

**LA GEMMOLOGIE :
CARACTERISATION DE MINERAUX DE REVE**

Bernard LASNIER*

Abstract : Non-destructive analytical methods belonging both to "classic" (small instruments) and "laboratory" gemmology (larger, spectrometer-type instruments) are presented. Some indications of the circumstances under which such techniques should be used are discussed. An example of a detailed emerald report is given. Today's most challenging questions are presented, especially in the light of new synthesis and especially new treatments.

Keywords : Gem identification, new gemstone treatments, new synthetic gems.

C'est peu dire que bon nombre de vocations minéralogiques sont nées dès la prime jeunesse de l'intérêt suscité par la "découverte" d'un cristal de quartz ou de fluorite ! La beauté intrinsèque des minéraux fascine les jeunes, comme les collectionneurs plus âgés, par leurs couleurs, leur transparence, leurs formes et déjà une certaine notion de pérennité ! En effet, le potache est plus sensible à un morceau d'améthyste capable d'être transporté dans ses poches et montré aux copains qu'à des aiguilles fragiles de cacoxénite !

Ainsi naît très tôt cette notion fondamentale pour la Gemmologie déjà connue de nos lointains ancêtres, témoins les objets votifs et parures en matériaux attrayants assurés d'un certain avenir et conservés dans les plus vieilles tombes.

Rappelons d'abord ce que l'on entend par matériaux gemmes. La définition donnée par POIROT et BARIAND (1985) dans le Larousse des Pierres Précieuses est suffisamment explicite :

" On appelle "gemme" tout cristal, toute roche, toute sécrétion animale ou végétale dont la beauté est telle qu'elle peut participer à l'éclat et au rayonnement d'une parure"

On distingue :

- Les **pierres fines** qui sont des cristaux transparents et taillables (aigue-marine, topaze, citrine, améthyste, etc). Parmi les pierres fines, quatre sont dites "précieuses" : le diamant, le rubis, le saphir et l'émeraude.

Il existe des pierres fines de grande valeur, du fait de leur rareté et des phénomènes exceptionnels et esthétiques qu'elles peuvent présenter. C'est le cas des pierres à "effet", comme l'alexandrite, les pierres chatoyantes ou astériées.

- Les **pierres ornementales** qui sont translucides à opaques (agate, jade, rhodonite, amazonite, etc...)

Cependant, certaines sont à classer dans les précieuses, du fait de leur rareté, de leur beauté intrinsèque et des modes culturelles : c'est le cas du jade-jadéite.

- Les **sécrétions animales** (perles, corail) et **végétales** (ambre).

On doit savoir qu'un peu plus de deux cents minéraux peuvent se présenter à l'état "gemme" et être taillés. Ils surprennent bien souvent le géologue qui reste ébahi devant une sillimanite gemme de 40 carats ! Il découvre souvent que l'orthose peu se présenter autrement que sous forme de masses nacrées opaques ! En effet, on récolte parfois de beaux échantillons de minéraux habituellement peu esthétiques. Ils deviennent alors des gemmes de collection que des lapidaires minutieux valorisent par la taille. Il en est des meilleurs qui sont capables de tailler à facette des minéraux fragiles comme des cristaux de cinabre (AREM-1987) !

Par ailleurs, de nombreuses synthèses à vocation industrielle ou gemmologique sont taillées en grandes quantités, notamment en Inde, et "panachent" de ce fait le marché des gemmes depuis longtemps. Rappelons, pour mémoire, que les synthétiseurs de la "Vieille Europe" et les français ont été particulièrement actifs (FOUQUE et MICHEL LEVY-1882) et, depuis EBELMEN et son émeraude synthétique de 1848, l'école des synthétiseurs s'est enrichie des DE HAUTEFEUILLE, FREMY, VERNEUIL, MOISSAN, etc...jusqu'à l'oxyde de zirconium cubique synthétisé d'abord en France et commercialisé ailleurs !

Devant autant de possibilités, le Minéralogiste dispose de moyens efficaces pour mener à bien son enquête. C'est un Gemmologue en puissance !

Cela a été bien mis en évidence par les observations et mesures codifiées depuis PLINE l'ANCIEN (vers 79 de notre ère) dans le Livre 37 de sa célèbre "Histoire Naturelle" puis par R-J HAÛY, notre maître, dans son traité sur les pierres précieuses de 1817.

Cependant, le Minéralogiste actuel doit retrouver la pratique des méthodes analytiques anciennes éprouvées et évidemment non-destructives et c'est là tout le problème ! Pas question de faire un Debye et Scherrer sur l'émeraude de Madame... Qui plus est, il va lui falloir non seulement vérifier la nature d'une gemme, c'est-à-dire établir son espèce minéralogique, mais en plus, il doit pouvoir préciser si elle est naturelle, naturelle traitée, de synthèse ou d'imitation.

Il doit savoir, enfin, employer tout l'arsenal des méthodes de laboratoire pour arriver à ces conclusions et aller plus avant dans la confirmation de l'origine géographique probable d'une gemme soumise à sa sagacité, sachant que cette information est commercialement très prisée...Le Minéralogiste doit savoir que pour le Gemmologue, un rubis birman peut valoir deux fois le prix d'un rubis thaï de même couleur ("sang de pigeon" ou D640022 moins poétique du Color Master...), de même poids et de même taille... A lui de voir...D'autant plus que ceux du Kenya ou du Vietnam ont d'étranges ressemblances !

Récapitulons : l'expertise des matériaux gemmes nécessite la mise en œuvre de méthodes analytiques non-destructives pour prouver que la gemme proposée est :

Naturelle

avec, à la demande :

—————→ *le type de gisement*

Naturelle traitée

—————→ *le type de traitement*

Synthétique

—————→ *la méthode de synthèse*

Imitation

—————→ *la nature des composants*

Pour satisfaire à ces obligations, il faut pouvoir accéder aux trois dimensions de la gemme qui doit être observable et mesurable de tous les côtés. Elle doit donc être desservie obligatoirement pour les mesures de routine de la Gemmologie traditionnelle.

Par ailleurs, on conçoit que les dimensions d'une gemme influent sur les qualités des mesures. C'est ainsi que les petites gemmes taillées et montées en "pavage", très à la mode, sont difficilement identifiables à l'unité ! Des "pavages" de rubis calibrés de moins d'un millimètre voient se côtoyer des naturelles, des naturelles traitées et des synthétiques pas chères ! Dans ces dimensions, il y a pléthore de petits grains naturels dont la valeur est du même ordre que les synthétiques, c'est à dire quasi nulle !

Il y a donc pour les gemmes un seuil en dimensions, et donc en valeur possible, à partir duquel les moyens analytiques peuvent être judicieusement employés. Le prix de revient de telles analyses d'expertise traditionnelles n'est pas à négliger en regard de la valeur probable d'une gemme expertisée. Il en est bien sûr de même pour les analyses demandées aux laboratoires d'expertise. L'origine géographique d'une émeraude de 0,05 carat n'est pas rentable, d'autant plus qu'elle est probablement traitée, voire synthétique... et peut être une imitation !

Nous présentons les différentes méthodes analytiques classiques aux Gemmologues "de base", dûment formés à ces pratiques. Hélas, ils sont peu nombreux même dans nos pays consommateurs ! Que dire de leurs effectifs dans les pays producteurs !

Les tribulations des gemmes depuis leur lieu de production jusqu'à la vitrine d'un honnête joaillier et leur commerce nécessiteraient plus de clarté ! Les services de répression des fraudes sont débordés et les diverses législations des membres de l'actuelle Communauté Européenne ne sont même pas accordées...

Il y a donc toute la place dans ce circuit pour que viennent s'intercaler des commerçants peu scrupuleux !

Il est navrant de constater les dégâts occasionnés par des traitements catastrophiques de certaines pièces de grande valeur potentielle, telles des émeraudes plastifiées plutôt que huilées de manière traditionnelle et qui, par polymérisation plus ou moins rapides avec augmentation de volume, se transforment même en écrin, en amas polycristallin de type verre "Securit" !

La couleur qui influe de manière conséquente sur la valeur d'une gemme est elle-même soumise à caution. Il n'y a pas encore pour les gemmes taillées à facette de système de mesure assez fiable, comme on en a pour les peintures par exemple. Les divers systèmes proposés aux Gemmologues nécessitent l'utilisation d'étalons, comme pour les gradations du diamant.

Enfin, dernière mesure à effectuer en routine, au titre de la protection de la nature ... et de la peau humaine...la mesure de la radioactivité des gemmes de couleur, sachant que divers traitements modernes peuvent les rendre encore "chaudes" bien longtemps, comme certaines topazes bleu intense, des diamants noirs émettant des rayons γ de longueur d'onde correspondant au cobalt 60, ou des diamants verts émettant des rayons γ et β de l'américium...Ces couleurs de type « Tschernobyl » bien qu'attrayantes ne sont pas très naturelles...

Pour couronner le succès de ces démarches, il faut savoir qu'il n'y a problème que lorsque des particuliers se sont procuré des gemmes en dehors du circuit professionnel (comme les « alexandrites » d'Alexandrie, fabriquées vers Grenoble!) et qu'ils veulent avoir confirmation de leur bonne fortune auprès de professionnels qualifiés . Les problèmes de partage de succession ou d'héritage ou encore les vols fournissent matière première aux assureurs dont il ne faut pas trop titiller la curiosité !

Passons en revue l'éventail des techniques minéralogiques adaptées à la caractérisation des gemmes. Nous distinguerons les techniques usuelles du Gemmologue « de base », sachant que cet arsenal est heureusement suffisant dans la plupart des cas, et les techniques de laboratoire de Gemmologie (cf. dossier "La Gemmologie" - Analisis -1995 V. 23 n°1). Même pour ce deuxième cas, il y a peu ou pas de laboratoires disposant de tout l'arsenal assez exhaustif présenté. Cependant, on constate depuis quelques années un intérêt certain de ceux-ci pour s'équiper en instruments adaptés à leurs travaux d'expertise. Les sondes Raman se multiplient ainsi que d'autres instruments dédiés à certaines évaluations de traitement des émeraudes (U-VISIO du GemTechLab de Genève) ou des diamants traités HPHT (IIa Diamond Spotter de la SSEF - Bâle). Pour les instruments plus conséquents et d'emploi occasionnel, ils se mettent en relation avec les laboratoires universitaires pour compléter à peu de frais leurs moyens.

Arsenal du Gemmologue "de base"

*Les observations et les mesures doivent être faites sur gemmes taillées et desserties.
Il est impératif d'effectuer toutes les mesures.*

Moyens optiques :

- Réfractomètre (indice(s) de réfraction, biréfringence, signe optique
- Polariscope et conoscope
- Dichroscope
- Filtres divers, de Chelsea, de Hanneman-Hogkinson, filtres croisés
- Liqueurs d'indice
- Luminescence UVL - UVC
- Spectroscopie dans le visible spectroscopie (à prisme ou à réseau)
- Immersionscope
- Binoculaire : disposition et nature probable des inclusions
- Fond noir
- Lumière diffuse, fibres optiques
- Évaluation de la couleur et de la dispersion
- Astérisme, chatoiement, opalescence, effet alexandrite
- "Pearlscop" (endoscope pour perles percées ou non)

Mesures physiques :

- évaluation du poids spécifique aux liqueurs de densité
- mesure du poids spécifique à labalance hydrostatique ou pycnomètre
- Microréfectomètre IR et testeur de Moissanite
- Conductimètre thermique
- Mesure de la susceptibilité magnétique
- Vérification de la radioactivité au compteur Geiger-Müller
- Utilisation des bases de données : manuels, tables, logiciels :
GEM Data 5, GemBase, catalogue Lulzac de Nantes, etc...

Arsenal du Gemmologue "de laboratoire"

Les observations et mesures sont faites sur gemmes brutes, taillées, desserties ou serties sur parures (musées.)

Les mesures ne sont pas toutes indispensables mais en fonction de l'objet.

Observations complémentaires :

- Microscope polarisant en diascopie et épiscopie
- Microscope électronique à Balayage (MEB)
- Microscope électronique à Transmission (MET)
- Cathodoluminescence (MEB et cellule de cathodoluminescence)
- U-VISIO
- IIA Diamond Spotter
- Microfluorescence
- Radiographie (perles)

Mesures :

- Spectrographie UV-V-NIR
- Spectrographie IR Moyen et lointain (absorption et réflexion)
- Spectrographie Raman (matrice et inclusions)
- Mesure de la radioactivité (α , β et γ)
- Diffraction X, si possible...

Microanalyses :

- Fluorescence X
- Microsonde électronique
- Dispersion d'énergie sur MEB
- PIXE
- ICPMS- Ablation Laser (si autorisé !)
- Microsonde Ionique (si autorisé !)
- Mesures de radioactivité (α , β , γ)
- RMN, RPE, SIMS, Mossbauër, etc...
- Géochimie isotopique (datation et gisement)

Nous prendrons comme exemple de l'emploi judicieux de ces moyens de caractérisation l'expertise d'une émeraude. Une première planche correspond à l'éventail récapitulatif de ces moyens, une deuxième donne les résultats obtenus.

Conclusion

Quels sont les enjeux actuels ?

Il y a sur le marché des gemmes de nouvelles sources de matériaux synthétiques à vocation gemmologique, comme des diamants synthétiques, mais aussi une pénultième imitation du diamant comme la moissanite synthétique presque incolore ou de couleur et des YAG verts imitant le grenat tsavorite.

Outre les traitements désormais classiques recensés (FRITSCH *et al.* -1998) il existe depuis de nouveaux traitements industriels de haute technologie comme les traitements des diamants bruns de type IIa de mauvaise couleur qui, par un traitement à Haute Pression et Haute Température (HP-HT) "mantellaires", donne des diamants de couleur attrayante plus commercialisables. La modification de la couleur des diamants de type I riches en azote par le même procédé conduit à des teintes jaune-vert vif fort appréciées.

On a tout récemment proposé des saphirs rose-orange imitant les fameux "Padparadscha" obtenus par diffusion de béryllium à haute température (2000°) dans des saphirs naturels roses, pourpres, blancs ou gris de mauvaise qualité provenant notamment de Madagascar. Ce traitement, obtenu probablement par hasard en chauffant des lots de corindons mêlés à du chrysobéryl, donne des pierres très attrayantes dont les extrêmes orientaux sont friands. Plusieurs milliers de carats de saphirs orangés ont été certifiés comme "Padparadscha", notamment au Japon.

Ce traitement en profondeur est plus délicat à mettre en évidence que les habituels saphirs et rubis diffusés sur le marché depuis longtemps (NASSAU, 1981) car il faut recourir au moins à l'ICPMS-AL pour caractériser le béryllium. L'appellation de telles gemmes traitées est l'objet d'un débat international toujours d'actualité. Les enjeux économiques sont tels que des menaces ont été proférées depuis la Thaïlande à l'encontre de certains membres du groupe de Gemmologues habilités à discuter de l'appellation commerciale de tels objets...

Les traitements ou bouchages des fissures atteignant la surface tant des diamants que des émeraudes conduit à des gemmes rendues plus transparentes dans lesquelles on ne voit plus les "glaces", etc... La liste est longue et les perles elles-mêmes ne sont pas épargnées !

La détermination de l'origine géographique d'une gemme dans la mesure où l'incidence sur sa valeur peut être considérable devient un challenge pour les laboratoires. L'examen seul des inclusions, si performant soit-il (GÜBELIN *et al.*), ne permet pas de résoudre tous les cas litigieux.

Il a été nécessaire d'employer des moyens lourds de laboratoire pour caractériser l'origine géographique des émeraudes. Ces moyens onéreux ne sont concevables à l'emploi que si la gemme à une valeur vénale conséquente ou historique.

Les laboratoires essaient de mettre au point une méthode pour faire de même avec les corindons. Cependant, bon nombre d'entre eux ont subi des traitements thermiques

naturels lors de leur séjour dans une chambre magmatique puis leur transport dans un édifice volcanique et ses projections. Leur chimie globale en est très affectée au niveau des éléments trace et des isotopes. Cette démarche n'est pas encore assurée de succès.

Quant à l'origine géographique des "diamants de conflit", notamment africains, des lots peuvent être suspects mais rarement une gemme isolée...et, comme l'on sait, ils voyagent très bien (MISSER *et al.*). Le Manteau terrestre n'est pas raciste !

Bibliographie :

AREM J.E (1987) - Color encyclopedia of gemstones.

2^{ème} éd. Van Nostrand Reinhold C°.

BARIAND P et POIROT J-P. (1985) - Larousse des pierres précieuses.

Lib. Larousse 264 pages.

FOUQUE F. et MICHEL LEVY (1882) - Synthèse des minéraux et des roches.

Paris . G. Masson Edit. 420 p + 1 pl. en photochrome.

FRITSCH E., SHIGLEY J et B. LASNIER (1998) - Le traitement des gemmes.

Pour la Science, n° 245, p. 66-73.

GÜBELIN E.J et KOIVULA J.I (1986) - Photoatlas of inclusions in gemstones.

ABC Ed. Zurich. 532 p.

HAÜY R-J. (1817) - Traité des caractères physiques des pierres précieuses, pour servir à leur détermination lorsqu'elles ont été taillées.

Paris, Mme Veuve Courcier Imprimeur-Libraire, 252p + 3 pl. h.t.

LULZAC Y. (2003) - Manuel de détermination des pierres taillées de joaillerie ou de collection.

CRG - Université de Nantes, 220 p.

MISSER F. et VALLEE.O. (1998) - Les gemmocraties. L'économie du diamant africain

Ed. Desclée de Brouwer. 240p.

NASSAU K (1981) - Gemstone Enhancement.

Butterworths, 221p.

Professeur Bernard LASNIER

Laboratoire de Gemmologie

UMR-CNRS 6112

Planétologie et Géodynamique

Université de Nantes

BP 92208

44322 NANTES CEDEX 3 - FRANCE

bernard.lasnier@chimie.univ-nantes.fr