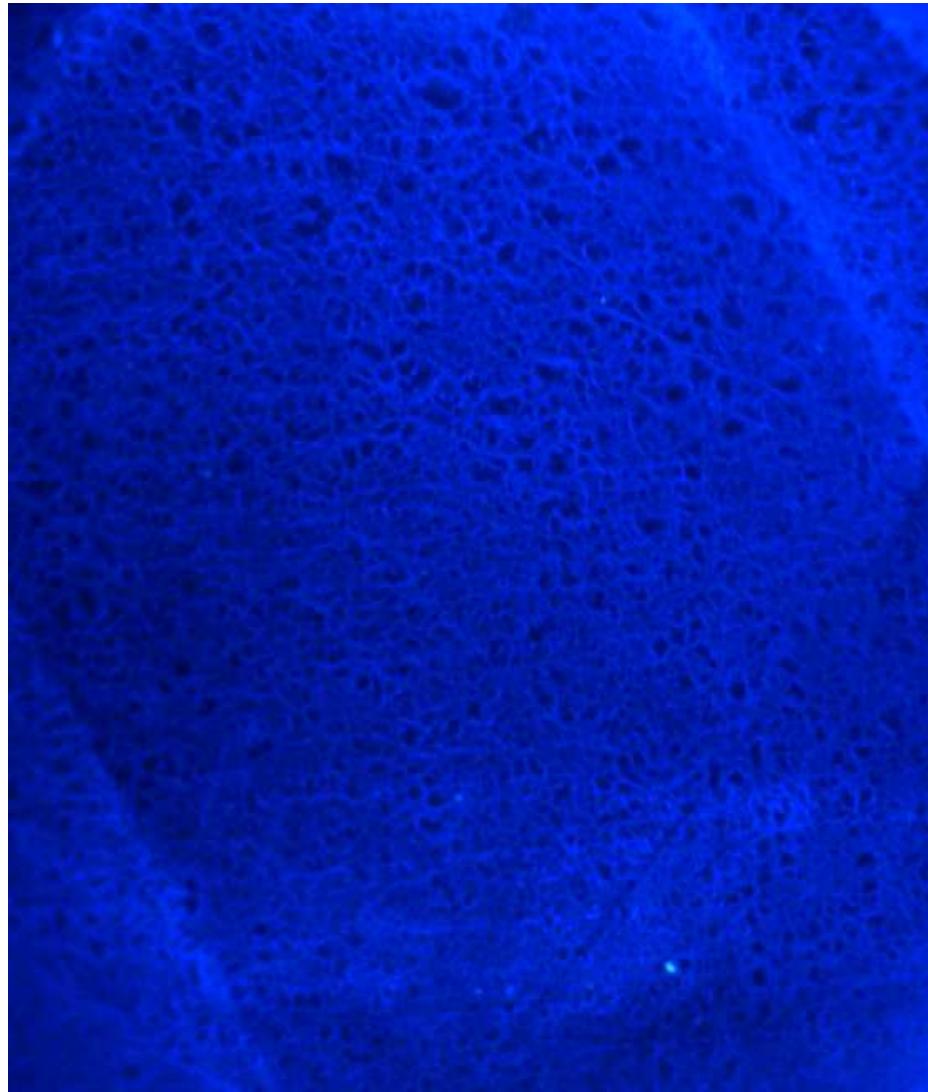
Diamants synthétiques CVD



## Classification texturale : déformation

- ◆ Réseau de dislocations polygonales

Diamants naturels

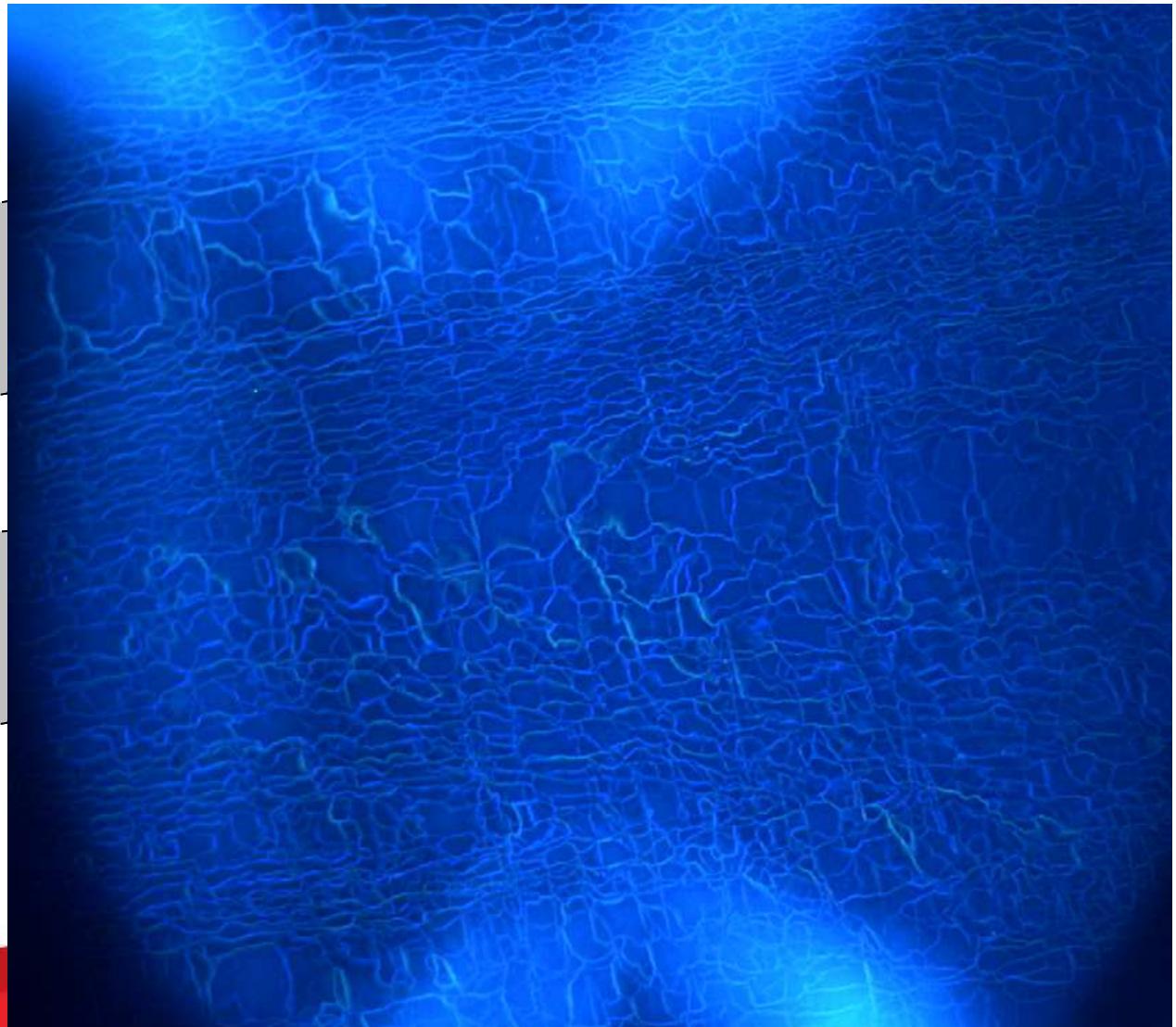
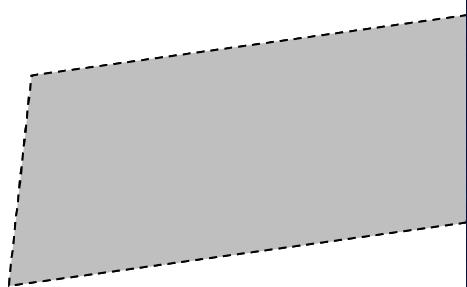


# Classification texturale : déformation

- ◆ Réseau de dislocations polygonales

Diamant naturel

« Banding »

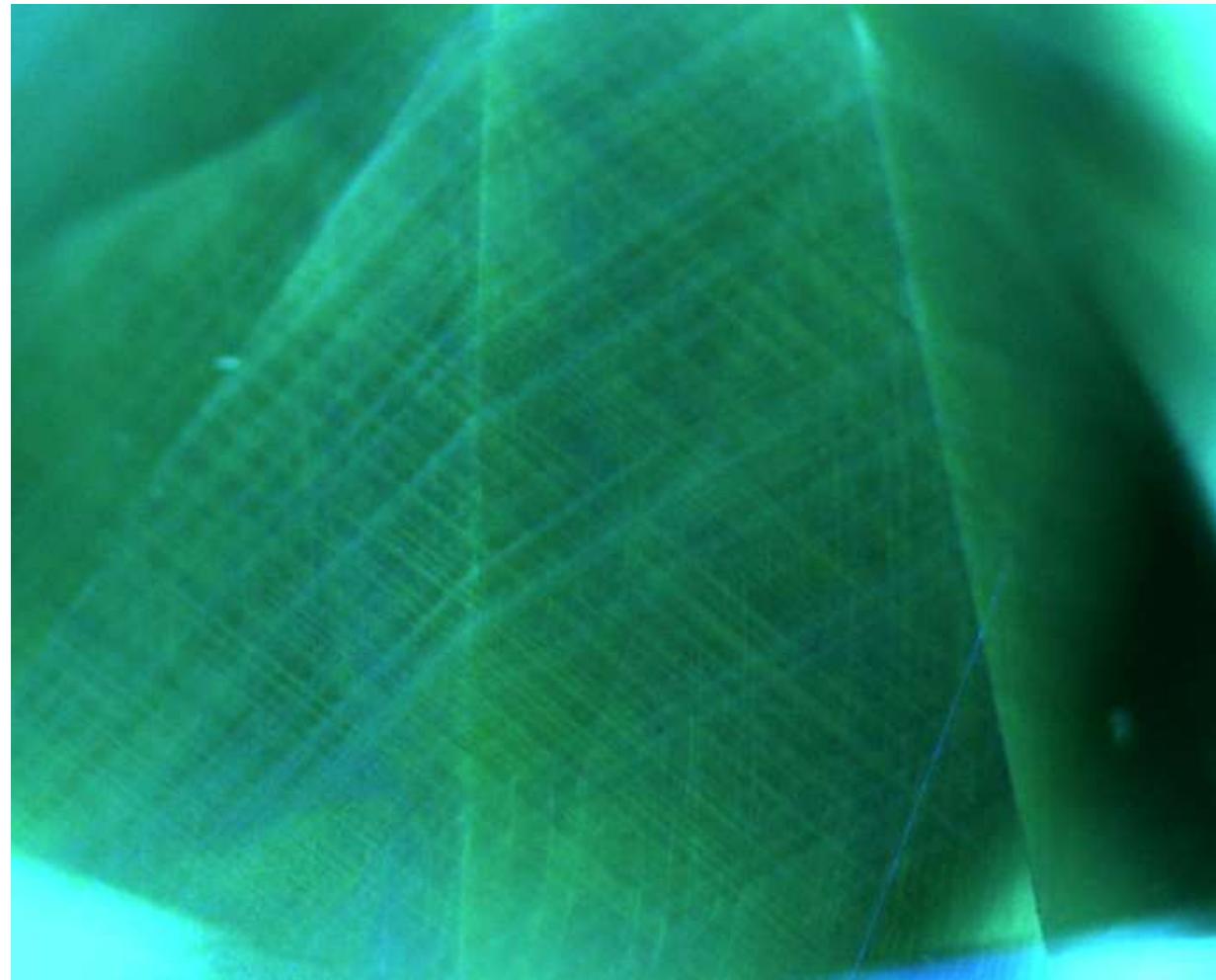


**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Gemmologie

# Classification texturale : déformation

## ◆ Graining

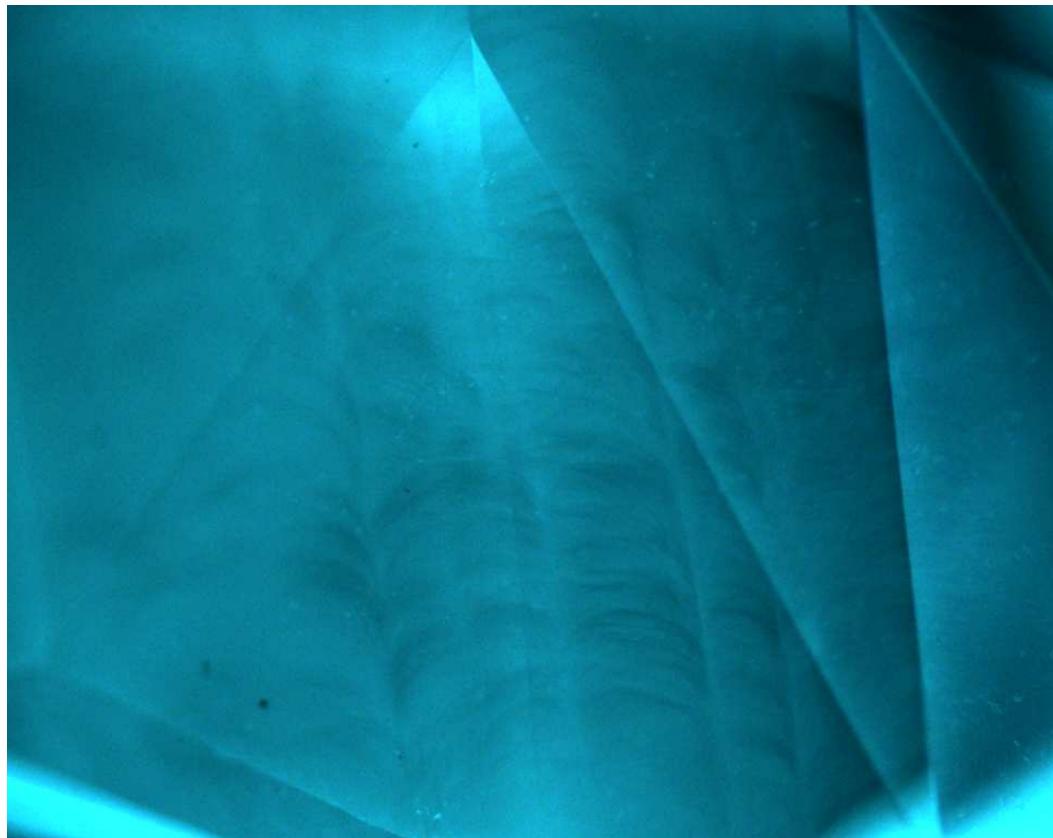


Diamant naturel

LFG - RDV AFG - 09/09/2019

# Classification texturale : déformation

- ◆ Motifs courbes, « plumes »



Diamant naturel

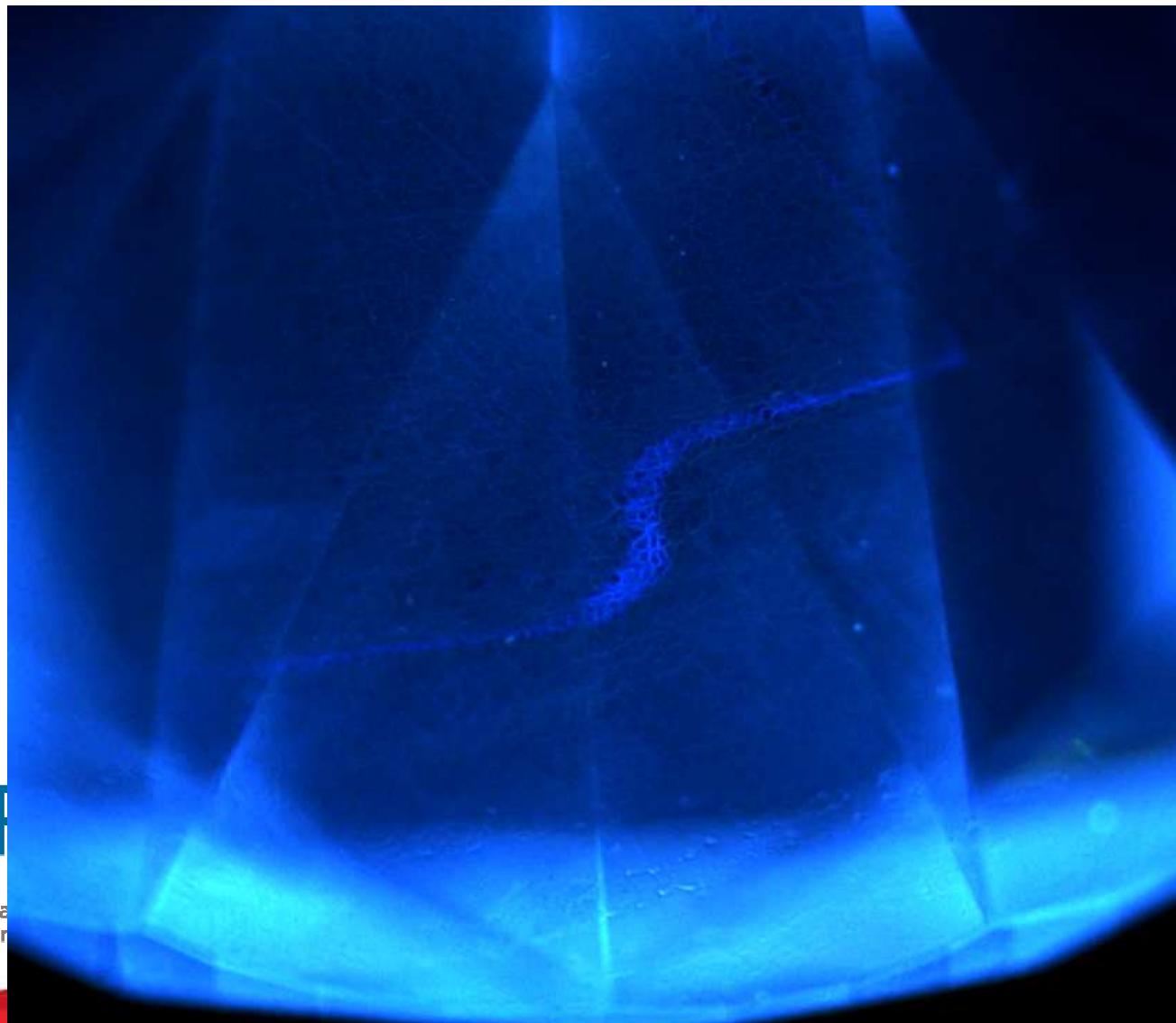


**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Géométrie

# Classification texturale : déformation

- ◆ Motifs courbes, « banding déformé »

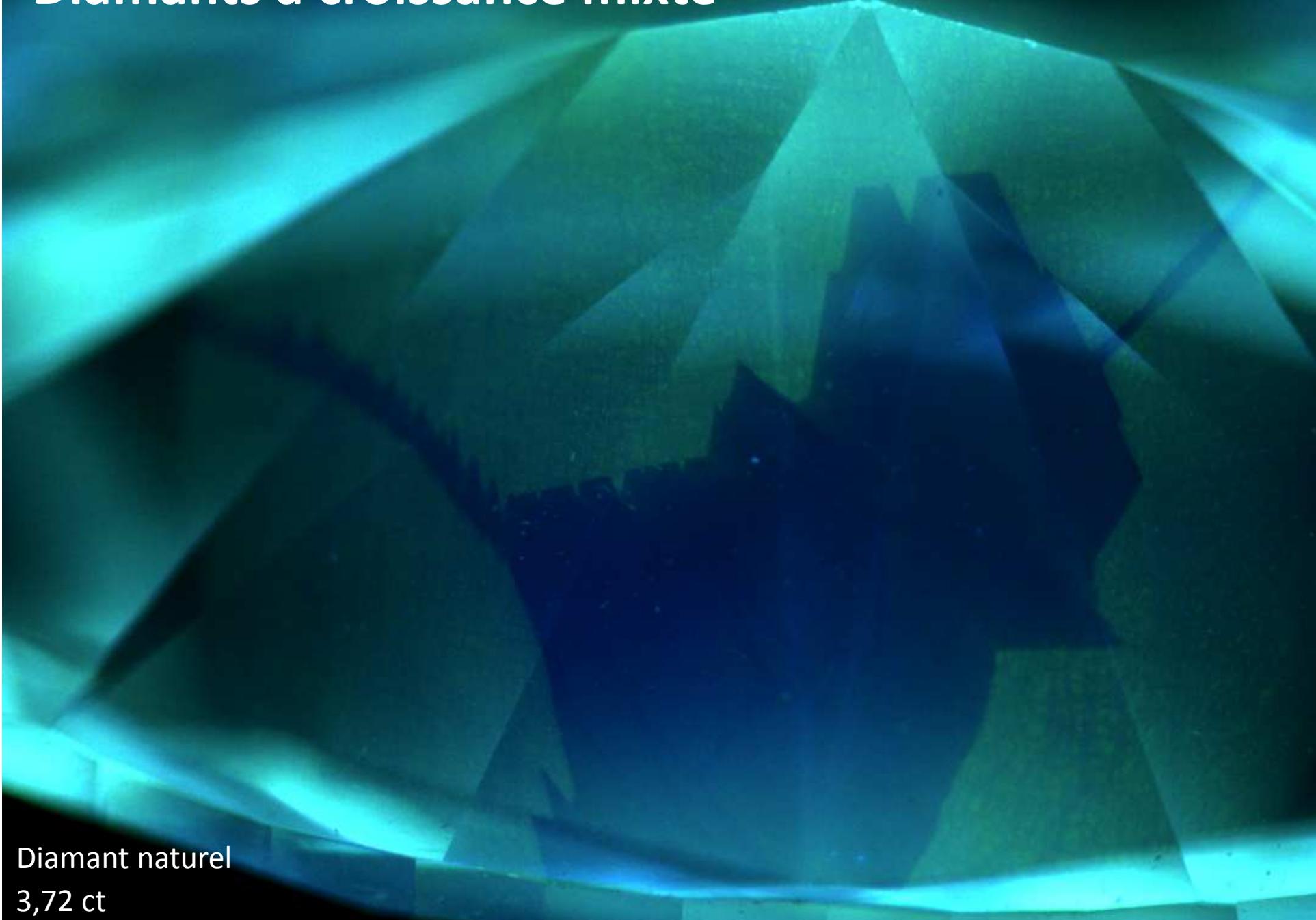


Diamant  
naturel



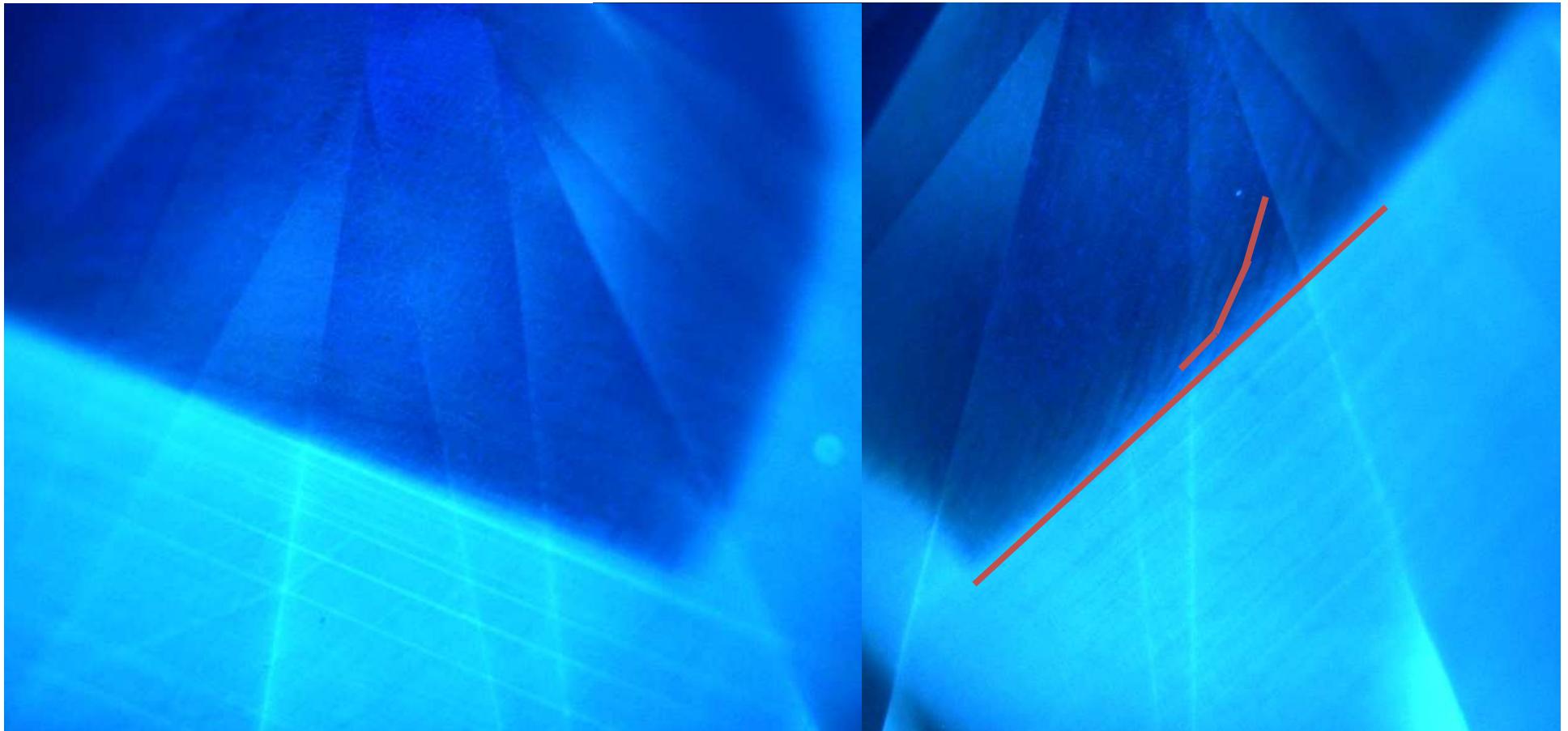
LGL  
P.A.  
Labora  
de Géol

# Diamants à croissance mixte



Diamant naturel  
3,72 ct

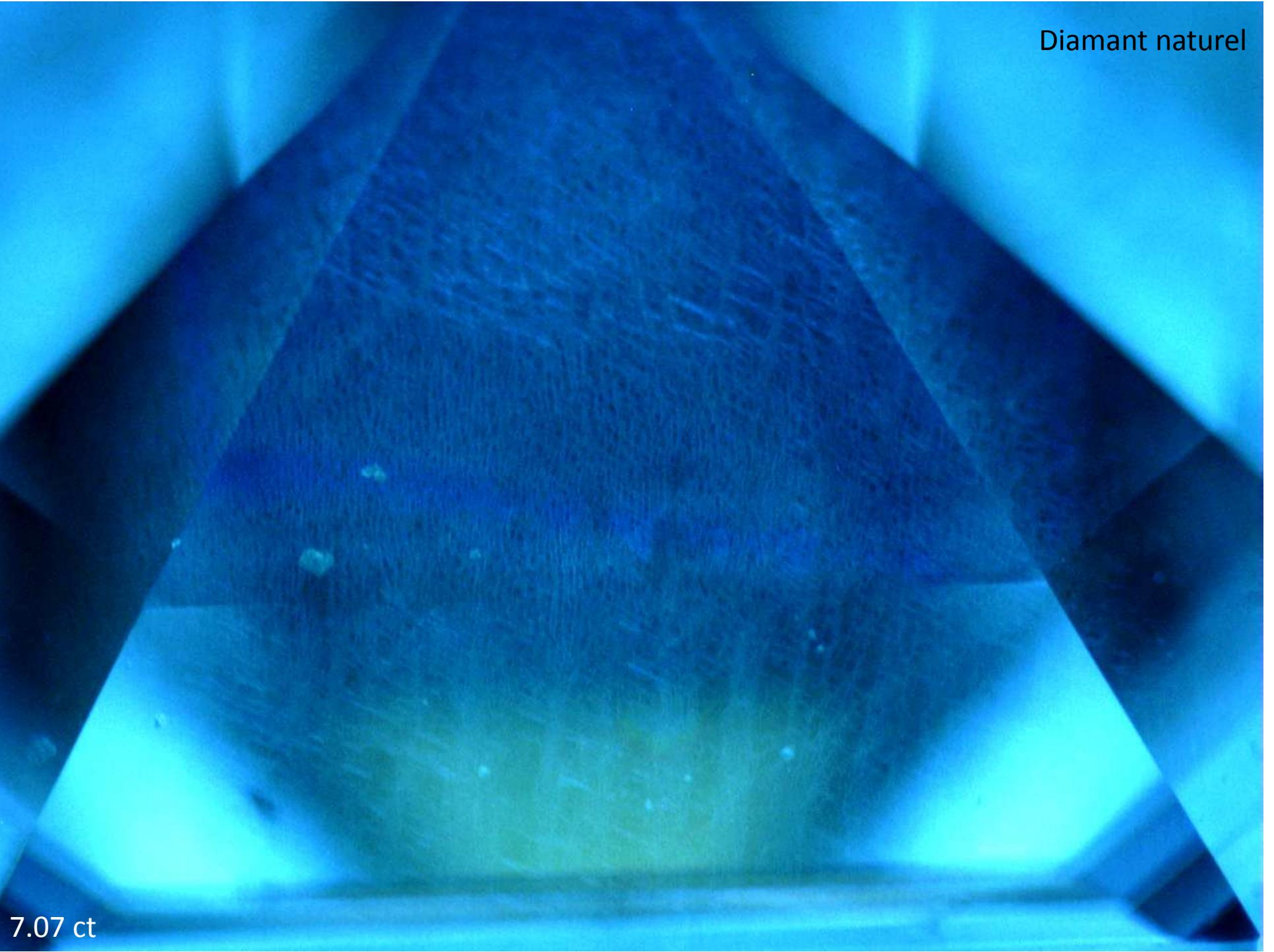
# Diamants de « plusieurs types »



**LFG**  
PARIS

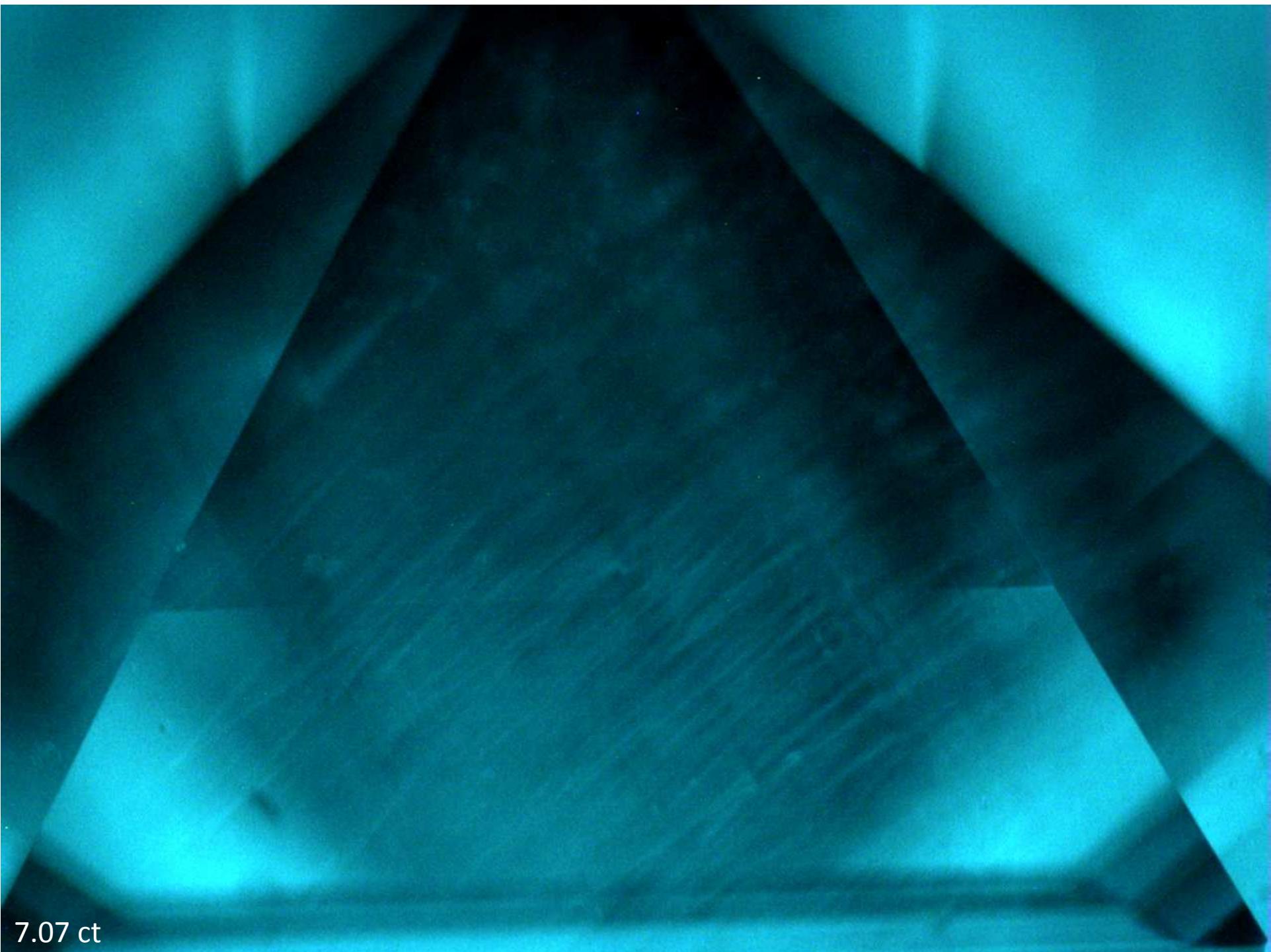
Laboratoire Français  
de Géométrie

Type IaB – IIa superdeep diamond



Diamant naturel

7.07 ct



7.07 ct

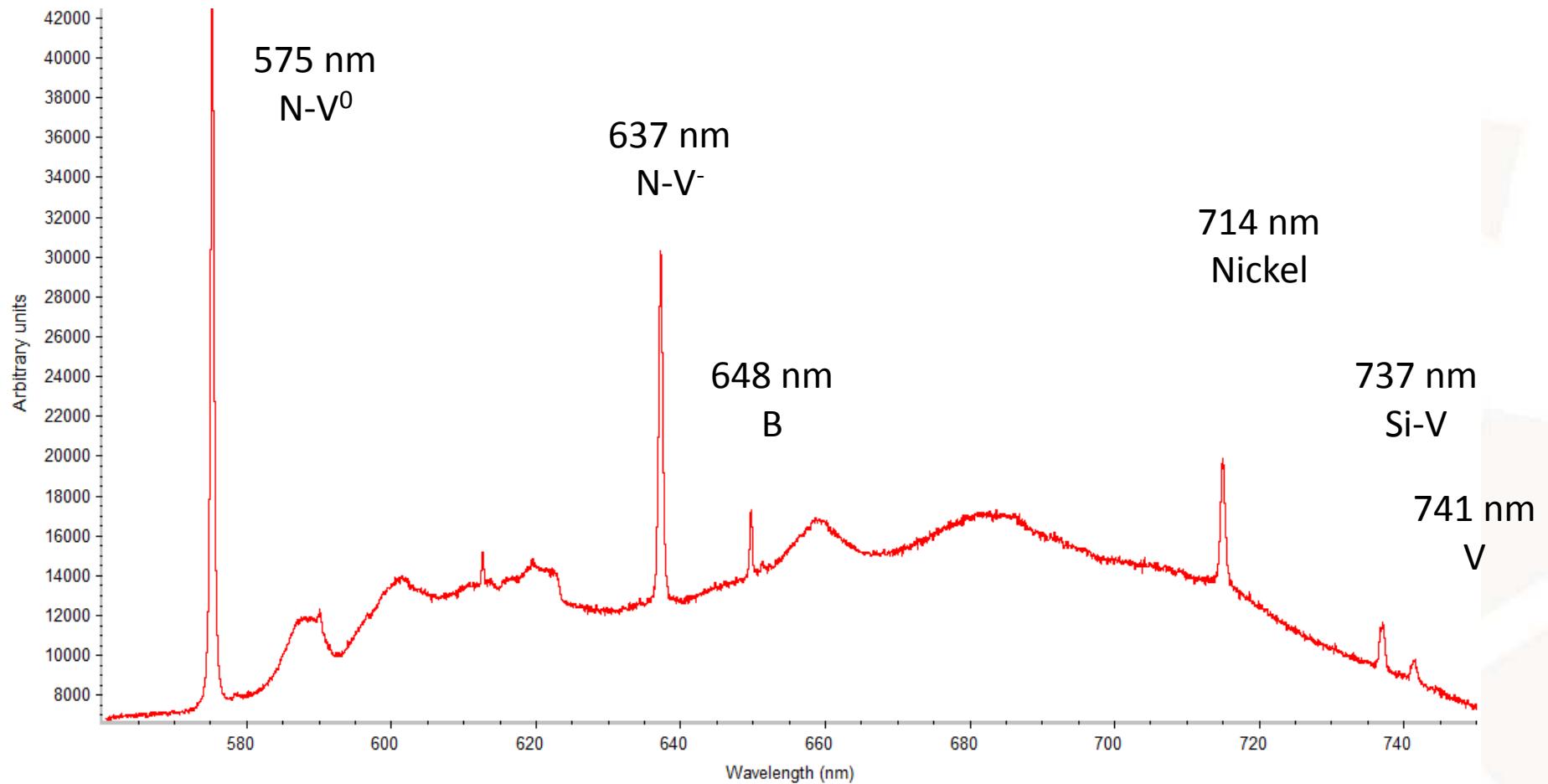
## 5<sup>ème</sup> étape : spectre de photoluminescence

- ◆ Spectrométrie de photoluminescence pour identifier des défauts permettant de distinguer les diamants synthétiques des diamants naturels et traités ou non



Raman Renishaw InVia du LFG

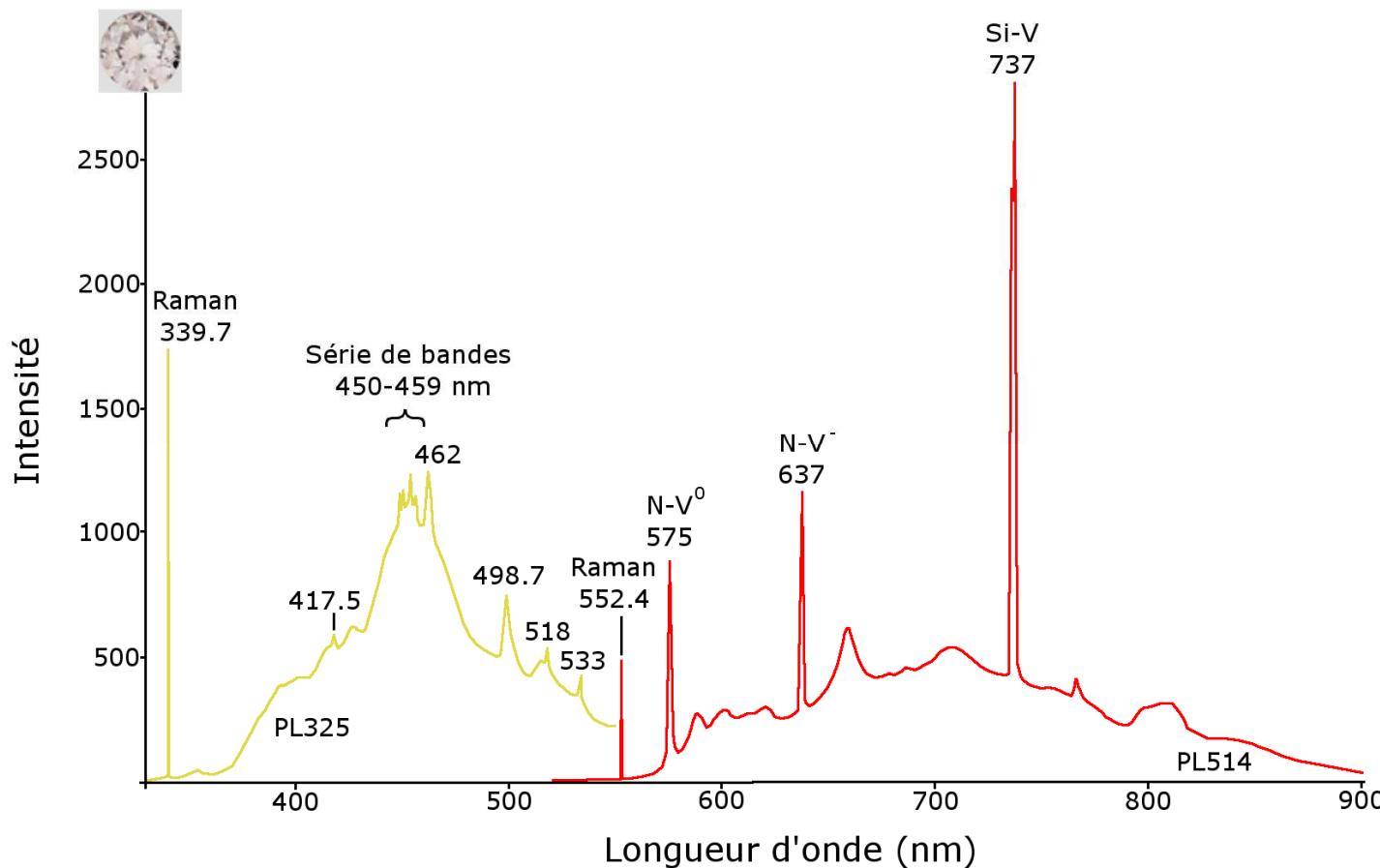
## 5ème étape : spectre de photoluminescence



**LFG**  
PARIS

Laboratoire Français  
de Géométrie

## 5ème étape : spectre de photoluminescence



# Diamants traités HPHT

Température: 1500 à 2300°C / Pression: 60 à 70 kbars

But : amélioration de la couleur sur des diamants naturels ou synthétiques, bruts ou facettés (jusqu'à + 30 ct)



# Diamants traités HPHT

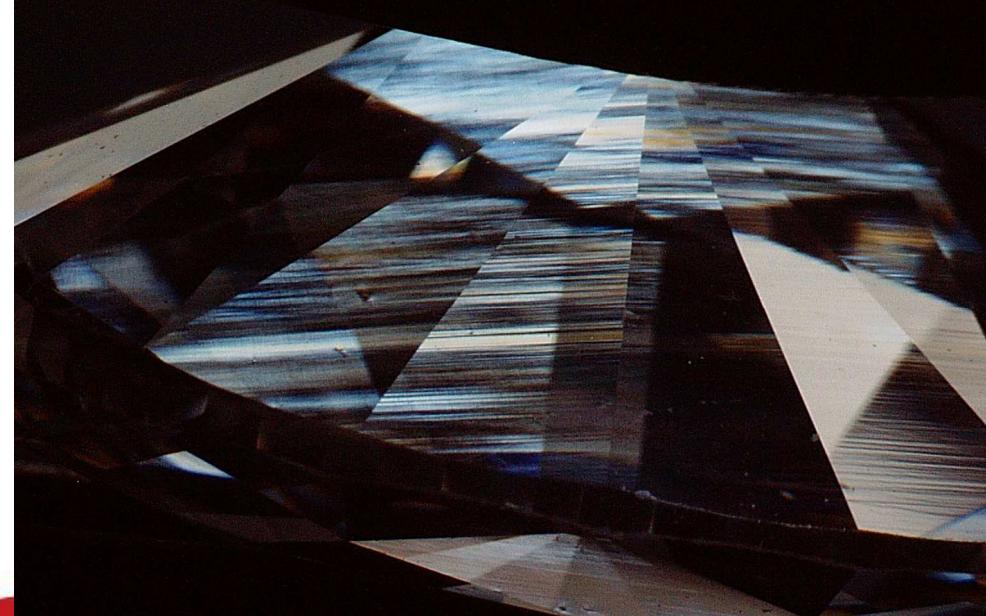


Inscription au laser des diamants traités  
HP-HT, facilement « effaçable »

# Diamants traités HPHT

Détection :

- inclusions **graphitées** (glaces, cristaux, etc.), fractures discoïdes autour d'inclusions, pas de présence de témoin de la forme du brut lisses
- souvent présence de graining fort visible entre polariseurs croisés

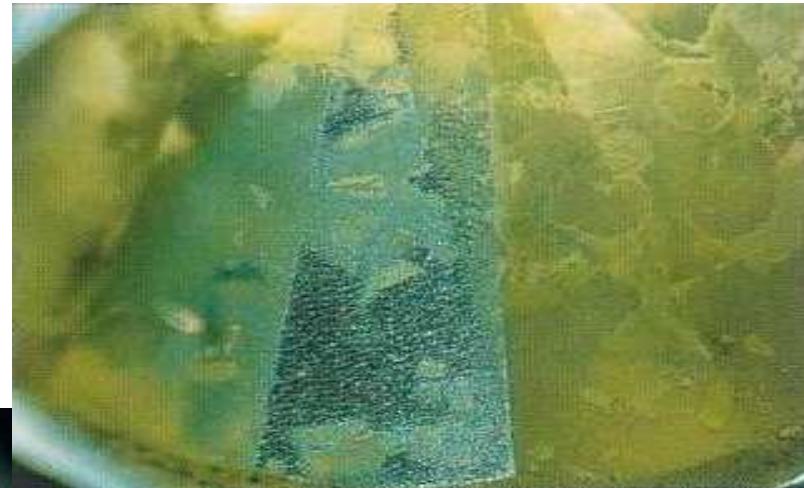
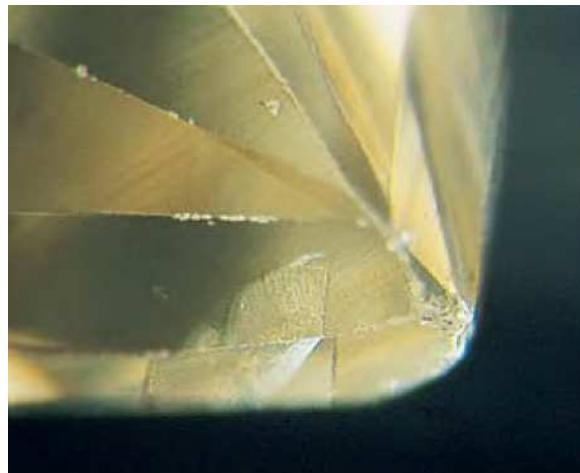


# Diamants traités

- ◆ Traitement HPHT

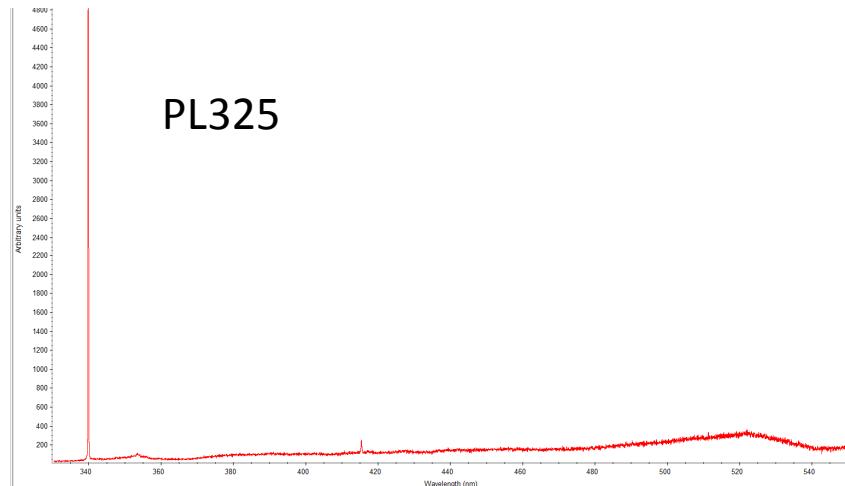
Graphitisation de surface. E. Fritsch.  
Revue de gemmologie AFG 141-142

Smith, 2000



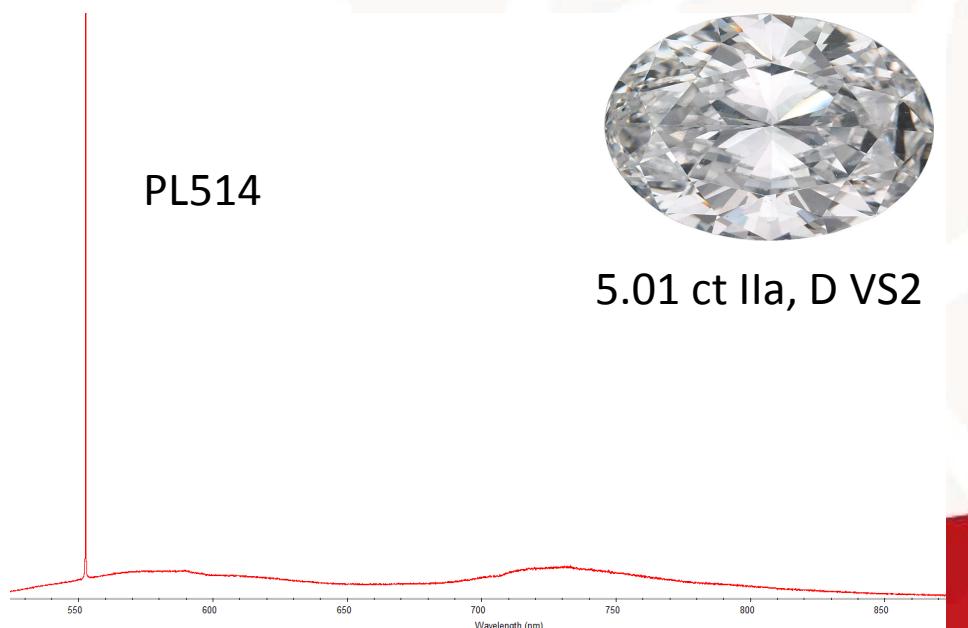
# Diamants traités

## ◆ Traitement HPHT



Pas de 741 nm, pas de centres N-V,  
présence centre N3 à 415 nm

Pas de GR1 à 741 nm → fort potentiel traité HPHT  
 $637/575 > 2.8$  → HPHT  
 $637/575 < 1.6$  → pas HPHT  
 $FWHM637 < 0.45 \text{ nm (} 11 \text{ cm}^{-1}\text{)}$  → pas HPHT  
 $FWHM637 > 0.53 \text{ nm (} 15 \text{ cm}^{-1}\text{)}$  → HPHT  
 $FWHM741 : 0.3-0.44$  rarement  $0.75 \text{ nm}$  → pas HPHT  
 $FWHM741 : 0.65-2.1 \text{ nm}$  → HPHT



# Conclusions

- ◆ Les diamants de type II sont recherchés à cause de leurs qualités indéniables mais vous avez pu voir aussi leur diversité importante.
- ◆ Ils sont très étudiés en laboratoire car il y a un risque de synthèse et de traitement important détectables qu'en laboratoire (« équipés »).
- ◆ Vous regarderez donc les diamants de type II de plus près...

**Merci de votre attention**

