

VIE DE LA COLLECTION

Bulletin

de

l'A.M.I.S.

L'exposition des METEORITES de la collection d'Alain Caron qui a eu lieu de la fin du 21 août jusqu'à la fin septembre a permis de faire connaître des visiteurs pendant les mois d'été. En effet le mois d'août a connu un grand succès, c'est notre meilleur mois pour les entrées à la collection. Les visiteurs ont été probablement à l'exposition METEORITES, mais peut être que la collection est mieux connue maintenant après plus d'un an d'ouverture journalière.

Quelques acquisitions à la bibliothèque - aux Mines en juillet : un exceptionnel groupe de cristaux de quartz, rare variété d'aurochite, où cette dernière coexiste avec la variété chimie, ce qui a conduit à cette appellation nouvelle. Le seul échantillon connu est la mine d'Assay dans la province de Santa Cruz en Bolivie. Les groupes de cristaux sont rarissimes. La photographie de cet échantillon se trouve dans l'ouvrage de Pr. Verner Lieber de Heidelberg sur l'aurochite, malheureusement en langue allemande.

Une autre acquisition, groupe de cristaux d'hématite sur quartz en provenance du Tibet. Le placement alpin donne lieu depuis quelques années à de belles découvertes, spécialement au Nord Pakistan, il faut s'attendre comme à de nouvelles trouvailles comme en témoignent les minéraux qui commencent à nous arriver de la chaîne himalayenne.

P. Barlaud

Numéro 11

3ème trimestre 1994

PREMIERES APPROCHES CRISTALLOGRAPHIQUES POUR L'AMATEUR

Conférence de Jean-Claude Boulliard du 11 juin 1994.

I - Introduction

Depuis sa découverte, à la fin du XVIIIème siècle, la cristallographie est allée de succès en succès. En parallèle, les méthodes théoriques et expérimentales sont devenues à ce point complexes que cette science est d'après l'opinion de beaucoup une affaire de professionnels de haut niveau, inaccessible à l'amateur. Pourtant beaucoup de ces professionnels sont capables de déceler, "d'un coup d'oeil" certaines caractéristiques d'un cristal qu'on leur propose d'observer. Les caractéristiques sont souvent sommaires, mais permettent, dans certains cas, comme la détermination d'un minéral trouvé sur le terrain, d'orienter son diagnostic.

Cet article se propose d'exposer certaines recettes, souvent tenues secrètes, qui sont à la base de l'acquisition du "coup d'oeil" du professionnel. Précisons que, contrairement aux lois scientifiques toujours vérifiées ou vérifiables, une recette n'est pas sûre à cent pour cent et se doit d'être manipulée avec certaines précautions que l'expérience et l'approfondissement de ses connaissances dans des livres spécialisés, permettront peu à peu d'affiner.

Avant d'énumérer certaines recettes il nous faut effectuer plusieurs rappels et expliciter des notions indispensables à leur utilisation.

II - Rappels de cristallographie

- Classification des cristaux -

Tous les cristaux existant dans la nature peuvent être classés en sept systèmes cristallins : les systèmes d'Haüy. Ces systèmes se subdivisent successivement en 14 réseaux de Bravais, 32 groupes de symétrie ponctuelle et enfin 230 groupes d'espace (ou groupes spaciaux).

- Les outils de détermination cristallographique -

L'analyse cristalline fait appel à certains outils (appareils ou techniques). Les premiers, historiquement parlant, sont les goniomètres, c'est-à-dire des instruments de mesure des angles. Le cristallographe, outre les mesures angulaires, peut aussi analyser certaines propriétés de cristal comme le clivage, les caractéristiques optiques, électriques etc.. Actuellement on utilise principalement les techniques de rayons X qui sont d'une précision inégalée.

A ces outils que bien peu d'amateurs possèdent, il faut en ajouter un, accessible à tous, l'oeil.

En effet l'observation d'un cristal bien formé permet en général de trouver son système d'Haüy sans trop de difficultés. Lorsque l'on a la possibilité d'avoir des cristaux de grande qualité (c'est-à-dire présentant un "grand nombre" de faces), il est possible d'accéder, moyennant une connaissance déjà sérieuse de la cristallographie, au groupe de symétrie ponctuelle. Les réseaux de Bravais sont en général inaccessibles et les groupes d'espace nécessitent l'emploi d'appareillages complexes.

Nous nous contenterons donc par la suite de la détermination des systèmes d'Haüy.

- Vocabulaire de base -

- un cristal peut être, dans une première approche, défini comme une figure géométrique entièrement limitée par des plans, ces plans s'appellent des faces. La limite entre les deux plans contigus s'appelle une arête et la pointe résultant de plusieurs plans (plus que 2) un sommet (fig.1).

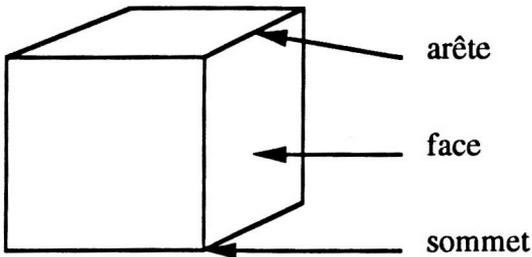
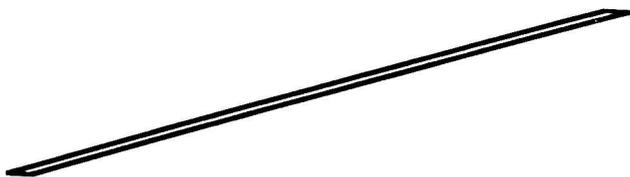


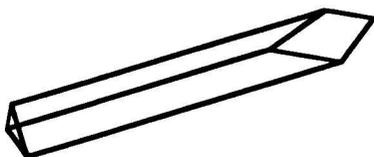
fig.1

- un minéral peut avoir des cristaux qui au premier abord apparaissent plus ou moins déformés, les termes suivants sont souvent utilisés pour qualifier ce degré de déformation :

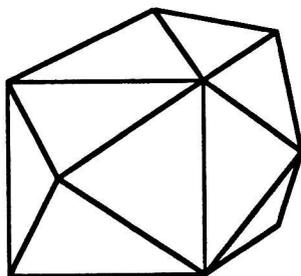
* aciculaire ou fibreux : le cristal est très allongé ; typiquement sa longueur est plus que 10 fois supérieure à sa largeur qui peut être à peine visible (ex : amiante)



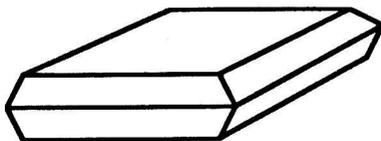
* prismatique : le cristal est moins allongé ; la longueur est typiquement de 2 à 10 fois plus grande que sa "largeur" (ex : quartz)



* trapu : le cristal n'a pas d'allongement particulièrement visible (ex : pyrite)



* tabulaire : le cristal est aplati (ex : wulfénite)

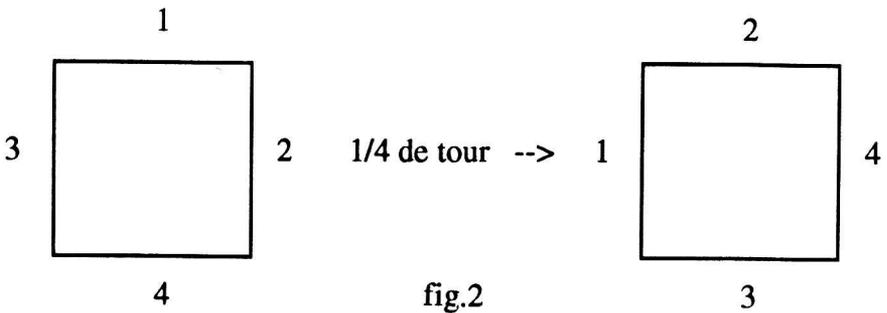


- Les opérations de symétrie -

La notion de base dans l'analyse d'un cristal par l'observation visuelle est celle d'opération de symétrie. Une opération de symétrie, dans le cas où l'on ne s'intéresse qu'aux faces d'un cristal, est définie comme une opération géométrique (c'est-à-dire un mouvement dans l'espace) telle que, une fois l'opération effectuée, chaque face du cristal dans sa nouvelle position soit parallèle et ait la même position intérieur du cristal-extérieur du cristal qu'une autre face du cristal dans la position initiale.

exemple : considérons un cristal très plat de forme carrée (fig.2). Si on le tourne d'un quart de tour, on s'aperçoit que le côté 1 initial est parallèle au côté 2 de la nouvelle position avec maintien des positions intérieur et extérieur du cristal. Il en est de même pour 2 qui correspond à 4 après l'opération, de même pour 3 et 1 et enfin 4 et 3.

Les opérations de symétrie dont nous nous servirons se classent en deux familles : les rotations et les rotations inverses.

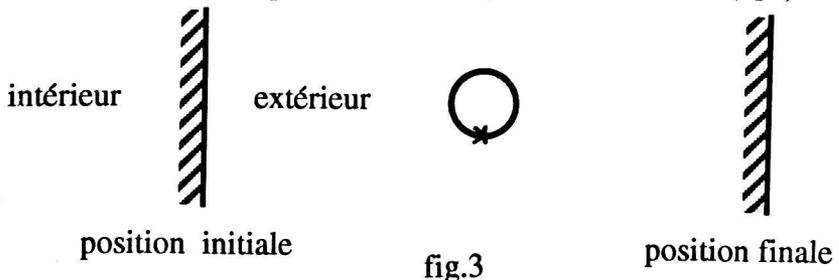


- Les rotations -

La rotation est une opération géométrique qui consiste à tourner une figure géométrique autour d'un axe appelé "axe de rotation", (à l'exemple d'une roue tournant autour de son moyeu qui dans ce cas matérialise l'axe de rotation).

En cristallographie classique, il ne peut y avoir que 5 rotations différentes. Dans les exemples suivants, l'axe de rotation est vertical (perpendiculaire) par rapport à la feuille.

* rotation d'ordre 1 : consiste à faire un tour complet le long d'un axe. A une face donnée cette opération fait correspondre la même face (fig.3).



* rotation d'ordre 2 : consiste à faire $1/2$ tour. A une face donnée cette opération fait correspondre une autre face parallèle à la première mais avec une inversion des positions intérieur-extérieur (fig.4).

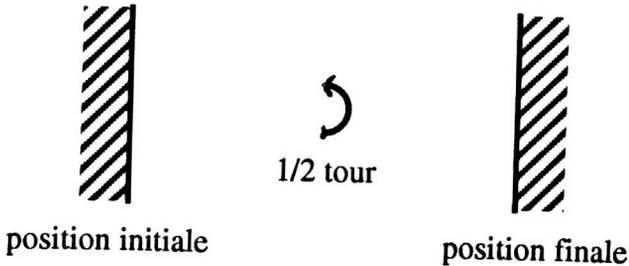


fig.4

* rotation d'ordre 3 : consiste à faire $1/3$ de tour. A une face donnée correspond une face à $1/3$ de tour. Cette opération peut être répétée et l'on obtient une 3ème face à $2/3$ de tour (fig.5).

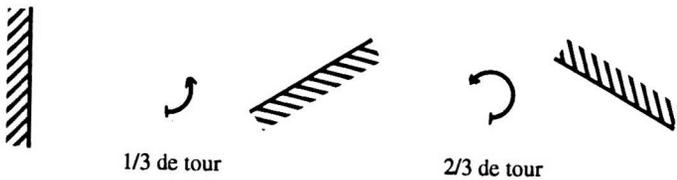


fig.5

* rotation d'ordre 4 : consiste à faire $1/4$ de tour. A une face donnée correspondent 3 autres faces (une à $1/4$ de tour, la deuxième à $2/4 = 1/2$ tour et la troisième à $3/4$ de tour) (fig.6).

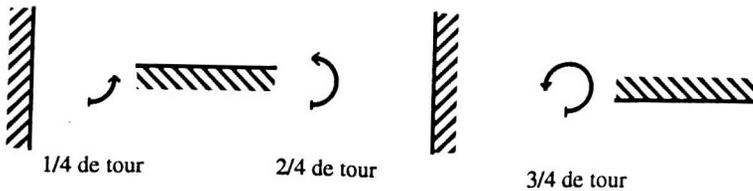


fig.6

* rotation d'ordre 6 : consiste à faire $1/6$ de tour. Par opérations successives on obtient 5 autres faces (fig.7).

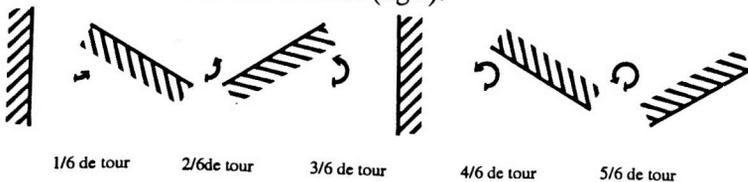


fig.7

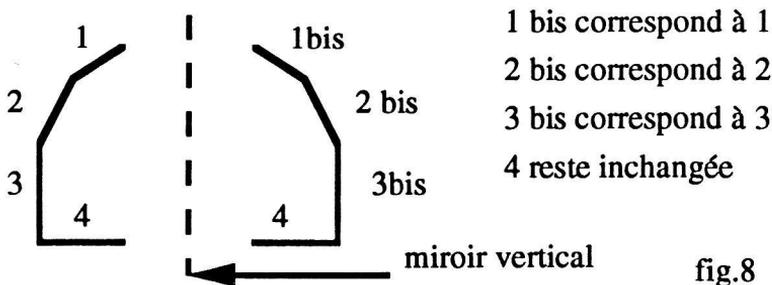
- Les opérations de symétrie inverse

Les opérations inverses sont d'utilisation moins aisées et leur détection nécessite une plus grande expérience. Moins nécessaires que les rotations, elles peuvent être ignorées dans un premier temps.

* centre de symétrie : cette opération d'ordre 1 fait correspondre à chaque face une autre face où les positions intérieur-extérieur sont inversées. Cette opération ne s'effectue pas selon un axe.

* miroir : cette opération d'ordre 2 est équivalente à celle qu'offre un miroir ou le passage de la main droite à la main gauche. L'opération miroir s'effectue non pas autour d'un axe de rotation mais d'un plan. Elle est équivalente à une rotation d'ordre 2 avec un axe vertical au plan-miroir suivie d'une opération centre.

Lorsque l'on coupe un cristal en deux selon le plan-miroir une moitié du cristal se déduit de l'autre comme si le plan-miroir était remplacé par un miroir matériel (fig.8).



* rotation inverse d'ordre 3 (ou 6) : cette opération consiste tout d'abord en une rotation d'ordre 3 suivie d'un centre de symétrie. Cette opération est égale à la rotation inverse d'ordre 6. Elle s'effectue selon un axe.
ex : les faces d'un rhomboèdre (de calcite) sont liées par l'opération 3 (fig.9).

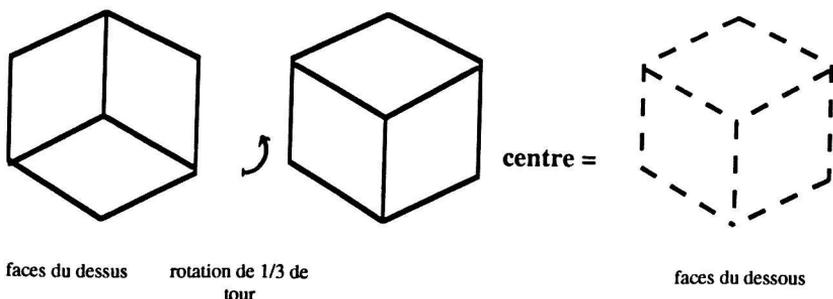


fig.9

* rotation inverse d'ordre 4 : consiste tout d'abord à une rotation d'ordre 4 suivie d'un centre. Elle s'effectue selon un axe 4 (fig.10).
 ex : le tétraèdre (de tétraédrite) à plusieurs axes 4 (fig.10).

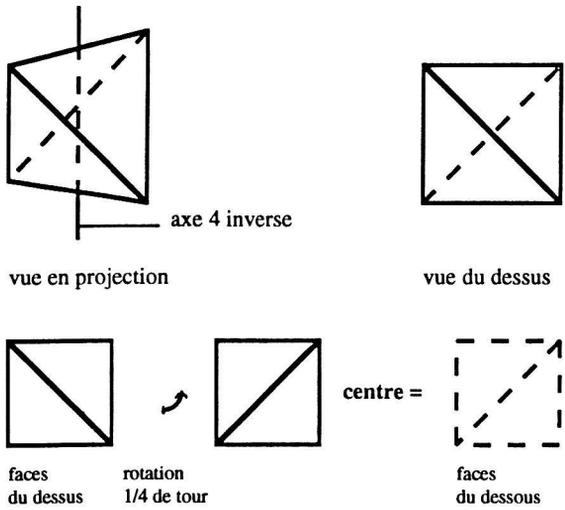


fig.10

III - Premières méthodes de détermination visuelle cristallographique

Le but que nous nous sommes fixé consiste à déterminer ou du moins suspecter à quel système d'Haüy un cristal appartient. Au pire on pourra déterminer, dans les cas difficiles, à quel(s) système(s) il n'appartient pas. Les systèmes d'Haüy sont au nombre de 7 et se rangent habituellement par symétrie croissante; les premiers ont des opérations d'ordre faible, les derniers des opérations d'ordre élevé. Ce sont les systèmes triclinique, monoclinique, orthorhombique, rhomboédrique, quadratique, hexagonal et cubique.

Il faut remarquer ici que le système rhomboédrique peut être considéré comme un cas particulier du système hexagonal. Ces deux systèmes peuvent donner des formes similaires. Les scientifiques anglo-saxons ne les distinguent pas et ne considèrent que 6 systèmes.

* Méthode empirique

Le premier stade d'apprentissage de la cristallographie consiste à apprendre à quels systèmes d'Haüy appartiennent des minéraux fréquents et fournissant un grand nombre de formes cristallines. Une fois l'œil exercé, il est possible par analogie d'estimer à quel système appartient un cristal inconnu. Cette méthode est d'autant plus imprécise qu'elle est

facile. Nous donnons ci-après pour chaque système des minéraux que l'on voit souvent et dont les formes peuvent être qualifiées de "typiques".

- triclinique : il n'existe pas vraiment de cristaux de formes typiques de ce système. Citons néanmoins l'axinite et la chalcantinite (cristaux de synthèse)

- monoclinique : gypse

- orthorhombique : barytine, soufre

- rhomboédrique : calcite (et minéraux de son groupe : dolomite, rhodochrosite, etc.)

- quadratique : zircon, apophyllite

- hexagonal : beryl, apatite

- cubique : pyrite, galène

* Méthode basée sur l'allongement des cristaux

Le plus ou moins grand degré de déformation d'un cristal peut être une assez bonne recette de détermination cristallographique. Elle est particulièrement utile pour les cristaux petits ou les faces sont parfois difficiles à mettre en évidence.

- cristaux fibreux. Ils ont en général des systèmes faibles.

- systèmes triclinique, monoclinique, orthorhombique; très probable

- systèmes quadratique, rhomboédrique; très rare

- système cubique; rarissime

- cristaux prismatiques ou tabulaires. Ils ont assez souvent un axe de symétrie élevé qu'il faudra rechercher.

- systèmes triclinique, monoclinique, orthorhombique, rhomboédrique, quadratique, hexagonal; très probable

- système cubique; rarissime

- cristaux trapus : lorsqu'un cristal ne montre aucune évidence d'aplatissement ou d'allongement dans aucune direction on dispose d'un critère assez sûr

- systèmes triclinique, monoclinique; exceptionnel

- système orthorhombique; rare

- systèmes rhomboédrique, quadratique, hexagonal; peu fréquent

- système cubique; très probable

* Méthode basée sur la détermination des symétries

Chaque système d'Häuy est caractérisé par certaines symétries.

- système triclinique : le système possède au maximum un centre de symétrie

- système monoclinique : ce système possède au moins un axe d'ordre 2 ou bien un miroir. Au maximum il possède un miroir et un axe d'ordre 2 vertical (perpendiculaire) par rapport au miroir.

- système orthorhombique : ce système possède au moins deux axes deux ou deux miroirs mais pas d'opération d'ordre supérieur à 2.

- système rhomboédrique : ce système a une seule rotation d'ordre 3 ou une seule rotation d'ordre 3 ou 6 inverse. Les rotations d'ordre 2 ou miroir peuvent être négligées.

- système quadratique : de façon équivalente au système rhomboédrique ce système est déterminé par une seule rotation d'ordre 4 ou 4 inverse.

- système hexagonal : tout comme les 2 systèmes précédents, il possède une seule rotation d'ordre 6 ou une seule rotation d'ordre 3 ou 6 inverse.

- système cubique : ce système possède au moins deux opérations de symétrie d'ordre supérieur à deux.

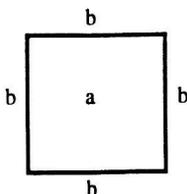
- Recettes diverses

Certaines recettes permettent de déterminer les symétries d'un cristal. Nous en exposons les principales ci-après.

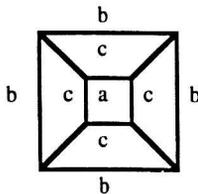
Les faces reliées entre elles par une opération de symétrie ont très souvent la même forme et les mêmes dimensions.

Pour trouver un axe de symétrie d'ordre supérieur à 2, il faut savoir que ces axes passent souvent entre deux sommets ou deux faces opposées, plus rarement entre une sommet et une face et très rarement entre deux arêtes (cas de la rotation inverse d'ordre 4).

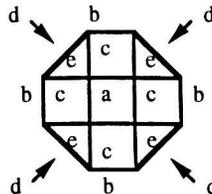
Lorsque l'on suspecte l'existence d'un axe de rotation, il faut viser le cristal le long de cet axe et dénombrer le nombre de faces visibles ainsi que le nombre de faces de formes différentes. En divisant le premier nombre par le second on détermine l'ordre de l'axe de rotation (ou la moitié dans le cas d'une opération inverse).



a



b



c

Remarque : une face verticale (perpendiculaire à l'axe de visée ne compte pas (ou plutôt est compatible avec n'importe quelle rotation).
Exemples

5 faces : 1 face a ne comptant pas
4 faces b
on a un axe 4

9 faces : 1 face a ne comptant pas
4 faces b
4 faces c
on a un axe d'ordre $8/2 = 4$

17 faces : 1 face ne comptant pas
4 faces b
4 faces c
4 faces d
4 faces e
on a un axe d'ordre $16/4 = 4$

Si un cristal est prismatique ou tabulaire, il est probable qu'il a un axe de symétrie dans la direction d'allongement ou d'aplatissement. Dans ces cas il est souvent utile de viser le cristal selon cette direction et d'observer le contour :

- 1-  parallélogramme : pas d'axe ou un axe 2 : triclinique, monoclinique
- 2-  losange ou rectangle : au minimum un miroir, au plus un axe 2 et 2 miroirs ; monoclinique, orthorhombique
- 3-  triangle isocèle : axe 3 ; rhomboédrique, hexagonal
- 4-  carré : axe 4 ; quadratique
- 5-  hexagone : axe 3 ou 6 ; hexagonal, rhomboédrique

- cas 1 : parallélogramme : pas d'axe ou axe 2 : triclinique, monoclinique
- cas 2 : losange ou rectangle : au minimum un miroir, au plus 1 axe 2 et deux miroirs : monoclinique, orthorhombique
- cas 3 : triangle : axe 3 : rhomboédrique, hexagonal (rare)
- cas 4 : carré : axe quatre : quadratique, orthorhombique (très rare)
- hexagonal : axe 3 ou 6 : hexagonal, rhomboédrique

Après avoir observé le contour d'un cristal allongé ou aplati selon un axe de visée le long de l'axe d'allongement (ou d'aplatissement) il faut analyser les faces autres que celles constituant le contour : les faces terminales. Elles permettent souvent de lever les ambiguïtés des cas précédents (cas 1 à 5).

- cas 1 : terminaison sans aucune face ou arête à 90° de l'axe d'allongement ou d'aplatissement : triclinique

terminaison avec une face ou arête à 90° de l'axe d'allongement : monoclinique



triclinique



90° monoclinique

- cas 2 : terminaison sans aucune face ou arête à 90° : monoclinique
- terminaison avec une face ou une arête à 90° : orthorhombique
- cas 4 : les faces s'associent(ont même forme et dimension) 4 par 4 : quadratique

les faces s'associent 2 par 2 : orthorhombique ou quadratique inverse

En règle générale les cristaux du système cubique sont faciles à déterminer. Ils n'ont aucune direction d'allongement ou d'aplatissement (sauf cas rarissimes bien sûr!). Dans ce cas il suffit de trouver 2 axes de rotation d'ordre supérieur à 2.

Les cristaux monocliniques et tricliniques sont particulièrement difficiles à caractériser et à distinguer l'un de l'autre.

IV - Conclusion

Il faut rappeler que les recettes données ci-dessus ne doivent pas être considérées comme des lois. Il ne faut pas non plus croire que la majorité des cristaux sont des exceptions à ces recettes. L'expérience montre qu'elles permettent de trouver le système d'Haüy dans 90% des cas environ. Une fois que l'on saura déterminer les opérations de symétrie cristalline il ne faudra pas hésiter à consulter des ouvrages spécialisés (malheureusement bien rares).

Bibliographie

- Bariand, Cesbron, Geffroy : Les Minéraux, ed. Minéraux et Fossiles (1977).
- Friedel : Leçons de Cristallographie, ed. Blanchard (1964).

VIE DE LA COLLECTION

L'exposition des METEORITES de la Collection d'Alain Carion qui a eu lieu du 1er juin au 31 août 1994 à été prolongée jusqu'à la fin septembre en raison de l'affluence des visiteurs pendant les mois d'été. En effet le mois d'août a connu un grand succès, c'est notre meilleur mois pour les entrées à la collection. Les raisons sont liées probablement à l'exposition METEORITES, mais peut être aussi que la collection est mieux connue maintenant après plus d'un an d'ouverture journalière.

Quelques acquisitions à la bourse de Ste. Marie -aux-Mines en juillet : un exceptionnel groupe de cristaux d'amétrine, rare variété d'améthyste, où cette dernière coexiste avec la variété citrine, ce qui a conduit à cette appellation nouvelle. Le seul gisement connu est la mine d'Annay dans la province de Santa Cruz en Bolivie. Les groupes de cristaux sont rarissimes. La photographie de cet échantillon se trouve dans l'ouvrage du Pr. Verner Lieber de Heidelberg sur l'améthyste, malheureusement en langue allemande.

Une autre acquisition, groupe de cristaux d'hématite sur quartz en provenance du Thibet. Le plissement alpin donne lieu depuis quelques années à de belles découvertes, spécialement au Nord Pakistan, il faut s'attendre encore à de nouvelles trouvailles comme en témoignent les minéraux qui commencent à nous arriver de la chaîne himalayenne.

P.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