

**BULLETIN**

**de**

**L'A.M.S**

Numéro 46-47  
4<sup>ième</sup> trim 2005

## PRINCIPAUX TRAITEMENTS des GEMMES

Jean-Paul Poirot

(conférence du 29 janvier 2005 , aux A.M.I.S.)

*" L'écaïlle est teinte ... L'ambre est coloré, avec du suif de chevreaux, de la racine d'orcanette et même du murex ... La couleur des émeraudes est grandement améliorée à l'aide de vin et d'huile... Les Éthiopiens font luire l'escarboucle en la maintenant vingt quatre jours durant dans du vinaigre... Il existe des Traités, que certes je n'indiquerai pas, qui fournissent des recettes pour teindre le cristal de roche en émeraude ou autres gemmes diaphanes. Aucune autre falsification se rapporte davantage ". Pline l'Ancien, Histoire Naturelle (vers 78 après J.-C.)*

Au début de notre ère, la modification de l'aspect des gemmes, de même d'ailleurs que la confection d'imitations, était bien maîtrisée. Ces techniques étaient anciennes : Théophraste, au IV<sup>ème</sup> siècle avant notre ère, mentionnait déjà que l'émeraude était l'objet de modifications.

Des Traités dont nous parle Pline, il ne nous est parvenu que des fragments; le plus célèbre est sans aucun doute le "papyrus de Stockholm"<sup>1</sup> qui rassemble plusieurs dizaines de recettes. Depuis cette époque, les techniques ont certes évolué, mais c'est surtout depuis la deuxième partie du XX<sup>ème</sup> siècle que les procédés se sont développés, par utilisation de chaleur plus intense, par remplacement de l'huile par des résines, par réelle maîtrise des produits chimiques, par utilisation de rayonnements alors inconnus (rayons gamma, flux d'électrons, flux de neutrons). Ceci a conduit la CIBJO (Confédération Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfèvrerie, des diamants, pierres et perles et des industries qu'y si rattachent) à distinguer des améliorations liées à des usages traditionnels et des modifications liées à des techniques modernes. Les premières n'ont pas à être particulièrement signalées<sup>2</sup> et il suffit d'inscrire une remarque générale du genre "les gemmes sont souvent chauffées avant ou après taille pour améliorer leur couleur ou leur pureté". 'Les secondes par contre doivent faire l'objet d'une

signalisation spécifique par l'adjonction du mot "traité" au nom de la gemme. Toutefois, dès qu'une gemme est assez importante, l'acheteur demande souvent un renseignement plus précis, et les gemmes sont généralement proposées dans les grandes ventes aux enchères internationales avec une précision telle que "aucune trace de traitement thermique n'a été décelée" : cela sous-entend donc que, sauf mention particulière, la plupart des gemmes présentées au public sont "améliorées"...

Quels types de modifications peut-on donc apporter à une gemme pour améliorer son aspect ? Il peut être envisagé de modifier simplement la surface de la pierre, ce qui permet théoriquement de retrouver la pierre initiale par lavage ou polissage. Il peut être aussi envisagé de modifier la masse même de la gemme, soit par pénétration de matières étrangères dans une pierre ornementale poreuse ou une gemme givreuse, soit par transformation de la structure ou de la texture du minéral, ce qui est à priori difficile à éliminer ultérieurement

## **MODIFICATIONS DE SURFACE**

2

### **- Paillons et coloriage**

La technique la plus ancienne est de placer une feuille métallique réfléchissante sous une gemme transparente, afin de lui donner plus d'éclat. L'emploi de paillon en or, en argent, en cuivre ou en alliage de ces métaux était courant et s'observe sous la plupart des grenats des bijoux mérovingiens ; ce paillon n'adhère pas nécessairement à la gemme, et fait plutôt partie de l'art du joaillier. Il peut bien sûr être coloré par un émail ; pour renforcer ou donner de la couleur à une gemme, il sera plus simple d'enduire la culasse de cette gemme d'une peinture réfléchissante ou d'une peinture colorée. Ainsi en arrive-t-on au "coloriage", particulièrement utilisé aux XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles : la plupart des émeraudes montées sur les bijoux russes apportés par les émigrés de 1917 étaient ainsi "coloriées". Le diamant aussi pouvait être "colorié", tel le Paul Premier, un diamant rose de forme coussin de 13,35 carats d'aspect rouge sang du fait de l'adjonction d'un paillon, monté depuis 1810 au centre d'un diadème en diamants exposé au Fonds Diamantaire Russe du Kremlin à Moscou (il fut acheté 100 000 roubles par le Tsar Paul I (1796-1801) Une observation attentive (loupe de grossissement 10X ou binoculaire) suffit pour mettre cette « amélioration » en évidence.

Aujourd'hui encore, il arrive que certaines gemmes, montées en serti clos fermé (maintenues sur le bijou par une bande métallique sur le pourtour de la pierre, l'emplacement de la dite pierre étant une cupule métallique, interdisant donc la lumière de pénétrer dans la pierre par sa culasse, non directement visible) aient leur couleur ou leur vivacité renforcée à l'aide d'un paillon. Quant au diamant, le traitement de la culasse par un enduit bleuté fluoré permet de dissimuler le ton un peu jaunâtre de certaines pierres ; plus simplement et de manière plus subtile, il suffit de bleuir un rondiste<sup>3</sup> ébruté pour arriver à un résultat similaire, mais un bon nettoyage restitue l'aspect réel de telles pierres.

### **- Bains radioactifs**

Dès la découverte de la radioactivité, il fut constaté que ces rayons invisibles, alors mystérieux, provoquaient l'apparition de couleur dans le diamant. Ainsi, vers 1904, W. Crookes obtint-il une teinte verte sur un diamant mis plusieurs mois en contact avec un sel de radium ; toutefois, le diamant devenait lui-même radioactif. Nous avons maintenant appris que la surface du diamant adsorbait des éléments radioactifs et que les rayons alpha émis, peu pénétrants, modifiaient la structure cristalline des couches superficielles du diamant, entraînant une couleur verte, pouvant d'ailleurs virer au jaune par chauffage ; la radioactivité était celle des éléments adsorbés.

Par polissage, il est alors possible d'éliminer l'adsorption superficielle, d'où la radioactivité, mais les couches superficielles modifiées sont aussi ôtées par cette opération, et le diamant retrouve son aspect primitif, à la différence de masse près. De tels diamants devenus radioactifs sont dangereux à porter, car ils détruisent les tissus vivants sur lesquels ils se trouvent, et peuvent à la longue conduire à l'amputation d'un doigt... Cette méthode n'est plus utilisée, mais des diamants ainsi traités dans les "années folles" (1930-1940) peuvent encore se rencontrer sur le marché. Un gammamètre de poche (en forme de stylo) suffit pour mettre ce traitement en évidence.

### **- Diffusion en surface**

Faire pénétrer dans une gemme des éléments chromogènes semble être une

solution pour améliorer son aspect sans risquer la destruction du traitement par nettoyage. Mais une telle diffusion nécessite de favoriser les mouvements des éléments par des températures élevées, et elle ne se produit que lentement : il faut compter quelques dizaines d'heures pour faire pénétrer de quelques centièmes de millimètres un élément de grosseur moyenne (titane, chrome, essentiellement) dans un corindon...

Ce sont essentiellement des corindons incolores qui sont ainsi traités (figure 1), dont la couleur (bleu, rouge, orangée) est obtenue en surface : un polissage suffit à l'éliminer, une égrisure révèle la masse incolore... Par augmentation de la durée du traitement, il est certes possible d'obtenir des pénétrations plus profondes, voire - pourquoi pas ? - une diffusion à cœur. Le coût du traitement ne risque-t-il pas de devenir alors prohibitif ? L'évolution des techniques est cependant si rapide que cette objection peut devenir rapidement caduque : il ne semble pas irréaliste d'envisager que la diffusion superficielle devienne dans un avenir relativement proche une diffusion à cœur. La diffusion du titane n'arrive que rarement à pénétrer plus d'un millimètre, et reste donc encore toujours assez superficielle, ce qui permet de la détecter à l'œil (figure 2). Elle peut aussi se détecter par analyse de la fluorescence X provoquée par exposition à des rayons X durs : une teneur anormalement élevée en titane ( ou en chrome) révèle cet enrichissement superficiel de la gemme.

Par contre de nombreux corindons pâles sont maintenant diffusés au béryllium ce qui leur donne une couleur approchant celle du papuradscham (orangé, couleur d'aurore). Seuls des effets accessoires (halo coloré entourant quelques rutiles éventuellement présents par exemple) permettent une suspicion. Le béryllium étant trop léger pour être détecté par analyse de fluorescence X induite, il faut alors s'adresser à des techniques plus élaborées, telles que le PIGE (analyse de l'émission gamma provoquée par des protons) ou la spectrométrie de masse sur crypto-prélèvements (ablations au laser).

#### **- Enrobages synthétiques**

Il est tout à fait possible de faire croître un cristal artificiel sur un germe minéral prétaillé. Ainsi furent réalisées les premières synthèses hydrothermales d'émeraude commercialisées. Ces "béryls enrobés" étaient constitués d'une aigue-marine claire comportant une surcristallisation d'émeraude

synthétique hydrothermale de quelques dixièmes de millimètre : vendue sous le nom d'"emerita" dès 1960, cette production fut à l'origine des émeraudes synthétiques hydrothermales fabriquées d'abord aux États-Unis (Linde), puis dans le monde entier. Cette technique fut aussi à l'origine de la fabrication de corindons enrobés de toutes couleurs, qui initièrent la fabrication de corindons synthétiques par voie fluide (anhydre puis hydrothermale).

Un intéressant développement de cette technique de croissance cristalline de style épigénétique est l'obtention par CVD (Chemical Vapor Deposition) de couches polycristallines micrométriques de diamant sur divers matériaux (quartz, "fabulite" (titanate de strontium), etc.), ce qui permet de "durcir" les facettes et d'éviter les rayures... Cette technique est maintenant mise en œuvre pour obtenir à basse pression des diamants synthétiques à partir d'un plasma préparé à base d'un mélange hydrogène-hydrocarbure traité par microondes ( production prévue pour 2005 ; 10.000 diamants synthétiques de joaillerie pesant 1 carat).

## **IMPREGNATIONS**

5

Il est possible de faire pénétrer dans les espaces intergranulaires des roches ornementales (jade, turquoise, etc..), et dans les givres ouverts des gemmes givreuses (émeraude, etc...), des fluides qui s'y maintiendront soit par capillarité, soit par dessiccation (d'où des dépôts divers), soit par durcissement (polymérisation, etc..). Ainsi en est-il d'huiles et de résines, colorées ou non, de verres, de teintures diverses.

### **- Teintures**

Les teintures peuvent être destinées à renforcer la couleur de gemmes ou de pierres ornementales trop pâles ou à faire ressembler une pierre ordinaire à une pierre plus recherchée.

En général, la teinture devra être précédée d'un nettoyage des givres ou des pores afin d'éliminer notamment les dépôts ferrugineux. Tel est le cas par exemple des jades, tout d'abord "blanchis" à l'acide pour éliminer des tons brunâtres (dépôts ferrugineux), puis teints, par une teinture organique classique

autrefois, par une résine colorée qui durcit dans la pierre aujourd'hui. Tel est aussi le cas des émeraudes.

Le cas classique de la teinture destinée à imiter une autre pierre ornementale est celui des jaspes teints en bleu au "bleu de Prusse" (ferrocyanure de potassium), qui furent présentés fallacieusement depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle comme "lapis suisse" ou "lapis allemand".

Quant à la teinture destinée à imiter une autre gemme, l'exemple classique est celui des "rubasses", quartz cristal de roche dont les fêlures sont emplies d'une solution colorée (rouge ou verte le plus souvent) au moment où elles sont provoquées par choc thermique : le cristal de roche froid est approché au contact d'une solution colorée bouillante, mais sans l'y plonger, afin qu'il ne se brise pas (la recette est longuement détaillée dans les ouvrages du XIX<sup>ème</sup> siècle).

6 Un cas particulier de cette technique est la caramélisation de calcédoines pâles ou d'opales blanches pour leur donner l'apparence d'onyx ou d'opale noire (figure 3). Cette pratique, déjà décrite par Pline au début de notre ère, consiste à faire pénétrer dans la pierre une solution sucrée (miel, etc.) et de provoquer un dépôt de carbone en détruisant sur place le glucose par de l'acide sulfurique (vitriol...).

Une bonne observation optique suffit généralement à mettre ces traitements en évidence ; toutefois, dans le cas des lapis lazuli de couleur renforcée par une teinture organique, parfois difficile à déceler à la loupe, passer un coton imbibé de solvant organique (l'acétone suffit en pratique) sur l'objet douteux, bleuit le coton, méthode facile et utilisable partout (mais inefficace dans le cas de teinture minérale).

### **- Blanchiment**

Une application particulière des imprégnations est l'élimination des tons légèrement jaunâtres des perles par oxydation des matières organiques responsables. Autrefois, les négociants arabes en perles fines conservaient leurs perles dans de l'eau de pluie, ce qui avait le double effet de les blanchir et de maintenir leur humidité naturelle. Aujourd'hui, les perles de culture "inco

lores" sont systématiquement nettoyées lors de la récolte à l'eau oxygénée diluée (pour ne pas détruire toute la matière organique), puis soumises généralement à une teinture, (organique ou, le plus souvent, minérale - comme du mercurochrome - pour éviter son affadissement avec le temps) qui leur donne une nuance rosée appréciée, et facilite l'homogénéisation de l'aspect des perles de culture d'un collier.

### **- Elimination des diffusions**

Remplacer l'air des espaces intergranulaires ou des givres ouverts par un fluide incolore d'indice de réfraction plus élevé diminue l'intensité des diffusions lumineuses sur ces surfaces, et peut même les éliminer si les indices de réfraction du fluide et de la gemme sont identiques. Dans le cas de givres propres et très minces, cela élimine ainsi des interférences lumineuses qui peuvent être fort désagréables. Après élimination de la diffusion incolore (ou/et des interférences liées à cette diffusion sur les lèvres du givre) qui dénature sa couleur, une gemme semblera alors plus colorée : "sa couleur est restaurée". La "restauration" de la couleur s'observe bien sur des turquoises pâles qui, gorgées d'eau, paraissent d'un turquoise plus prononcé, et qui redeviennent pâles une fois l'eau évaporée : remplacer l'eau par une résine incolore qui polymérise dans la turquoise maintient cette couleur renforcée en bouchant durablement les pores de cette pierre ornementale. Cette pratique est courante près des gisements de la "ceinture de cuivre" américaine ; les turquoises ainsi traitées sont livrées dans les réserves indiennes qui les transforment en "bijoux indiens traditionnels" achetés par les touristes.

De telles turquoises furent initialement présentées comme "turquoises stabilisées", terme mal compris des usagers, ce qui entraîna maintes difficultés avant son interdiction (actuellement, les résines imprégnant les turquoises sont généralement colorées, ce qui permet d'obtenir les tons identiques recherchés par la bijouterie fantaisie, et justifie pleinement l'appellation "turquoise traitée"). Accessoirement, l'utilisation des résines rend les turquoises plus cohérentes. Poser la pointe d'une aiguille incandescente sur une turquoise ainsi traitée provoque une auréole de fusion du plastique autour du point de contact, ce qui révèle facilement le traitement (de telles turquoises poreuses imprégnées de thermoplastique peuvent en receler

jusqu'à 30% en masse !)

L'usage d'huiles diverses pour dissimuler les givres des émeraudes est immémorial ; bien sûr, un nettoyage des givres à l'acide doit être effectué avant l'huilage (d'où les descriptions anciennes qui parlent d'amélioration de la couleur par le vin et l'huile). L'huile peut être évidemment utilisée sur toute gemme givrée... Mais une huile qui est entrée peut ressortir, surtout si elle fût entrée sous pression (d'où cette surprise de voir des émeraudes "transpirer" sous des spots de vitrine car les gouttes d'huile révèlent alors le trajet des givres ouverts sur les facettes de l'émeraude). Ceci conduisit naturellement à rechercher des huiles peu fluides à température ordinaire mais suffisamment fluides vers 150° C à 200° C afin de bien pénétrer les gemmes. Ceci entraîne surtout l'emploi, maintenant généralisé, de diverses résines censées polymériser à volume constant (ce qui n'est jamais vraiment le cas, d'où l'introduction de tensions plus ou moins importantes selon la variation de volume à la polymérisation, et la fragilisation des gemmes ainsi "améliorées"). Plus d'une centaine de résines sont ainsi utilisées

8

sur diverses gemmes. Selon l'effet de leur présence dans la gemme, des laboratoires tels que celui du G.I.A.<sup>4</sup> (G.I.A. Gemological Institute of America ) indiquent que l'amélioration obtenue est minime, raisonnable ou importante (minor, moderate, significant enhancement). Une observation optique minutieuse permet de supputer un tel traitement, par la présence des traces des givres en surface, givres qu'il est parfois possible de mettre en évidence dans la pierre par un éclairage adéquat. La spectrométrie infra-rouge révèle et la présence et la nature du plastique utilisé pour ce traitement. Le décret 2002-65 du 14 janvier 2002 dispense d'indiquer ce traitement au consommateur « s'il s'agit d'une substance incolore fluide », ouvrant ainsi la porte à tous les excès.

Lors du traitement thermique des corindons, l'emploi d'un fondant qui pénètre dans les givres ouverts et s'y vitrifie à température ordinaire peut être assimilé à ce type d'amélioration ; son effet est d'ailleurs recherché dans le cas des rubis de Mong-Shu (Birmanie) afin non seulement de réduire les diffusions lumineuses, mais aussi de consolider les cristaux. Il est alors question commercialement, du fait de l'invasion de la langue anglaise, de rubis "glass filled".(figure 4)

Bien évidemment, les "laboratoires gemmologistes" parleront là aussi d'améliorations minimales, raisonnables ou importantes. Si l'affleurement de ces matières vitreuses n'est pas perceptible en surface (par différence de pouvoir réflecteur) à grossissement 10X, le décret 2002-65 du 14 janvier 2002 autorise à passer sous silence cette « amélioration artificielle » du rubis et des autres gemmes qui ont subi une telle altération (émeraude, diamant, etc.) : nous nous trouvons ici dans un cas identique à celui de minéraux accidentellement cassés et recollés (est-il admissible de présenter une telle « réparation » sans la signaler ?).

Le diamant est lui aussi sujet à de telles manipulations (figure 5), effectuées notamment à Anvers et en Israël. Le procédé utilisé (en réalité le type de résine) par le manipulateur varie légèrement de l'un à l'autre ; le nom du manipulateur, essentiellement Koss et Yehuda, peut alors être accolé dans certains pays à " diamant ". Par application du décret 2002-65 il n'est pas certain que le consommateur soit averti de ces types de traitements.

Le touriste qui achète un "diamant Koss" n'imagine guère alors qu'il surpasse un diamant traité car, le plus souvent, il pense à un bijou créé par Koss... L'anglais commercial peut réserver parfois bien des surprises au touriste innocent (l'allemand aussi d'ailleurs, car "echt Beindtein" désigne des morceaux d'ambre agglomérés par chauffage et pression, équivalent du français "ambre pressé" ou "ambre fondu", tandis que "natur Bunstein" désigne l'ambre qui n'a subi que la taille : cette subtile distinction entre "véritable" et "naturel" échappe souvent même au germanophone accompli).

## **MODIFICATION DE STRUCTURE OU DE TEXTURE**

Soumettre une gemme à de nouvelles conditions physico-chimiques conduit à agir sur sa constitution même, par modification de liaisons, déplacement d'éléments, variation des états d'oxydation...

## - Chauffage

Le moyen le plus simple pour entraîner des réarrangements dans une gemme est de provoquer l'agitation de ses éléments par élévation de température. Le réarrangement produit peut être ensuite préservé par un refroidissement rapide, sorte de "trempe". Les conditions extérieures au chauffage ne sont pas non plus indifférentes les résultats sont généralement différents selon qu'on opère en atmosphère oxydante (air libre, courant d'air), ou en atmosphère réductrice (espace confiné, présence de "capteurs d'oxygène"). Parfois, il est nécessaire d'opérer sous pression pour éviter des transformations indésirables (fusion de l'ambre, transformation du diamant en graphite).

L'action de la chaleur, et plus particulièrement de la chaleur oxydante, est connue depuis la domestication du feu : les Solutréens (il y a vingt millénaires) homogénéisaient au feu de bois les silex qu'ils taillaient ensuite en "feuilles de laurier"...

L'usage traditionnel du feu ne permettait guère que d'atteindre 1 200°C, ce qui, jusqu'au début du XXIème siècle, ne provoquait que des modifications de couleur ne faisant pas intervenir de diffusion d'éléments pouvant conduire à des homogénéisations des gemmes. Ainsi en est-il de la décoloration du corindon, de la transformation de l'améthyste en citrine, de la transformation de béryl saumon en béryl rose pâle, de la décoloration des zircons grisâtres ou de leur transformation en zircons bleus, etc (figure 6). Alors comme aujourd'hui, cette pratique était considérée comme faisant partie des "us et coutumes loyaux et constants". Edmond Jannettaz écrivait ainsi en 1881 dans son ouvrage "diamant et pierres précieuses"

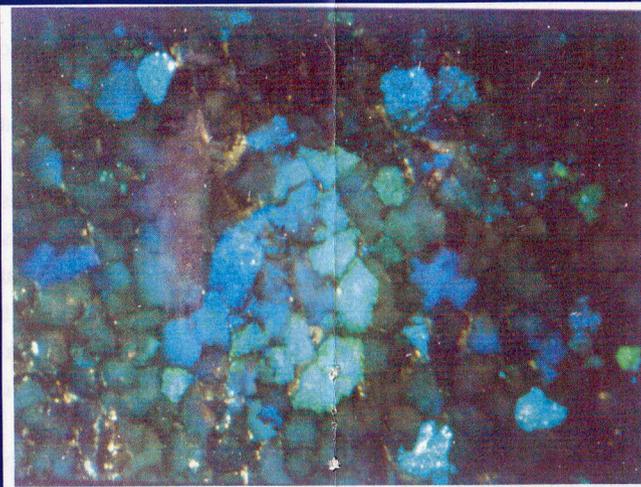
*"nous ne regardons pas comme contrefaçons ces changements de couleur qu'on peut faire subir aux pierres en les soumettant à des températures élevées (agates, quartz, topaze, corindon) "*

Ces passages au feu traditionnel se détectent en général par une accentuation du pléochroïsme du cristal, particulièrement nette dans les cas des aigues-marines ainsi foncées. Le quartz fait exception : alors que la citrine naturelle est pléochroïque, une améthyste devenue citrine par chauffage ne l'est pas. Parfois ce traitement est instable.

L'obtention de températures beaucoup plus hautes (2 000°C) permet de placer les gemmes à proximité de leur point de fusion, et par la suite



saphirs avant (haut) après fig1



opale fig 3

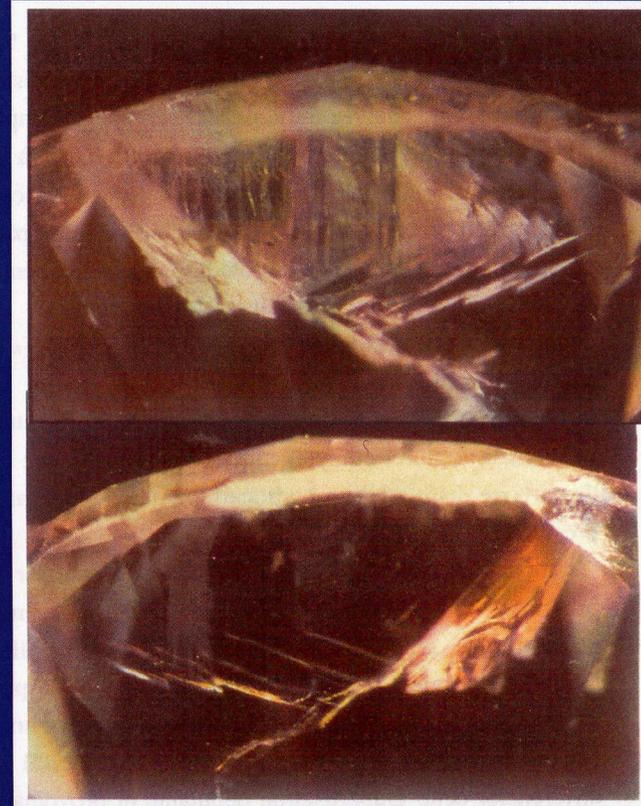
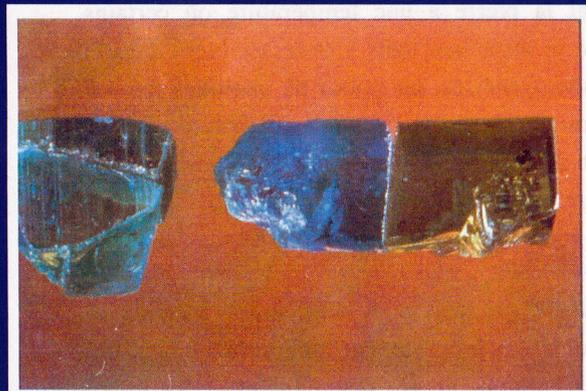


fig 5a (haut) et fig 5b



tanzanite fig6

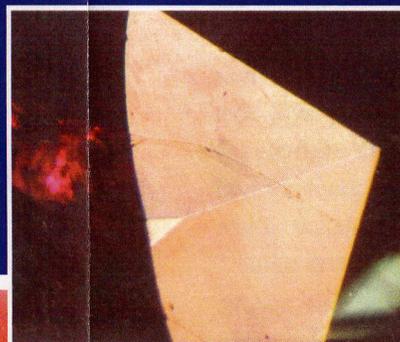


Fig 4

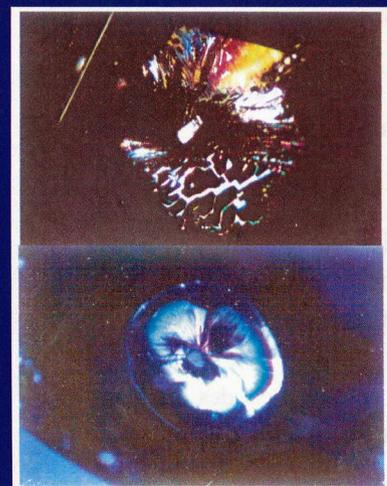
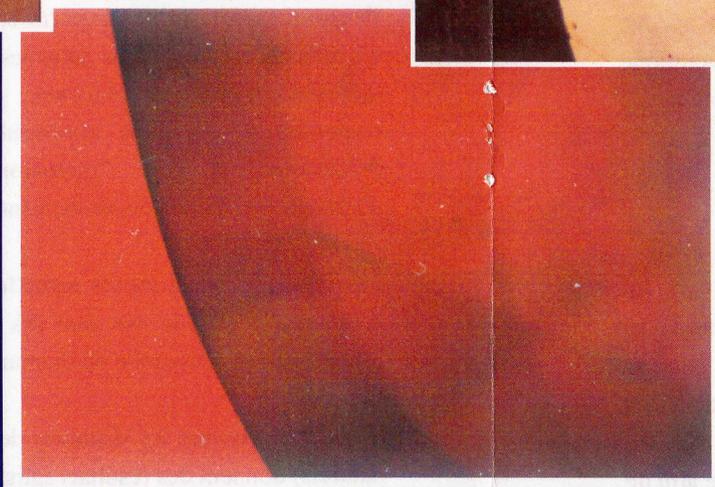


fig7

fig8



corindon diffusé fig2



diamant fig 9

favorise la migration des éléments ; ainsi fait-on disparaître les textures d'exsolution des corindons et obtient-on un corindon titanifère homogène par diffusion du titane auparavant mobilisé dans des "soies" (aiguilles de rutile orientées selon des directions cristallographiques privilégiées du corindon, en l'occurrence les axes de symétrie d'ordre 2). Bien évidemment, les cristallites inclus dans des corindons ainsi *chauffés* aux environs de 2000°C provoquent des éclatements lisses caractéristiques liés aux tensions provoquées par la différence de dilatation entre l'hôte et l'inclusion. (figures 7 et 8) Les aiguilles de rutile qui se dissolvent dans la maille du corindon ne le font parfois que partiellement, ce qui provoque des reliquats « poussiéreux » caractéristiques.

Cette opération modifie non seulement la « propreté » de la gemme, mais aussi sa couleur. Cependant, il est possible de restaurer une texture d'exsolution plus homogène en maintenant la pierre à une température où certains éléments n'ont plus tendance à se disperser, mais à se rassembler ; dans le cas des corindons titanifères homogénéisés, un séjour de quelques jours à 1 400° C permet ainsi au titane de s'exprimer à nouveau en rutile ce qui transforme de tels corindons en saphirs ou rubis étoilés. Ces techniques sont le plus souvent mises en œuvre sur les gisements même, aussi bien en Australie, qu'en Thaïlande ou en Birmanie, au Viêt-Nam, à Sri-Lanka, etc.

11

Pour chaque gemme, pour chaque gisement particulier, il est possible d'"améliorer" ainsi sa couleur ou/et sa propreté par une suite de paliers thermiques déterminés expérimentalement, par des montées et descentes en température contrôlées entre les paliers, le tout joint à un environnement judicieux oxydant ou réducteur, parfois à des pressions plus ou moins importantes (quelques atmosphères dans le cas de l'ambre pour le débarrasser de ses "inclusions", quelques dizaines de milliers d'atmosphères dans le cas de diamants à "blanchir").

Les diamants, ainsi traités actuellement par hautes températures sous hautes pressions (HTHP), le sont dans des conditions proches des conditions de la cristallisation artificielle du diamant (produisant du diamant synthétique).

Seuls pour l'instant les diamants de type IIa (soit environ 1 % des diamants naturels) donnent des résultats satisfaisants, faisant passer leur couleur d'un

brun léger ("légèrement teinté" à "teinté") à un "blanc extra" ou à un "blanc exceptionnel", par élimination de lacunes et dislocations dans la maille cristalline; une analyse minutieuse par spectrographie infrarouge (il est nécessaire d'utiliser pour ce faire un spectromètre à transformée de Fourier d'où l'appellation F.T.I.R.) permet la détection de ce traitement.( les raies d'absorption spectrale doivent souvent être affinées par un enregistrement du spectre à la température de l'azote liquide). Actuellement, non seulement les diamants de type IIa, mais aussi les diamants de type IaA peuvent être améliorés. Cette technique est aussi utilisée pour « débarrasser » de leur nuance jaunâtre les diamants synthétiques, qu'ils soient produits par la technique HPHT (hautes pressions et hautes températures) ou sur un substrat de diamant (naturel ou synthétique) par la technique CVD (dépôt de vapeur de carbone dissocié d'un hydrocarbure amené à l'état de plasma sous faible pression).

12 La mode des diamants noirs a conduit à utiliser cette technique pour provoquer une graphitisation légère des diamants « jaunasses » : les plaquettes de graphite qui apparaissent alors parallèlement aux faces de l'octaèdre primitif brut du diamant lui donne l'aspect d'un diamant noir naturel ; ces plaquettes de graphite dispersées sur un fond transparent sont nettement visibles à la loupe du minéralogiste. Il est assez difficile de différencier cette graphitisation débutante et provoquée d'une graphitisation débutante et naturelle ; cela fait appel à la mise en évidence d'une inhomogénéité de la concentration de graphite dans le cas de la pierre traitée. Bien évidemment le décret 2002-65 du 14 janvier 2002 ne fait aucune différence entre le chauffage *cultuel* ancien et le traitement thermique moderne, et dispense de signaler au consommateur tous les traitements thermiques.

### - Irradiations

Provoquer le déplacement d'éléments dans la maille cristalline en les bousculant avec des neutrons, modifier leur configuration électronique au moyen de rayonnements ionisants (X, gamma), ou introduire des charges électriques au moyen d'un flux d'électrons, sont des techniques maintenant disponibles couramment pour améliorer l'aspect des gemmes ; bien sûr, ces techniques sont de plus en plus complétées par un traitement thermique afin de stabiliser dans une certaine mesure les altérations structurales provoquées.

Les irradiations ionisantes sont parfois instables et disparaissent alors en quelques jours ou quelques mois, comme par exemple les saphirs blancs devenus jaunes, les spodumènes jaunasses devenus *hiddenites*, etc.

L'inconvénient de l'emploi de neutrons est que ceux-ci peuvent aussi transmuter certains éléments contenus dans une gemme, et provoquer ainsi l'apparition d'un isotope radioactif de vie plus ou moins longue. Si la vie des isotopes ainsi créés ne dépasse pas quelques secondes, la radioactivité provoquée disparaît quasiment après une dizaine de minutes, mais il n'en est pas de même si la vie de l'isotope est de l'ordre de l'année ou plus..., auquel cas la radioactivité rémanente peut demeurer plus d'une génération. Les deux exemples classiques de cette éventualité après exposition à un flux de neutrons sont d'une part la topaze (devenue bleue) et d'autre part le diamant (devenu noir ou vert très sombre) ; il est aujourd'hui devenu souhaitable de tester aussi les gemmes avec un gammamètre de poche (appareil maintenant largement commercialisé pour le grand public) pour s'assurer qu'elles ne sont pas dangereuses à porter. Bien évidemment, une gemme dont l'aspect a été "amélioré" par un traitement thermique particulier, ou par une irradiation suivie d'un traitement thermique approprié, est susceptible de subir une évolution de ses nouveaux centres chromogènes à la suite d'un recuit, fut-il accidentel : ainsi une telle "rubellite" (tourmaline rose pâle dont la couleur a été renforcée à la suite d'une irradiation par rayons gamma) peut-elle se décolorer simplement pour avoir été chauffée lors d'un serti au chalumeau, ou lors de la réparation d'un bijou exécutée sans isolation thermique et chimique des gemmes qui l'ornent.

13

### - "Lasérisation"

Un cas particulier de modifications des inclusions est leur dissolution après les avoir atteintes à l'aide d'un canal percé à l'aide d'un rayon laser : tel est le cas d'inclusions noires ou sombres présentes dans certains diamants. Après traitement (perçage jusqu'à l'inclusion et dissolution à l'acide fluorhydrique), le diamant comporte une cavité reliée à la surface par un canalicule (qui sera éventuellement bouché à l'aide d'une résine)(figure 9). L'utilisation du laser pour percer des diamants destinés à être *suspendus* (par exemple briolette attachée par un fil d'or à un bouton d'oreille, etc.) technique maintenant substituée au « *perçage à l'archet*<sup>5</sup> » mis au point dès la

préhistoire, a parfois fait considérer ce traitement comme une « taille », « par une technique usuelle », et donc inutile à signaler au consommateur. Ce type de *présentation* fut notamment classique à une certaine période en Belgique, sur le plan diamantaire à Anvers.

*La plus élémentaire prudence conduit à ne s'adresser pour l'achat d'une gemme qu'à un professionnel qualifié connu, et auquel il sera facile de s'adresser à nouveau en cas de difficulté. Il est d'ailleurs toujours conseillé de faire régulièrement entretenir ses bijoux auprès d'un professionnel qui vérifiera l'état des griffes, etc... Il est fortement déconseillé d'acheter des gemmes dans les pays producteurs : c'est là qu'est attendu le touriste, auquel sont proposés dans le meilleur des cas les rebuts dont ne veulent pas les acheteurs internationaux, et le plus souvent des gemmes traitées ou diverses imitations et synthèses.*

## **AUTHENTIFICATION D'UNE GEMME**

### **14**

Imitations et traitements ont existé de tout temps, et ce sont toujours, quelle que soit l'époque, les techniques les plus modernes alors connues qui ont été utilisées pour les réaliser. Les difficultés de reconnaissance ont donc été toujours relativement les mêmes, si bien que les règles à suivre n'ont pas varié depuis l'Antiquité.

#### **- Garder son bon sens**

Une bonne affaire est toujours un leurre, marque d'une transaction douteuse soit par l'origine de l'objet proposé, soit par sa réelle qualité substantielle. Quel que soit son mode de vie, un autochtone connaît toujours parfaitement la valeur attribuée aux gemmes dans les pays consommateurs ; aucun endroit n'est hors d'atteinte du commerce des imitations (c'est en brousse africaine, loin d'une piste carrossable, qu'un coopérant acquit comme diamant, après de longues palabres, un octaèdre incolore taillé dans un corindon synthétique Verneuil, sur les faces duquel avaient été gravés des simulacres de

figures d'attaque !). Le touriste ne peut espérer acquérir au mieux que ce dont les acheteurs internationaux (américains, japonais, européens, etc...) n'ont pas voulu, car difficilement commercialisable.

### **- Savoir écouter**

Il est rare que l'acheteur ne soit pas averti à mi-mots par les termes utilisés pour présenter une pierre. Le touriste qui acheta à Bogota des "émeraudes semi-précieuses" aurait dû comprendre qu'il ne lui était proposé que des pierres n'ayant que l'apparence d'émeraudes (c'étaient en effet des « doublets » imitations constituées de quartz incolores - ciment vert - quartz) ; le touriste qui achète du « jade C » à Hongkong ou en Asie devrait savoir qu'il s'agit de jade nettoyé à l'acide puis traité par imprégnation d'une résine colorée, etc. L'adjonction d'un qualificatif au nom d'une connue signifie généralement qu'il s'agit soit d'une gemme traitée (exemples saphir d'eau pour la cordiérite, jade de Ha-Tien pour du marbre vert serpentinite, diamant purifié pour du diamant traité au laser et à l'acide, émeraude raffinée pour de l'émeraude synthétique, diamant d'alumine pour du corindon synthétique incolore, émeraude de Birmanie pour du diopside, etc.)

**15**

### **- Savoir regarder**

- Tenir compte de l'ambiance lumineuse, qui influe sur la perception des couleurs : un diamant paraissant incolore sous les tropiques est susceptible de révéler en Europe une nette nuance jaunâtre, un saphir paraissant bleu profond à Bangkok a un aspect bleu noir en Europe, etc.

- Utiliser correctement une loupe de grossissement 10x pour l'observation des textures et des faciès d'inclusions ; le spot d'une lampe stylo, l'immersion dans un verre d'eau, un gammamètre de poche, etc., peuvent aussi révéler bien des choses ; le temps est révolu où qui voulait utiliser une loupe se faisait injurier par le vendeur...

- Se rappeler qu'une gemme qui ne "parle" pas cache nécessairement quelque chose.

## **-Techniques élémentaires de gemmologie**

Souvent difficiles à mettre en œuvre "sur le terrain" (encore qu'il existe des "mallettes de gemmologie" où se rangent ces instruments simples), le réfractomètre à lecture directe, les gadgets destinés à estimer conductibilité thermique, conductibilité électrique, pouvoir réflecteur, les liqueurs denses, la balance (avec installation pour pesée hydrostatique), le microscope binoculaire permettant d'observer une gemme en immersion, d'apprécier l'action d'une aiguille incandescente, d'une microgoutte de solvant organique, d'acide, de tester la résistance à la rayure, la lampe à ultraviolets longs et courts, le spectroscopie manuel, suffisent dans la plupart des cas à obtenir une détermination fiable. Les négociants sont de plus en plus nombreux à disposer, dans leurs bureaux ou en voyage, de tels équipements légers.

## **- Techniques de laboratoire**

16

Quelques cas difficiles, ou encore le désir de déterminer la nature d'un matériel d'emplissage de givres, de mettre en évidence des irrégularités artificiellement provoquées dans la maille cristalline afin de modifier la couleur d'une gemme, de tenter de déceler un type de gisement (et si possible une provenance géographique possible ou probable) par estimation des teneurs des éléments à l'état de traces et connaissance des inclusions, rendent nécessaire la mise en œuvre des techniques d'imagerie et des techniques spectrométriques actuelles : radiographie (perles, ivoires notamment), fluorescence de rayons X, microscopie électronique à balayage, spectrométrie U.V.-visible proche I.R., spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (à la température de l'azote liquide pour affiner le signal obtenu, notamment dans le cas des diamants de couleur), microspectrométrie Raman, PIXE, PIGE... et même spectrométrie de masse sur un cryptoprélèvement effectué au Laser ( pour la détermination par exemple du rapport isotopique de l'oxygène des émeraudes qui serait caractéristique de certaines provenances, notamment pour différencier émeraudes de Colombie et émeraudes d'Afghanistan).

## QUELQUES EXEMPLES DE TRAITEMENTS ET AMELIORATIONS.

- **Enduits de surface** : Diamant, malachite, opale, perle.
- **Diffusion en surface** : rubis, saphir, saphirs colorés, saphirs paparadcham
- **Teintures** : ambre, agate, cornaline, jaspe, corail rouge, émeraude, ivoire, jades, lapis lazuli, opale, perle (fine et culture), rubis, serpentine, sodalite, rubellite, turquoise.
- **Blanchiment** : corail blanc, corail doré, ivoire, jade, perle (fine et culture).
- **Huilage** : corail rose, émeraude, ivoire, lapis lazuli, opale, serpentine, tourmalines indigolite et rubellite, turquoise.
- **Emplissage plastique ou vitreux des givres secs et cavités** : amazonite, corail orange, diamant, émeraude, jade, jais, malachite, opale, rubis, saphir, tourmaline indigolite et rubellite, turquoise.
- **Traitement thermique** : aigue-marine, ambre, améthyste, béryl rose (morganite), cornaline, citrine, diamant, kunzite, morganite, rubis, saphir, tanzanite, topaze rose, tourmalines orange, rubellite, et indigolite, zircons bleu, rouge et incolore.
- **Irradiation ionisante (rayons gamma)** : béryl bleu (type maxixe et héliodore), chrysobéryl œil de chat, diamant, perles de culture, spodumènes hiddenite et kunzite, saphir jaune, topaze bleue et orange, tourmalines indigolite et rubellite.
- **Irradiation aux neutrons** : chrysobéryl, diamant(jaune, vert, rose), topazes bleue et verte.
- **Irradiation aux électrons** : diamant (bleu)
- **Laser et acide** : diamant.

17

### Notes

(1) papyrus d « Stockholm », Papyrus de « Leyde ». les deux textes (assez semblables sur le fond) comportent 159 et 99 recettes chimiques. Il s'agit de

la transcription de manuscrits datant sans doute de la fin du III<sup>ème</sup> siècle ou du début du IV<sup>ème</sup>. Le chimiste français Marcellin Berthelot (1827-1907) qui les a étudiés de façon détaillée les décrits comme les carnets d'un artisan magicien charlatan et d'un artisan faussaire

(2) l'article (3) du décret du 14 janvier 2002 relatif au commerce des pierres gemmes et des perles définit ce qui est « accepté » comme pratique lapidaire traditionnelle : « l'apposition de la mention « traité » ou l'indication du traitement n'est pas obligatoire pour les pierres gemmes, matières organiques, perles fines et perles de culture ayant subi les pratiques lapidaires traditionnelles suivantes : - une imprégnation par une substance incolore fluide ; - un traitement thermique, sous réserve que les éventuels résidus de chauffage en surface ne provoquent pas de rupture de réflexion visible à la loupe de grossissement 10 fois ; - un blanchiment sans adjonction de produits colorants ou de vernis »

18

(3) -Le rondiste est le pourtour d'un diamant : pour une pierre de couleur (saphir..), il est question de « feuillets ». Ebruté signifie laissé dépoli à la suite de la mise en forme par frottement contre un autre diamant, par opposition à poli ou à facetté. Les rondistes des diamants totalement incolores (« blanc exceptionnel ») sont généralement facettés.

(4)-. Cette institution (GIA), située à Carlebad en Californie (entre Los Angeles et San Diego) où elle gère école, laboratoire de recherches, atelier de fabrication d'appareils gemmologiques simples et laboratoire commercial, dispose d'un centre laboratoire commercial à New-York). Elle édite une revue trimestrielle, « gems and gemology », particulièrement bien informée.

(5)-. Le « perçage à l'archet » consistait à faire pivoter une aiguille enduite d'abrasif sur la pierre à percer, le mouvement de rotation étant obtenu à l'aide d'une corde enroulée autour de l'aiguille, corde fixée par ses deux extrémités à une tige mue à la main en va et vient (ce qui fait penser au mouvement de l'archet d'un instrument de musique à cordes).

## Illustrations.

Figure 1 : saphir avant et après diffusion du titane .

Figure 2 : saphir « diffusé ». Corindons "diffusés" :

les concentrations de couleur au niveau des arêtes, du feuilletis et de certaines facettes des pierres immergées dans de l'eau (ou mieux, du diiodométhane) sont mises en évidence en lumière transmise diffusée par un verre opalin. (Repérer ce traitement à l'œil nu dans l'air suppose d'être doué d'un certain "flair")

Figure 3 : caramélisation d'une opale par dépôts de charbon (donnant ici un aspect de résille noire) entre les cellules élémentaires iridescentes de l'opale (d'où l'aspect « clinquant » d'un tel produit).

Figure 4 : rubis aux givres artificiellement bouchés ; Givres ouverts de rubis emplis de verre (observation en lumière réfléchi). Ce traitement a permis d'éviter que la pierre ne se brise en trois morceaux.

19

Figure 5 : diamant avant et après traitement à l'opticon (résine epoxy): la glace initialement bien visible, est devenue difficile à percevoir après traitement; notez cependant à droite de la pierre traitée des interférences colorées (qui n'apparaissent cependant que furtivement, lorsque la pierre est convenablement orientée par rapport à la lumière), caractéristique du traitement.

Figure 6 : traitement thermique de la tanzanite : partie traitée bleue et partie non traitée grise.

figure 7 : saphir naturel ; givre de guérison autour d'une inclusion. Noter la recristallisation du givre naturel, formant des lacunes à contour géométrique. La pierre naturelle ayant, après l'éclatement produit par l'inclusion, séjourné dans son gîte, cette « fissure » interne s'est « guérie ».

Figure 8 : saphir traité thermiquement : éclatement lisse autour d'une inclusion .

Figure 9 : diamant traité au laser et à l'acide : l'inclusion noire a été dissoute à l'acide fluorhydrique après percement d'un canal la reliant à la surface.

## La vie de la collection

### Les nouvelles acquisitions

Une fois n'est pas coutume, la bourse de Sainte-Marie-aux-Mines a été cette année 2006 assez décevante en acquisitions nouvelles. Il faut bien reconnaître qu'il n'y a pas eu beaucoup de découvertes importantes... visibles ! Les grands acheteurs étaient venus nombreux et avaient souvent planifié leurs acquisitions avant le début officiel de la bourse. Beaucoup de bonnes pièces avaient été négociées précocement et il restait peu de spécimens intéressants pour une collection comme celle de Jussieu. Parmi eux, je n'en ai pas vu qui pouvaient être accessibles : la cote des très bons spécimens est toujours élevée (de plus en plus élevée) : les acheteurs qui ont acquis il y a quelques années des pièces jugées très chères ne peuvent que se féliciter du risque qu'ils ont pris. L'un des meilleurs exemples de cette situation semble être celui des argentites d'Imiter (Maroc). On ne pouvait voir à Sainte-Marie que des cristaux dépassant à peine le centimètre en agrégats plus ou moins volumineux et inesthétiques, alors que des personnes dignes de foi prétendaient avoir vu des spécimens incroyables formés de cristaux de plus de deux centimètres en masses avoisinant le kilogramme. Ces argentites constitueraient donc une découverte majeure... et invisible.

20

Une découverte plus « visible » est celle des *païnites* (prononcez « painite » et non « pénite ») de Ohngaing à proximité de Mogok (Myanmar (ex-Birmanie)). Cet oxyde de calcium, zirconium, bore et aluminium ( $\text{CaZrBAI}_9\text{O}_{18}$ ) n'était connu qu'en trois exemplaires jusqu'en 2003. Comme un des trois spécimens était gemme et taillé, ce minéral était très recherché par les amateurs de gemmologie aussi bien que ceux de minéralogie. Depuis 2003, le milieu de la gemmologie est en émoi car quelques spécimens de ce minéral mythique avaient été découverts et qu'un « rush » avait suivi. Les premiers spécimens que j'ai pu voir ont été présentés à Sainte-Marie. Il s'agit le plus souvent de monocristaux prismatiques fortement striés sans terminaisons et de couleur marron rouge (ces cristaux évoquent un peu un tronc d'arbre). Ils sont souvent associés à des saphirs roses (dénommés abusivement rubis). Les cristaux dépassant 3cm sont rarissimes et très chers. Une découverte plus modeste est celle des argents natifs de Daye (province de Hubei) et de Chao Wu (province d'Anhui). Ils se présentent sous formes de fils ou de groupements à plusieurs fils. Un commerçant a cru bon d'insérer un argent de Freiberg dans un des lots d'argent de Chine. Rappelons que les

argents de Freiberg apparus dans les années 1990 ont une origine (très) contestée et seraient, selon beaucoup de spécialistes, d'origine artificielle. Ils sont facilement reconnaissables car ils sont formés de fils dont la section s'amincit vers le haut : ces fils, à leur base, sont soudés les uns aux autres et forment une masse confuse « en patate » où l'on peut distinguer souvent des bulles.

La plus grande surprise de cette bourse est venue d'une personne qui avait retrouvé, en rangeant ses affaires, dans une boîte d'allumette, un groupement étoilé de cumengéite de 28 mm. Une personne de sa connaissance a présenté ce spécimen, au début de la bourse, à trois marchands qui ne l'ont pas acheté. Le quatrième, plus au courant, l'a acquis au vingtième du prix qu'elle vaut. Par ces dimensions, cette cumengéite fait partie des six meilleures connues (rappelons que les cinq autres sont dans la collection de Jussieu).

La seule pièce acquise pour la collection (AMIS) est une **hydroxyl-herderite** verte du Pakistan (6x5x4cm). Les herderites du Brésil sont connues de longue date et se caractérisent par des teintes insaturées. Les meilleures connues, celles de Virgem de Lapa (Minas Gerais) sont vaguement violacées et ont pu atteindre 15cm en cristaux bien formés. Les herderites vertes du Pakistan sont apparues vers l'an 2000. Leur couleur est la meilleure connue pour cette espèce, mais les cristaux ont des faces légèrement dissoutes. Le plus grand cristal connu avoisine 15 cm.

La bourse de Munich (28-30 octobre 2006), une fois n'est pas coutume, a été la bourse la plus intéressante de l'année en terme d'acquisitions pour la collection. La grande nouveauté a été les **apatites vertes centimétriques**, bien formées en dipyramides, sur orthose de Lavra do Sapó (Goiabera, Minas Gerais, Brésil). Elles ont été présentées comme carbonate-apatite, ce qui constituerait une nouvelle espèce (on ne connaît pour l'instant que la carbonate-hydroxylapatite qui le constituant minéral des os). Après avoir fait une enquête, il semblerait que l'analyse chimique ait été faite sur un spécimen de basse qualité amélioré par huilage. Le spectre EDX que j'ai pu consulté montre un signal énorme de carbone (dû à l'huile ?) et un signal très faible presque indiscernable de fluor. Il est donc fortement probable que l'on ait affaire à une fluorapatite (fréquente) ou au mieux à une hydroxylapatite (rare en beaux cristaux). Affaire à suivre donc. Un spécimen (12x8x5cm) très esthétique (même pour de la fluorapatite) a été acquis pour la collection (AMIS).

La Chine s'est distinguée avec de très belles fluorites vertes (Linwu, Hunan), des babingtonites bien cristallisées (mais chères) avoisinant 4cm (Daye, Hubei) et des grandes vésuvianites (Fushan, Hebei). Un groupe de trois cristaux (10x9x7cm) de **vésuvianite a été donné à l'AMIS**. Une autre acquisition (AMIS) chinoise est un cristal de **stannite** (2.5 cm) enchâssé dans des cristaux de quartz (8x6x4cm) de Yao Guan Xian (Hunan, Chine).

Les dernières acquisitions sont une microlite verte avec hafnon et une spessartite. La microlite verte avec hafnon (2 cristaux centimétriques sur lépidolite et cleavelandite, 10x8x7cm) provient d'Alto Ligonha (Mozambique). C'est l'une des quatre meilleures pièces trouvées lors d'une découverte exceptionnelle effectuée il y a 5 ans. La spessartite provient de Navegador (Minas Gerais, Brésil). Les spessartites de ce gisement sont apparues il y a trois ans environ, elles se caractérisent par des formes tourmentées ne révélant pas la symétrie cubique de l'espèce. Le spécimen acquis (8x5x2.5cm) présente une forme en losange épais très surprenante.

#### **L'avenir de la collection**

22 L'emménagement au sous-sol de la barre 46-00, durant plusieurs années (environ six), se confirme. Rappelons que le nouveau local permet le maintien du nombre de vitrines, le maintien de la surface d'exposition, un accès handicapés (via un ascenseur), des toilettes (handicapé), etc. Seuls les bureaux et les salles de stockage verront leurs surfaces réduites. C'est un moindre mal dont il faudra s'accommoder. Le nouveau local est sur le point d'être livré et nous sommes dans les phases préliminaires du déménagement : les vitrines murales, une vitrine panoramique et les projecteurs sont démontés. La collection même amputée et après quelques aménagements de fortune est encore accessible au public. Elle fermera lorsque le déménagement final commencera (la date prévue est le 15 février). Si cette date est maintenue, la réouverture est prévue pour fin mars début avril 2006.

**Jean-Claude Boulliard**

# **A.M.I.S**

**Association des Amis  
de la Collection de Minéraux de la Sorbonne.**

**Tour 25 - Rez de chaussée**

**4, place Jussieu  
75252 PARIS Cedex 05**