

VIE DE LA COLLECTION

Depuis le 1er janvier 1986, Monsieur Jean-Claude Bouillard est officiellement nommé à la Collection en temps partiel, pour succéder totalement à Pierre Barisot. L'après et déjà il remplace Noël Barisot au poste de directeur.

Bulletin

Nous travaillons actuellement à la préparation de l'exposition sur les métaux de synthèse, intitulée **ET L'HOMME CREA LA PIERRE**, cette exposition commencera le 17 avril pour durer un peu plus de 6 mois jusqu'à la fin du mois d'octobre.

de

Malgré le caractère de la Doune de Tucson, nous avons pu ramener quelques échantillons intéressants :

l'A.M.I.S.

- un gros échantillon de corail de Madagascar, Brésil, présentant des cristaux aplatis à contour hexagonal de plus de 30 centimètres de diamètre.
- une matrice de spinelle rose du Pakistan, offert par François Létard.
- un beryl schistose du Pakistan.
- une agate marbre du Brésil, montrant une croissance inhabituelle.
- un extraordinaire zircon blanc de l'Inde.
- un cristal de scheelite de Chine.
- un corail de Pakistan.
- un cristal de humbergite du Pakistan.

Un cristal de tourmaline offert par la Société Tuchman, de Tanzanie, pour s'excuser d'avoir vendu, sans le savoir, et pourtant à rebours, un cristal incolore... Chapeau à rebâtir.

Pierre Barisot

Numéro 17

1er trimestre 1996

DIAMANT : Formes ordinaires et extraordinaires

Conférence de Emmanuel Fritsch du 16 décembre 1995

Le diamant est un cristal extraordinaire à plus d'un titre. Tout le monde le connaît en temps que gemme "reine". Beaucoup savent que ce matériau, de par sa dureté et bien d'autres propriétés intéressantes, donne lieu à de nombreuses applications techniques et industrielles. Mais tout cela n'est vrai qu'une fois le diamant taillé, poli, ou facetté. C'est peut être pour cette raison que jusqu'à présent, l'étonnante variété des formes cristallines du diamant naturel - non taillé - sont passées un peu inaperçues.

Pourtant ce petit sujet apparemment anodin a donné lieu à bien des discussions passionnées entre spécialistes (pas plus d'une vingtaine de personnes dans le monde) au cours des trente dernières années. L'application de la méthode de topographie aux rayons X (qui permet grosso modo d'observer les défauts dans une tranche de cristal sans détruire ce dernier) nous a appris qu'en matière de morphologie du diamant comme ailleurs, il ne faut pas se fier aux apparences.

Nous allons donc explorer les formes de croissance du diamant, et voir comment l'histoire de la pierre depuis sa formation jusqu'à son arrivée au gisement a pu affecter sa morphologie. Ce travail a été inspiré par un inventaire succinct de la collection de "cristaux spéciaux" de la Central Selling Organization (filiale des mines de diamant DeBeers) à Londres.

La théorie nous apprend qu'il y a différentes formes stables du diamant à différentes températures dans le domaine de stabilité du diamant. Aux températures les plus basses (où le diamant est stable) le diamant devrait être de forme cubique; pour des températures plus élevées, il devrait cristalliser sous forme d'octaèdres.

L'observation détaillée des diamants naturels nous apprend que *tous les diamants naturels cristallisent suivant des faces octaédriques*. Pourtant bien des livres de minéralogie nous disent qu'on trouve le diamant sous forme de cubes, de dodécaèdres (Figure 1), même très rarement de tétraèdres. Et il est vrai que l'on rencontre nombre de diamants *ressemblant* à des cubes ou des dodécaèdres. Cependant les faces cristallines qui délimitent ces formes ne sont *pas lisses et planes*, comme devraient l'être des faces de croissance nettes, mais courbées ou rugueuses. Donc même les cubes et les dodécaèdres résultent d'une croissance suivant des faces de l'octaèdre. Pour mémoire, les cristaux de diamant synthétiques peuvent présenter de vraies faces du cube, parce qu'ils se développent dans des conditions très différentes des cristaux naturels.

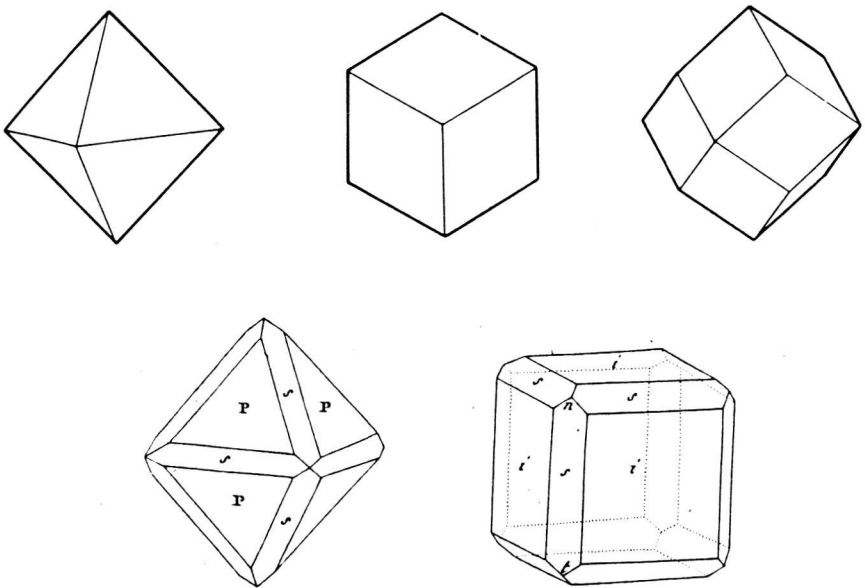


Figure 1: Quelques formes souvent retrouvées dans la morphologie du diamant . De haut en bas et de gauche à droite: Octaèdre, cube, dodécaèdre, octaèdre tronqué par le dodécaèdre, cube tronqué par le dodécaèdre.

Alors plutôt que la variété annoncée, nous devrions nous attendre à la monotonie des formes si tous les cristaux de diamants poussent suivant les mêmes faces cristallines. Pourtant il n'en est rien pour trois raisons majeures:

- Il existe trois modes de croissance différents du diamant, tous suivant des faces octaédriques

- la croissance "lente" normale
- la croissance rapide fibreuse
- la croissance avec des secteurs cuboïdes

Il y a donc une certaine variété des formes de départ.

- le diamant peut bien entendu se macler lors de sa croissance initiale.

- Le diamant réside après sa croissance initiale jusqu'à trois milliards (pas trois millions!) d'années dans les profondeurs terrestres. Bien des avatars peuvent se produire: il peut être très souvent corrodé et dissous, déformé, cassé (clivé), avec des reprises de croissance lorsque les conditions sont à nouveau favorables. Tous ces épisodes auront bien entendu une influence sur la forme finale du cristal de diamant.

Nous allons donc passer succinctement en revue les morphologies résultant des combinaisons plus ou moins nombreuses de ces divers phénomènes. Nous nous intéresserons d'abord aux cas un peu "atypiques" de la croissance fibreuse et cuboïde, pour finir par la croissance en octaèdres.

CROISSANCE RAPIDE FIBREUSE

Dans des conditions de grande sursaturation de carbone, ou de présence d'un grand nombre d'impuretés (suivant les auteurs), le diamant peut croître rapidement sous forme de fibres. Ces fibres sont allongées suivant l'axe de symétrie d'ordre 3 et correspondent donc bien à une croissance octaédrique.

Ces diamants sont si impurs qu'ils sont de qualité industrielle. Les formes résultantes sont souvent mal définies. Plusieurs épisodes peuvent se succéder, et les diamants fibreux montrent souvent une structure concentrique marquée par de légères différences de couleur. La dissolution des globules fibreux produit des sphères presque parfaites, et fort rares, de diamant fibreux.

Parfois on note des octaèdres ou octaèdres tronqués par le dodécaèdre. Ces formes plus remarquables sont souvent dues à une croissance de diamant fibreux en épitaxie sur un diamant de qualité gemme. Elles correspondent donc à deux épisodes de croissance se succédant dans le temps.

Puisque ces formations sont polycristallines, elles peuvent laisser des solutions pénétrer entre les grains. Cela peut conduire à une dissolution de l'intérieur de l'agrégat fibreux, sans que l'extérieur en soit apparemment affecté. Ainsi on peut trouver des boules creuses, ou contenant le résultat de

la dissolution d'un cristal non fibreux sur lequel le diamant fibreux a poussé.

CROISSANCE CUBOÏDE

Un diamant cuboïde est un diamant ayant la morphologie apparente d'un cube (ou des formes dérivées du cube) dont la croissance ne s'est pas effectuée suivant des vraies faces cristallines du cube, mais suivant les faces de l'octaèdre. Ce terme cuboïde a été forgé pour rappeler précisément qu'il ne s'agit pas de vraies faces du cube (qui n'apparaissent que sur les diamants synthétiques). Les faces d'un diamant cuboïde sont faites de la juxtaposition de diverses petites faces octaédriques (comme on peut le vérifier au microscope), avec une orientation moyenne de la surface résultante correspondant à celle du cube. La topographie aux rayons X confirme bien qu'il n'y a jamais eu de vraie face de croissance du cube dans l'histoire de ces cristaux.

On ne sait pas pourquoi certains diamants cristallisent de cette façon. Cependant, les secteurs de croissance cuboïde sont typiquement riches en hydrogène par rapport à un diamant gemme "normal". Ils contiennent aussi beaucoup de petites inclusions (apparemment de très petites fractures discoïdes) qui leur donnent souvent un aspect laiteux. Les diamants cuboïdes sont donc rarement gemmes.

Cependant, un type rare de diamant, le diamant de type Ib, se rencontre souvent sous forme de pseudocubes jaunes à bruns. (Le diamant Ib contient seulement de l'azote sous forme dispersée et non en agrégats, comme la majorité des diamants; on l'appelle souvent diamant canari, lorsque sa couleur est saturée.)

Certains diamants contiennent à la fois des secteurs de croissance octaédriques et cuboïdes. Cela peut donner lieu à des octaèdres contenant des "pétales" (nuage d'inclusions pincé aux deux extrémités) allant du centre du cristal aux pointes de l'octaèdre.

Les formes cuboïdes les plus surprenantes résultent de la dissolution du pseudocube élémentaire. Cette dissolution peut commencer soit au centre des faces, soit au milieu des arêtes. Dans le premier cas, on obtient un "cube squelettique", commun pour les cristaux de type Ib, mentionnés ci-dessus. Dans le second cas, on obtient une morphologie squelettique plus complexe. Celle-ci peut suggérer une macle, puisqu'il y a de nombreux pseudo-angles rentrants, mais ce n'est qu'une apparence. Clivage puis dissolution naturels livrent parfois des formes très rares en boomerang. Cette classe de cristaux cuboïdes dissous n'a aucune application pour la taille de gemmes. Pour cette raison, certains de ces diamants sont clivés (suivant les plans de l'octaèdre) ce qui donne une étoile à trois branches, dont on se sert pour faire des porte-clés de luxe pour la marque automobile Mercedes. Le type de cristaux cuboïdes décrits ci-dessus sont particulièrement abondants dans la mine de

Jwaneng, au Botswana. Ces squelettes de cubes peuvent être dissous au point d'avoir un trou en leur centre.

Lorsqu'une macle se produit par pénétration sur des morphologies cubiques (en fait des pseudocubes ou cuboïdes), on obtient la morphologie communément décrite par "macle de la fluorite". Cette macle peut se produire sur deux des axes ternaires du cube (le cube en a quatre, mais des édifices montrant des macles sur trois ou quatre axes ternaires n'ont pas été décrits.)

CROISSANCE SOUS FORME D'OCTAEDRES

La croissance sous forme d'octaédres parfaits est le cas normal de croissance à l'équilibre. Cependant les beaux octaédres bien formés, gemmes, aux arêtes vives sont assez rares. Pour une raison inconnue, ils sont typiques des diamants trouvés dans des reliques d'éclogites (roche profonde). Les gisements russes produisent de nombreux octaédres parfaits, parfois très gros (plus de cent carats). Aux États-Unis, les octaédres gemmes sont appelés "glassies", puisqu'ils sont si parfaits qu'ils ressemblent à des morceaux de verre ("glass" en anglais).

La croissance différentielle peut également modifier la forme octaédrique parfaite du diamant. Durant la croissance, l'octaèdre peut se développer de façon beaucoup plus rapide d'un côté que d'un autre. Ceci donne lieu à un allongement parfois très marqué; l'exemple le plus extrême que nous ayons observé est un octaèdre environ cinq fois plus long que large. A l'opposé, la croissance peut être très lente ou inexistante selon deux faces opposées de l'octaèdre. Il en résultera un octaèdre très aplati.

Il est possible que des faces octaédriques opposées se développent à des vitesses différents. Si quatre des faces se développent beaucoup et les quatre autres très peu, il peut en résulter une morphologie presque tétraédrique (Figure 2).

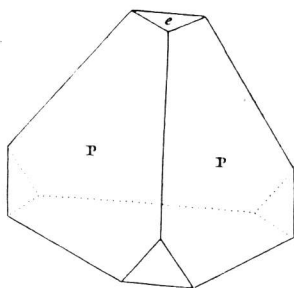


Figure 2: Le développement privilégié de quatre des huit faces octaédriques aboutit à une morphologie pseudo-tétraédrique.

Enfin, les cristaux octaédriques peuvent se macler, donnant lieu à plusieurs forme différentes. Rappelons qu'une macle est une association de deux cristaux de la même espèce minérale, répondant à des lois dictées par la symétrie du réseau cristallin. Les macles sont très souvent confondues avec les croissances parallèles ou des agrégats formant des angles remarquables : il est regrettable de voir que dans certains livres de haut niveau scientifique consacrés au diamant on décrit encore des croissances parallèles comme macles (Figure 3).

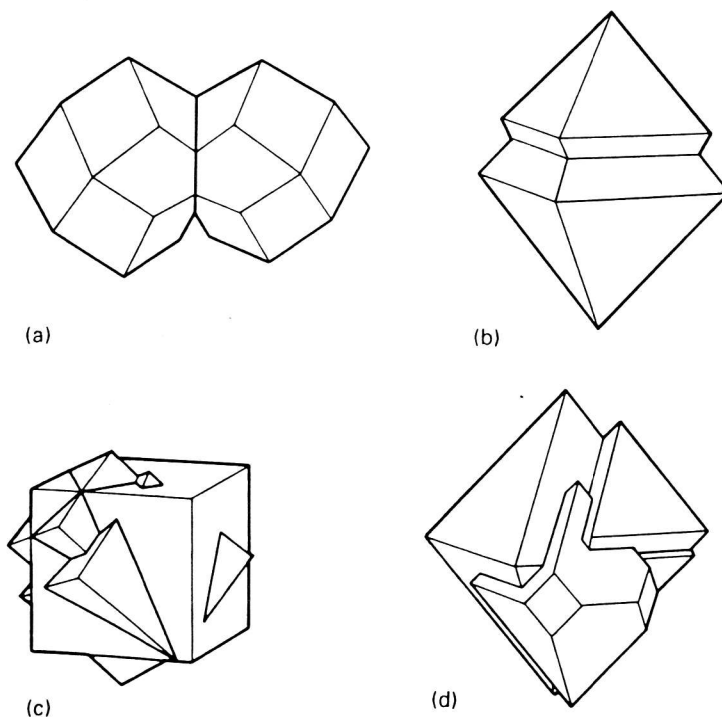


Figure 3: Les quatre dessins du haut sont présentés dans un ouvrage scientifique de bon niveau comme représentant des macles du diamant. Seule la figure c représente une macle par pénétration d'individus cubiques. Les figures b et d correspondent à des croissances parallèles, et à probablement à une association au hasard formant un angle remarquable.

Il existe une seule loi de macle dans le diamant. C'est la rotation de soixante degrés autour de l'axe de symétrie ternaire (la même que l'on trouve dans la fluorite ou le spinelle). Cette loi unique va donner lieu à différentes formes suivant la morphologie individuelle des cristaux maclés, leur type de macle (contact ou pénétration), et le développement relatif de certaines faces cristallines (parfois influencé par la présence de la macle).

On retrouve donc les "grands classiques". La morphologie décrite comme "macle du spinelle" correspond à deux octaèdres maclés par contact (Figure 4). L'édifice est aplati puisque la croissance est facilitée dans le plan de macle par l'angle rentrant formé à ses trois sommets. Cette morphologie est ce que les anglais appellent "macle" (prononcer "maqueulle"). A l'extrême, la croissance privilégiée dans le plan de macle peut aboutir à une forme de plaquette pseudohexagonale (comme pour la galène). Très rarement, cette macle peut résulter en un tétraèdre apparent, un des individus de la macle étant très plat, et s'accolant à l'autre de forme pseudotétraédrique. La fameuse forme en Étoile de David résulte de la même loi de macle. Cette forme très recherchée, particulièrement par les diamantaires juifs du fait de son symbolisme, provient le plus souvent de Sibérie.

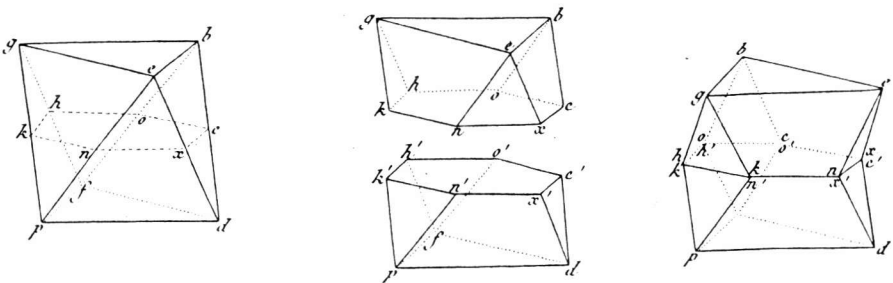


Figure 4: Relation entre la forme octaédrique et la macle par contact d'individus octaédriques dite "macle du spinelle".

La modification la plus courante de la morphologie octaédrique provient de la dissolution, qui s'attaque d'abord aux arêtes. La dissolution est marquée sur les faces octaédriques par des figures de corrosion sous forme de triangle, les trigones. Lorsque la dissolution est poussée, les arêtes sont très arrondies, et les faces octaédriques deviennent des pyramides très plates à trois côtés (voire six; Figure 5). Ceci résulte en une morphologie ressemblant à un dodécaèdre, comme on en rencontre souvent dans les grenats. Rappelons à nouveau que ce n'est pas un vrai dodécaèdre, puisqu'il montre des faces courbes qui ne sont pas des faces de croissance.

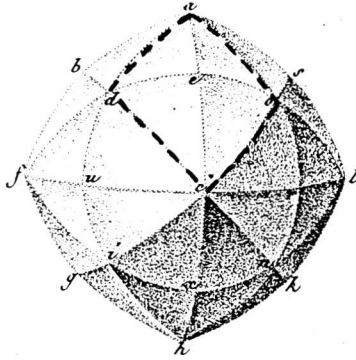


Figure 5: Résultat de la dissolution d'un cristal de diamant octaédrique. La face courbe définie par les points a, d, c et o est une pseudo-face du dodécaèdre (pointillés).

Ces dodécaèdres peuvent eux-mêmes être déformés, souvent aplatis, peut être parce que la dissolution s'effectue dans certains cas suivant des directions privilégiées. S'il existe une cassure ou un clivage, ce sera une zone d'attaque préférentielle pour la corrosion. Il en résulte une forme altérée. Un diamant en forme de coeur a été récemment décrit. C'est une dodécaèdre aplati sur le côté duquel une encoche est probablement due à la dissolution préférentielle suivant une cassure.

Des clivages ou cassures suivis de dissolution sont probablement à l'origine des cristaux en "dent de chien" ("dogtooth" en anglais, nous ne faisons ici que traduire la terminologie anglo-saxonne). Il s'agit de cristaux allongés, parfois presque prismatique, montrant une surface givrée, et se terminant en pointe à une extrémité. De tels diamants sont rares et considérés comme des curiosités. Un exemple extrême se trouve dans la collection de la CSO où le diamant allongé ressemble à une dague légèrement courbée.

Un exemple particulier de dissolution des cristaux octaédriques donne lieu à un édifice ressemblant une macle par pénétration de deux tétraèdres opposés par leurs pointes, tel que l'on observe dans la tétraédrite. D'ailleurs, de très bons cristallographes classiques (Fersman et Goldschmidt) ont nommé cette morphologie particulière la macle de Mohs-Rose. La topographie X, cependant, a permis de prouver que les traces des faces de croissance correspondaient à une morphologie originale octaédrique. Seule la dissolution est responsable des angles rentrants. Une fois de plus, la forme

n'était qu'approchée et les faces la constituant rugueuses et courbées, et non lisses, comme elles auraient dû l'être sur une macle de croissance.

La déformation peut également se produire après la croissance. L'octaèdre parfait est soumis à des contraintes qui le modifient. Le résultat peut être un octaèdre aplati, ou "tordu", c'est-à-dire ne respectant plus la symétrie cubique du minéral. Ceci est courant pour les diamants bruns et roses, qui doivent d'ailleurs leurs couleurs à des défauts créés par la déformation. Cette déformation peut s'accompagner de clivage et un des diamants roses de la collection CSO a la symétrie apparente d'un rhomboèdre.

Le clivage est un autre événement qui peut totalement transformer la forme du diamant. Depuis que l'on s'intéresse aux cristaux de diamant, on avait remarqué de très rares cristaux de forme tétraédrique presque parfaite. Ceci posait un sérieux problème puisque la structure du diamant ne permet pas une symétrie tétraédrique, mais octaédrique. Pendant de nombreuses années des cristallographes ont donc soulevé la question de la vraie symétrie du diamant, en faisant remarquer que les tétraèdres étaient en contradiction avec la structure acceptée. Découvrir un tétraèdre était si rare et si intéressant que cela faisait parfois l'objet d'un communiqué de presse. Là encore, dès qu'un tétraèdre a pu être sacrifié pour la science, la topographie X a fourni l'explication: les tétraèdres sont le résultat d'un événement peu probable de clivage (figure 6). Les traces des faces de croissance révélèrent une forme originale octaédrique. Ces tétraèdres, comme les autres formes, peuvent être arrondis par dissolution.

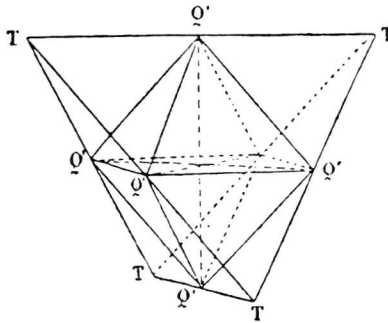


Figure 6: Cette figure permet de comprendre comment le clivage suivant quatre plans octaédriques permet d'obtenir un tétraèdre.

Les cristaux de diamants peuvent également se grouper et s'agrèger, peut être à la faveur d'un épisode de recroissance. Ce phénomène est peu courant mais on connaît de nombreux exemples de groupes de deux individus cristallins ou plus. Ils peuvent avoir des formes évocatrices. La collection de la CSO en contient un en forme de pied (un large cristal un peu allongé et cinq petits accolés formant les "orteils") et un en forme de téléphone par exemple.

En conclusion, on constate que le diamant naturel offre des morphologies très variées bien qu'il ne cristallise que suivant des faces octaédriques. Les différents événements qui peuvent survenir au moment de sa croissance et durant son séjour en profondeur peuvent modifier considérablement sa forme. Il est donc regrettable qu'en dehors de la collection des "cristaux spéciaux" de la CSO, qui n'est pas ouverte au public, il n'y ait pas d'autres endroits où les amateurs et professionnels puissent voir ou étudier les formes ordinaires et extraordinaires du diamant.

VIE DE LA COLLECTION

Depuis le 1er janvier 1996, Monsieur Jean-Claude Boulliard est officiellement nommé à la Collection en temps partiel, pour succéder totalement à Pierre Bariand à partir de 1998. D'ores et déjà il remplace Nelly Bariand au poste de trésorier de l'A.M.I.S.

Nous travaillons actuellement à la préparation de l'exposition sur les cristaux de synthèses, intitulée ET L'HOMME CREA LA PIERRE, cette exposition commencera le 17 avril 1996 pour durer un peu plus de 6 mois jusqu'à la fin du mois d'octobre.

Malgré la morosité de la Bourse de Tucson, nous avons pu ramener quelques échantillons intéressants:

- un gros échantillon de calcite de Dalnegorsk, Russie, présentant des cristaux aplatis à contour hexagonal de plus de 30 centimètres de diamètre.
- une macle de spinelle rose du Pakistan, offert par François Liétard.
- un beryl héliodore du Pakistan.
- une aigue-marine du Brésil, montrant une croissance inhabituelle.
- un extraordinaire zircon blanc de l'Oural.
- un cristal de scheelite de Chine.
- un peridot du Pakistan.
- un cristal de hambergite du Pakistan

Un cristal de tanzanite offert par la Société Tuckman, de Tanzanie, pour s'excuser d'avoir vendu, sans le savoir, et pourtant remboursé, un cristal recollé... Chapeau! à méditer.

Pierre Bariand

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**