

DIPLOME D'UNIVERSITÉ DE GEMMOLOGIE

présenté

devant l'Université de Nantes

U.F.R. Sciences

par

JOSEPH LANDREAU

**ÉTUDE DE LA FLUORESCENCE
DES DIAMANTS**

Essais de différenciations des diamants
de couleur naturelle
et de couleur artificiellement modifiée

soutenu le 19 Juin 1986 au département de géologie
devant la commission d'examen

Président : M. B. LASNIER

Examineurs : MM. J.P. POIROT
C. WILLAIME
E. RZEPKA
J.L. PHILIPPOT

DIPLOME D'UNIVERSITE DE GEMMOLOGIE

présenté

devant l'Université de Nantes

U.F.R. Sciences
Département de Géologie

par

JOSEPH LANDREAU

A V A N T - P R O P O S

Ce travail a pu être réalisé dans le cadre des activités du Service de la Formation Continue de l'Université de Nantes, en fonction des accords bilatéraux existants entre l'Université de Nantes et l'Institut National de Gemmologie, ayant permis d'introduire cette formation gemmologique complémentaire au Brevet Professionnel de Gemmologie.

Cette étude a été réalisée au Département de Géologie de l'U.F.R. des Sciences de la Nature.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur B. LASNIER, Docteur ès Sciences Naturelles, Maître de Conférences à l'Université de Nantes, pour son aide précieuse et l'intérêt si amical qu'il m'a témoigné au cours de mes modestes recherches.

Je remercie également Monsieur E. RZEPKA, chargé de Recherche au C.N.R.S. du laboratoire de physique cristalline qui a si bien réalisé les spectres de tous les diamants.

R E S U M E

Après un rappel de la nature du diamant, propriétés physiques, classification des diamants, origine géologique, utilisation, pays producteurs, synthèse, l'auteur a analysé 46 diamants de petites tailles d'une façon classique avec ses appareils de Gemmologue et constaté qu'il n'est pas toujours facile de lire un spectre.

Avec le spectrographe nous avons mesuré le fond de fluorescence des pierres (en les identifiant par la même occasion par leur spectre Raman).

Nous avons été heureux de constater que des diamants "blancs" (série commerciale) ont donné un fond de fluorescence plus ou moins intense selon leur graduation en couleur.

L'origine (naturelle ou artificielle) de la couleur des diamants de couleur (fancy colors) demeure ambiguë à la lecture de leur spectre de fluorescence, pour un grand nombre d'entre-eux.

BUT DE L'ETUDE

Comment différencier en 1986 les diamants de couleur traitée ?

Après un rappel des différentes caractéristiques physiques des diamants de couleur naturelle, et des caractéristiques particulières des diamants traités, accessibles dans la littérature spécialisée, il nous est apparu que les moyens usuels des gemmologues n'étaient pas toujours suffisants pour différencier les diamants naturels des diamants de couleur artificiellement modifiée.

Pour ce faire, on a tenté d'essayer de différencier par leur fond de fluorescence les diamants de couleur naturelle et les diamants de couleur artificiellement modifiée.

I N T R O D U C T I O N

Pour beaucoup de gens, le diamant est une gemme translucide, étincelante de feux colorés mais "blanche" ou plus exactement incolore en elle-même.

Malgré la fascination qu'il a exercée de tous temps sur l'homme, autant par sa dureté qui lui permet de résister à tout abrasif, autre que lui-même, que par son éclat, l'histoire du diamant demeure encore aujourd'hui bien imprécise.

L'origine du diamant reste un mystère, plusieurs théories existent, comme toujours chacune d'elle détient sans doute une parcelle de vérité.

Le diamant est né sous l'écorce terrestre dans la zone de discontinuité appelée zone de Mohovic.

Le carbone s'est cristallisé dans des conditions de pression et de chaleur qui sont à peu près connues aujourd'hui.

La kimberlite est-elle la roche-mère ou simplement le véhicule protecteur du diamant ?

La question n'est pas résolue. La seule chose que l'on puisse dire, c'est qu'il s'agit d'un véritable miracle de voir le diamant apparaître à la surface de la terre profitant des manifestations tectoniques et volcaniques.

Le diamant aurait été découvert aux Indes, par des peuples appelés Dravidiens, sept à huit siècles avant l'ère chrétienne. Le poids du diamant s'exprime en carat. Le carat métrique international équivaut à la 1/5 partie du gramme (200 milligrammes) ses sous-multiples sont les centièmes (75-50, 25/100) etc.

L'étymologie du mot diamant vient du grec "adamas" qui implique l'idée d'indomptabilité. "Adamas" reprit par Pline l'Ancien, au 1er siècle de notre ère, et d'où dérivent les dénominations occidentales (diamante, diamant, diamond) et orientales almaz.

Avant de devenir objet de parure, le diamant fût considéré comme le symbole d'une caste (ainsi, par exemple, en Inde où le diamant blanc et incolore était réservé aux brahmanes, le rouge (probablement un spinelle) aux guerriers, le jaune aux commerçants et le gris aux paysans et aux artisans), l'attribut des rois et des nobles, à qui il était sensé donner force et puissance, hardiesse et courage dans les combats en raison des "radiations" qui émanaient de lui.

La première femme de sang non royal à porter des bijoux ornés de diamants aurait été Agnès Sorel, la favorite de Charles VII.

Les légendes sur les pouvoirs mystérieux du diamant sont aussi anciennes que sa découverte et la croyance en son influence tantôt bénéfique, tantôt maléfique, s'est maintenue jusqu'à nos jours. Des propriétés magiques sont naturellement prêtées au diamant : s'il est de grande qualité, il donne énergie, force, beauté, bonheur et longue vie, il garde des mauvais esprits et détourne les catastrophes. L'influence malfaisante du diamant ne se manifeste jamais, à travers les récits, en présence de petites pierres mais seulement quand il s'agit de pierres fabuleuses. Enfin des propriétés médicinales lui sont attribuées ; placé dans la bouche il guérit le menteur, placé dans une partie du corps malade il facilite sa guérison. Au 12ème siècle, Sainte Hildegarde, dans le Jardin de Santé conseillait de faire le signe de croix tout en tenant un diamant. Quoiqu'il en soit, le diamant reste toujours une pierre chargée de symboles et de nos jours, il demeure la pierre de prédilection des fiançailles, du mariage, de l'amour et de la vérité.

C H A P I T R E I

1-1 NATURE DU DIAMANT

De symbole chimique C, le carbone cristallisé est pratiquement pur il peut toutefois contenir jusqu'à 1/5000 ème d'éléments mineurs tels que fer, silicium, calcium, azote, etc ...

Il est cependant curieux de remarquer que des corps aussi différents que le graphite, celui de la mine de crayons par exemple, et le diamant sont frères. Leurs propriétés sont bien peu comparables.

Le diamant se distingue du graphite par la disposition très dense des atomes de carbone dont la forte cohésion est responsable de sa dureté inégalée (liaison covalente). Les autre formes du carbone sont des polymorphes : (graphite, chaoïte, lonsdaleite,...)

1-2 PROPRIETES PHYSIQUES

C'est le minéral naturel le plus dur qui existe, il est très bon conducteur de la chaleur (conductimétrie de la chaleur, microconductimètre thermique) isolant électrique, peu ou semi-conducteur, il se dilate très peu sous l'effet de la chaleur et ne perd pas sa dureté.

Les diamants peuvent être groupés en différentes catégories selon leurs propriétés physiques.

CLASSIFICATION PHYSIQUE DES DIAMANTS

Diamant de type I a :

Contient de l'azote (de l'ordre de 0,1 %) qui semble s'être groupé en petits agrégats.

Contient aussi des plaquettes, associés à l'azote, dont la structure exacte n'est pas connue. La plupart des diamants naturels appartiennent à ce type. leur couleur est généralement jaune.

Diamant de type I b :

Contient également de l'azote diffus traces substitués. Presque tous les diamants synthétiques sont de ce type.

Diamant de type II a :

Ne contenant pratiquement pas d'azote, très rares dans la nature, ces diamants ont des propriétés optiques et thermiques exceptionnelles.

Diamant de type II b :

Contient du bore, type de diamant possédant des propriétés semi-conductrices : généralement de couleur bleue.

Extrêmement rare dans la nature. Il est possible de conférer des propriétés semi-conductrices aux cristaux synthétiques en y introduisant du bore.

| Type | 1 a | 1 b | II a | II b |
|------------------------|-------------------------|--|--|-------------------|
| Centres Chromogènes | Petit groupe d'Azote | Azote Isolé | | Bore |
| Couleurs dominantes | Jaune incolore | Orange Jaune- Orange Brun | Brun- Jaune Rose Incolore Violet | Gris à Bleu |

Tableau 1 (extrait de Dureté 10 p.38)

Les liaisons covalentes relativement courtes des atomes sont très fortes et expliquent la grande dureté du diamant.

Une grande majorité des diamants se classe dans la série des capes. L'intensité ou la saturation de cette couleur peut varier d'incolore à franchement colorée.

Des travaux récents ont permis de distinguer trois sortes de diamants :

- ceux contenant de l'azote 99,9 % (type I),
- ceux qui en sont dépourvus 0,1 % (type II),
- ceux très rares (type III).

A l'intérieur de chaque type, il y a deux sous catégories :

Dans les diamants du type 1 a où le rapport azote/carbone est élevé (1 %) les atomes d'azote s'agglutinent pour former de petits agrégats tabulaires qui se disposent normalement à un axe d'ordre 3 à la place d'éléments carbone de telles gemmes sont incolores si tout l'azote est sous forme de plaquettes ou de tons jaunâtres lorsque des éléments azote isolés constituent des groupements particuliers (azote - lacune structurale etc...)

Dans la catégorie 1 b par contre, les atomes d'azote se substituent à des atomes de carbone de manière plus homogène et l'influence sur les propriétés du diamant semble moindre.

Ce sont eux qui en retirant à la lumière certains quanta d'énergie, autrement dit certaines longueurs d'ondes sont responsables de la couleur jaune. Compte tenu à la fois du rapport azote/carbone et de la distribution des atomes d'azote dans le schéma cristallin on aura affaire aussi bien à des diamants jaunes que bruns ou verts.

Parmi les diamants jaunes, les jaunes "canari" sont de loin les plus appréciés. Ils sont au demeurant extrêmement rares. Les diamants jaune type contiennent un atome d'azote pour 100000 atomes de carbone. Dès 1904, les diamants ont été superficiellement artificiellement colorés par Sir W. Crookes qui, en les plongeant dans les sels de radium, trouva que les couleurs vertes étaient produites, mais qu'ils étaient radioactifs, car la surface de la pierre absorbait des éléments radioactifs à vie longue : il suffisait de repolir la pierre pour ôter à la fois radioactivité et couleur. Ces types d'irradiation se décelaient également par l'ombrellé qu'il développait sur la culasse.

Les diamants du type II dépourvus d'azote : ils n'ont pas les caractéristiques d'absorption entre 6 et 13 nm, ils transmettent dans le bas de l'ultraviolet vers 300 nm et sont excellents conducteurs de la chaleur. Ils se subdivisent aussi en deux classes. Le type II a correspond aux diamants chimiquement les plus purs, ils ne contiennent ni azote ni impureté, sont plus pauvres en couleur et transparents dans l'ultra-violet vers 225 nm.

Une teinte rose était attribuée à la présence de légères traces de manganèse (le diamant, mythe, magie, réalité p.230) mais cette théorie est maintenant rejetée lorsqu'il s'agit d'un diamant franchement rose, le spectre d'absorption montre une bande situé à 550 nm. Selon l'intensité de cette raie dans la section verte du spectre, on observe une modification plus ou moins de la teinte complémentaire, c'est-à-dire du rouge. Ce qui donne des diamants allant du rouge rose au rubis.

Les diamants du type II b transmettent dans l'ultra violet vers 250 nm et sont habituellement fluorescents (U.V.C.) et contiennent du bore, élément auquel est attribué leur nuance bleu. Ils sont parfois bruns ou gris. Cette coloration provient du fait que l'atome de bore possède un électron de moins que l'atome de carbone, ce qui donne naissance à un champ de forces électromagnétiques susceptibles de retirer à la lumière blanche un certain nombre de radiations dans la partie jaune du spectre et entraîne ainsi l'apparition de la couleur bleue complémentaire.

Celle-ci peut aller d'un tendre bleu ail à un sombre bleu d'encre (le Hope) en passant par un bleu acier soutenu.

Le diamant synthétique comme le naturel devient avec addition d'azote isolant électrique (jaune) et avec le bore semi conducteur, souvent bleu.

Si les types 1 et 2 ont des caractéristiques bien spécifiques, il est néanmoins bien connu que la plupart des diamants ont des propriétés mixtes qui se traduisent par des spectres ambigus voire des propriétés mécaniques légèrement différentes. On vient en effet de le démontrer récemment (MEYER, 1985).

Pour résumer les travaux de cet auteur, on peut dire que des diamants parfaitement limpides de la plus belle qualité sont en fait souvent extrêmement zonés lorsqu'on les observe en cathodoluminescence. Les zonations qui apparaissent lors d'une telle étude peuvent correspondre pour chacune d'entre-elles, aux différents types de diamant intrinséquement mélangés.

Autrement dit, un diamant parfaitement gemme et limpide peut-être, en fait, le reflet de différentes conditions de cristallisation dans le manteau terrestre. Dans le manteau, les diamants semblent avoir été transportés (courant de convection) à différentes profondeurs au niveau desquelles ils ont pu se redissoudre, soit recristalliser.

A MEYER (1985), nous empruntons cet extrait qui dit en effet :

"Un modèle de la genèse de diamant naturel est présenté basé sur la physique, la chimie et la minéralogie, particulières au diamant. L'étude optique montre que le diamant a eu une histoire complexe dans sa croissance. La dissolution et la croissance peuvent se produire. La croissance n'est pas toujours continue ni nécessairement dans le même environnement chimique.

La preuve en est donnée par les variations de la teneur en azote et en éléments contenus dans le diamant aussi bien que par l'information obtenue sur les minéraux inclus dans le diamant. Les mesures isotopiques suggèrent que les diamants sont formés de carbone dont les sources ont des compositions isotopiques variables.

De nombreux diamants peuvent être le produit de recyclage de "sous-produits du carbone".

Une importante étude détaillée de la physique du diamant a été entreprise ces 35 dernière années. (Réf/Berman 1965, 1979).

Cette "zonation interne" donne une variation de croissance de couches soit du type I, soit du type II. Donc dans le même diamant, il peut y avoir du type I ou du type II.

La zonation du diamant peut être illustrée par cathodoluminescence sur surface de diamant poli (ou non). Les figures de croissance observées montrent l'alternance de couches soit le type I, soit le type II ; et ces deux types montrent des différences de propriétés physiques et chimiques. En somme, bien qu'individuellement les diamants soient grossièrement similaires en propriétés physiques ; en détail ils montrent une substantielle différence résultant de quatre types distincts de diamants.

| Type I a | I b | II a | II b |
|---|--|--|--|
| le plus commun des diamants naturels | rare dans la nature beaucoup de synthétiques sont de ce type | très rare souvent les grosses pierres | extrêmement rare généralement bleus semi-conducteurs |
| azote jusqu'à 2500 ppm en agrégat et plaquettes | azote 20 ppm | oxygène 20 ppm | bore 20 ppm |
| <u>Densité</u> | | <u>Densité</u> | |
| $3,51537 \pm 0.00005 \text{ gm cm}^3$ | | $3,51506 \pm 0.0005 \text{ gm cm}^3$ | |

Tableau 2 - Propriétés du diamant - Classification
Extrait Genesis of diamond a mantle saga

Ultra violet et infra rouge :

Type I - importante absorption :

340 nm et entre 6 et 13×10^3 nm

Type II - transparent à 225 nm et entre 6 à 13×10^3 nm.

Couleur :

Type I a - variable en général jaune pâle, brun.

Type I b - variable, en général jaune, noir et brun.

Type II a - incolore (Type cullinan)

Type II b - bleu.

Conductibilité électrique :

Type I a - 600 - 1000 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (à 293° K)

Type II b - 2000 - 2100 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (à 293° K)

Résistance :

Type I - 10^{18} ohm/m

Type II a - ca. 10^{18} ohm/m

Type II b - 10^3 - 10^5 ohm/m

Conductibilité thermique :

Type I a - 600 - 1000 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (à 293° K)

Type II - 2000 - 2100 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (à 293° K)

La croissance du diamant est cristallographiquement discontinue et le reflet de variations dans la composition chimique du milieu.

Les agrégats d'azote en forme de plaquettes et les autres agrégats d'azote dans le diamant supposent un très long séjour de celui-ci à l'intérieur du manteau supérieur avant d'atteindre la surface de la terre.

L'étude des inclusions des diamants montre qu'ils se sont formés soit dans des roches ultrabasiques, soit dans des roches basiques éclogitiques.

| Séquence Ultra basique | Séquence basique Eclogitique |
|---------------------------|---------------------------------|
| Olivine | Omphacite |
| Enstatite chromifère | Pyrope, almandin |
| Diopside chromifère | Kyanite (disthène) |
| Pyrope chromifère | Coésite |
| Phlogopite | Rutile |
| Spinnelle | Rubis |
| Ilménite magnésienne | Ilménite |
| Zircon | Chromite |
| Sulfures pyrite | Sulfures |
| pyrrhotite | |
| pentlandite | |
| Diamant | Diamant |
| Graphite | Graphite |

Tableau 3 - Minéraux en inclusions dans le diamant
Extrait de MEYER (1985).

Les membres de deux séquences sont mutuellement exclusifs, le minéral d'une suite ne peut pas coexister dans le même diamant avec les minéraux d'une autre suite. Cette découverte (Meyer et Boyd 1972 - Prinz et Al. 1975) a montré que le diamant a une croissance dans plusieurs types d'environnement géochimique.

De nombreuses inclusions syngénétiques (particulièrement l'olivine) cristallisent en granules arrondis xénomorphes morphologie pseudo-cubique imposée par l'hôte diamant.

En dépit des diligentes recherches par les scientifiques au travers de dizaine de milliers de diamants, aucune inclusion fluide macroscopique ou microscopique n'a été trouvée (Roedder 1982-1984), bien que la présence de minéraux hydratés, tels la biotite (Giardini et al., 1974) ne soit pas encore bien comprise...

Pour des géologues les conditions dans lesquelles s'est formé le diamant sont encore un mystère. Il n'a pas encore été possible d'expliquer comment sous l'action de températures et de pressions très élevées, le carbone pur a cristallisé à l'intérieur du manteau de la terre pour former le diamant. Mais l'on sait que les diamants furent projetés à la surface de la terre au cours de phénomènes volcaniques particuliers, à caractère explosif : les Kimberlites (et les lamproïtes).

Depuis leur mise en place, les kimberlites diamantifères ont été érodées, et les diamants libérés de leur gangue peuvent même avoir été entraînés par les torrents et les fleuves jusqu'à la mer, où leur dépôt parmi les sables et galets, constitue leur mode de gisement alluvionnaire, parfois sous-marin.

Il existe deux sortes de gisements exploités :

1°) Dans les cheminées volcaniques (on les appelle pipe mines),
2°) Les gisements maritimes et alluvionnaires, dans lesquelles sont utilisées les machines les plus modernes pour évacuer les énormes masses de sable stérile.

Il faut environ remuer 5 tonnes de roches et de graviers pour recueillir 1 carat de diamants (teneur actuellement exploitable).

Sur 10 000 carats de diamants produits, seuls 10 à 20 % c'est-à-dire 1000 à 2000 carats sont utilisables en joaillerie.

Le diamant est donc une matière relativement rare.

La joaillerie utilise 10 à 20 % de la production mondiale de diamant, et on peut se demander pourquoi on utilise des moyens aussi coûteux pour extraire une roche d'un aussi "petit rendement", quelques fractions de carats par tonne soit quelques millièmes.

C'est parce que le diamant est très utilisé dans l'industrie, en raison de son exceptionnelle dureté. Les pierres impures appelées "boart" sont réservées pour la fabrication des abrasifs et des outils de coupe et de forage (puits de pétrole, etc...).

Actuellement les diamants viennent d'Afrique du Sud et du Sud-Ouest africain : Zaïre, Angola, Libéria, Sierra Léone, Tanzanie et l'URSS (Sibérie).

On trouve aussi des diamants dans d'autres régions d'Afrique, aux Indes, au Brésil, Guyanne, Vénézuéla et plus récemment en Australie.

Bien qu'elle ait été longtemps une gageure pour les scientifiques, la synthèse du diamant a néanmoins été réalisée officiellement par la General Electric en 1955 (officieusement en Suède vers la même époque). Le diamant gemme a été obtenu en 1970 par la General Electric en pierres d'un carat, blanches ou de couleur, déposées au Smithsonian Institute. Considéré jusqu'alors comme "curiosité de laboratoire" et sans avenir commercial, il semble que de nombreux diamants gemmes synthétiques de pureté (blanc exceptionnel pur à la loupe X 10) - qualité rare à fluorescence très faible - aient été ou sont en cours de fabrication en U.R.S.S. et au Japon, etc... l'incidence sur le marché du diamant de Joaillerie est encore à démontrer.

La taille du diamant de joaillerie :

Les opérations destinées à transformer un cristal brut en un diamant facetté comportent les étapes suivantes : le clivage ou le sciage, l'ébrutage, la mise en croix et le brillantage.

Le clivage :

Le but du clivage est de rechercher la meilleure utilisation de la matière en éliminant, au moyen de cette opération les inclusions et les accidents de cristallisation visible à l'oeil nu.

Il se pratique suivant quatre directions correspondant aux plans perpendiculaires aux quatres axes ternaires, c'est-à-dire parallèlement aux faces de l'octaèdre.

Le diamant brut est examiné dans tous les sens par le cliveur.

S'il n'est pas très sûr de l'emplacement d'un givre, il fait tailler une facette par le polisseur jusqu'à ce qu'il ait repéré l'endroit exact où se situe cet accident. Il détermine l'endroit où il faut fendre la pierre, il la fixe sur la tête d'une tige avec un ciment composé de gomme laque, de verre pulvérisé, de gomme arabique. Une fois fixé, il trace une encoche avec un autre diamant afin que son couteau ne glisse pas.

L'entaille obtenue, le cliveur y place une lame émoussée en acier à large bord et, d'un coup sec, donné avec un marteau (maillet), il fend la pierre juste à la place choisie.

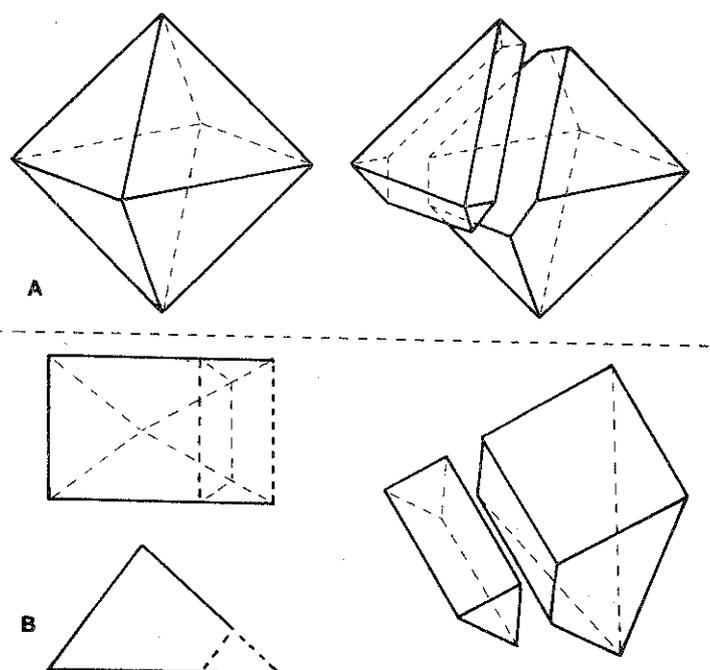


Tableau N° 4 - Extrait de Dureté 10 page 80

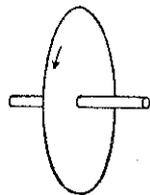
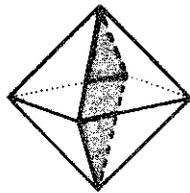
Le Sciage :

Il peut avoir lieu avant ou après le clivage, et chaque fois qu'on veut partager la pierre dans un sens différent à celui de la veine, il remplace le clivage dans les pierres contenant des impuretés que le clivage n'éliminerait pas sans risquer d'entraîner une grande perte de matière. Il se fait au moyen d'une machine spéciale dont la partie principale est une scie constituée par un disque en bronze phosphoreux dont la circonférence est imprégnée sur la périphérie d'égrisée ou poussière de diamant.

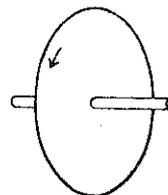
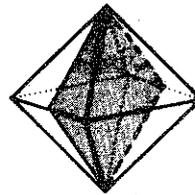
Les possibilités de sciage du diamant sont :

- Trois directions de sciage quatre pointes, correspondant aux plans perpendiculaires aux trois axes quaternaires ;
- Six directions de sciage deux pointes correspondant aux plans perpendiculaires aux six axes binaires.

L'opération du sciage permet de récupérer des naats (particularité de cristallisation mot Flamand signifiant noeud) de garder davantage de poids ou d'obtenir des pierres plus étalées.



4 pointes



2 pointes

Tableau n° 5 - Extrait de Dureté 10 page 89

Grâce au laser, il est devenu possible de scier certaines pierres qui ne pouvaient pas l'être par le système traditionnel. Le laser est apprécié pour le sciage des pierres déformées ou présentant des tensions internes importantes et pour celui des pierres maclées, d'autant plus que pour ces dernières la durée du sciage classique pouvait atteindre des semaines et même des mois, voire s'avérer impossible.

L'ébrutage :

La mise en croix, en 8/8 - en brillant ou en toute autre forme une pierre brute, clivée ou non, sciée ou non, même entière, ne peut se faire sans l'ébaucher auparavant, l'ébrutage consiste à arrondir à l'aide d'un autre diamant un diamant, de manière à ce qu'il puisse ensuite être taillé à facettes.

Le facettage :

Après avoir été clivé ou scié, ébauché ou ébruté, le diamant est prêt à être facetté. Tailler un diamant signifie qu'on va former sur une pierre brute un nombre défini de surfaces planes appelées facettes, ayant une géométrie et une forme déterminée l'une par rapport à l'autre, inclinaison déterminée.

Les principales formes des tailles brillants - forme ronde - forme poire - forme marquise ou navette - forme coeur, et des formes tailles à degrés - forme baguette - forme émeraude - forme en rose, etc...

(voir tableau des tailles en annexe).

On utilise parfois le laser pour tailler des facettes de culasse dans la taille en croix. Malgré les avantages et les possibilités qu'il offre, le laser n'est pas encore en mesure de se substituer au système classique.

La taille se fait en continu mais il y a des déviations dues au "brûlage".

Il n'en reste pas moins que les recherches ininterrompues dont il fait l'objet lui promettent un grand avenir.

C H A P I T R E 2

LA FLUORESCENCE :

Comme tous les minéraux susceptibles de présenter un phénomène de fluorescence, le diamant transforme des rayons ultra-violetes invisibles en une lumière perceptible avec un chromatisme à dominante généralement bleue ; étant donné que la couleur d'un diamant est estimée sous un éclairage à la lumière du jour qui contient une importante quantité de rayons ultra-violetes, la fluorescence selon son importance peut avoir une influence sur cette estimation. On a remarqué que certaines mines ont eu un pourcentage de diamants fluorescents plus élevé que d'autres mines (Dureté 10, page 33 et 34).

Raman et Fluorescence :

Le montage utilisé permet de détecter à la fois la diffusion Raman et la fluorescence due à l'excitation optique du cristal.

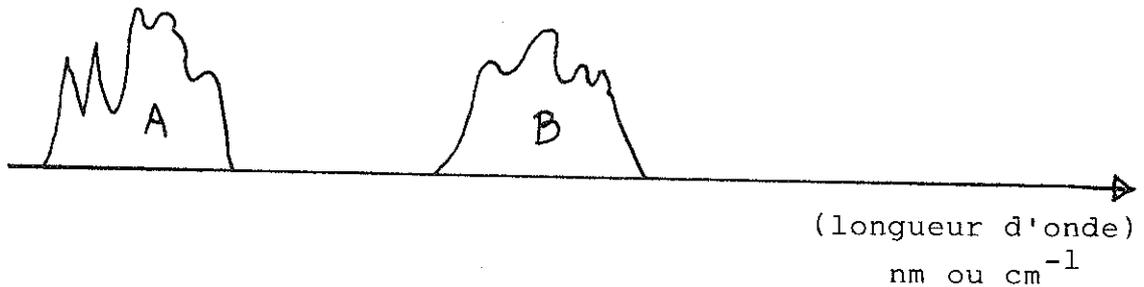
a) La diffusion Raman est la modulation d'une fréquence optique envoyée dans un cristal par les liaisons des modes vibratoires des atomes constituant le cristal (ou une molécule quelconque en phase liquide, solide ou gazeuse).

Le spectre se compose de la fréquence porteuse "c'est la diffusion sans changement de longueur d'ondes ou diffusion Rayleigh" et de raies latérales de part et d'autres de la raie excitatrice, les raies Raman sont toujours éloignées de la même valeur (en cm^{-1}) de la raie excitatrice, par exemple: 1332 cm^{-1} pour le diamant.

b) l'émission de fluorescence résulte d'une excitation optique (par ex. d'atomes qui se relaxent) en émettant de la lumière d'une longueur d'onde caractéristique de la transition énergétique (donc de l'atome considéré).

La fluorescence (ou luminescence) est provoquée à la suite d'une excitation non seulement à une longueur d'onde caractéristique, mais aussi dans un domaine spectral particulier (domaine spectral d'excitation).

Schéma :



excitation

(violet)

émission

(bleu)

Toute excitation dans la zone A a donné une émission dans la zone B. La luminescence se caractérise par de la lumière émise dans un domaine de longueur d'ondes bien défini et plus grand que l'excitatrice. On pourra donc distinguer aisément le phénomène Raman de celui de fluorescence en réalisant deux spectres à deux longueurs d'ondes excitatrices différentes (par exemple, raies à 488 et 514,5 nm de l'argon ionisé).

C H A P I T R E 3

ESSAI DE CORRELATION ENTRE LES CATEGORIES COMMERCIALES ET LEUR FLUORESCENCE

Quatre diamants des différentes catégories commerciales, du blanc exceptionnel au légèrement teinté, ont été testés pour leur fluorescence avec l'appareillage suivant : une source laser (argon ionisé raie bleue violette à 457,9 nm) a été utilisée pour :

- 1°) - identifier les diamants utilisés, par leur raie Raman caractéristique à 1332 cm^{-1} .
- 2°) - déclencher la fluorescence du diamant par la même source lumineuse.

La mesure de la lumière émise par les différents diamants a été effectuée au laboratoire de Physique Cristalline de l'Université de Nantes (Professeur Lefrant).

Méthodologie :

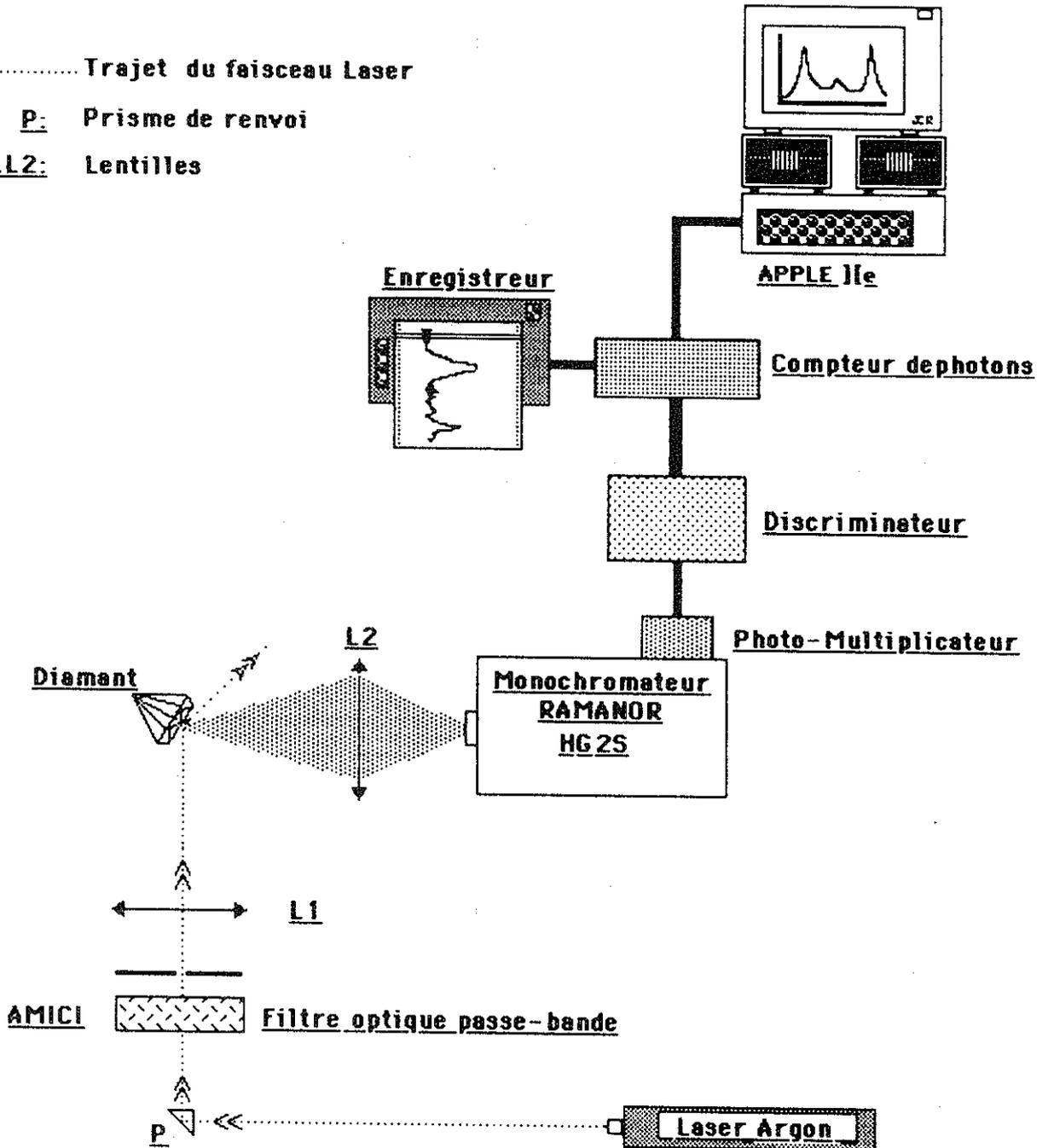
Le schéma de principe pour la mesure de la lumière diffusée par les différents diamants est représenté sur les pages suivantes. La raie bleue-violette (457,9 nm) d'un laser à argon ionisé (firme Spectra Physics) est filtrée par un dispositif d'Amici se comportant comme un monochromateur ; à l'aide de la lentille L1 (focale 200 mm) le faisceau est focalisé sur la table du diamant suivant un pinceau cylindrique ayant un diamètre de $200 \mu\text{m}$. Compte-tenu des différents accessoires installés entre le laser et la substance éclairée, la puissance lumineuse incidente sur le cristal est environ le tiers de celle affichée sur le laser. Elle est pour toutes nos manipulations de l'ordre de 300 W/cm^2 .

Schéma de principe pour la mesure de la lumière diffusée

..... Trajet du faisceau Laser

P: Prisme de renvoi

L1.L2: Lentilles



Le diamant est monté sur une tête gonométrique à l'aide d'une substance adhésive et la table est positionnée de telle façon que la réflexion du laser soit hors du champ de mesure. Soumis à ce faisceau d'excitation laser, le diamant émet dans tout l'espace.

Une fraction de cette émission est collectée par la lentille L 2 dans une direction à 90 degrés de la direction d'excitation. La lumière est analysée par un spectrographe particulièrement performant et normalement utilisé pour la mesure de faibles flux lumineux tels ceux observés dans le processus de diffusion Raman. Ce spectrographe est constitué d'un double monochromateur de la firme Jobin-Yvon (type Ramanor HG 2S) pouvant résoudre jusqu'à 0.25 cm^{-1} . Cette valeur dépend de l'ouverture des fentes. Les conditions usuelles de fonctionnement lors de ces mesures ont été réalisées avec des fentes ouvertes entre $60 \mu\text{m}$ et $400 \mu\text{m}$, ce qui correspond à une résolution comprise entre 0.8 cm^{-1} et 5 cm^{-1} . La détection du signal lumineux est assurée par un tube photomultiplicateur particulièrement performant de la firme RCA (type C 31034). La couche sensible qui permet de convertir la lumière en courant électrique par effet photo-électrique, est en arséniure de gallium.

Le tube est refroidi à -40°C pour obtenir le meilleur rendement. Une particularité intéressante de ce détecteur est sa réponse "plate" en fonction de la longueur d'onde qu'il reçoit entre 300 et 850 nm. Le courant électrique généré par le tube photomultiplicateur est amplifié dans un préampli-discriminateur et mesuré à l'aide d'un compteur de photons.

Le signal obtenu est envoyé sur, soit un enregistreur graphique pour avoir une trace immédiate sur papier, soit dans un ordinateur électronique constitué d'un microordinateur Apple II associé à une double unité de disquettes 5"1/4. Une trace de l'émission est enregistrée sur disquette et peut être ensuite traitée et exploitée dans un format libre sur une table traçante.

Il faut noter que le défilement en longueur d'onde (λ) ou en nombre d'onde ($1/\lambda$) est couplé au défilement des 2 types d'enregistrement (papier ou ordinateur). Compte-tenu de l'étendue spectrale couverte (250 nm ou 7000 cm^{-1}) un défilement spectral de $500 \text{ cm}^{-1}/\text{min}$ est choisi de façon que la durée d'une mesure par cristal soit raisonnable.

Bien que cette vitesse de défilement soit rapide, le dispositif de mesure du type compteur de photons procède à une mesure par intégration du signal sur un petit intervalle de temps.

L'avantage sur les mesureurs de courant conventionnels qui font une mesure instantanée répétée dans le temps est que toutes les raies même très fines sont détectées.

Avec une intervalle d'intégration de 0,7 s la résolution globale du montage devient 6 cm^{-1} .

Cette valeur permet une analyse très fine de l'émission des diamants.

Distinction entre diffusion Raman et luminescence

Ainsi qu'il a été mentionné au chapitre précédent, l'émission d'un diamant excité avec un laser a deux causes. L'une, le phénomène Raman due à la modulation de la lumière laser par **les fréquences** de vibrations des différents atomes constituant la matière éclairée.

Cette fréquence est usuellement exprimée en nombre d'onde (cm^{-1}) et correspond à l'inverse de la longueur d'onde exprimée en cm. Dans ce système de référence, la fréquence de vibration du carbone dans la structure du diamant est toujours à 1332 cm^{-1} de la fréquence du laser.

Il est alors commode d'utiliser un étalonnage relatif où le nombre d'onde du laser est pris arbitrairement égal à zéro. C'est la convention utilisée par les scientifiques pour représenter les spectres de diffusion Raman.

L'autre phénomène attendu est la fluorescence (ou luminescence). Un centre émetteur lorsqu'il est excité par différentes sources laser, donnera de la lumière de même longueur d'onde. C'est le phénomène réciproque de l'absorption optique.

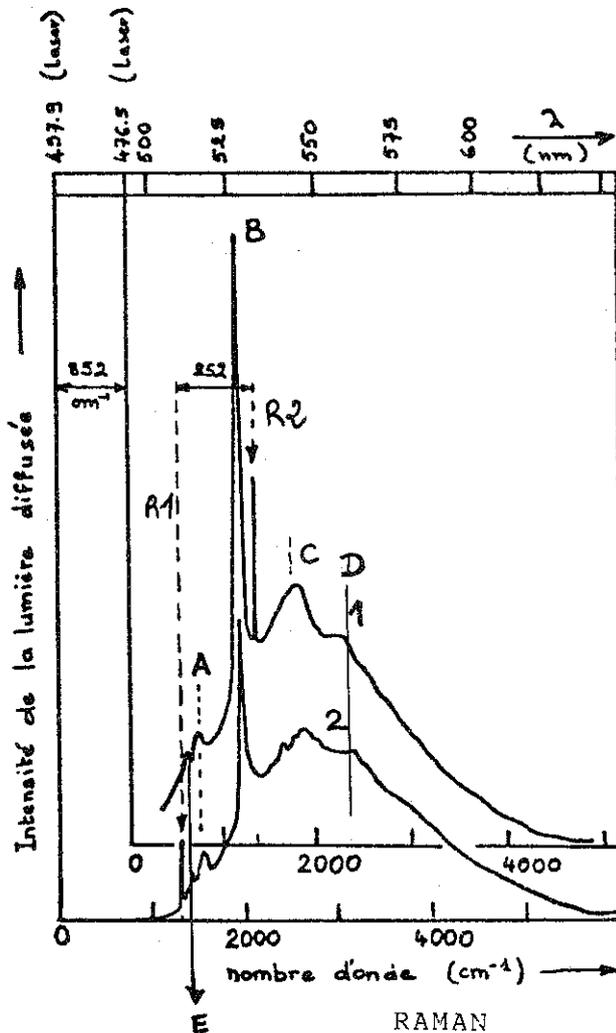
Il est important pour le scientifique de différencier ces 2 processus car des accidents de cristallisation variés (azote, bore, plaquettes...) du diamant provoquent ces 2 émissions. L'un et l'autre sont à la base d'une analyse fine et non destructrice de la plupart des composés minéraux.

Pour réaliser cette opération, un diamant bleu irradié a été choisi à cause de sa richesse en pics divers dont on ne connaît pas l'origine, mise à part la raie Raman de la liaison carbone à 1332 cm^{-1} . Deux sources lasers ont été utilisées, l'une à 457.9 nm soit un nombre d'onde égal à $21\,830 \text{ cm}^{-1}$, et l'autre à 476.5 nm soit $20\,986 \text{ cm}^{-1}$ (différence entre les raies : 852 cm^{-1}).

En comparant les 2 spectres représentés sur la figure, on constate que seule la raie à 1332 cm^{-1} de la raie excitatrice (notée 0 en bas de la figure) reste invariante par rapport à l'excitation ; le reste du spectre reste invariant dans l'échelle des longueurs d'onde représentée en haut de la figure. C'est donc un spectre bien défini en longueur d'onde absolue : c'est de la luminescence.

La conséquence sur l'émission du diamant bleu irradié 5 est que les pics notés A et B et la bande C qui auraient pu être dus au spectre Raman des inclusions (d'où leur identification possible) sont de la luminescence.

Ce résultat peut être étendu à tous les autres diamants que nous avons examinés et l'on peut dire qu'entre 0 et 7000 cm^{-1} de la raie laser à $21\ 830\text{ cm}^{-1}$, il n'y a qu'une seule raie Raman celle du carbone à 1332 cm^{-1} , tout le reste n'est que fluorescence.



Courbes d'émission
obtenues dans le
diamant irradié bleu 5
courbe 1 : avec un laser
règlé à 476.5 nm
($20\ 986\text{ cm}^{-1}$)
courbe 2 : avec un laser
règlé à 457.9 nm
($21\ 830\text{ cm}^{-1}$)

A
B
C raies de
D fluorescence
E

R1 raie Raman spectre 1
R2 raie Raman spectre 2

EX. : Le diamant irradié bleu (spectre L 5 et SK 6 Annexe p.58 et 59) le spectre est riche en pics divers dont on ne connaît pas l'origine, mise à part la raie Raman de la liaison carbone à 1332 cm^{-1} .

Le premier spectre laser à $457,9 \text{ nm}$ soit 21830 cm^{-1} , le deuxième spectre en utilisant la raie à $476,5$ soit 20986 cm^{-1} (différence entre les 2 raies : 852 cm^{-1}).

En comparant les deux spectres on constate que seule la raie 1332 cm^{-1} est toujours à 1332 cm^{-1} de la raie excitatrice, le reste du spectre s'est translaté de 852 cm^{-1} . C'est donc un spectre bien défini en longueur d'onde absolue : c'est de la luminescence.

En fait c'est de la raie Raman qui s'est déplacée avec l'excitatrice, la fluorescence est restée dans la même bande de fréquence.

LES ECHANTILLONS ANALYSES

RESULTATS

Diamants Blancs : L.

Blanc exceptionnel, Blanc, Blanc nuancé, légèrement teinté : résultats obtenus 1 - 2 - 3 - 4 (voir spectres tableau n°1 ci-dessous). Ces diamants servent d'étalons commerciaux pour le classement de la couleur.

Les spectres 1 - 2 - 3 - 4 reportés sur la figure ci-dessous montrent une raie Raman intense dont la représentation est tronquée et un fond de fluorescence qui augmente avec le numéro du diamant examiné. Le rapport de l'intensité de fluorescence à celle du phénomène Raman permet d'avoir un étalon de pureté. Le diamant est d'autant plus "pur" que le chiffre obtenu est plus petit.

Dans le tableau suivant ce rapport est noté en regard du diamant examiné.

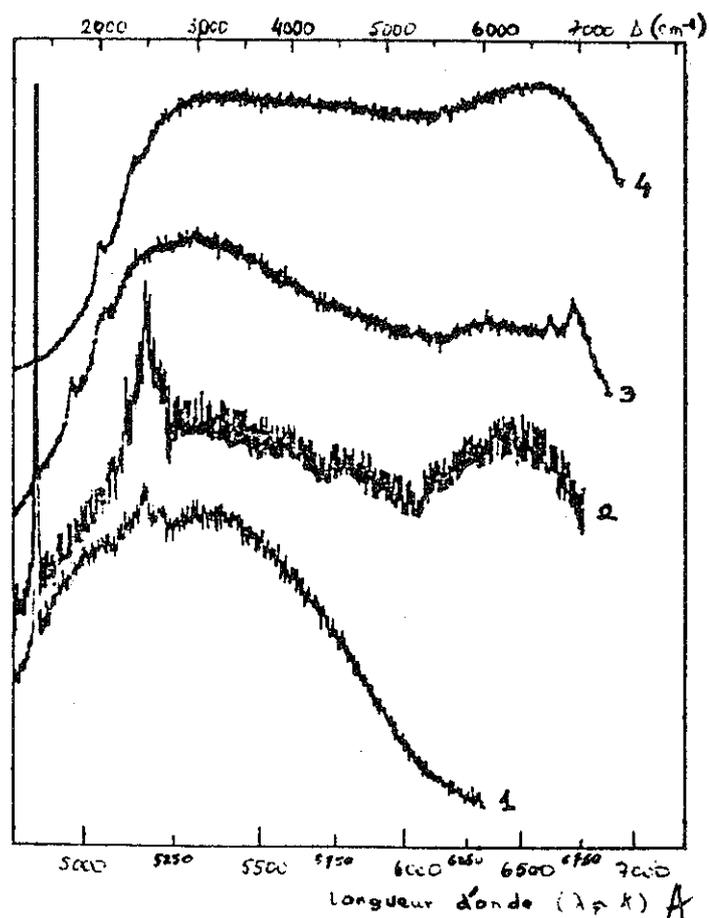
| Désignation commerciale | Diamant | Rapport : $\frac{\text{fond de fluorescence}}{\text{Raman à 1332 cm}}$ |
|-------------------------|---------|--|
| blanc exceptionnel | N° 1 | 1 à 2 % |
| blanc | N° 2 | 2 à 10 % |
| blanc nuancé | N° 3 | 20 % |
| légèrement teinté | N° 4 | 250 % |

Il semble exister une relation entre catégorie commerciale de couleur et fond de fluorescence ; les catégories les plus prisées (blanc exceptionnel) sont celles qui montrent le moins de fluorescence.

Cette approche différente de la qualification des couleurs des diamants blancs pourrait éventuellement être quantifiable et justifierait à elle seule l'extension de ce moyen d'investigation supplémentaire, si ces premiers résultats étaient confirmées.

Au cours de ce travail, la mesure de ce rapport pour les diamants de couleur montre qu'il peut atteindre des valeurs exceptionnellement élevées ; tel est le cas du diamant citron 23 ou 24 pour lesquels il varie de 20 000 à 50 000 %.

Il faut noter que la mesure de tels fonds de fluorescence notamment pour les diamants blancs n'a pu être possible que grâce à l'extrême sensibilité du dispositif de mesure et à l'utilisation de laser comme source excitatrice.



- 1 - diamant blanc exceptionnel
- 2 - diamant blanc
- 3 - diamant blanc nuancé
- 4 - diamant (légèrement teinté)

Intensité relative avec la raie c-c à 1332 cm^{-1}

- 1 - 2 %
- 2 - 10 %
- 3 - 20 %
- 4 - 250 %

C H A P I T R E 4

LE PROBLEME DES DIAMANTS DE COULEUR PARTICULIERE

Essais de différenciation entre les diamants de couleurs naturelles et les diamants de couleurs traitées, par leur fluorescence.

4-1 - La couleur des diamants :

Il existe des diamants de toutes les couleurs, des plus pâles aux plus vives. L'origine de ces couleurs peut être expliquée par diverses théories : théorie du champ cristallin, théorie des bandes dans les semi-conducteurs. Le diamant est absolument incolore quand il est pur. En raison de la présence de ce qu'on appelle une "zone interdite" large correspondant à une énergie de 5,5 électrons-volts, il n'absorbe aucune longueur d'onde de la lumière visible. Mais, la présence de centres colorés ou d'accidents de cristallisation dans la structure du diamant provoque en modifiant la zone large interdite, diverses colorations lorsqu'il y a absorption dans une partie visible du spectre de la lumière visible (la couleur observée étant alors la résultante des longueurs d'ondes non absorbées : teinte complémentaire).

Assez curieusement, malgré sa grande rareté, le diamant de couleur n'était guère apprécié commercialement jusque dans les années soixante-dix. Ce n'est qu'assez récemment que des diamantaires, véritables passionnés de pierres précieuses, ont redécouvert ces merveilles de la nature qui ont à la fois l'éclat du brillant et de la couleur. Et pourtant, la découverte ne date pas d'hier.

Les célèbres mines de Golconde aux Indes, les seules à avoir approvisionné le monde entier jusqu'au dix-huitième siècle recélaient déjà des pierres colorées. En fait, plus du tiers des diamants célèbres par leur histoire et leur poids sont des diamants de couleur.

La première représentation connue en Europe de diamant de couleur est un tableau représentant Henri IV d'Angleterre, ses manches sont ornées de deux magnifiques diamants bleus. La première femme ayant porté un diamant est la célèbre Agnès Sorel qui lança au quinzième siècle une mode qui a connu le succès que l'on sait. Elle portait un diamant rose de 5 carats.

Parmi les diamants célèbres, citons le Hope (45,52 carats), le Brunswick (13,75 carats) qui sont des diamants bleus. Le Dresde vert (41 carats), le Princie rose (34,64 carats), le Tiffany jaune foncé de 128,51 carats. Le célèbre Cullinan blanc (3106 carats brut), et l'orloff noir (67,50 carats).

Extrait des Diamants Célèbres - Maurice GIARD.

4-2 - Couleur des diamants naturels :

Quelle que soit l'importance en joaillerie de la pureté du diamant, et elle est considérable, la couleur est un facteur encore plus décisif.

Le diamant en effet, n'est pas la seule pierre précieuse à être incolore, le cristal de roche partage entre autres avec lui cet avantage. Mais si on lui préfère le diamant, c'est que celui-ci, outre sa dureté à toute épreuve, possède une brillante et un scintillement d'une splendeur inégalée. Mais avant d'examiner ce qui détermine, du point de vue chimique la couleur des diamants, nous étudierons d'abord les gemmes connues dans le jargon des gemmologues sous le nom de Cape, par allusion aux pierres provenant de la province du Cap et qui en fait, se caractérisent pour la plupart par des reflets légèrement jaunâtres.

On a comparé, avec les mêmes conditions d'enregistrements, des spectres de fluorescence de diamants de couleurs d'origine naturelle certaine (SK : SIRAKIAN - MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle), ou probables (achetés comme tels) et des diamants de couleurs traités.

On a essayé de comparer les spectres de diamants naturels ou traités les plus voisins possibles ; il semble que, selon les différents procédés d'irradiations, des nuances de couleurs maintenant comparables peuvent se superposer à des nuances de couleurs initiales très variables d'où les spectres de fluorescence ambigus superposables, alors que la couleur observée peut être très différente.

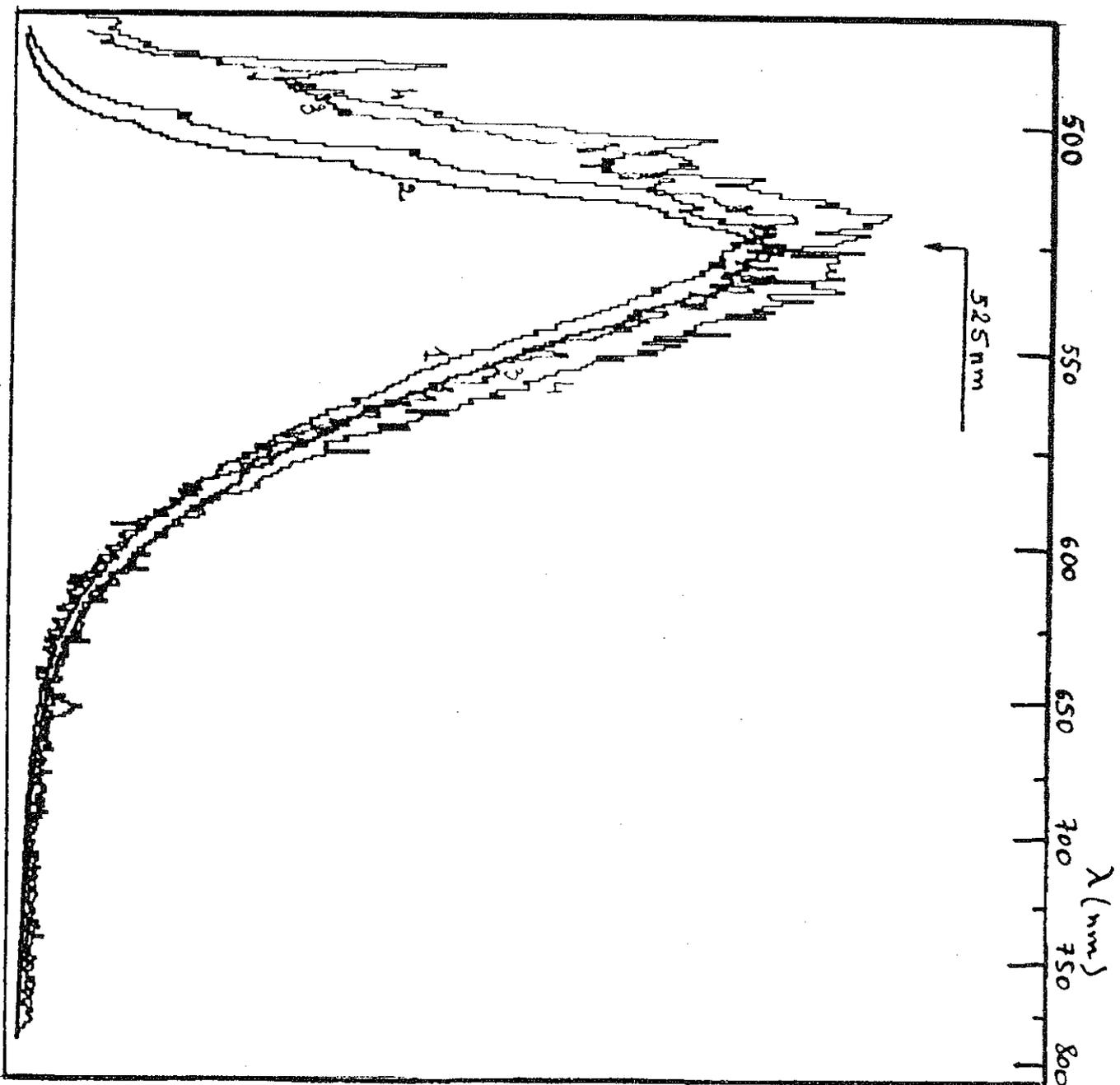
L'ensemble des spectres enregistrés forme trois familles bien distinctes par la position du maximum de leur fond de fluorescence. On les a donc regroupés, par ailleurs, en 4 catégories de spectres de fluorescence.

1°) - Catégorie A : caractérisé par un pic de fluorescence centré à 525 nm. Dans cette catégorie A on rencontre de nombreuses teintes (voir tableau n°1 p.34, sauf les teintes à nuances rouges, roses, violettes, quelle que soit l'origine présumée de la couleur, sauf brun et marron.

2°) - Catégorie B : spectre caractérisé par un fond de fluorescence large : entre 550 nm et 800 nm et une raie étroite et intense située à 575 nm. Appartiennent à cette deuxième catégorie de spectre B les nuances roses - rouges - violettes (voir tableau n° 2 p.35).

3°) - Catégorie C : (intermédiaire catégorie C 1) - avec un spectre de fluorescence large, entre 525 nm et 575 nm. Dans cette catégorie de spectre (voir tableau n°3 p.36), il semble qu'il y ait un sous-groupe (catégorie C 2), dans lequel on a un deuxième mode de fluorescence entre 700 et 750 nm.

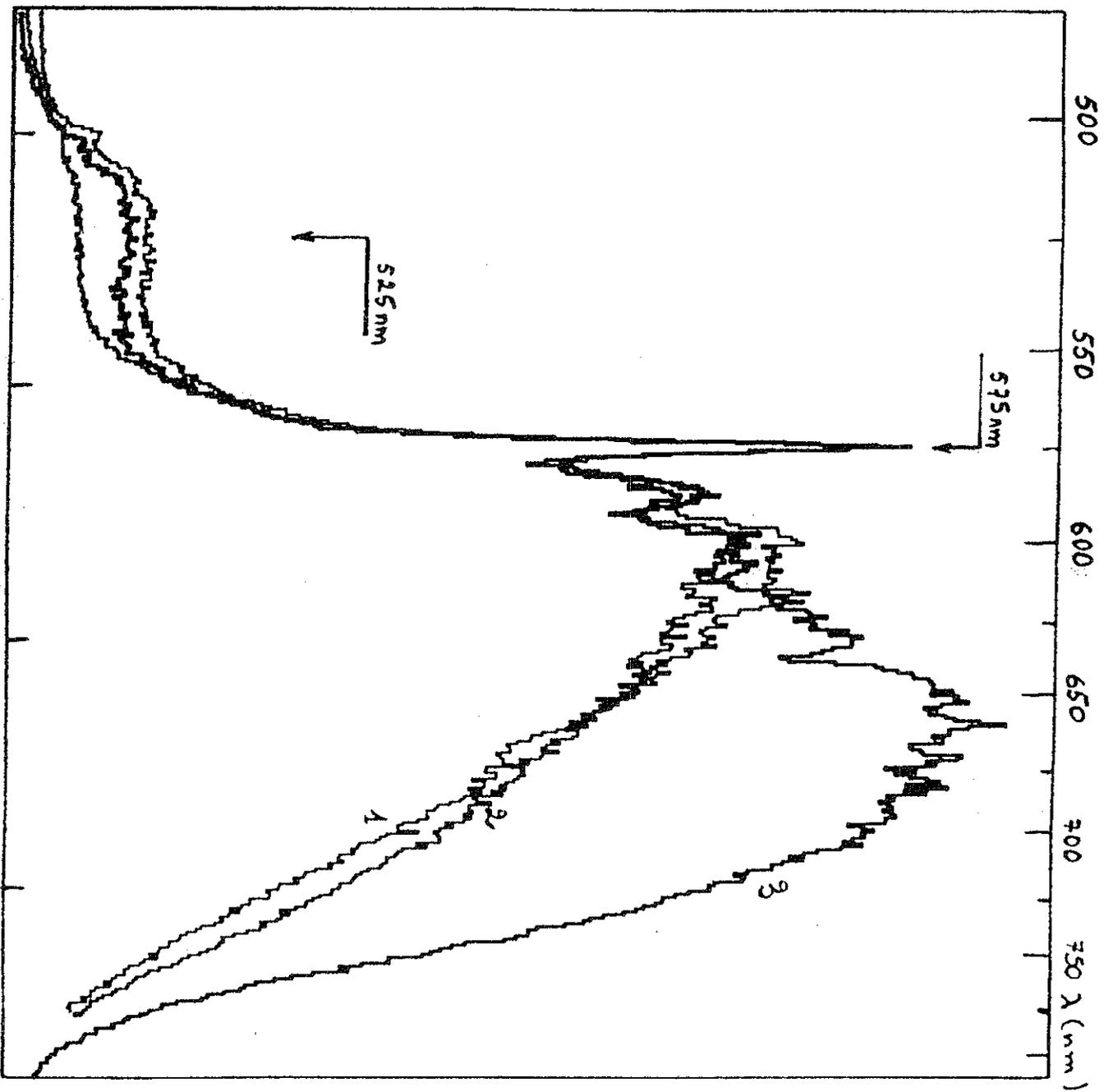
C'est la catégorie des diamants de teintes jaunes à marron (voir tableau n° 4 p.37)



Spectre de catégorie A
 Tableau N° 1

Emission sous excitation
 violette (457.9 nm)

- 1 - diamant citron 23
- 2 - diamant citron 24
- 3 - diamant bleu 25
- 4 - diamant noir 26

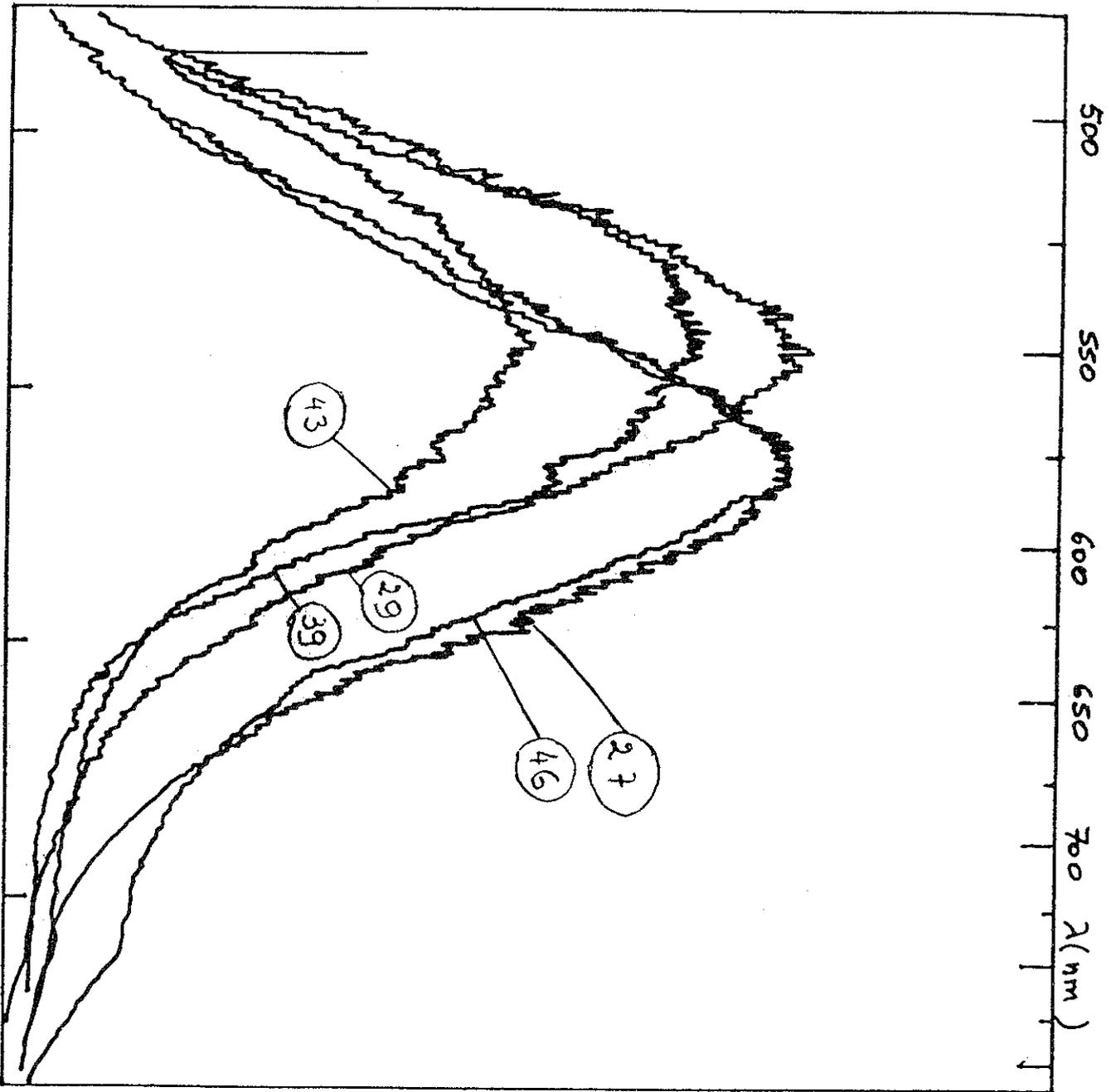


Spctre de catégorie B

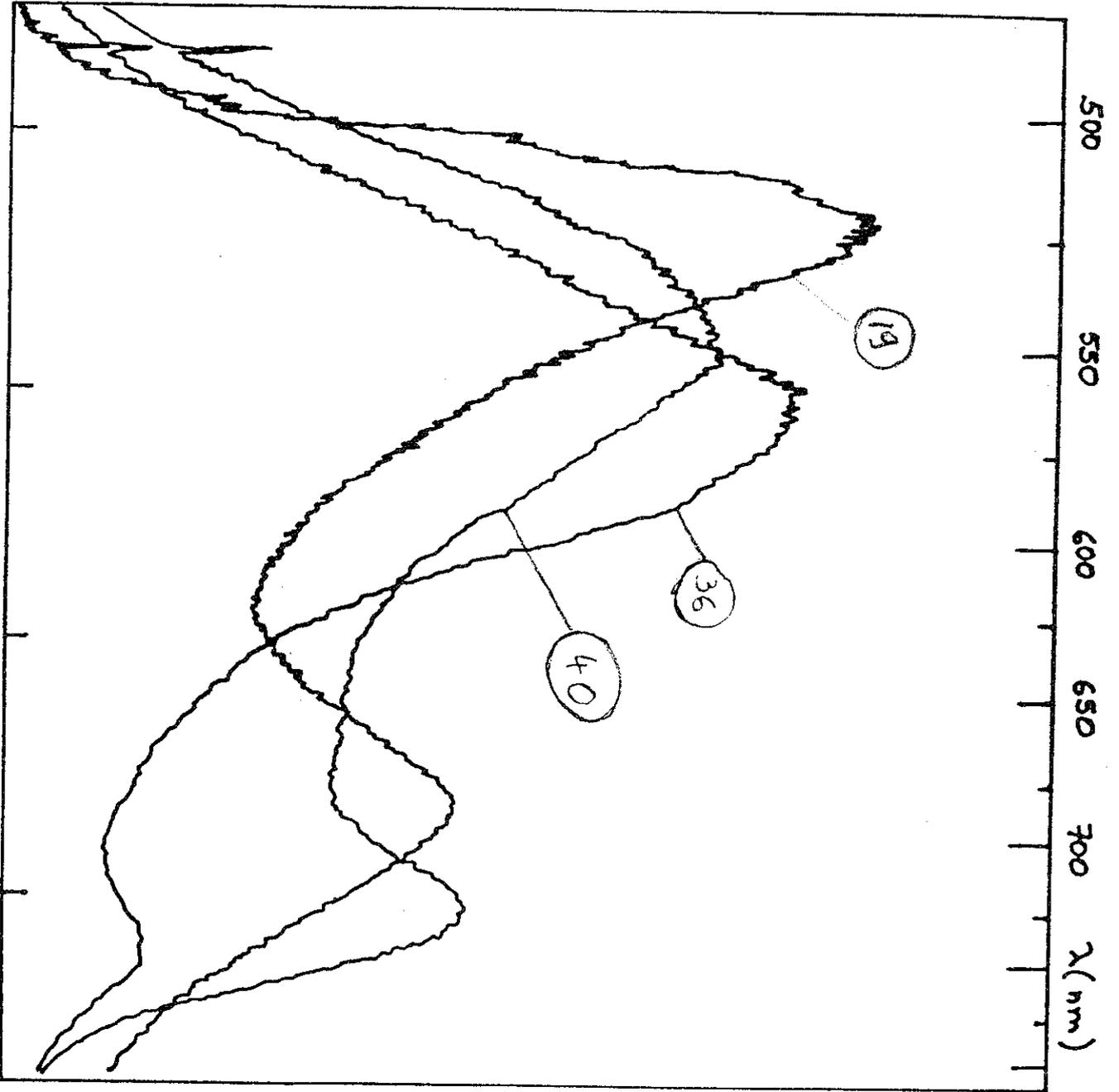
Tableau N° 2

Emission sous excitation
violette (457.9 nm)

- 1 - diamant rouge grenat
- 2 - diamant rose naturel
- 3 - diamant violet naturel



Speetre de catégorie C 1
Tableau N° 3



Spectre de Catégorie C 2
Tableau N° 4

Les couleurs des diamants traitées :Introduction :

Pour modifier la couleur des diamants, Sir W.CROOKES, en 1904, a utilisé le "sel de radium" ; la couleur peut être modifiée artificiellement par différents procédés d'irradiations combinés ou non à des traitements thermiques, avec lesquels on a obtenu, à partir de diamants de médiocre qualité, des diamants d'une couleur attrayante et commercialisable (Fancy colors). Si les premiers traitements du début du siècle conduisaient à des pierres radioactives, les traitements modernes tendent à donner des pierres que la radioactivité seule ne peut différencier des diamants de couleur naturelle. Etant donné le nombre croissant des diamants de couleur qui apparaissent sur le marché, et compte tenu de leur rareté, les diamants de couleurs naturelles (toujours confirmées), il est donc intéressant de proposer aux professionnels une ou des méthodes permettant de différencier les couleurs naturelles ou traitées.

4-4 - Modification artificielle de la couleur des diamants

| Type de traitement des diamants | Résultats obtenus | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| | Type | | Type | |
| | I A | I B | I A | I B |
| neutron | vert | vert | vert | vert |
| neutron + traitement thermique | jaune ambré | | brun | rouge pourpre |
| électron | vert | bleu ou gris bleu | bleu ou gris bleu | |
| électron + traitement thermique | jaune ambré | rouge pourpre | | |

Tableau N° 6 - Tableau extrait de "DIAMOND" page 93 Bruton.

La couleur d'un diamant peut être modifiée quand il est soumis à divers types d'irradiations : rayons gamma, électrons, neutrons, particules alpha. Cette irradiation peut se produire spontanément dans la nature quand le diamant brut est en contact pendant une longue période avec des matériaux radio-actifs (par ex : minerais d'uranium). On peut aussi soumettre le diamant à une irradiation artificielle, par exemple dans un réacteur nucléaire. Un traitement thermique subséquent modifie à son tour la couleur, et on peut produire ainsi des teintes plaisantes. La couleur obtenue est permanente autant qu'on puisse en juger. En fonction de la nature de l'irradiation, la coloration peut être totale, homogène ou localisée dans une couche superficielle.

Il est très important de mettre au point des méthodes techniques pour différencier ces couleurs naturelles et artificielles. La lumière passant à travers le diamant peut être analysée à l'aide d'un spectrophotomètre. Un tel instrument sépare les radiations électro-magnétiques dans les différentes couleurs (longueur d'ondes). Pour chaque longueur d'onde la transmission relative est calculée. Ainsi on obtient le spectre de transmission du diamant. La longueur d'onde est exprimée en nanomètres (nm).

De la même manière qu'on qualifie d'optiquement pure une gemme où n'apparaît à la loupe de grossissement dix fois aucune inclusion, on pourrait penser qu'un diamant dit incolore est chimiquement pur (c'est-à-dire uniquement composé de carbone). Or ceci n'est vrai que dans un nombre extrêmement limité de cas, la pureté absolue étant rarissime. La plupart des diamants de joaillerie présentent en effet des traces d'éléments autres que le carbone et ce sont ces substances qui provoquent, en partie, leur coloration. S'agissant des "Cape" et des nuances légèrement jaunâtres qu'on peut déceler, c'est la présence d'azote qui en est responsable.

Comme ces nuances peuvent aller de la parfaite blancheur à une coloration jaune on a été amené à établir une sorte d'échelle des couleurs ayant une valeur internationale.
(voir tableaux en annexe : la couleur, la pureté, p.55).

Ces nouvelles normes de désignation des couleurs ont été établies par les associations professionnelles du monde entier et proposées aux adhérents de la CIBJO à compter de 1978. La perception des couleurs étant subjective on ne manquera pas de se demander comment il est possible de déterminer avec exactitude celle d'un diamant. Alors que la qualité de sa taille est appréciable et que sa pureté se juge à la loupe, il n'est d'autre critère valable pour en apprécier la couleur que de la comparer avec celles de diamants choisis comme étalons.

Tableau n° 7 : la figure (a) - (b) montre le spectre à température normale d'un diamant de type "Cape". Un tel diamant absorbe de la lumière dans la partie bleue et violette du spectre visible (petites longueurs d'ondes). Ainsi on obtient la couleur cape caractéristique.

Tableau n° 7 : la figure (d) - donne le spectre à température d'un diamant vert irradié. Le spectre ne montre aucune structure détaillée. Pour obtenir plus d'information sur la couleur il est nécessaire d'examiner le diamant à très basse température (azote liquide).

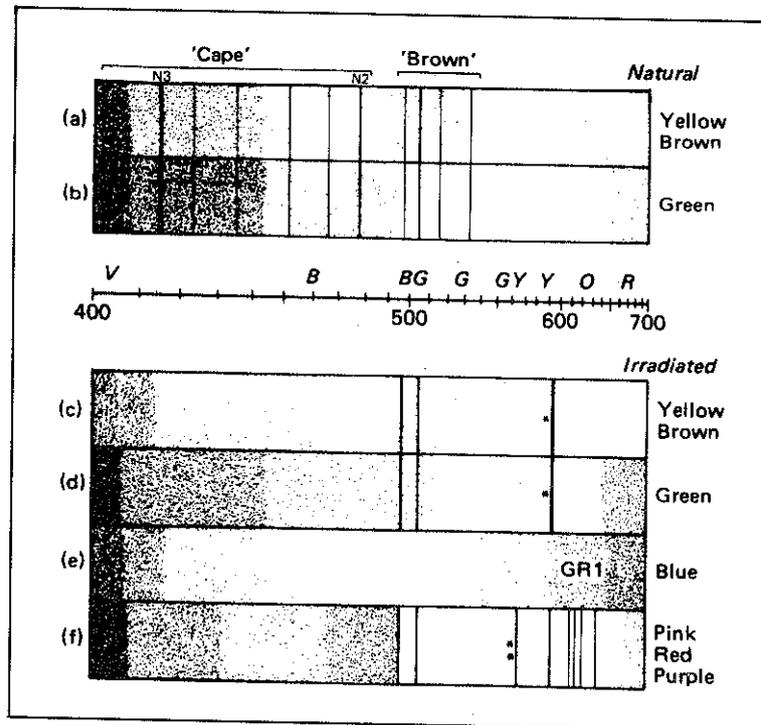
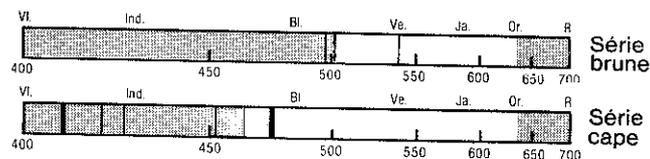


Tableau n° 7 (extrait de Nassau, 1984)

Spectre de diamant
série brune
série cape



série cape : luminesc. bleue; série brune : luminesc. verte transparent

Tableau n° 8 - extrait de Association Française de gemmologie Fiche technique.

Absorption du spectre enregistré à la température de l'azote

liquide : (a) - diamant jaune couleur naturelle
(b) - diamant jaune couleur traitée

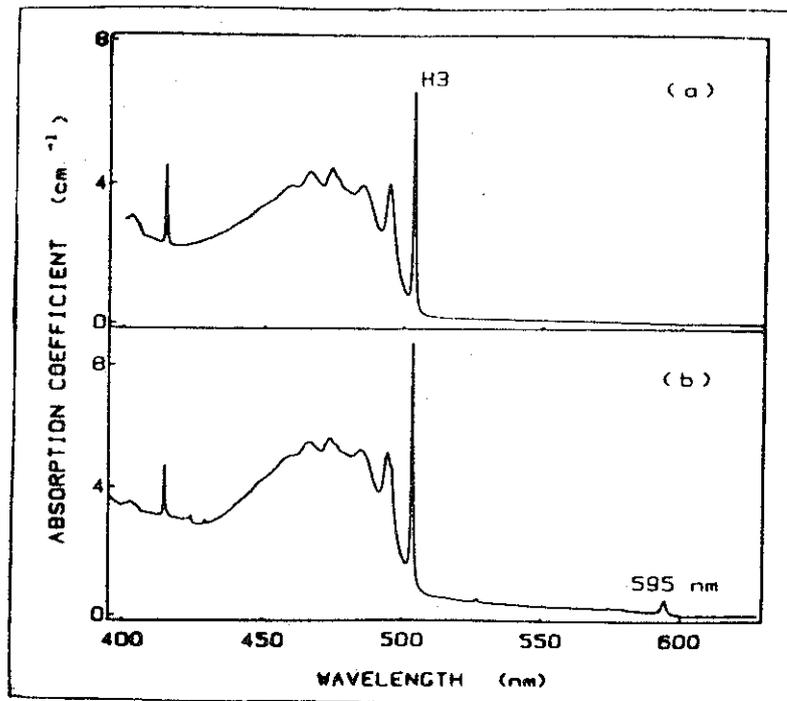


Tableau n° 9 - (d'après WOODS and COLLINS - 1986)

Dans les deux cas, la couleur est occasionnée entre autre, par le H 3 ; * bande d'absorption très prononcée à 503 nm. Le tableau n°9 (b) montre qu'il y a absorption dans la ligne des 595 nm, pour le spectre du diamant de couleur traitée, et qu'il n'y a rien pour le diamant de couleur naturelle (a).

Les études de CROWNINGSHIELD (1957) portant sur un grand nombre de diamants de couleurs naturelles et traitées indiquaient que la présence ou l'absence de cette absorption permettait de prouver que le diamant était de couleur naturelle ou artificielle.

*Une raie seule ne provoque pas de couleur, il faut une absorption étendue plus ou moins liée à la raie en question (ici, les "massifs" d'absorption sont situés entre 425 et 500 nm).

4-5 - Méthodes actuelles de caractérisations des diamants de couleurs naturelles et traitées :

Les méthodes gemmologiques traditionnelles ne permettent actuellement pas cette distinction. Seules les méthodes spectroscopiques, et à condition de refroidir les pierres jusqu'à la température de l'azote liquide (-193°C) pour obtenir des spectres plus lisibles, permettent quelques différenciations, (réf. WOODS et COLLINS - 1986).

En 1978, les études faites par COLLINS, sur des diamants recuits à haute température montraient que l'absorption de la ligne à 595 nm pouvait être détruite par chauffe et traitement du diamant à environ 1000°C - sans changement de couleur.

La nonobservation d'une ligne d'absorption à 595 nm n'est donc pas une indication sûre de pierre naturelle, et peut poser de grands problèmes aux laboratoires de contrôle, mais son observation indique nettement une pierre traitée.

4-6 - Essais de caractérisation des diamants de couleurs naturels ou traités, par leur fluorescence :

La méthode employée pour les diamants blancs a été adoptée pour les diamants de couleurs. La raie bleu-violet à 457,9 nm, de l'argon ionisé a été utilisée comme source excitatrice du fond de fluorescence, avec une puissance identique pour les spectres, soit 0,3 Watt. Bien entendu, le phénomène Raman a été observé avec son décalage à 1332 cm^{-1} de la raie excitatrice.

Origine des diamants de couleurs utilisés pour cette étude et leurs particularités gemmologiques :

- A. - ARONIN
- I. - ISSERLIS
- L. - LANDREAU
- MNHN. - MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
- SK. - SIRAKIAN

Mode d'analyse :

Compte tenu de la dimension variable des différents spécimens observés, et afin d'avoir une intensité lumineuse appréciable sur le détecteur, nous avons fait varier d'un spectre à l'autre l'ouverture des fentes du spectromètre. Observé avec une source d'émission peu intense, il a fallu ouvrir à environ 500μ : par contre pour un cristal donnant une émission intense, il a fallu réduire l'ouverture à 60μ pour mesurer un flux lumineux qui ne sature pas le détecteur. L'intensité du signal est proportionnelle aux nombres de coups lus portés en ordonnés sur le spectre et inversement proportionnelle à l'ouverture des fentes.

La détermination de l'origine naturelle ou artificielle de la couleur des diamants peut s'envisager par la comparaison de leur spectre d'émission de fluorescence avec comme paramètre :

- a) - l'intensité de la fluorescence que l'on peut comparer à l'intensité de la raie Raman.
- b) - composition spectrale : la répartition spectrale comprise entre 457,9 et 700 nm : il faut noter que la composition spectrale est complète et dépend de la longueur d'onde excitatrice située dans la plage A précédemment décrite (voir croquis p.21).

R E S U L T A T S

Diamants bleus :

naturel S K N° 6
traité L. N° 5
traité L. N° 25
traité S K N° 7

Spectres quasiment analogues sur le 6, le 7 et le 25.
Le 7 et le 25 correspondent à des diamants bleus traités
alors que le 6 est un diamant naturel.

Question :

Peut-être que les deux diamants soi-disant traités
sont en fait des naturels si on admet comme certaine
l'origine naturelle du n° 6 - S K. (*)

Diamants noir - brun/noir les plus proches :

naturel brun/noir S K n° 16
noir traité L. n° 26

Les deux spectres sont assez semblables si l'on ne tient
pas compte de l'intensité de la luminescence. En effet
le diamant noir a une luminescence peu intense comparée
au diamant brun/noir (facteur de 1 à 3) bien qu'il soit
moins intense (comparer l'intensité des raies Raman).

*Certains traitements n'affectent que la surface, en
conséquence, il est possible que l'information diffusée
provienne essentiellement du coeur de la pierre, non
affecté par le traitement. Pour les pierres bleues, la
meilleure méthode de détection resterait la conduc-
tibilité électrique.

Diamants vert :

Traité vert SK N° 13
spectre comparable à la série des diamants citrons.

Diamants jaune, jaune-foncé, et or foncé

jaune naturel SK N° 18
or foncé traité SK N° 14
jaune foncé SK N° 17
jaune naturel N° 18 des affinités avec les jaunes citrons, luminescence plus faible et plus large, spectre 14 tout à fait superposable au diamant citron, spectre N° 17 a un spectre de fluorescence plus proche des roses, rouges "naturels".

Diamants rose, rouge, grenat, violet :

naturel rouge/grenat L 20
naturel rose L 21
naturel violet SK N° 12

Les 20 et 21 achetés comme naturels ne présentent aucune analogie avec le spectre N° 12 de couleur violette la plus proche et correspondant à un diamant de couleur naturelle d'origine certaine SK N° 12.

Diamants brun, brun/orange, brun/noir :

traité brun/orange SK N° 15
naturel brun/noir SK N° 16
traité brun SK N° 19

Spectres semblables pour la partie fluorescente, centres vers 3000 cm^{-1} le diamant traité brun comporte cependant un deuxième fond de fluorescence moitié moins intense que le premier centre vers 7200 cm^{-1} qui n'existe pas pour le diamant naturel brun/noir N° 16.

Diamants cognac :

naturel SK cognac N° 11

L'allure du spectre général rappelant les diamants de couleur citron à brun très peu luminescent (comparer l'intensité de la raie Raman à l'intensité du fond de fluorescence).

Diamants violets :

naturel SK N° 12

naturel L N° 22

Spectres tout à fait différents. Le naturel violet N° 12 d'origine sûre (collection SK) a un spectre bien différent du spectre N° 22, bien que celui-ci ait été acheté comme couleur naturelle (achat récent).

Diamants citron - absinthe :

naturel S K citron N° 9

traité S K citron N° 8

traité L citron N° 23

traité L citron N° 24

traité S K absinthe N° 10

Les 5 spectres sont assez bien superposables et ne peuvent pas vraiment se différencier.

L'intensité de luminescence est plus grande pour les N° 23 et 24, mais dépend des conditions d'enregistrement, en particulier de la largeur des fentes. Ces teintes citron ont une émission de fluorescence exceptionnellement importante.

Malgré leur diffusion de plus en plus importante, il n'est pas aisé de connaître l'origine précise et sûre de la couleur naturelle des diamants.

Les diamants retenus pour notre étude proviennent essentiellement des collections particulières de Mr. Edouard SIRAKIAN et de moi-même. Trois autres diamants de couleur proviennent des anciennes collections du Muséum National d'Histoire Naturelle, aimablement mis à notre disposition par Monsieur H.J. SCHUBNEL, Sous-Directeur de cet organisme. D'autres nous ont été prêtés par Mr. ISSERLIS et par Mr. ARONIN, gemmologues.

Certains diamants de Monsieur SIRAKIAN et ceux du Muséum seraient incontestablement de couleurs naturelles. Il n'est pas impossible, d'après les observations de Monsieur SIRAKIAN qu'ils aient été irradiés naturellement et fortuitement dans un endroit précis de la mine.

Résultats obtenus :

Dans l'étude entreprise sur le fond de fluorescence des diamants blancs, nous avons eu l'occasion de tester dans les mêmes conditions un diamant bleu traité, dont le spectre de fluorescence (spectre N° 5) nous a paru bien différent de celui des diamants blancs ; en particulier par la présence d'un certain nombre de pics supplémentaires dans le fond de fluorescence. Il était donc intéressant de passer dans les mêmes conditions un diamant bleu de taille avoisinante de couleur naturelle, de provenance certaine (collection de Monsieur SIRAKIAN). Les deux spectres (annexe : spectres 6 et 7) ne montrent pas de différence notable.

Conclusions Générales :

Le problème actuel de la différenciation de diamants de couleurs naturelles et traitées prend plus d'acuité dans la mesure où ces derniers apparaissent de plus en plus fréquemment sur le marché. S'il est relativement facile de faire la différence entre de grosses pierres de l'ordre du carat par des moyens spectroscopiques de gemmologue, les diamants de taille inférieure ont des spectres difficilement observables dans les mêmes conditions.

Il est donc souhaitable de mettre au point une méthode fiable permettant de différencier les diamants naturels ou irradiés quelle que soit leur taille.

Pour ce faire, nous avons essayé de mesurer au spectrographe le fond de fluorescence d'une série de diamants de couleur d'origine certaine ; les résultats obtenus montrent un certain nombre de variations dans l'intensité et le positionnement des maxima et l'allure générale du fond de fluorescence (catégorie A - catégorie B - catégorie C). Ces variations n'ont pu cependant pour l'instant être attribuées de manière systématique à une origine naturelle ou une origine artificielle.

Les autres diamants de couleurs disponibles ont été comparés de la même manière, en passant dans les mêmes conditions, simultanément, le diamant d'une teinte naturelle donnée et son équivalent traité.

Observations

Nous avons trouvé un certain nombre de spectres d'allure semblable dans les diamants de couleurs naturelles ou traitées, absinthe, cognac, violette voir spectre 10 - 11 - 12, les teintes bleues, jaune citron et noir ont également donné des spectres d'allure comparable tant en naturel qu'en traité (tableau N° 2).

B I B L I O G R A P H I E

- BARIAND P. et POIROT J.P. - 1985 - Larousse des pierres précieuses
Librairie Larousse
- BERMAN R. - 1965 - Physical Properties of diamond
Clarendon Press oxford
- BERNARD R. - 1974 - La luminescence
Presses universitaires de France
- BRUTON - 1978 - Diamond 2ème édition
- GIARD M. - Les Diamants Célèbres
Société éditions Millot et Cie Besançon
- LANDREAU Bijouterie - 1978 - Les diamantaires de Codhor
- Le diamant : mythe, magie, réalité - 1979 - Edition Flammarion
- MEYER O.A. - 1985 - Genesis of diamond a mantle sage
American mineralogist
70 pages 344 à 355
- NASSAU K. - 1980 - Gems made byman
Cheffon booh Company
Radnor Pennsylvania
- NASSAU K. - 1984 - Gemstone Enhancement
Butterworths
- POIROT J.P. - 1974 - Eléments de gemmologie
- ROBERT A.P. GAAL Ph.D. - 1977 - The diamond dictionary
Gemmological Institute
- VLEESCHDRAGER E. - 1983 - Dureté 10, le diamant
Gaston Lachurié éditeur
- WOODS G.S. et COLLINS A.T. - The journal of gemmology
New developpements en spectroscopie
methods for detecting
artificially coloured diamonds
1986 - 202 p.75 - 82

ANNEXE A

DIAMANTS EXAMINES PAR LES APPAREILS CLASSIQUES D'UN GEMMOLOGUE

| N° | DESIGNATION | UVL | UVC | OBSERVATIONS |
|----|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | BLANC EXCEPTIONNEL 0,33 ct L | bleue très légère | bleue très légère | |
| 2 | BLANC EXTRA 0,35 ct L | très légère rose brune | très légère brune | |
| 3 | BLANC 0,26 ct L | très légère brune | très légère brune | inclusions centre table |
| 4 | LEGEREMENT TEINTE 0,50 ct L | très forte bleue | forte bleue | spectre bien visible série Cape raie dans le violet |
| 5 | BLEU TRAITEE 0,22 ct L | nulle | nulle | |
| 6 | BLEU NATURELLE 0,22 ct SK | nulle | nulle | |
| 7 | BLEU TROIKIA 0,16 ct SK | nulle | nulle | partie blanche sur 1 côté genre glace |
| 8 | CITRON TROIKIA 0,10 traité SK | vert/clair jaune | vert/clair jaune | |
| 9 | CITRON TROIKIA 0,25 ct naturelle SK | forte jaune clair | forte jaune clair | |
| 10 | ABSINTHE TROIKIA traité 0,73 ct SK | moyenne vert/ jaune clair | moyenne vert/ jaune clair | |
| 11 | COGNAC naturelle 0,12 ct SK | très légère bleue | très légère bleue | glace sur le côté |
| 12 | VIOLET NATURELLE 0,12 ct SK | très légère bleue | très légère bleue | traces intérieures |
| 13 | VERT TRAITE 0,12 ct SK | légère | nulle | genre glace sur pointe |
| 14 | OR FONCE traité SK | très légère jaune clair | nulle | |
| 15 | BRUN ORANGE traité 0,06 ct SK | nulle | nulle | |
| 16 | BRUN NOIR OVALE naturel 0,28 ct SK | nulle | nulle | glace sur le côté |

ANNEXE

SUITE : DIAMANTS EXAMINES PAR LES APPAREILS CLASSIQUES D'UN
GEMMOLOGUE

| N° | DESIGNATION | LUMINESCENCE | | OBSERVATIONS |
|----|---|-----------------------|----------------------|--------------|
| | | UVL | UVC | |
| 17 | JAUNE FONCE naturelle SK | légère | nulle | |
| 18 | JAUNE naturelle 0,29 ct SK | légère jaune clair | très légère jaune | |
| 19 | BRUN TRAITE SK | très légère jaune | nulle | |
| 20 | ROUGE GRENAT naturelle 0,12 ct L | nulle | nulle | |
| 21 | ROSE naturelle 0,09 ct L | moyenne rouge | légère rouge | |
| 22 | VIOLET naturelle 0,09 ct L | légère rouge | légère rouge | |
| 23 | CITRON TROIKIA traité 0,19 ct L | nulle | nulle | |
| 24 | CITRON TROIKIA traité 0,27 ct L | nulle | nulle | |
| 25 | BLEU TROIKIA traité 0,16 ct L | nulle | nulle | |
| 26 | NOIR traité L | nulle | nulle | |
| 27 | BRUT JAUNE/BRUN naturelle 0,22 ct MNHN | nulle | nulle | |
| 28 | BLEU/VERT BRUT TRIANGLE naturelle 0,12 ct MNHN | nulle | nulle | |
| 29 | JAUNE CLAIR brut, naturelle 0,14 ct MNHN | nulle | nulle | |

ANNEXE

SUITE DES DIAMANTS EXAMINES AVEC LES APPAREILS CLASSIQUES
D'UN GEMMOLOGUE

| N° | DESIGNATION | LUMINESCENCE | | OBSERVATIONS |
|----|--|---------------------------|----------------------|---|
| | | UVL | UVC | |
| 30 | JAUNE CLAIR I taille brillant | jaune clair très forte | très légère | |
| 31 | MARRON FONCE I taille brillant | nulle | nulle | |
| 32 | JAUNE/ROSE navette I | très forte jaune clair | forte jaune clair | inclusions nombreuses |
| 33 | BLEU TRES CLAIR I taille brillant | très légère bleutée | nulle | |
| 34 | JAUNE CLAIR I taille brillant rond moyen | nulle | nulle | inclusions nombreuses |
| 35 | JAUNE/MARRON I CLAIR taille brillant rond moyen | nulle | nulle | |
| 36 | JAUNE/BLEU I taille brillant petit | moyenne jaune clair | nulle | |
| 37 | JAUNE/MARRON I CLAIR petite navette | nulle | nulle | crystal à l'intérieur |
| 38 | JAUNE MARRON I clair taille brillant petit | très forte jaune | forte jaune | |
| 39 | MARRON CLAIR I taille brillant petit | nulle | nulle | semble plein d'aiguilles de rutiles. Ce sont des trous comme des tubes fins. |

ANNEXE

SUITE DES DIAMANTS EXAMINES PAR LES APPAREILS CLASSIQUES
D'UN GEMMOLOGUE

| N° | DESIGNATION | LUMINESCENCE | | OBSERVATIONS |
|----|--|---------------------------|----------------------------|--------------|
| | | UVL | UCV | |
| 40 | MARRON CLAIR A taille brillant | très forte jaune clair | très légère jaune clair | |
| 41 | JAUNE CITRON A taille brillant | nulle | nulle | |
| 42 | JAUNE CLAIR A taille brillant | nulle | nulle | |
| 43 | MARRON CLAIR A baguette | légère | nulle | |
| 44 | JAUNE PALE A taille brillant | très forte jaune clair | légère jaune clair | |
| 45 | JAUNE MARRON navette A | légère marron clair | nulle | |
| 46 | MARRON CLAIR A taille brillant petit | nulle | nulle | |

La couleur :

Les diamants les plus rares sont ceux qui s'approchent le plus de l'absence totale de couleur. Parce qu'ils sont les plus rares, ils sont les plus chers.

La notion de couleur est complexe. Dans la gamme des blancs, on a dénombré jusqu'à 300 nuances. Les seuls critères reconnus en Europe sont ceux de la Confédération INTERNATIONALE de la Bijouterie, Joaillerie et Orfèvrerie (C.I.B.J.O.), qui groupe actuellement quinze pays : Angleterre, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Hollande, Israël, Italie, Norvège, R.F.A., Suède, Suisse et U.S.A.

Afin d'harmoniser les étalons de couleurs entre les pays, la C.I.B.J.O. a décidé de donner désormais la correspondance avec le système Gemmological Institute of America (G.I.A.).

Parce que les plus recherchées en joaillerie, les couleurs les plus intéressantes en matière d'investissement-diamant sont le blanc exceptionnel, l'extra blanc et le blanc. Ce sont ces trois premières couleurs que les Diamantaires de Codhor ont retenues.

La couleur est un élément essentiel d'évaluation. Pour deux pierres de même poids et de même pureté, la différence de valeur d'une couleur à l'autre peut être considérable. Le conseil d'un spécialiste expérimenté, membre d'une organisation nationale, est indispensable.

| ÉCHELLE DE COULEUR | | |
|---|----------------------------------|---------------|
| | Normes internationales | G.I.A. |
|  | Blanc exceptionnel + | D |
| | Blanc exceptionnel | E |
| | Blanc extra + | F |
| | Blanc extra | G |
| | Blanc | H |
| | Blanc nuancé | I - J |
| | Légèrement teinté | K - L |
| | Teinté | M à Z |
| | Diamants de couleur particulière | fancy diamond |

ANNEXE B

La pureté :

La pureté qualifie l'absence d'inclusions ou de particularités de cristallisation. Souvent une confusion est faite entre la couleur et la pureté. Ce sont deux notions bien distinctes.

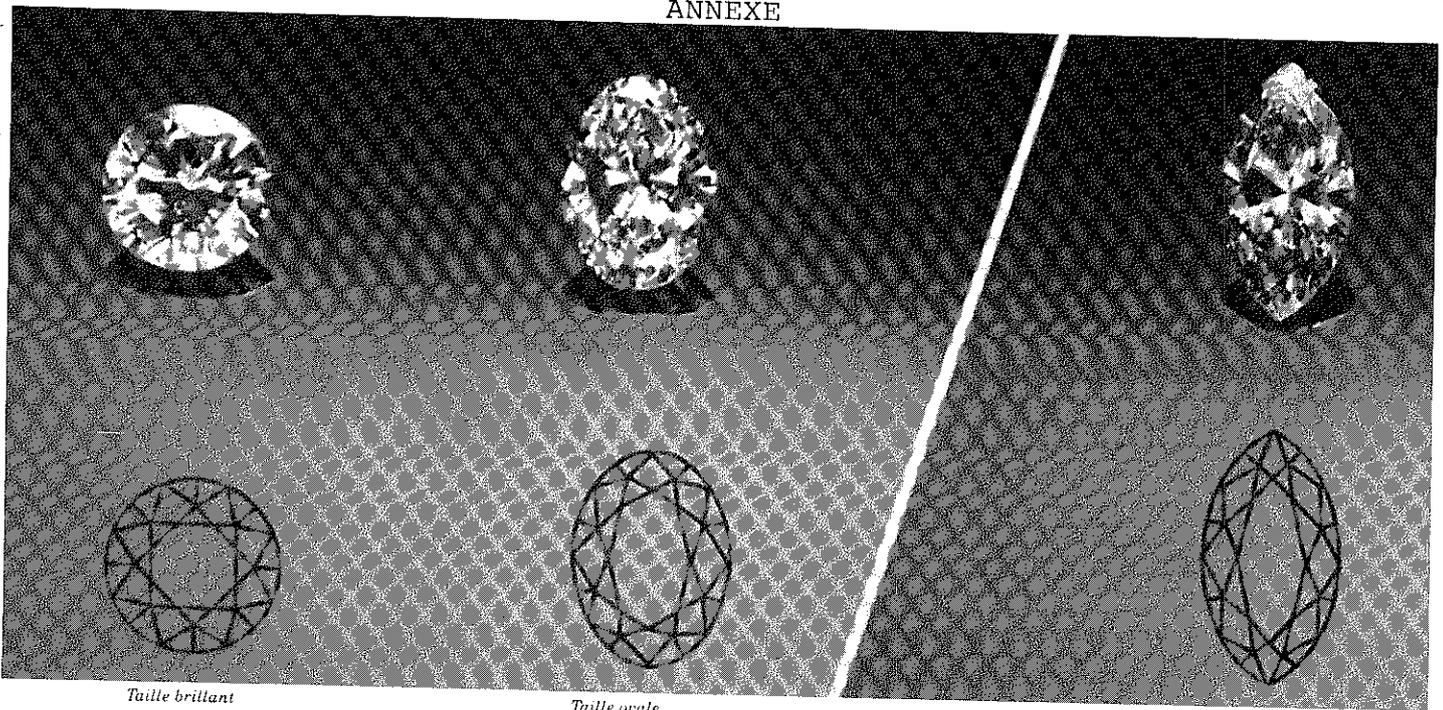
Un diamant pur et teinté peut valoir dix fois moins qu'un autre de même poids, ayant quelques inclusions, mais d'une couleur exceptionnelle.

Un diamant dont les inclusions sont invisibles à l'oeil nu et ne nuisent pas au feu et à l'éclat de la pierre peut constituer un excellent placement. A couleur égale, un diamant pur vaut plus cher qu'un autre parce qu'il est plus rare.

Un diamant est pur quand, examiné à la loupe par un professionnel qualifié, il ne présente aucune inclusion ni aucune particularité de cristallisation.

Le service public du contrôle des diamants, perles et pierres précieuses de la Chambre de Commerce de Paris délivre des attestations sur lesquelles sont indiquées les caractéristiques de taille, le poids, la gradation de couleur et la pureté.

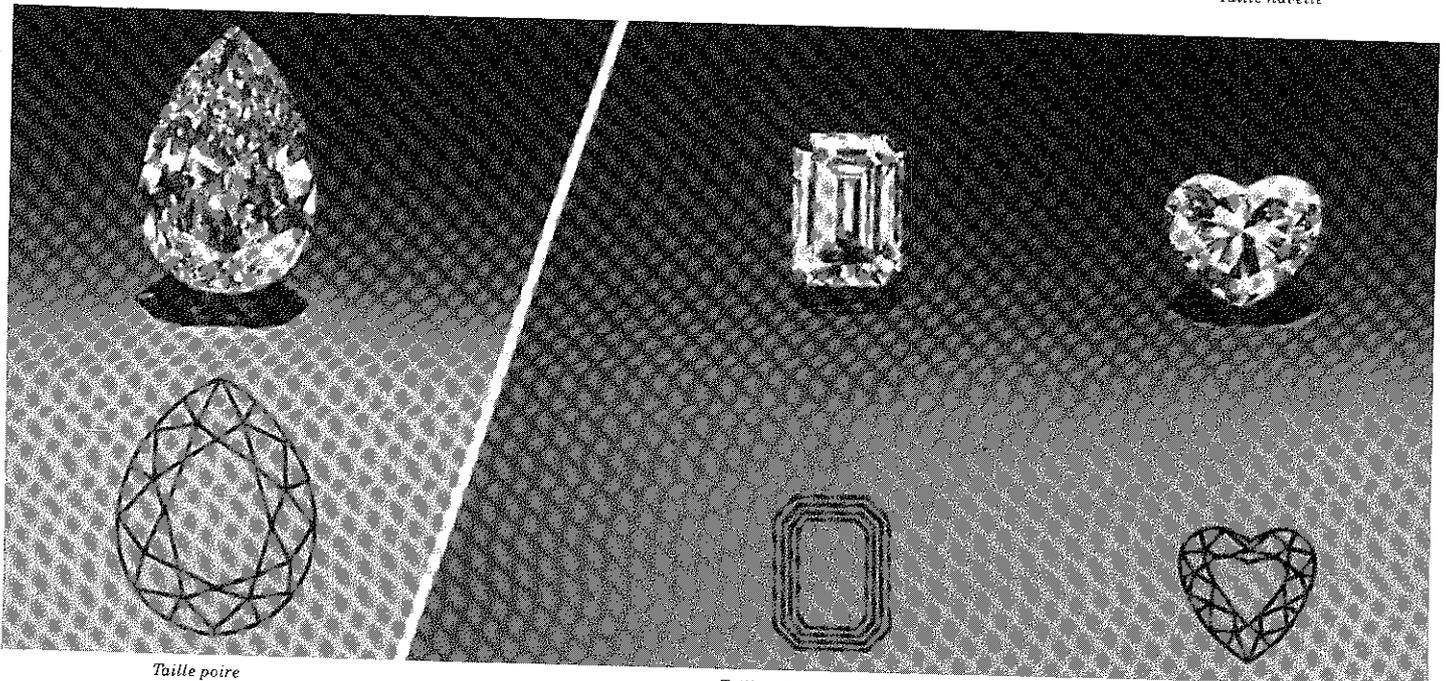
| ECHELLE DE PURETÉ | |
|---|--|
|  | Pur à la loupe 10X (internally flawless) |
| | VVS1 } Very, Very Small (inclusions) |
| | VVS2 } |
| | VS } Very Small (inclusions) |
| | SI } Small Inclusions |
| | P1 Piqué 1 |
| | P2 Piqué 2 |
| | P3 Piqué 3 |



Taille brillant

Taille ovale

Taille navette



Taille poire

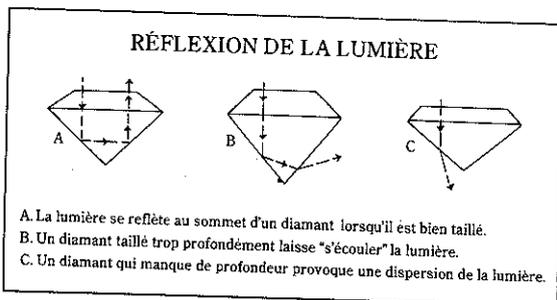
Taille à degrés dite "émeraude"

Taille cœur

La taille.

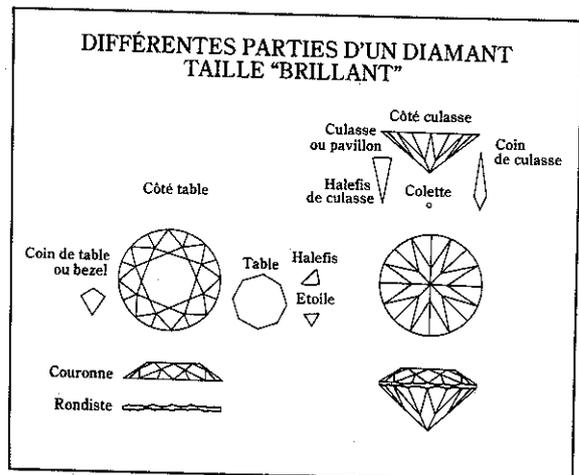
La taille du diamant est un art et ses secrets se transmettent de génération en génération.

Il consiste à donner à la pierre une forme dont les proportions et les angles provoquent la réflexion totale, dirigée vers le haut, des rayons lumineux qui la pénètrent.



La perfection de la taille conditionne en effet la brillance, l'éclat du diamant.

C'est un élément d'évaluation important.





ANNEXE C

Spectre série diamants étalons

Tableau N° 1

- 1 - diamant blanc except
- 2 - diamant blanc
- 3 - diamant blanc nuancé
- 4 - Diamant légèrement teinté (jaune)

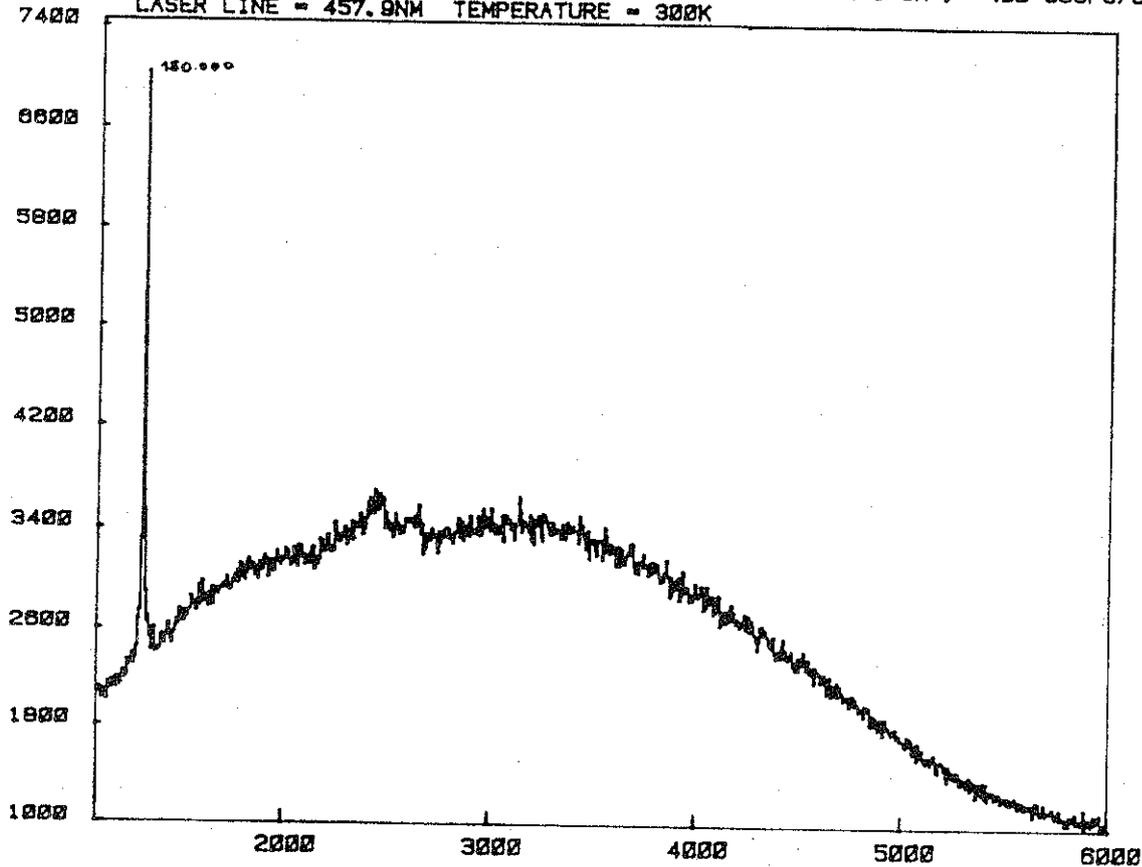
pages suivantes :

L1 - L2 - L3 - L4

ANNEXE D

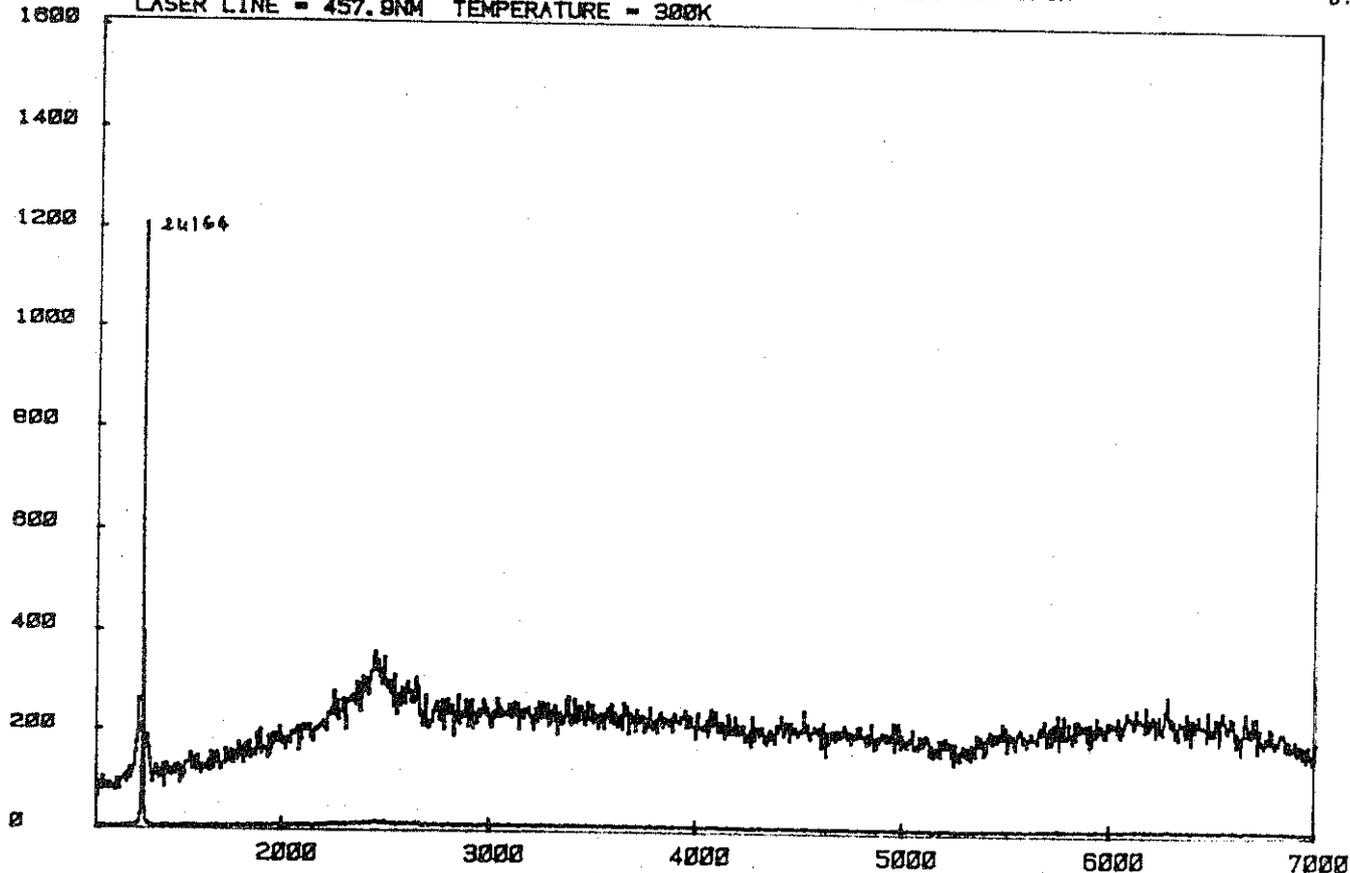
except
LUM DIAM BLANC 4578 : DE 1100 A 6000 CM-1 : 250 CM-1/CM , 400 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

L.1



LUM DIAM BLANC : DE 1100 A 7000 CM-1 : 250 CM-1/CM , 100 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

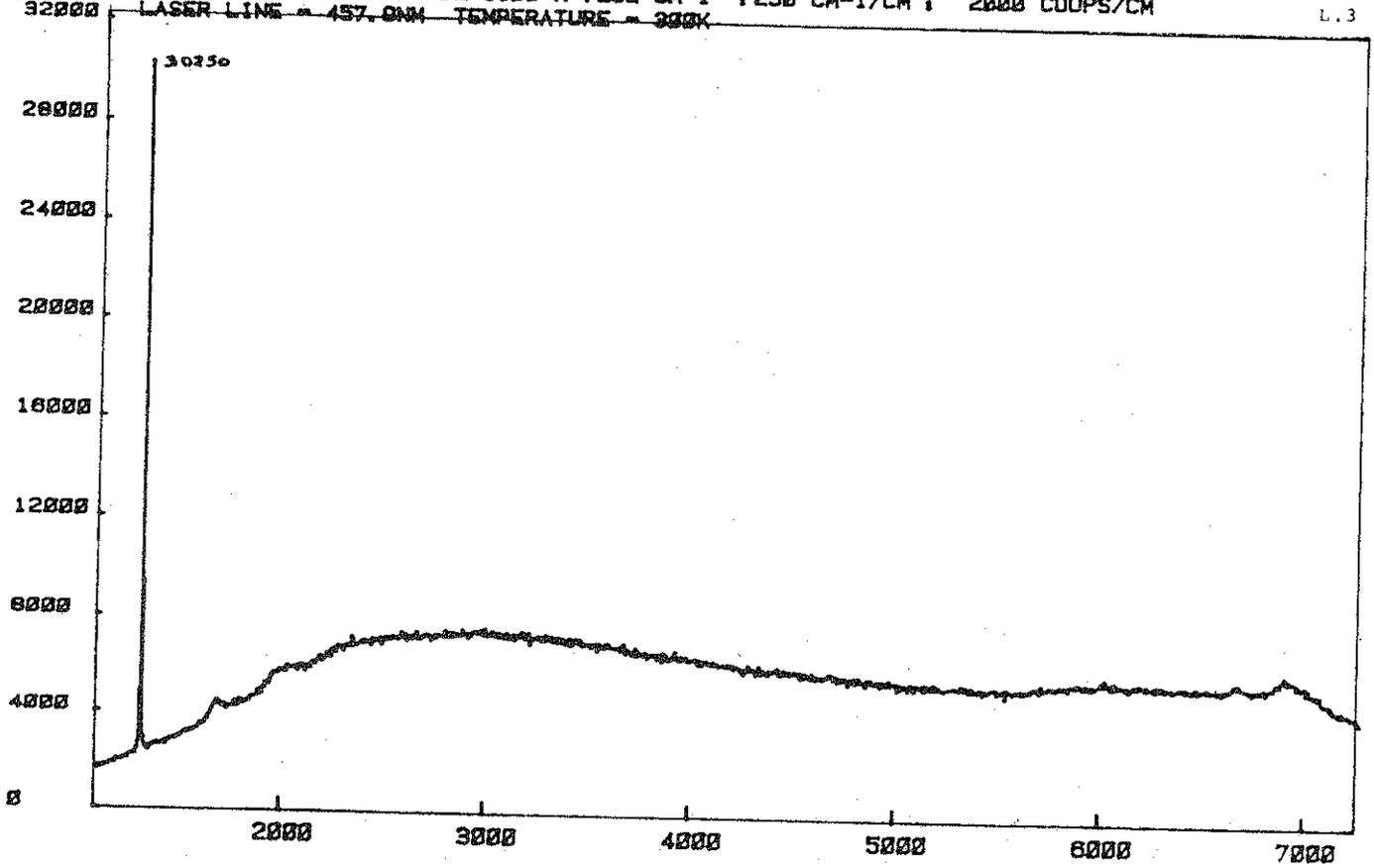
L.2



ANNEXE

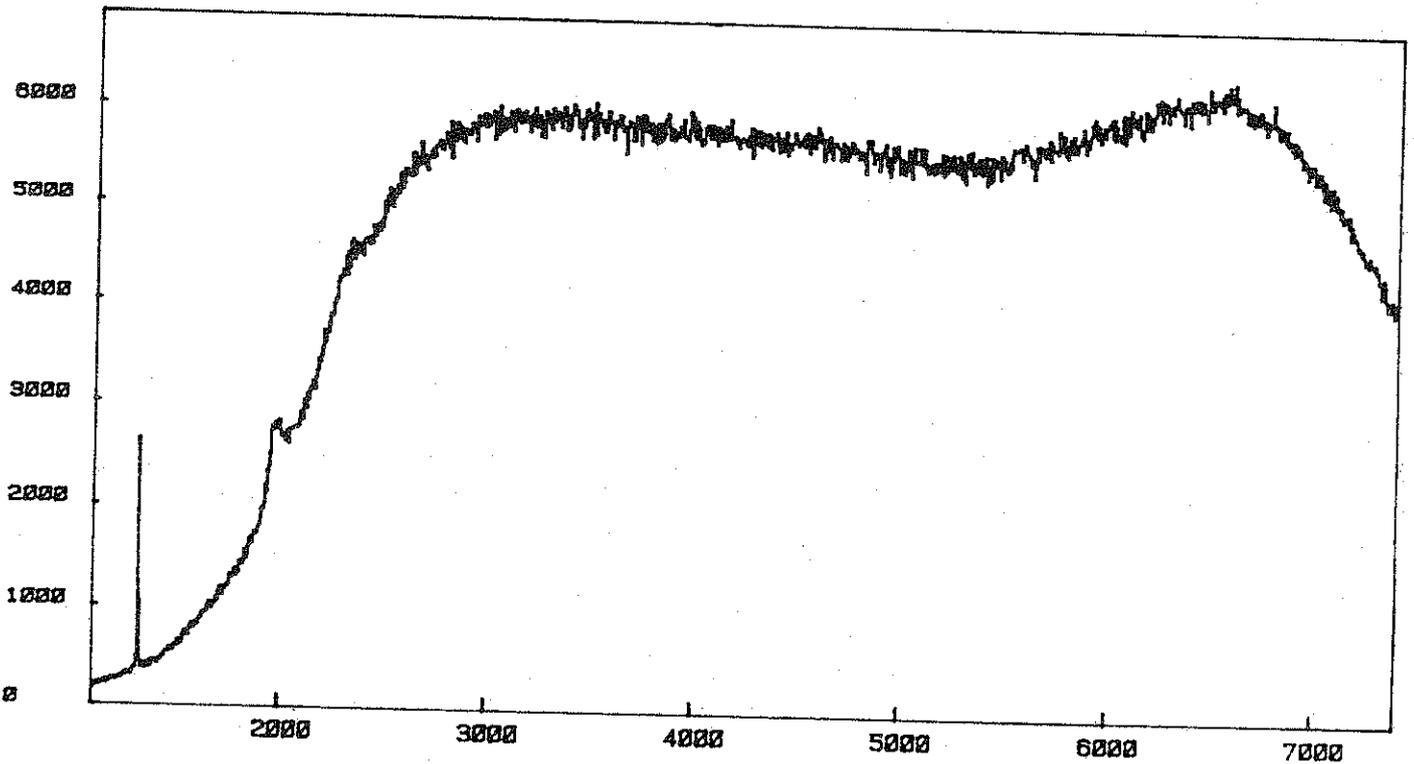
LUM DIAM ORDIN 4579 : DE 1100 A 7252 CM-1 : 250 CM-1/CM ; 2000 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

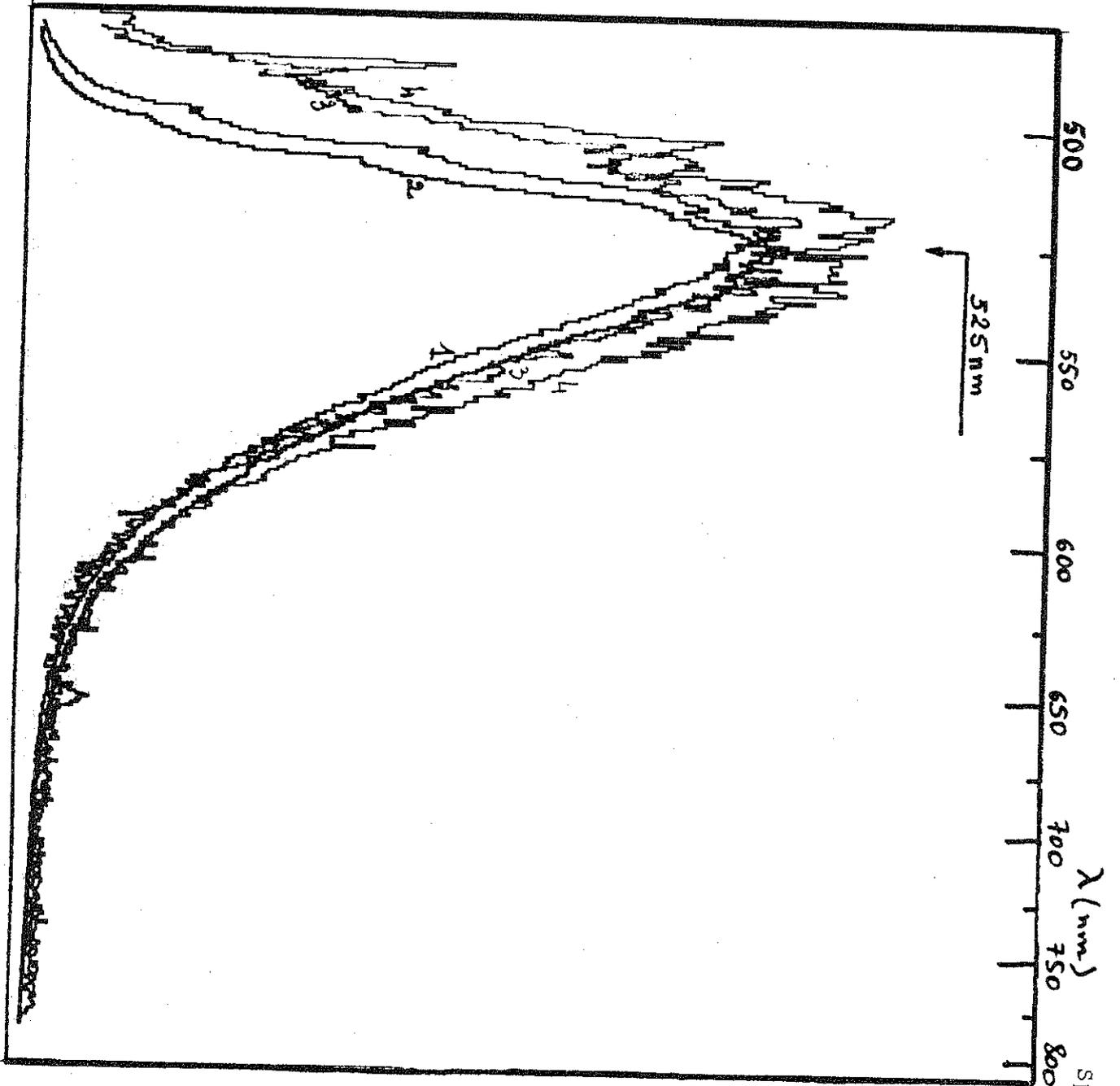
D.3



LUM DIAM JAUNE : DE 1100 A 7400 CM-1 : 250 CM-1/CM ; 500 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

D.4





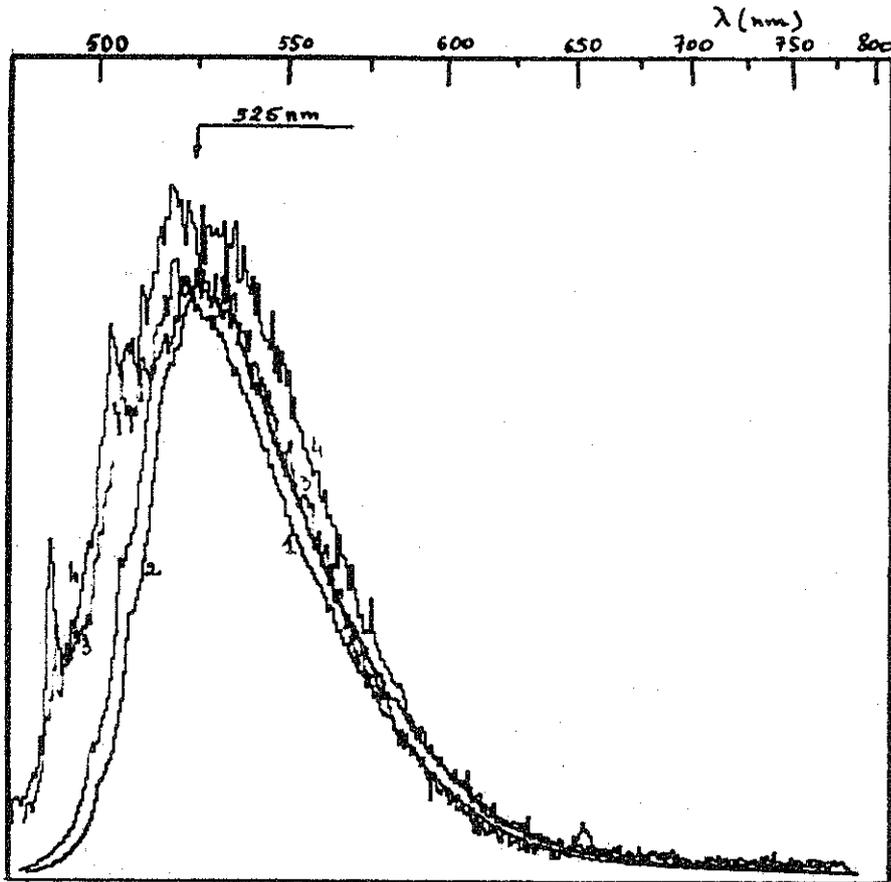
Spectre de catégorie A
Tableau N° 2

Emission sous excitation
violette (457,9 nm)

- 1 - diamant citron 23
- 2 - diamant citron 24
- 3 - diamant bleu 25
- 4 - diamant noir 26

Spectres de type A
pages suivantes

- L 5 - SK 6 - SK 7 - SK 8
- SK 9 - SK 10 - SK 11 - SK 12
- SK 13 - SK 14 - SK 15 - SK 16
- SK 18 - L 23 - L 24 - L 25
- L 26 - MNHN 28 - I 30 - I 31
- I 33 - I 34 - I 35 - I 37
- A 41 - A 42 - A 44 - I 45



Emission sous
excitation violette (457.9 nm)

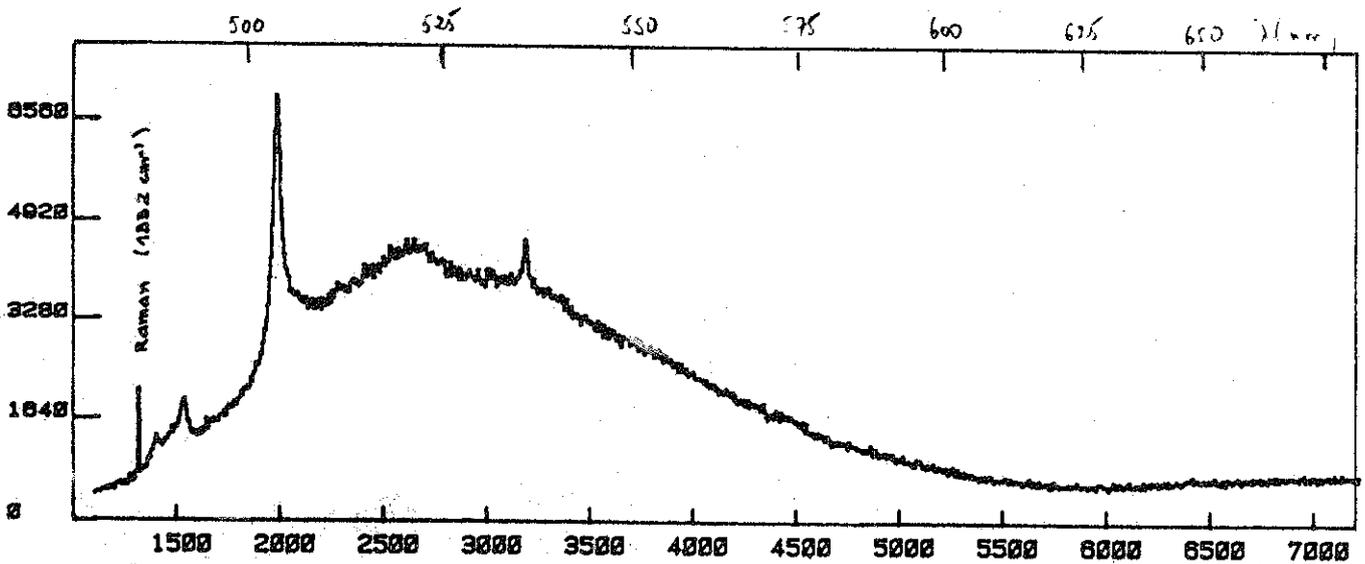
- 1 diamant blanc 23
- 2 " " 24
- 3 diamant bleu 25
- 4 diamant noir 26

Spectre de
type
A

DIAMANT BLEU : DE 1100 A 7200 CM-1 ; 250 CM-1/CM ; 820 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

fentes 400 μ

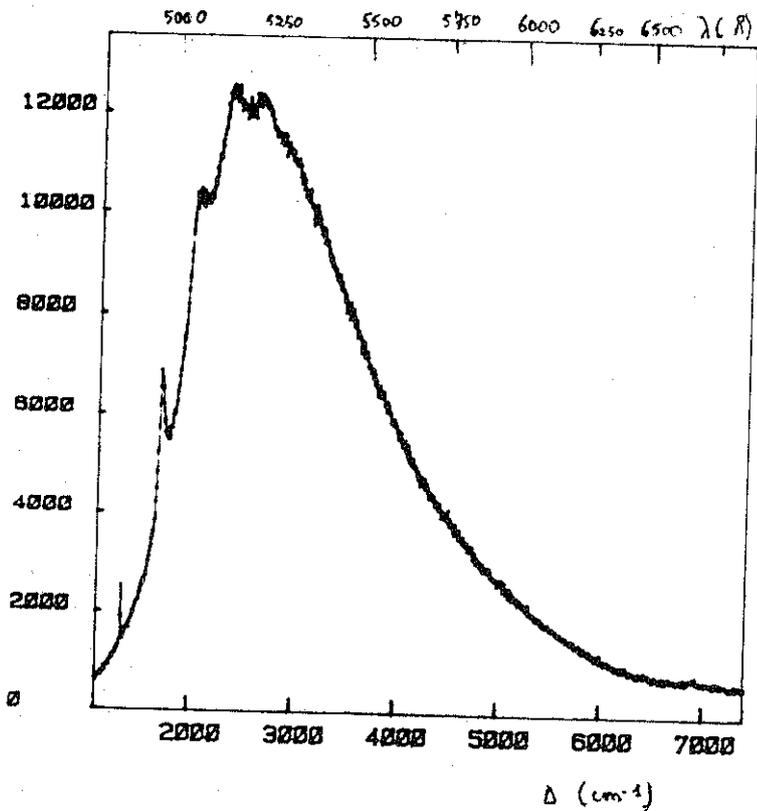
L. 5



ANNEXE

DIAM BLEU NAT : DE 1100 A 7400 CM-1 , 500 CM-1/CM , 1000 COUPS/CM
 LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

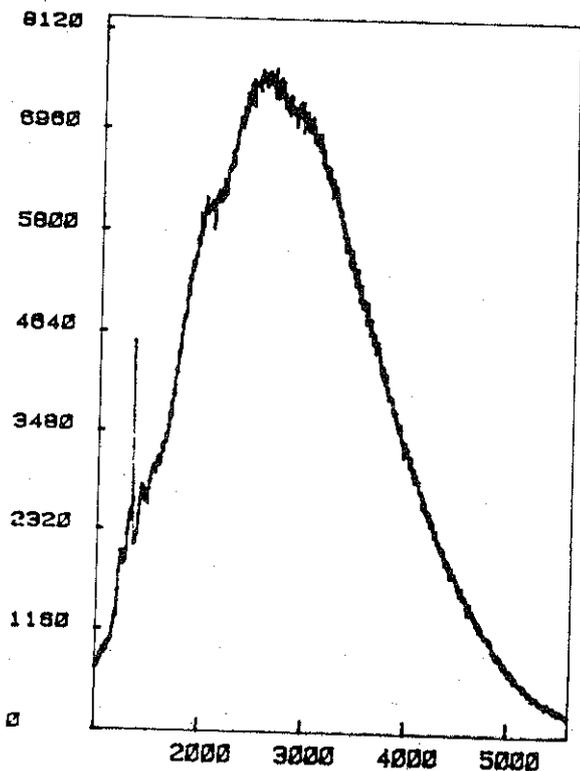
S.K.6



DIAM IRR BLEU , DE 1000 A 5000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 500 COUPS/CM
 LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.7.

fontes 250 μ

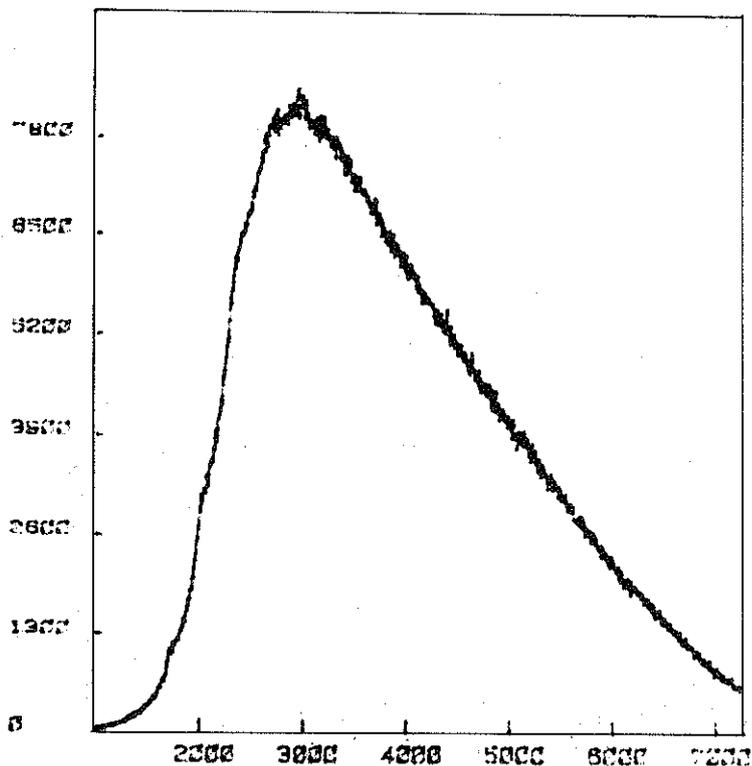


ANNEXE

DIAM IRR CITRON : DE 1000 A 7200 CM-1 , 500 CM-1/CM , 350 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.8.

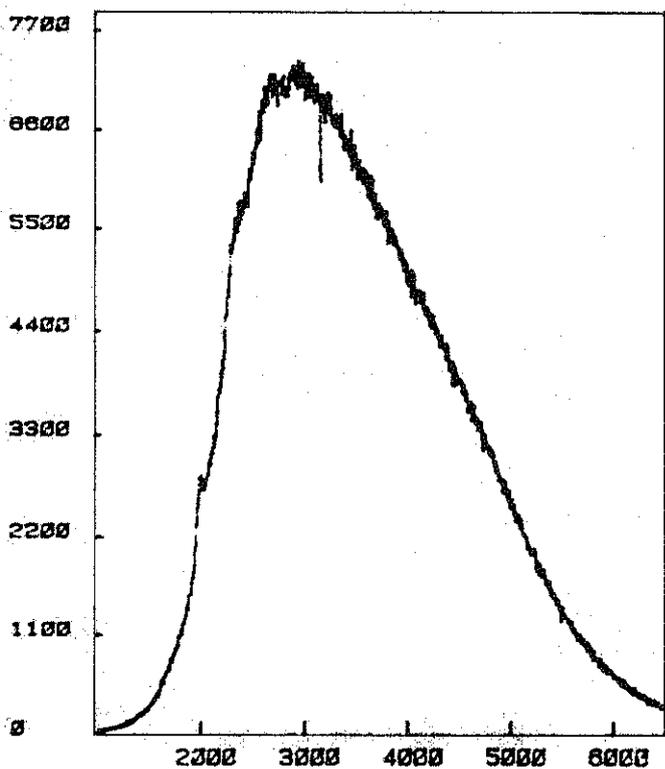
fentes 100 μm



DIAM NAT CITRON : DE 1000 A 6504 CM-1 , 500 CM-1/CM , 550 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.9.

fentes 60 μm

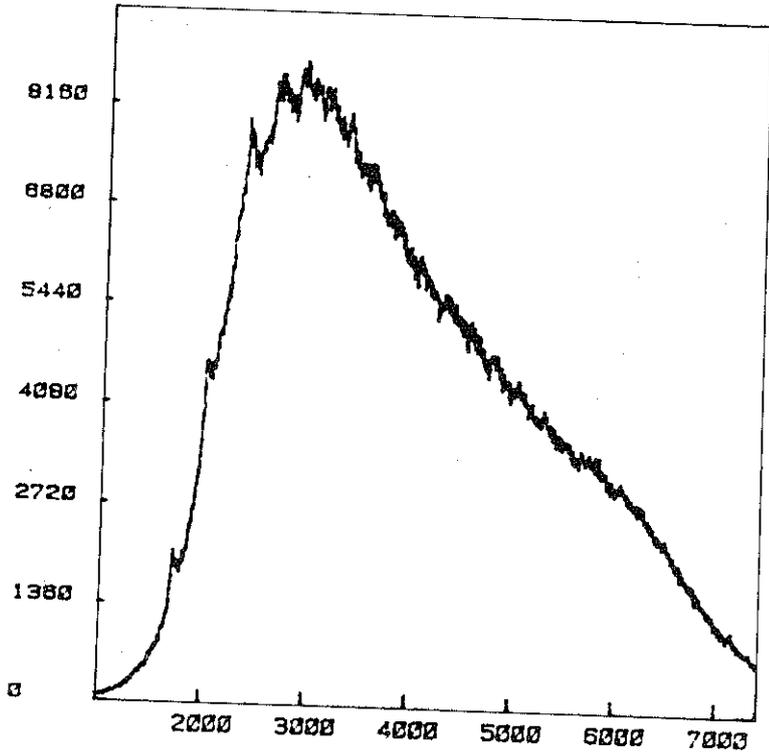


ANNEXE

DIAM IRR ABSINTHE : DE 1000 A 7400 CM-1 , 500 CM-1/CM , 880 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.10

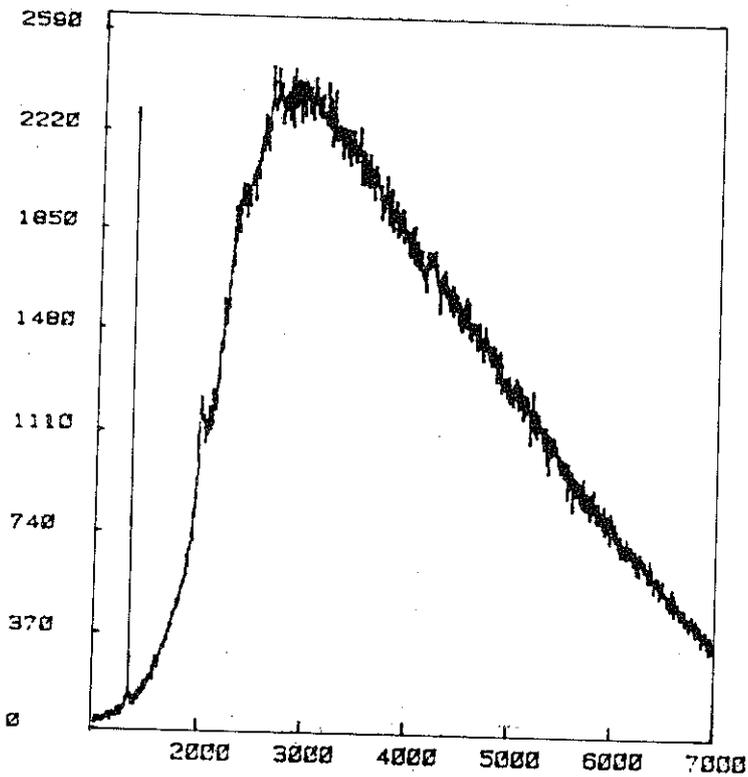
fentes 130 μm



DIAM NAT COGNAC : DE 1000 A 7000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 185 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.11

fentes 500 μm

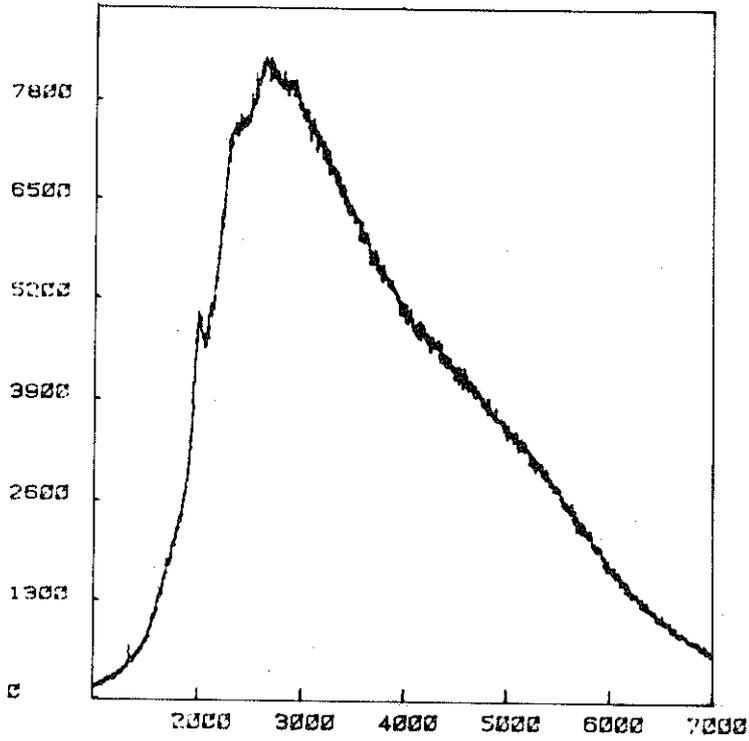


ANNEXE

DIAM NAT VIOLETTE , DE 1000 A 7000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 850 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.12

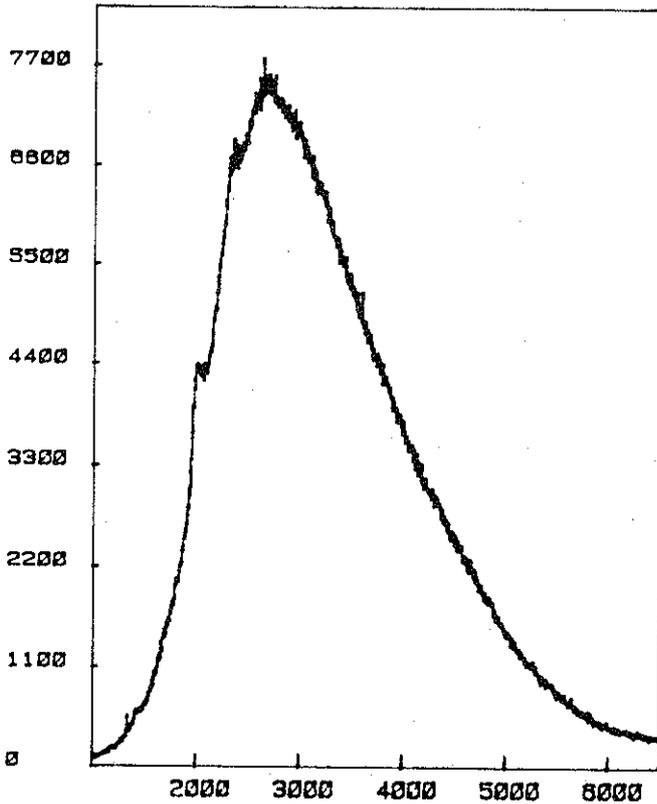
fentes 800μ



DIAM IRR VERT , DE 1000 A 8500 CM-1 , 500 CM-1/CM , 550 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.13

fentes 150μ

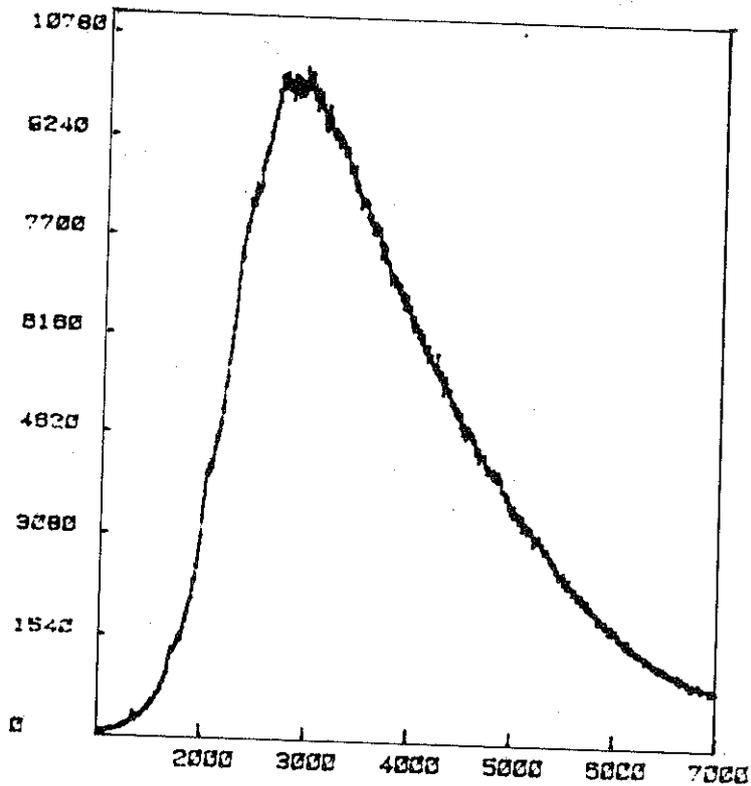


ANNEXE

DIAM IRR OR FONDCE : DE 1000 A 7000 CM-1 , 500 CM-1/CM ; 770 COUPS/CM
LASER LINE = 457.8NM TEMPERATURE = 300K

S.K.14

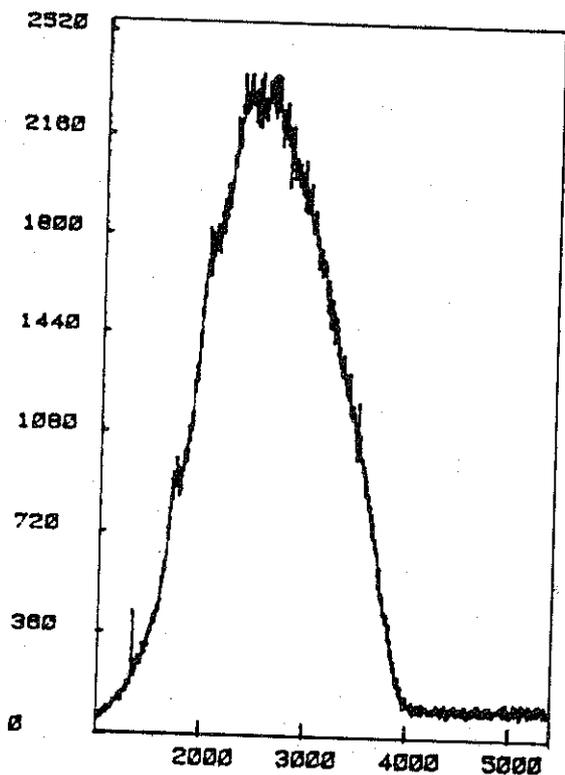
fentes 130 μm



DIAM IRR BRUN ORANGE : DE 1000 A 5400 CM-1 , 500 CM-1/CM ; 180 COUPS/CM
LASER LINE = 457.8NM TEMPERATURE = 300K

S.K.15

fentes 500 μm

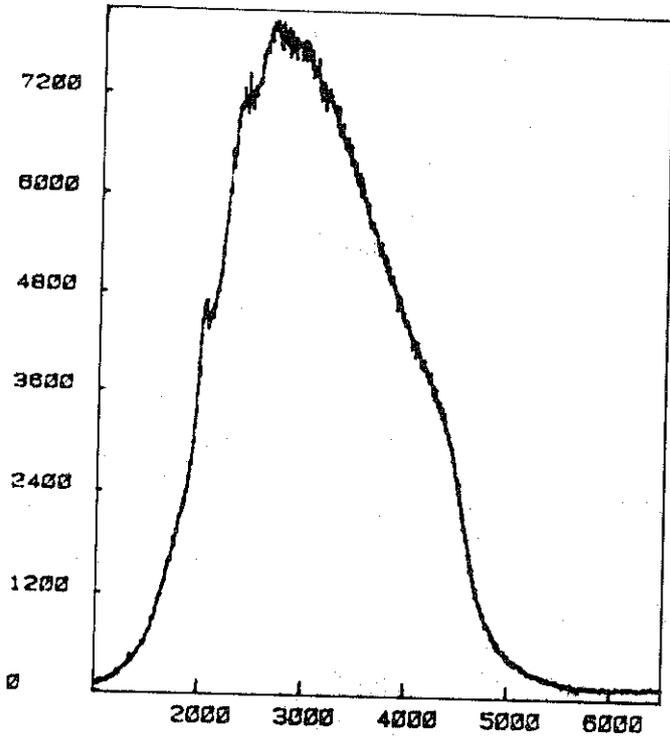


ANNEXE

DIAM NAT BRUN NOIR : DE 1000 A 6500 CM-1 , 500 CM-1/CM : 600 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.16

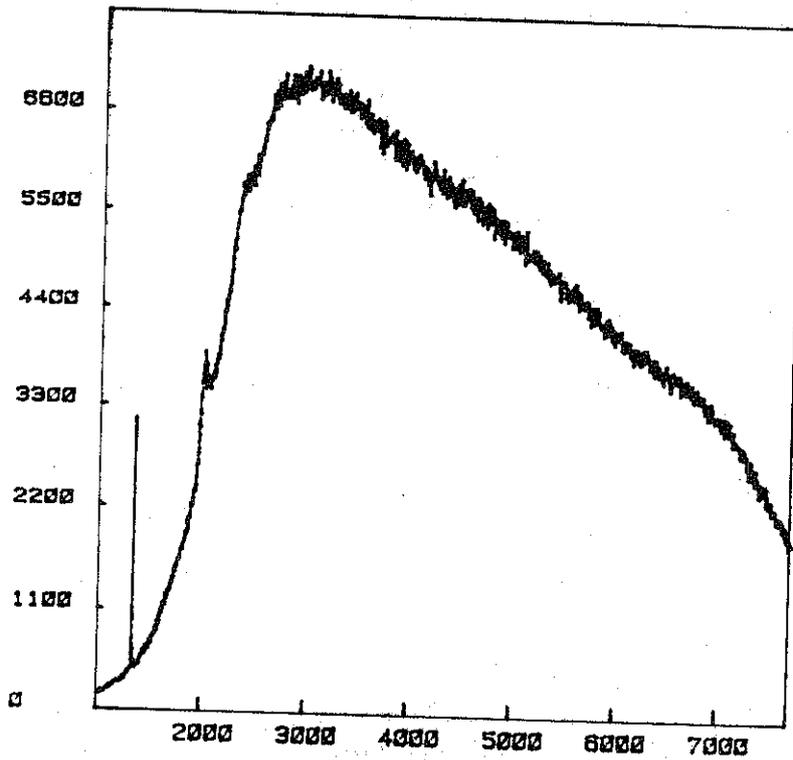
fentes 300 μ m



DIAM NAT JAUNE : DE 1000 A 7700 CM-1 , 500 CM-1/CM : 550 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

S.K.18

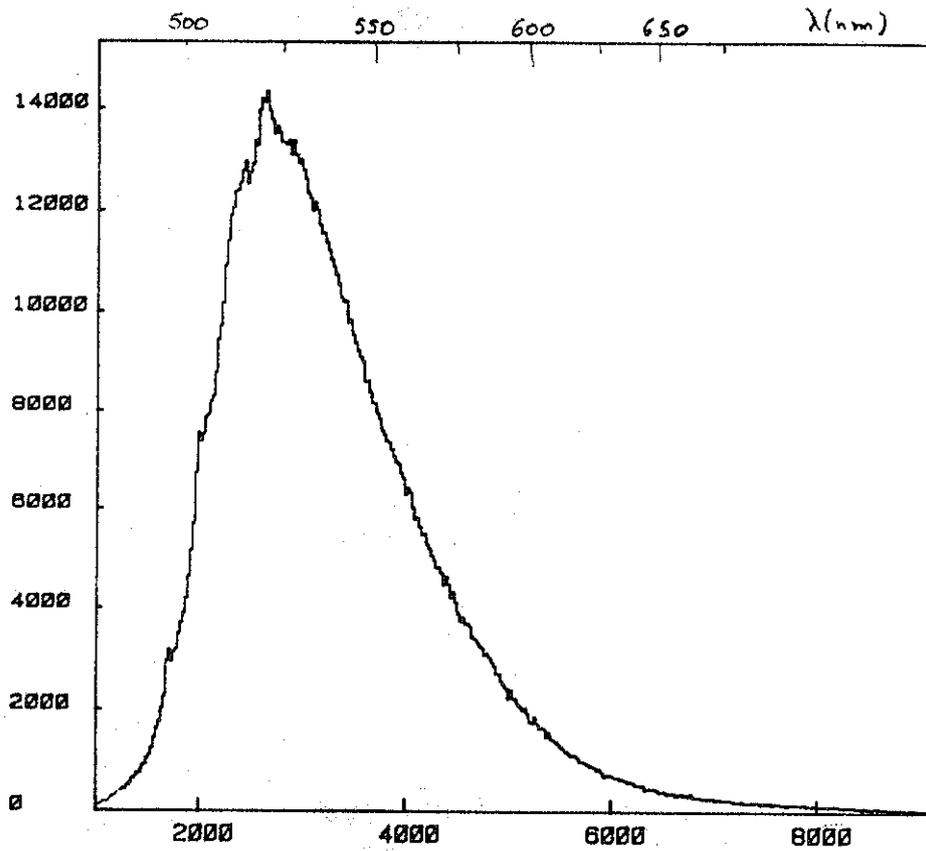
fentes 200 μ m



ANNEXE

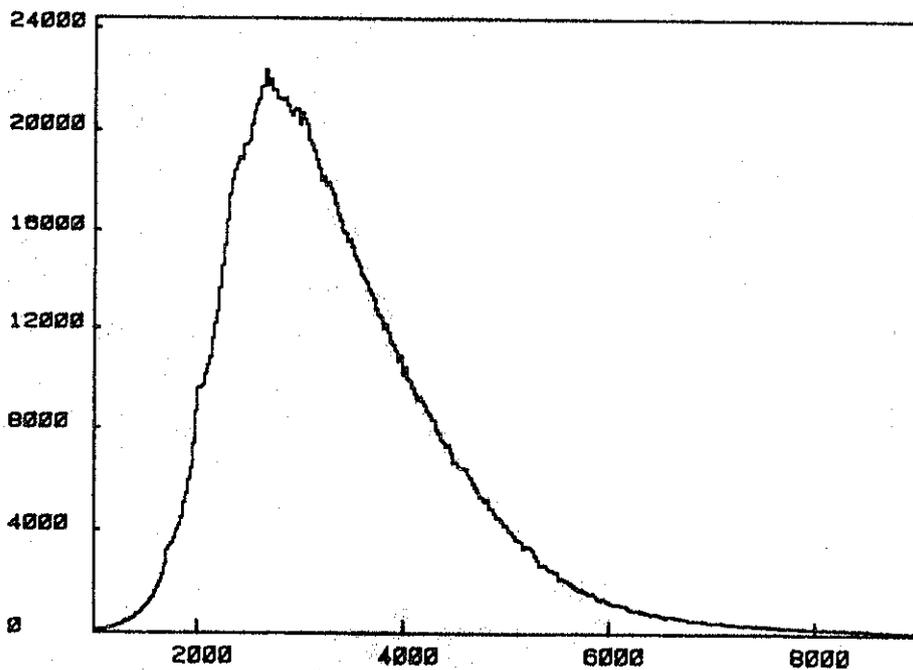
DIAM CITRON 23 : DE 1000 A 9100 CM-1 , 500 CM-1/CM , 1000 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
puissance 30mW fentes 160µm

L.23



DIAM CITRON 24 : DE 1000 A 9000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 2000 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
Puissance 30mW fentes 160µ

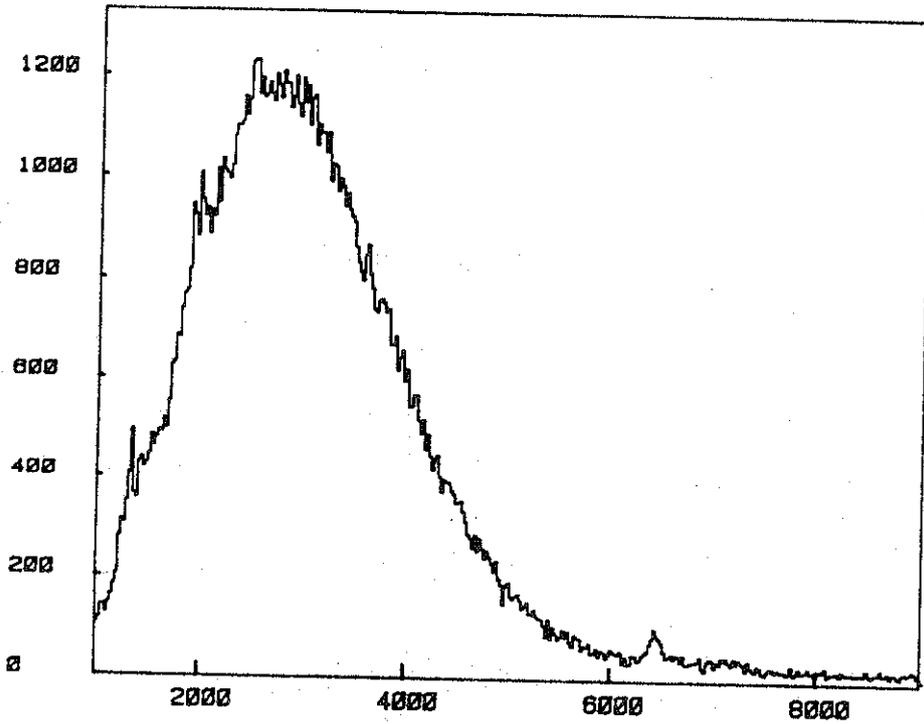
L.24



ANNEXE

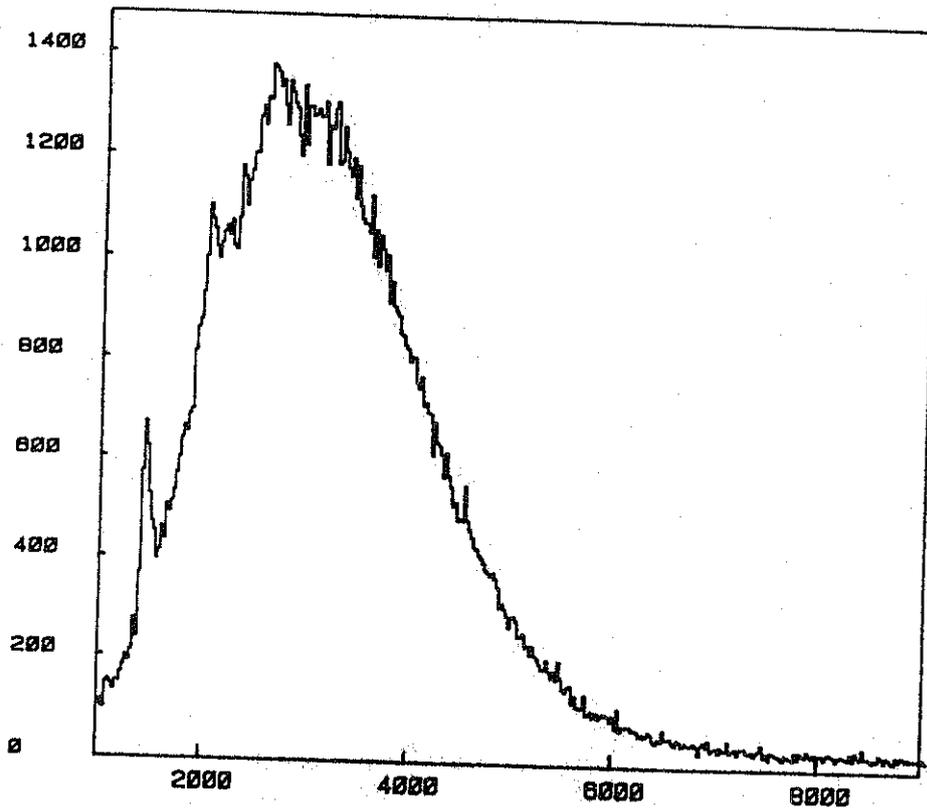
DIAM BLEU 25 : DE 1000 A 9000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 100 COUPS/CM
 LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
 Puissance 30 mW , fentes 160 μ

L.25



DIAM NOIR 28 : DE 1000 A 9000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 100 COUPS/CM
 laser line 457.9nm puissance 60 mW fentes 400 μ m luminescence peu intense

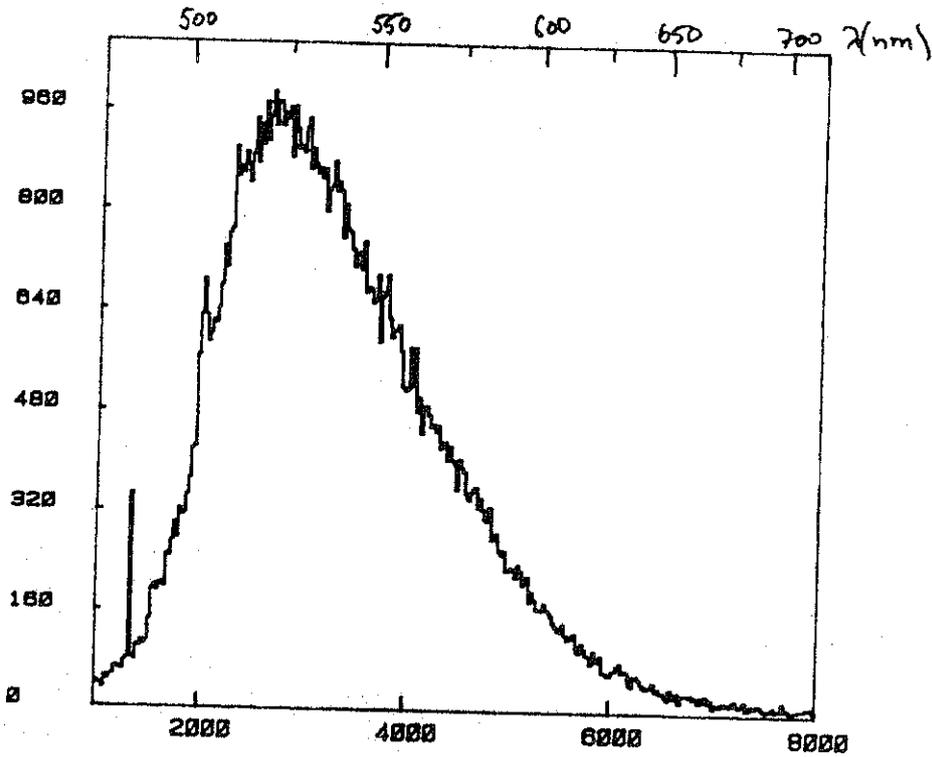
L.26



ANNEXE

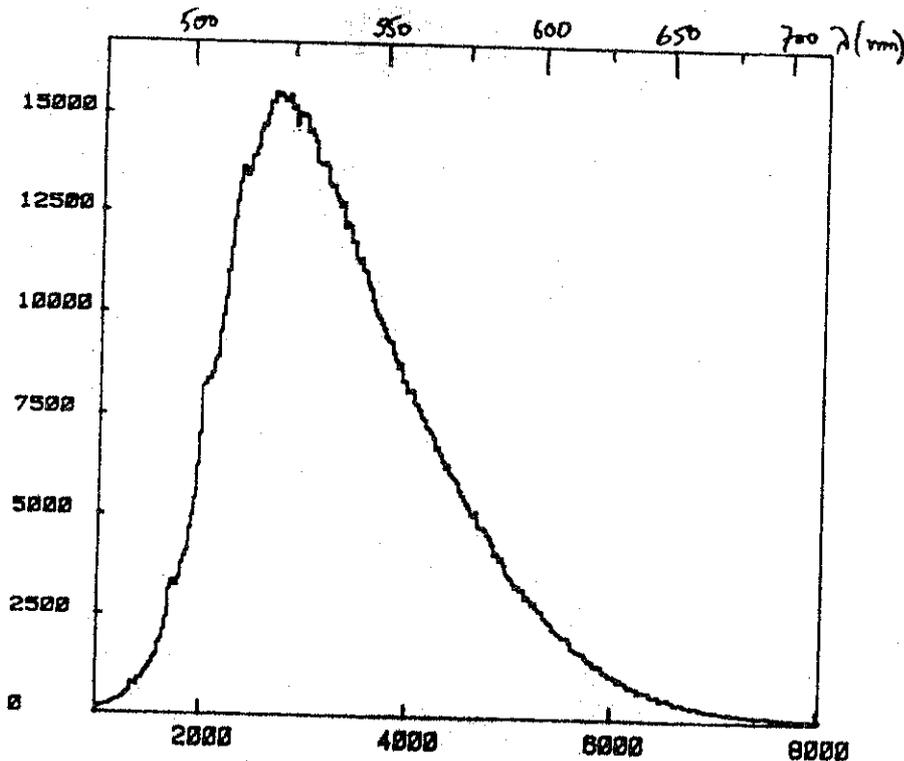
DIAM BLEU/VERT 28MNHN : DE 1000 A 8000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
 10mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

MNHN 28



SERIE A GROS JAUNE CLAIR : DE 1000 A 8000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 1250 COUPS/CM
 25mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

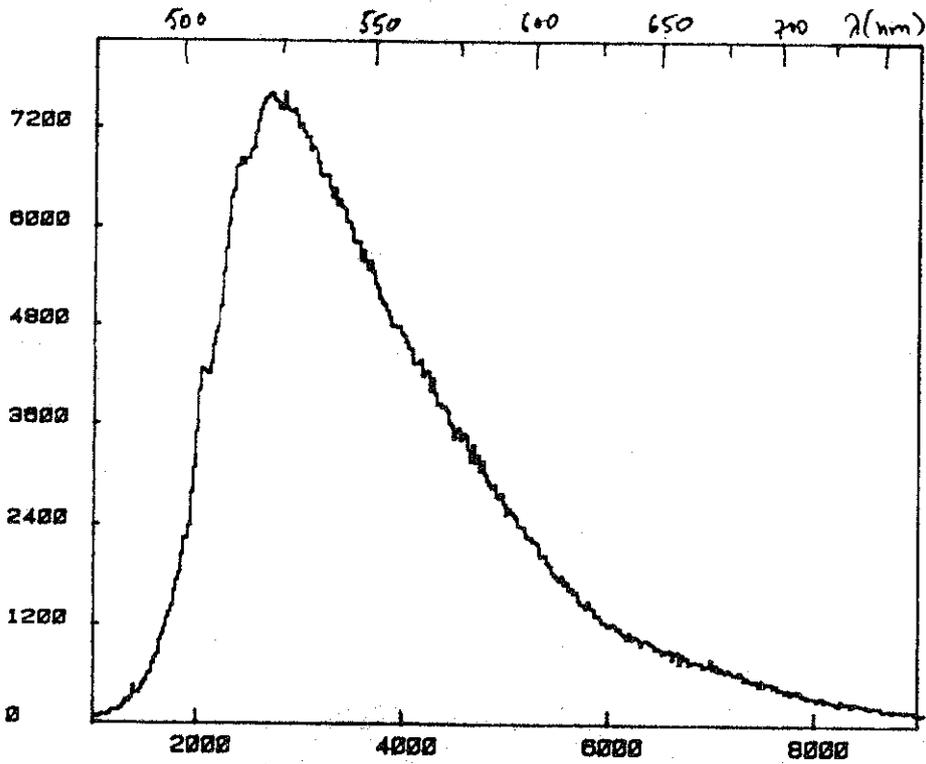
I.30



ANNEXE

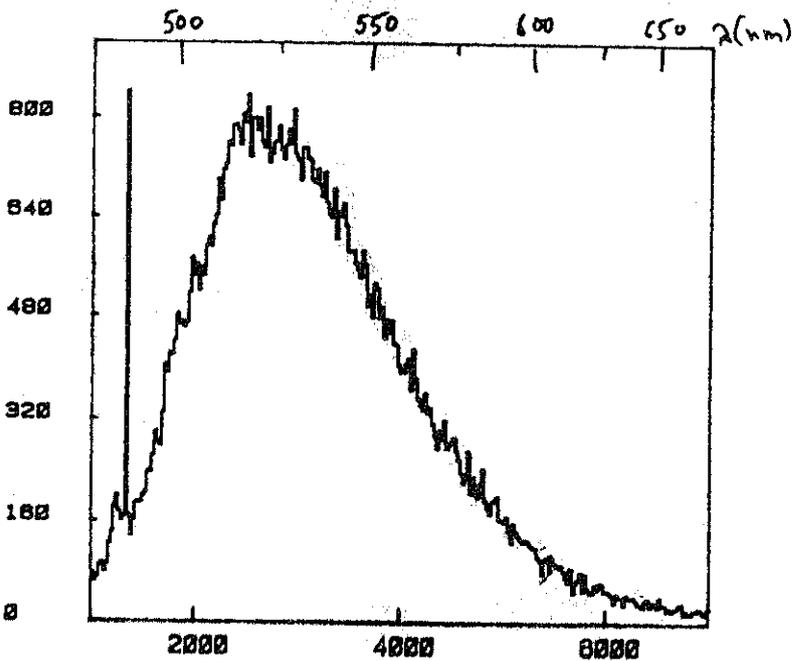
SERIE A GROS MARRON : DE 1000 A 9000 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 600 COUPS/CM
100mW Laser Line = 457.8nm Temperature = 300K

I.31



SERIE A GROS BLEU CLAIR : DE 1000 A 7000 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
100mW Laser Line = 457.8nm Temperature = 300K

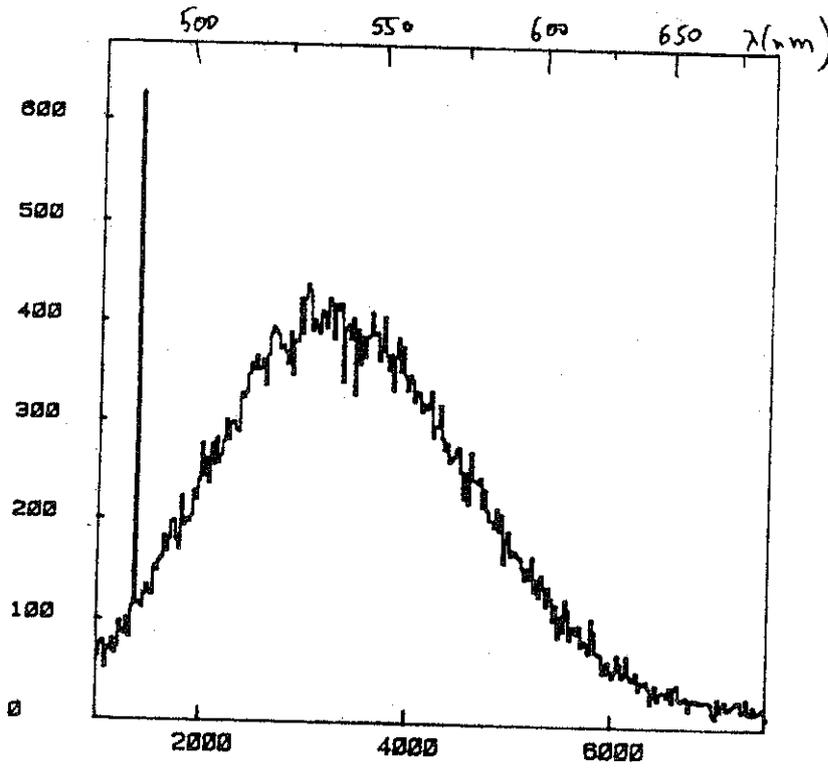
I.33



ANNEXE

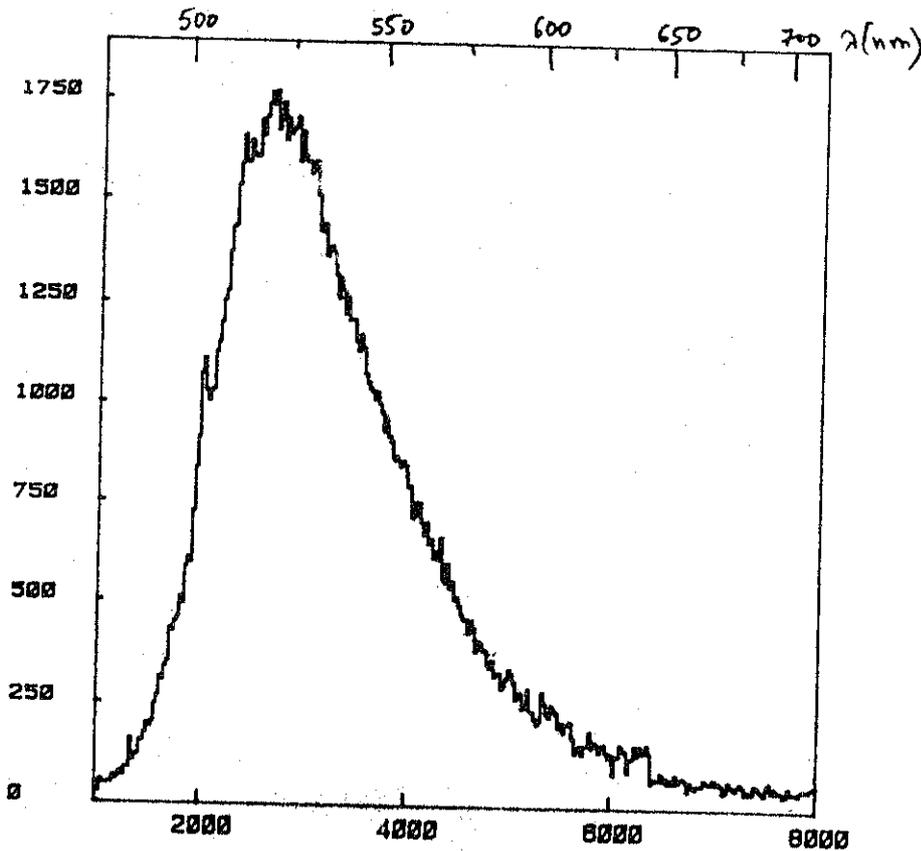
SERIE A MOYEN JAUNE CLAIR , DE 1000 A 7500 CM-1 : 500 CM-1/CM , 50 COUPS/CM
300mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

I.34



SERIE A MOYEN JAUNE MARRON , DE 1000 A 8000 CM-1 : 500 CM-1/CM , 125 COUPS/CM
50mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

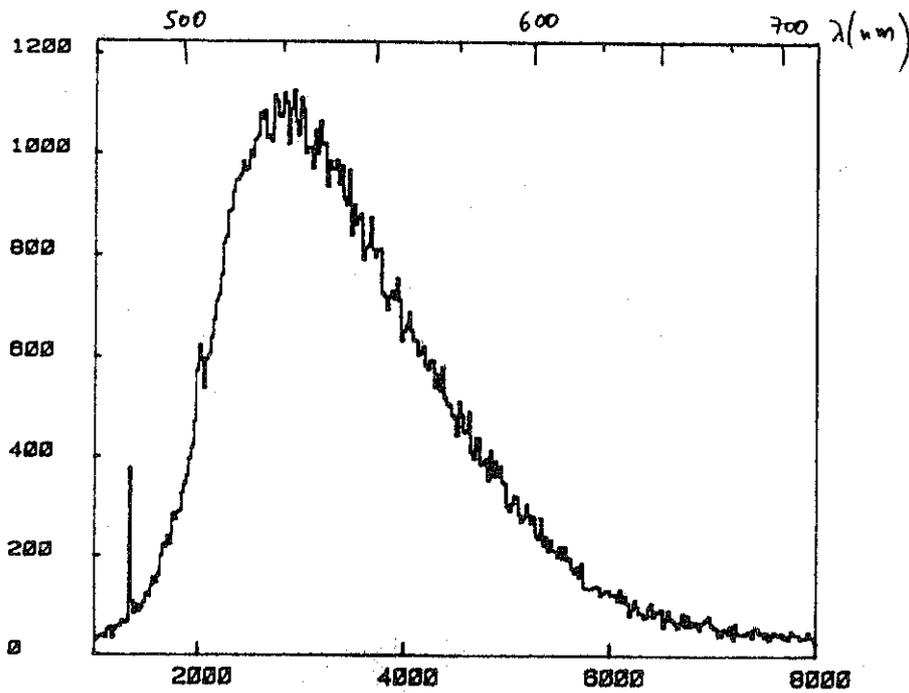
I.35



ANNEXE

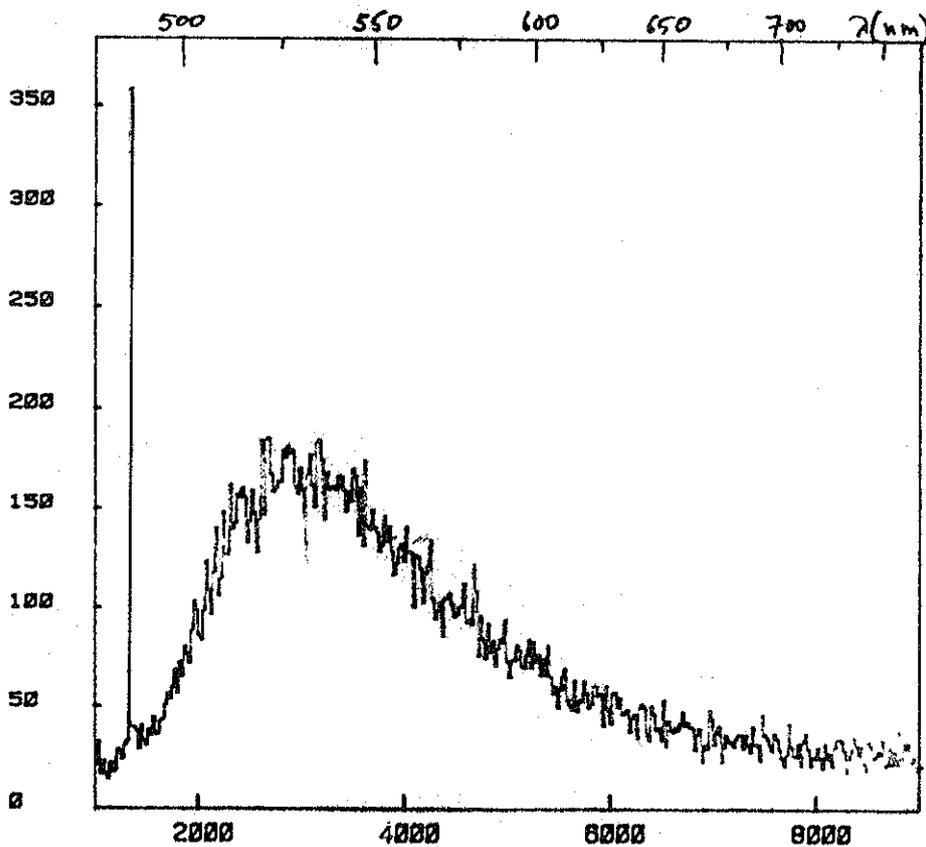
SERIE A NAVETTE • DE 1000 A 8000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 100 COUPS/CM
 800mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

I.37



ARONIN JAUNE CITRON • DE 1000 A 9000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 25 COUPS/CM
 800mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

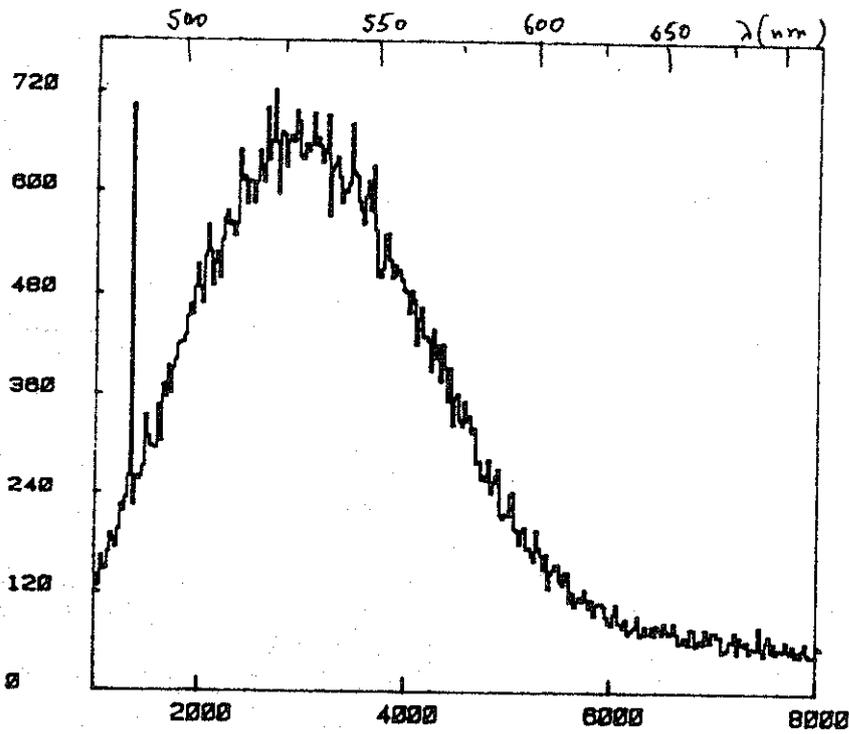
A.41



ANNEXE

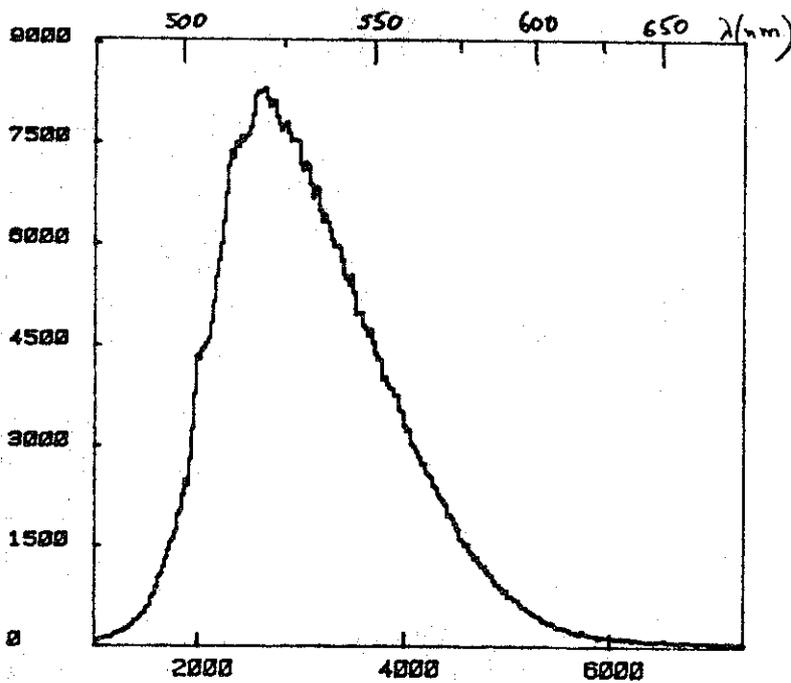
ARONIN JAUNE CLAIR : DE 1000 A 8000 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
100mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

A.42

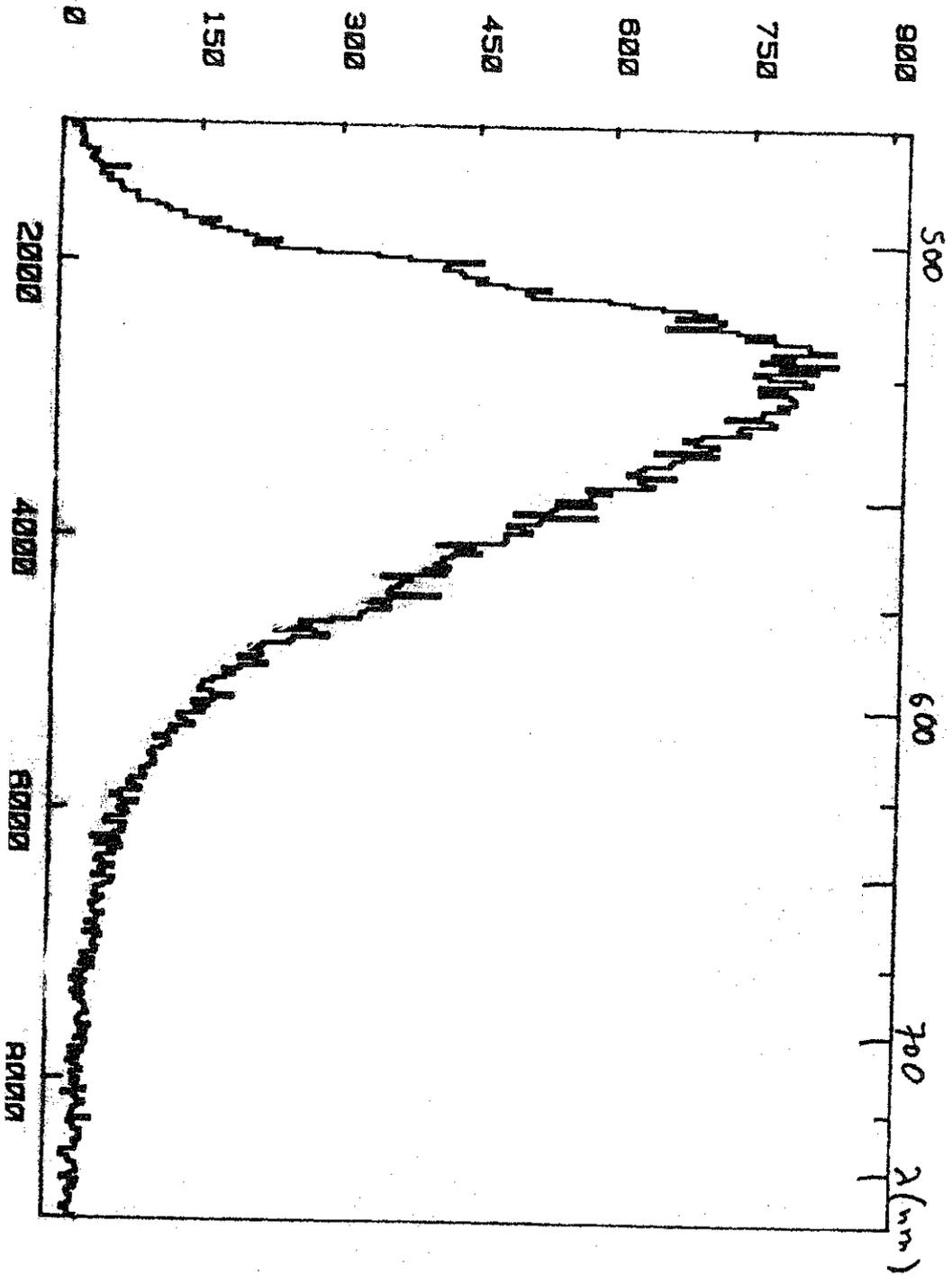


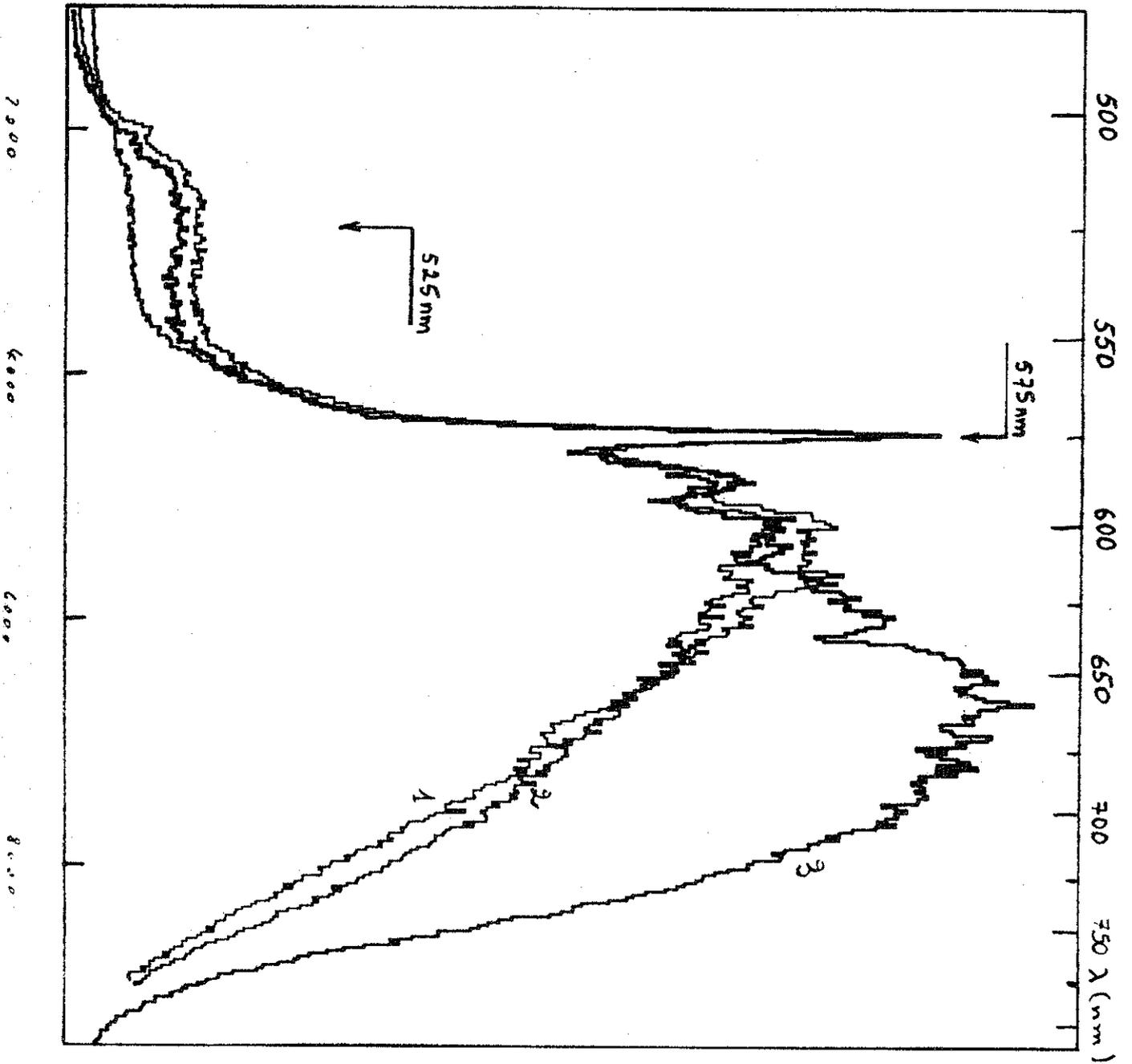
ARONIN JAUNE PALE : DE 1000 A 7000 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 750 COUPS/CM
25mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

A.44



ARONIN JAUNE MARRON : DE 1000 A 9000 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 75 COUPS/CM
100mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K





Spectre de catégorie B

Tableau N° 3

Emission sous excitation
violette (457,9 nm)

- 1 - diamant rouge grenat
- 2 - diamant rose naturel
- 3 - diamant violet naturel

Spectres de type B
pages suivantes :

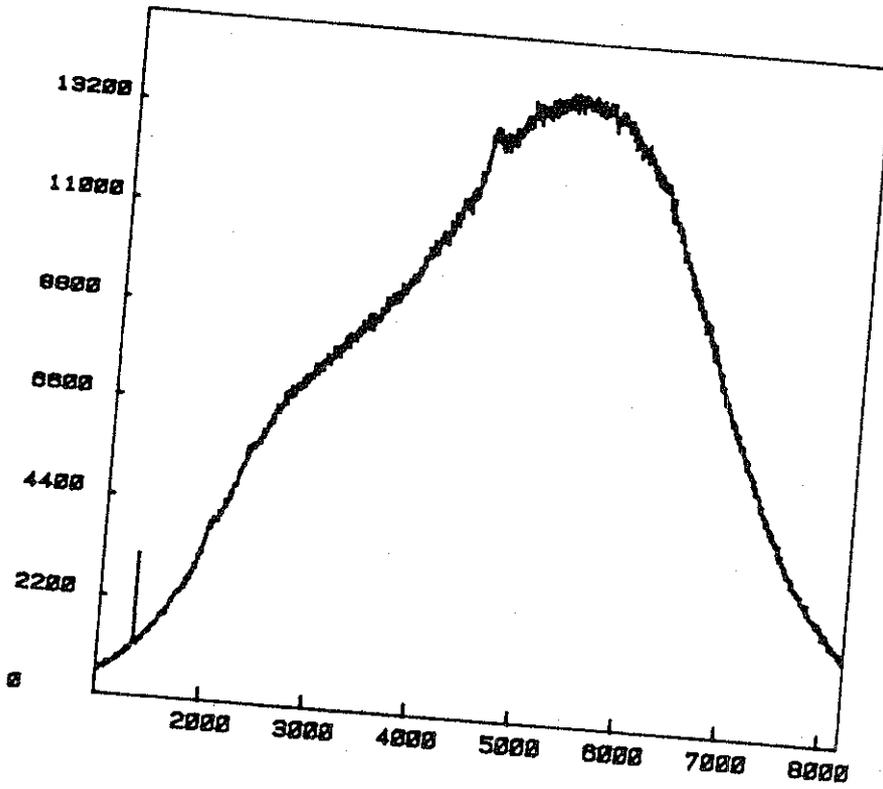
SK 17 - L 20 - L 21
L 22 - I 32

ANNEXE

DIAM IRR JAUNE FONCE : DE 1000 A 8200 CM-1 , 500 CM-1/CM , 1100 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

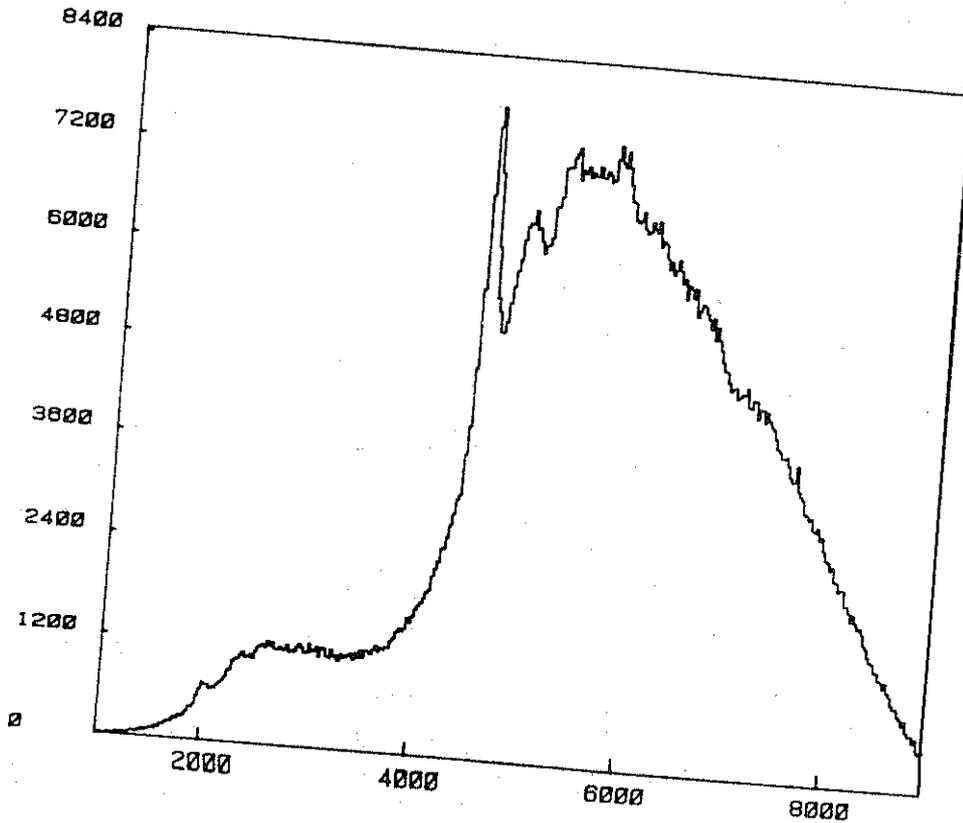
S.K.

fentes 400 μ



DIAM ROUGE GRENAT NAT20 : DE 1000 A 9000 CM-1 , 500 CM-1/CM , 800 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
puissance 30 mW , fentes 180 μm

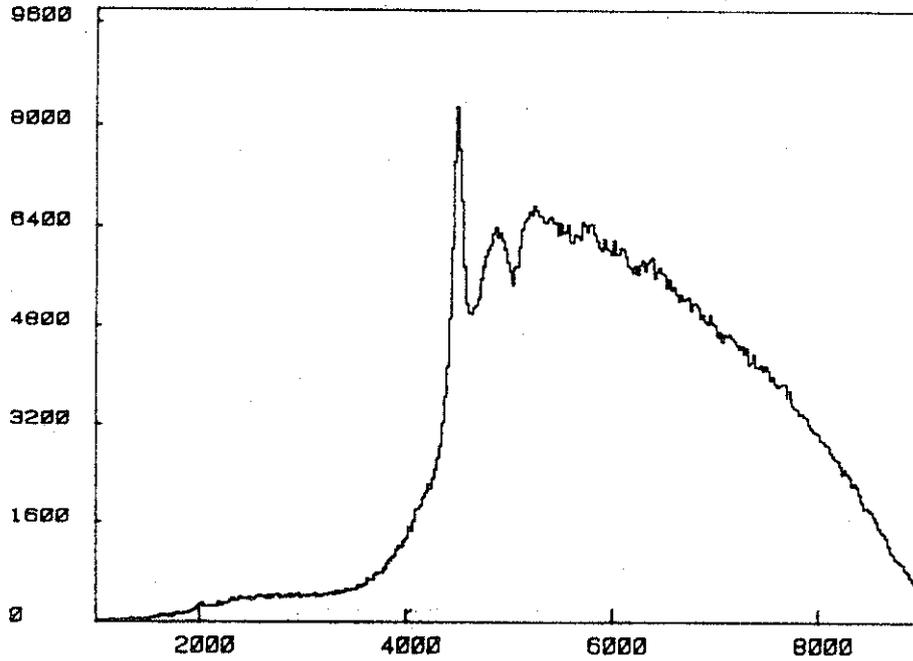
L.20



ANNEXE

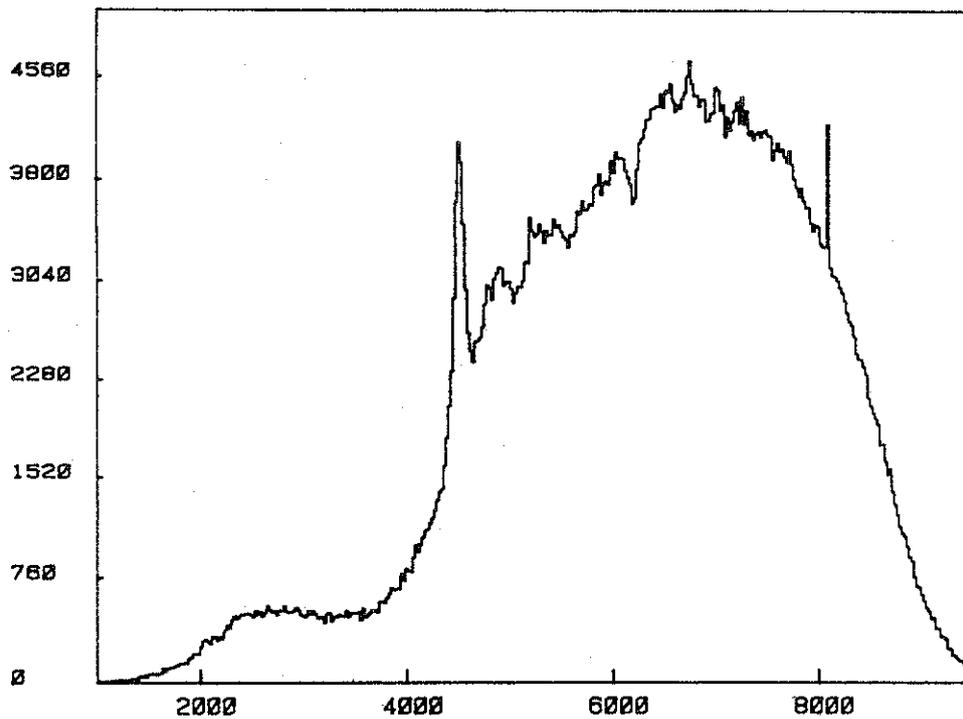
DIAM ROSE NAT21 : DE 1000 A 9000 CM-1 , 500 CM-1/CM ; 800 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
puissance 30 mW , fentes 160µm

L.21



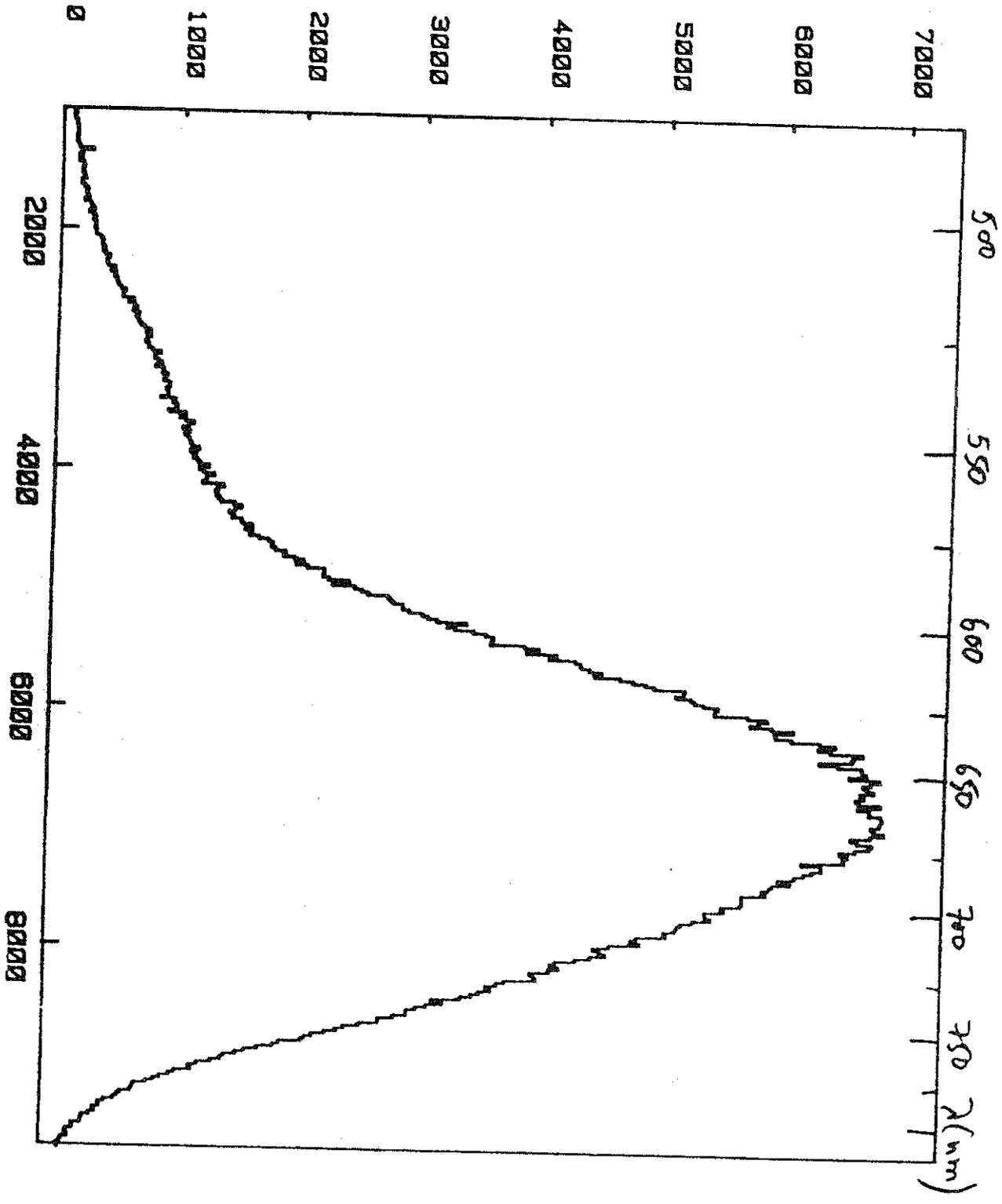
DIAM VIOLET NAT22 : DE 1000 A 9500 CM-1 , 500 CM-1/CM ; 380 COUPS/CM
LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K
puissance 30 mW , fentes 160 µm

L.22

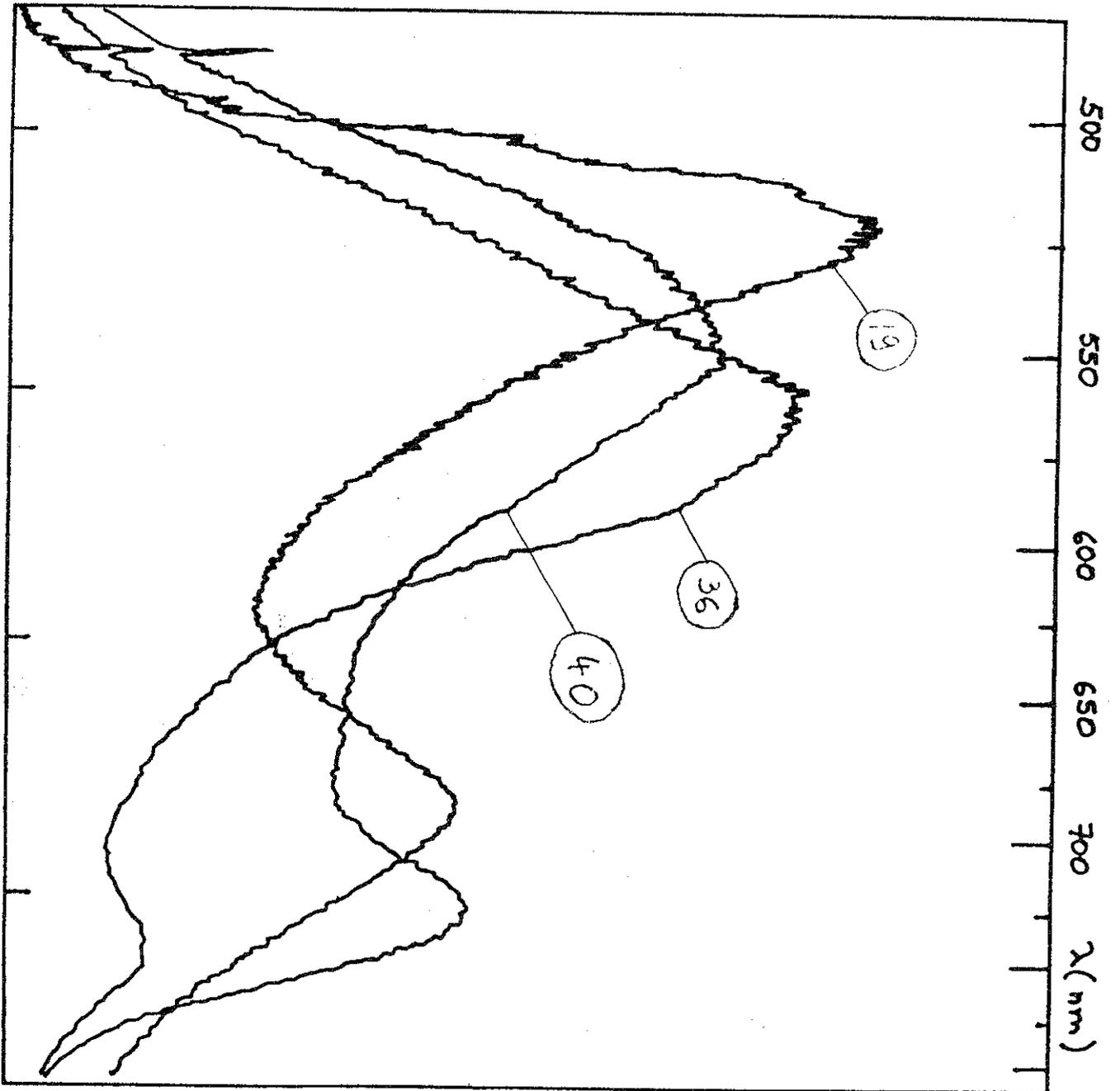


ANNEXE

SERIE A NAVETTE JAUNE ROSE : DE 1000 A 9700 CM-1 : 500 CM-1/CM : 500 COUPS/CM
25mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K I.32



ANNEXE



Spectre de catégorie C 1
Tableau N° 4

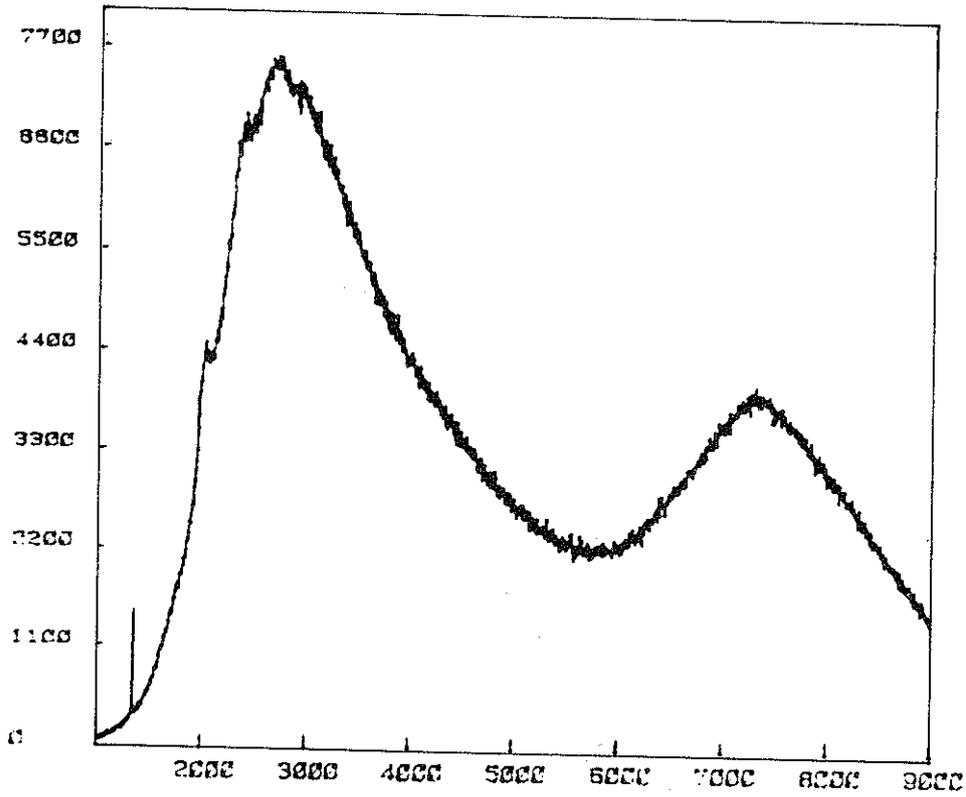
Pages suivantes :
SK 19 - I 36 - I 38 - A 40

ANNEXE

DIAM IRR BRUN : DE 1000 A 9000 CM⁻¹ , 500 CM⁻¹/CM , 550 COUPS/CM
 LASER LINE = 457.9NM TEMPERATURE = 300K

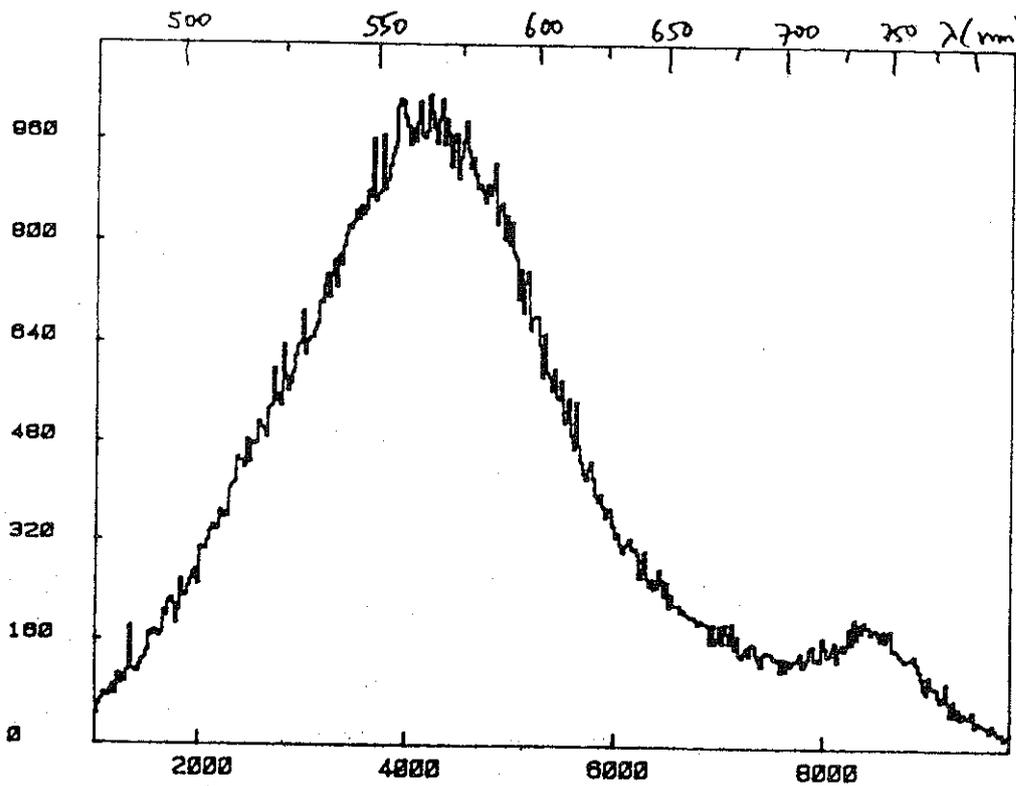
S.K.19

fentes 250 μ



SERIE A JAUNE BLEU : DE 1000 A 8000 CM⁻¹ , 500 CM⁻¹/CM , 80 COUPS/CM
 50mW Laser Line = 457.8nm Temperature = 300K

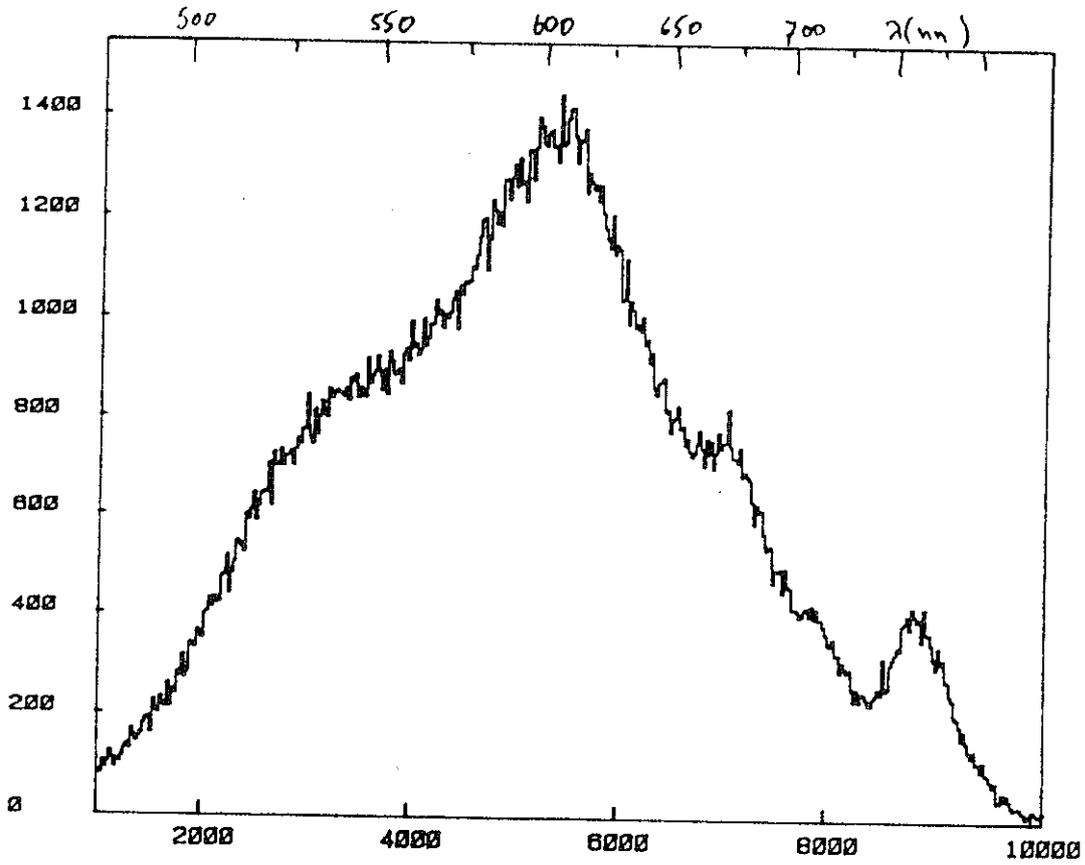
I.36



ANNEXE

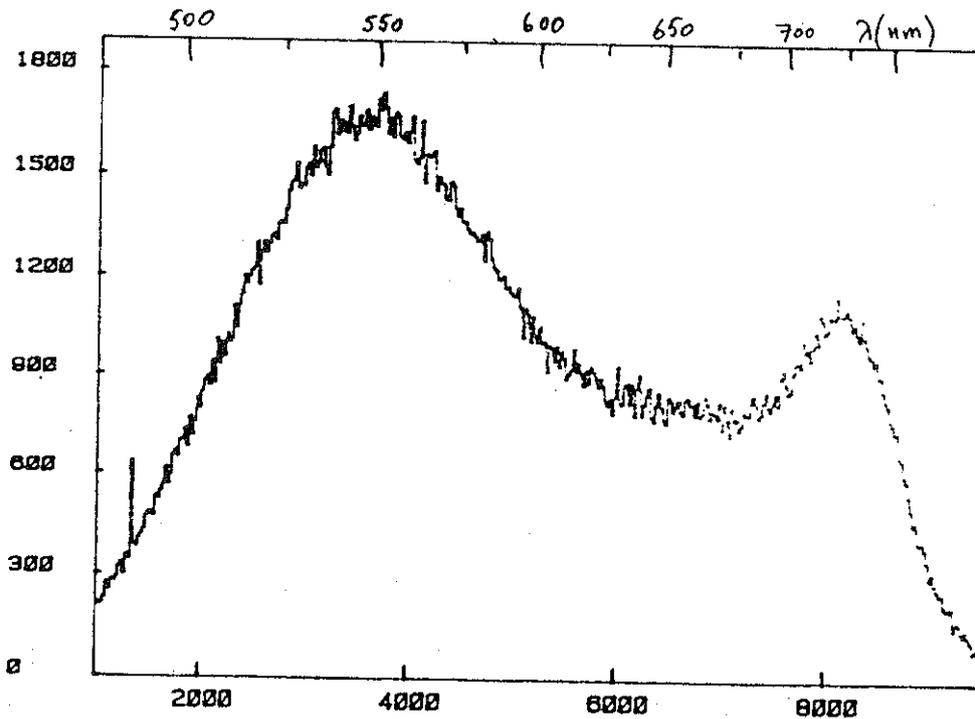
SERIE A PETIT JAUNE MARRON , DE 1000 A 10100 CM-1 , 500 CM-1/CM , 100 COUPS/CM
 30mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

I.38

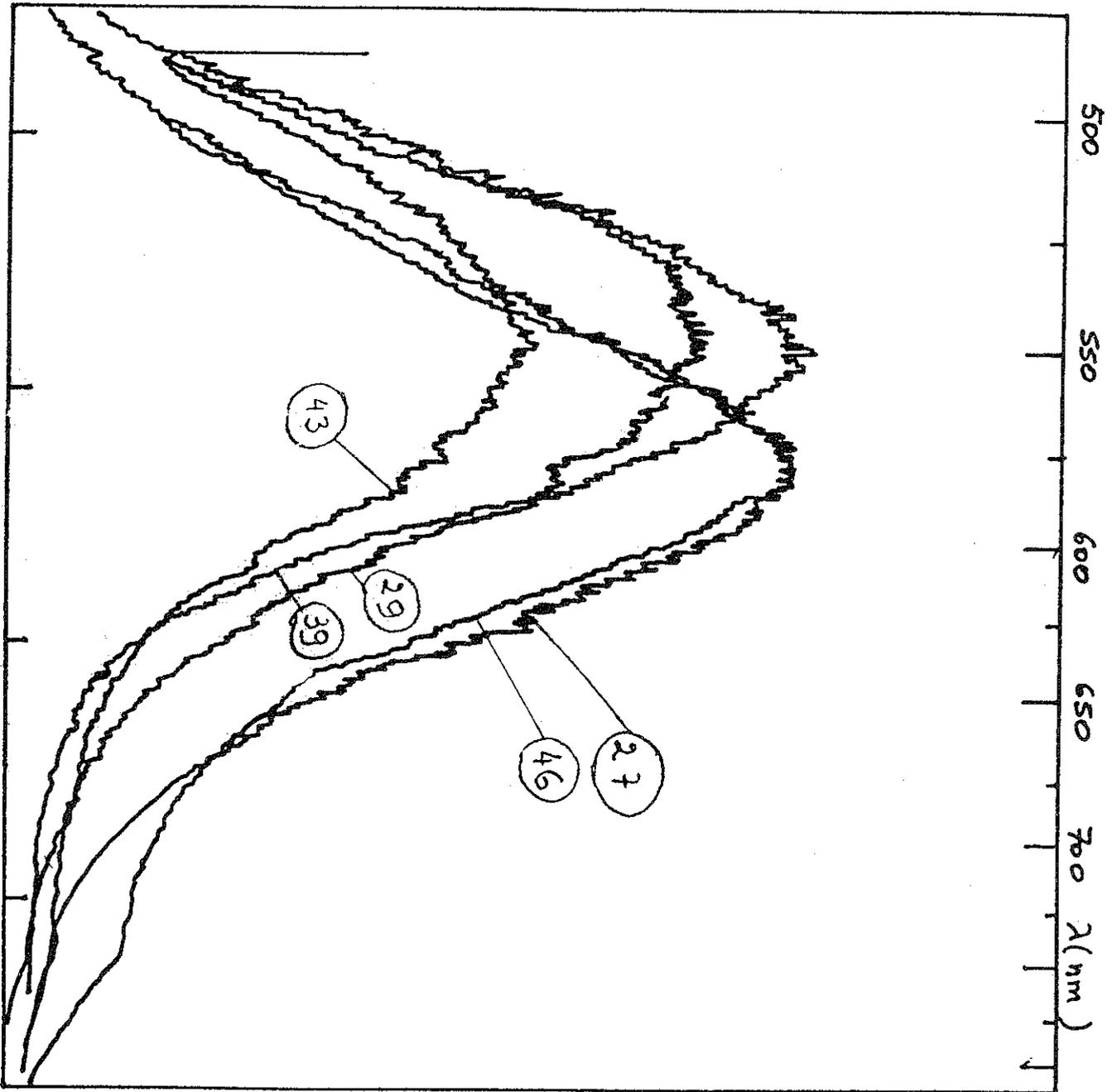


ARONIN GROS JAUNE VERT , DE 1000 A 9500 CM-1 , 500 CM-1/CM , 150 COUPS/CM
 200mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

A.40



ANNEXE



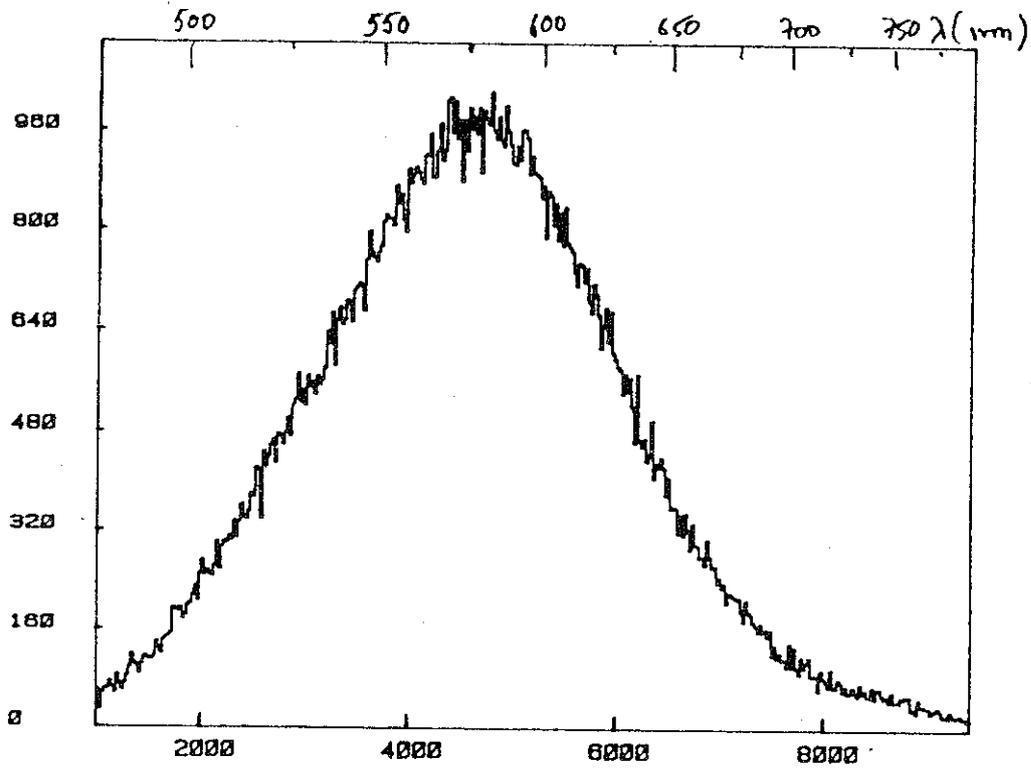
Spectre de catégorie C 2
Tableau N° 5

pages suivantes :
MNHN 27 - MNHN 29 -
I 39 - I 43 - A 46

ANNEXE

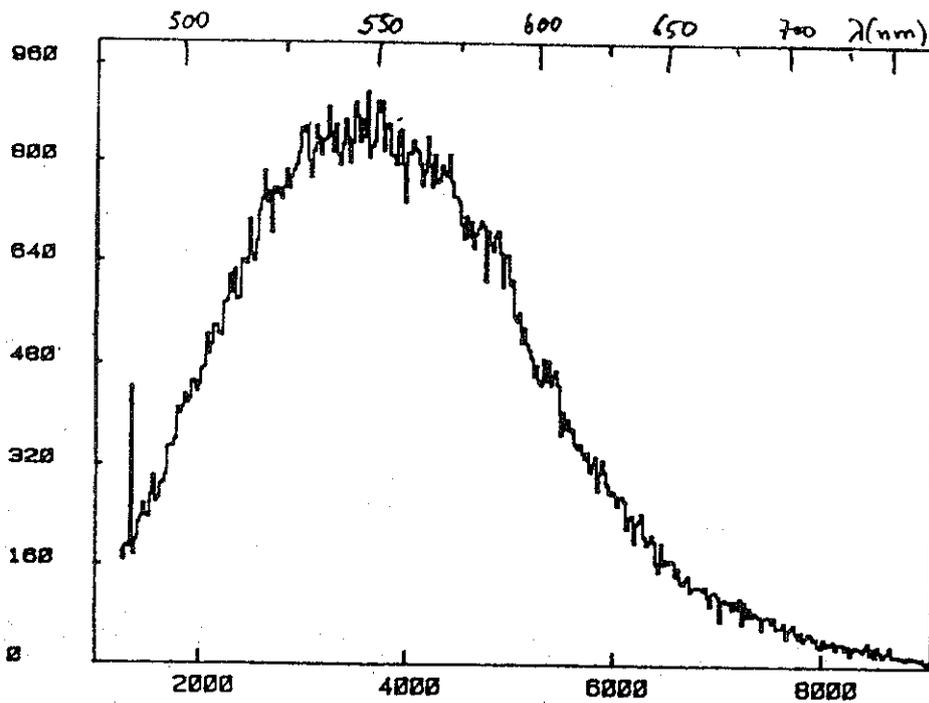
DIAM JAUNE CLAIR 27MNHN : DE 1000 A 9400 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
50mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

MNHN.27



DIAM JAUNE CLAIR 29MNHN : DE 1000 A 9045 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
100mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

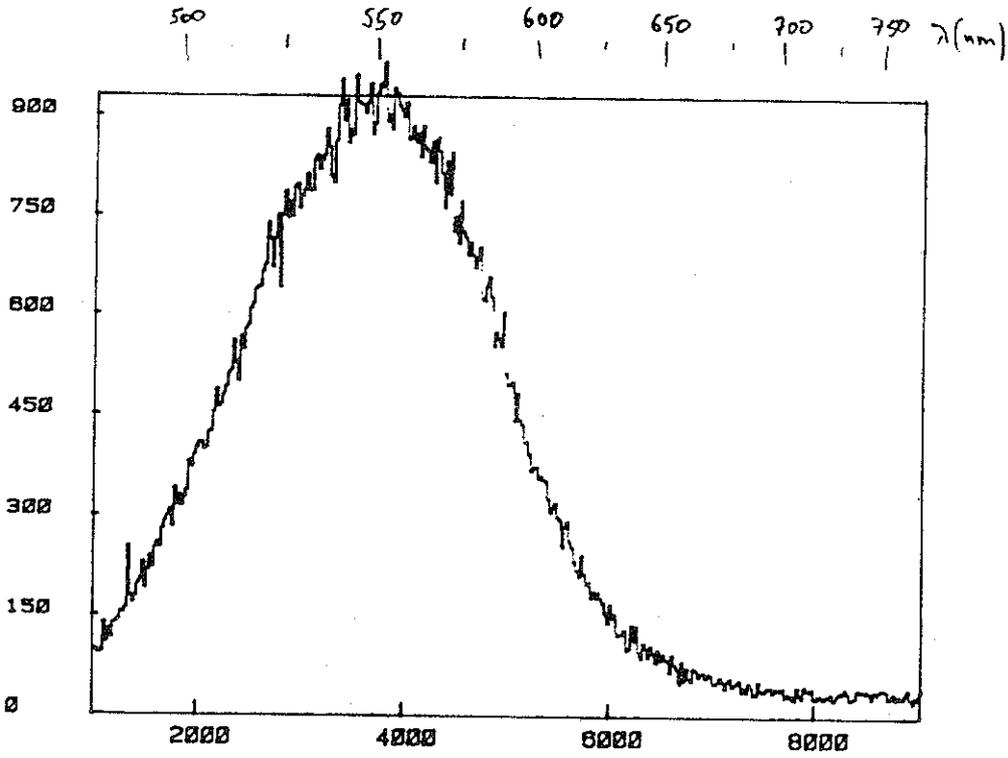
MNHN.29



ANNEXE

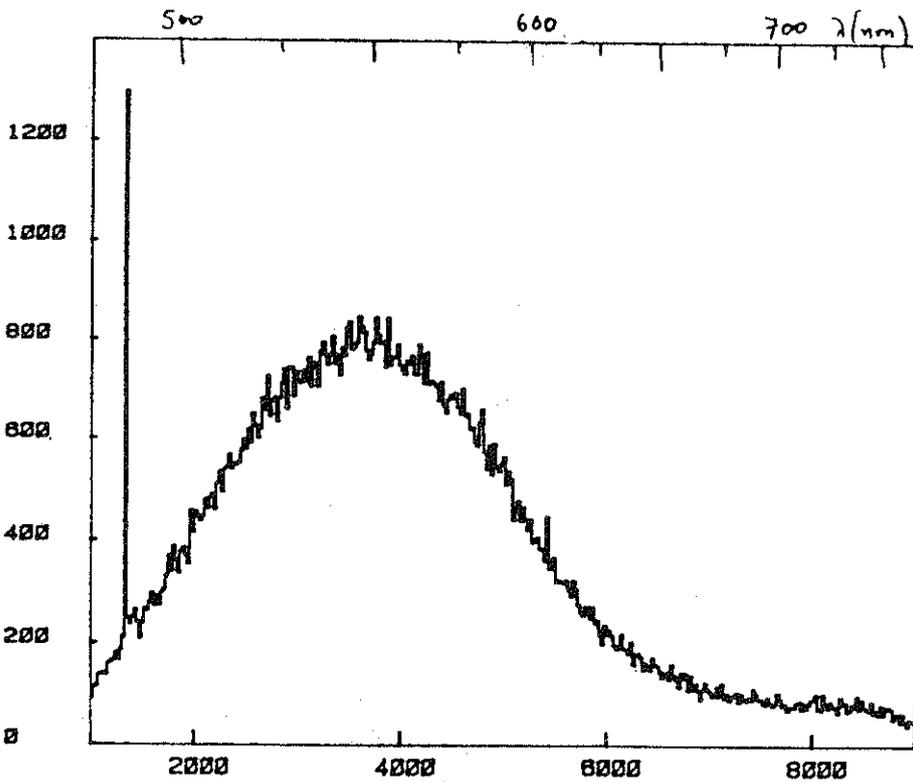
SERIE A PETIT MARRON CLAIR : DE 1000 A 9000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 75 COUPS/CM
200mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

1.39



ARONIN TOMBEAU : DE 1000 A 9000 CM-1 : 500 CM-1/CM ; 100 COUPS/CM
500mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

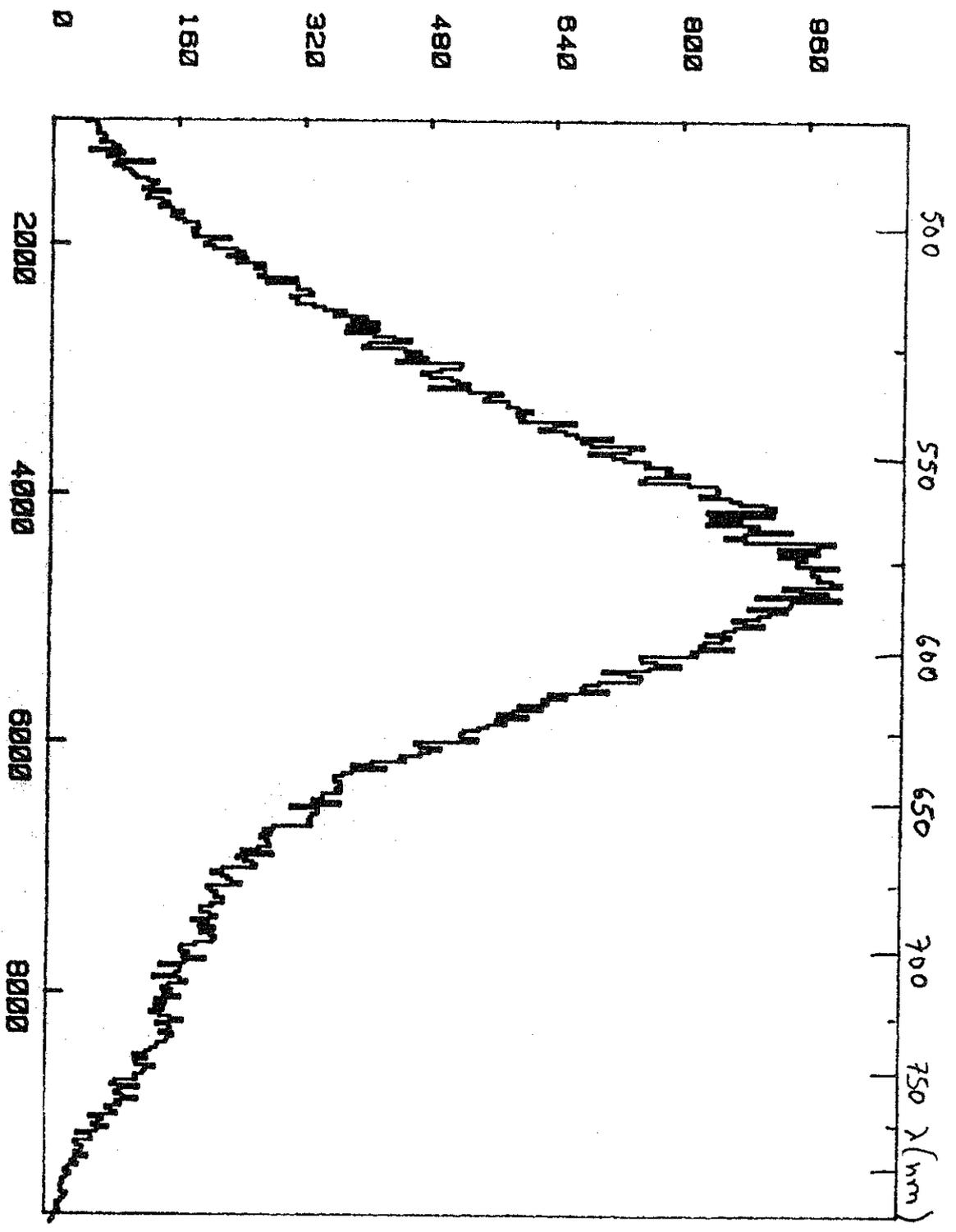
1.43



ANNEXE

ARKUNIN PEILI MARKUN CLAIR ; DE 1000 A 9800 CM-1 ; 500 CM-1/CM ; 80 COUPS/CM
75mW Laser Line = 457.9nm Temperature = 300K

A.46



T A B L E D E S M A T I E R E S

| | |
|--|-----------|
| AVANT-PROPOS | p.1 |
| RESUME | p.2 |
| INTRODUCTION | p.4 |
| CHAPITRE I | |
| 1.1 - NATURE DU DIAMANT | p.6 |
| 1.2 - PROPRIETES PHYSIQUES | p.6 |
| - CLASSIFICATION PHYSIQUE | p.7 à 11 |
| - PROPRIETES DU DIAMANT | p.12 à 14 |
| CLASSIFICATION | |
| - ORIGINE GEOLOGIQUE | p.15 |
| - EXTRACTION DU DIAMANT | p.15 |
| - UTILISATION | p.16 |
| - PAYS PRODUCTEURS | p.16 |
| - LA SYNTHESE | p.16 |
| - LE CLIVAGE | p.17 |
| - LE SCIAGE | p.18 |
| - L'EBRUTAGE, LA TAILLE | p.19 |
| CHAPITRE II | |
| - LA FLUORESCENCE | p.20 |
| - RAMAN ET FLUORESCENCE | p.20-21 |
| CHAPITRE III | |
| - ESSAIS DE CORRELATION ENTRE LES CATEGORIES COMMERCIALES ET LEUR FLUORESCENCE | p.22 |
| - METHODOLOGIE | p.22 à 28 |
| - LES ECHANTILLONS ANALYSES RESULTATS | p.29-30 |

.../...

CHAPITRE IV

| | |
|---|---|
| - LE PROBLEME DES DIAMANTS DE COULEUR | p.31 |
| 4.1 - LA COULEUR DES DIAMANTS | p.31 |
| 4.2 - COULEUR DES DIAMANTS NATURELS COMPARAISON DES SPECTRES A, B, C | p.32 p.33 à 37 |
| 4.3 - LES COULEURS DES DIAMANTS TRAITEES | p.38 |
| 4.4 - MODIFICATION ARTIFICIELLE DE LA COULEUR DES DIAMANTS | p.39 à 42 |
| 4.5 - METHODES ACTUELLES DE CARACTE- RISTIQUES DES DIAMANTS DE COULEURS NATURELLES ET TRAITEES | p.43 |
| 4.6 - ESSAIS DE CARACTERISATION DES DIAMANTS DE COULEURS NATURELS OU TRAITES PAR LEUR FLUORESCENCE | p.43 |
| MODE D'ANALYSE | p.44 |
| RESULTATS | p.45 à 48 |
| CONCLUSIONS GENERALES | p.49 |
| BIBLIOGRAPHIE | p.50 |
| ANNEXE A DIAMANTS EXAMINES PAR LES APPAREILS CLASSIQUES D'UN GEMMOLOGUE | p.51 à 54 |
| ANNEXE B LA COULEUR LA PURETE | p.55 - 56 |
| LA TAILLE | p.57 |
| ANNEXE C LES SPECTRES SPECTRES DE CATEGORIE DIAMANTS ETALONS N°1 SPECTRES DE CATEGORIE A N°2 SPECTRES DE CATEGORIE B N°3 SPECTRES DE CATEGORIE C 1 N°4 SPECTRES DE CATEGORIE C 2 N°5 | p.58 à 60 p.61 à 75 p.77 à 80 p.81 à 83 p.84 à 87 |
| TABLES DES MATIERES | p.88 - 89 |