

Bulletin
de
l'A.M.I.S.

Numéro 13
1er trimestre 1995

TUCSON 95

Conférence de Pierre Bariand du 25 février 1995

Le déclin de la plus importante foire aux minéraux de la planète était cette fois manifeste. Tucson meurt doucement de son gigantisme. Plus de deux douzaines d'hôtels commercialisent maintenant non seulement les minéraux, mais bien d'autres articles : petite bijouterie, antiquités, tapis, etc... qui attirent un public nombreux. La pacotille se vend bien.

Mais qu'en est-il des minéraux ? Seul l'Executive Inn qui rassemble l'essentiel des marchands réputés pour la qualité de leurs échantillons peut apporter encore quelques bonnes surprises aux amateurs passionnés de beaux spécimens. Mais il faut avouer que cette année il n'y avait guère de bonnes pièces et peu ou pas de visiteurs. L'époque où l'on se bousculait dans les couloirs du Desert Inn est révolue et le "Show" se déroule dans une ambiance sans enthousiasme, sans passion. A dire vrai l'on s'y ennue. Mauvais présage.

Il faut dire que depuis de nombreuses années les prix se sont envolés. Les échantillons de classe sont devenus rares, à la limite introuvables, et si par le plus grand des hasards l'on découvre un échantillon de qualité, le prix est si haut que cela interdit toute velléité de l'acquérir. Seul les "paranoïaques" de la collectionnité sont encore, mais pour combien de temps, la proie de quelques marchands peu scrupuleux.

Le "Show principal" était la copie conforme de l'activité dans les hôtels. Peu de visiteurs, peu d'acheteurs et peu de beaux spécimens. L'activité du marché des grossistes était nulle et les stands ne méritaient pas le déplacement. Quand on pense aux échantillons que l'on pouvait rencontrer il y a une dizaine d'années, on devient vite amer.

Les expositions, ayant pour thème cette année la topaze, étaient décevantes, échantillons déjà exposés d'autres fois, et peu de belles choses... Signalons toutefois la topaze violette du Pakistan, mille fois vue, mais qui reste un échantillon exceptionnel, l'une des deux grandes topazes brésiliennes du Smithsonian, la vitrine du Musée de Houston et une collection impressionnante de topazes impériales de Ouro Preto pour ne citer que l'essentiel.

Les rhodochrosites vues il y a deux ans étaient encore plus abondantes, toujours à des prix élevés, cautionnés hélas par le don d'un échantillon de 500.000 US \$ par les bières Coors au Musée de Denver. Où allons-nous ? Quand on pense aux cristaux du même minéral provenant du Pérou il y a une quinzaine d'années et dont les prix tournaient autour de 10.000 US \$...

Pour citer quelques minéraux intéressants : un beau groupe de cristaux de ludlamite de Bolivie, malheureusement très cher, ainsi que de belles vivianites de la même provenance. Le plus bel échantillon de cette année était un groupe d'octaèdres d'or dépassant 2 cm de la mine Colorado dans l'état de Californie ; cette mine a produit l'été dernier les plus beaux exemplaires connus d'or cristallisé.

Quand à nous, quelques belles acquisitions : octaèdres de pyrochlore de 7 cm en provenance de Transbaïkalie (Russie), un superbe cristal de cassitérite de Chine (double pyramide quadratique parfaite de 8 cm) et un très beau groupe de cavansite d'Inde, d'une fraîcheur et d'une couleur éclatantes.

Nous espérons que ces réflexions pessimistes ne décourageront pas trop les amateurs de minéraux. La mode des minéraux et leurs prix accessibles pour tous reviendront sans doute pour la plus grande joie des collectionneurs.

La couleur des minéraux et des pierres précieuses

Conférence de Emmanuel Fritsch du 15 juin 1989

La couleur est présente partout dans le monde qui nous entoure. Non seulement elle nous aide à reconnaître certains objets, comme les minéraux de cette Collection, elle peut aussi exercer une influence profonde sur notre comportement et nos sentiments. Le monde des minéraux et des pierres précieuses n'est pas en reste, car il offre aux yeux de l'amateur averti ou de l'observateur curieux un spectre étonnamment varié de teintes et de phénomènes optiques insoupçonnés qui surprennent et ravissent. La couleur n'est donc pas une propriété à négliger, mais malheureusement peu d'entre nous sont familiers avec les causes de ce phénomène. Le but de ces quelques pages est donc d'exposer en simplifiant les principaux processus physiques qui créent l'impression de couleur lorsque nous observons un minéral.

Indépendamment de ce qui se passe dans le minéral lui-même, l'impression de couleur résulte dans la réponse de notre oeil à une sollicitation extérieure, la lumière. Examinons donc en détail ces deux facteurs, la lumière visible et l'oeil humain. Chacun se souvient de l'expérience simple qui consiste à décomposer un rayon de lumière à l'aide d'un prisme; l'on obtient un "spectre" de couleurs identiques à celui d'un arc-en-ciel : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange et rouge. Lorsque toutes ces couleurs sont recombinaées et la lumière résultante dirigée vers notre oeil, nous percevons une lumière "blanche", ou encore non colorée. Si certaines des couleurs sont supprimées ou atténuées, la lumière résultante nous paraît colorée. Par exemple, si le vert est supprimé, la lumière résultante nous paraîtra rouge.

Il est nécessaire de noter que l'oeil humain n'a pas la même sensibilité pour toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Il est très sensible au vert, et sa sensibilité va décroissant vers le violet ou le rouge. L'oeil est par exemple plus sensible au rouge qu'au bleu. C'est pour cette raison que les rubis nous paraissent rouges, bien qu'ils transmettent non seulement la lumière rouge mais également, plus modestement il est vrai, la lumière bleue.

Pour comprendre les processus à l'origine de la couleur des minéraux, il est important de se souvenir que chaque couleur du spectre correspond à une gamme d'énergie bien précise. Cette énergie va croissant du rouge vers le violet. Il est aisé de se rappeler comment l'énergie croît à travers le spectre visible en se souvenant que la gamme d'énergie au delà du violet, l'ultraviolet, cause des coups de soleil douloureux, alors que la gamme d'énergie en deçà du rouge, l'infrarouge, est utilisée pour délicatement réchauffer les poussins en couveuse.

Maintenant que nous savons qu'une couleur représente une certaine énergie, nous allons nous intéresser aux phénomènes qui font qu'un minéral absorbe la lumière. En effet, dans la majorité des cas, l'absorption sélective de certaines couleurs est la cause de la coloration des minéraux. L'agent colorant peut être très petit, comme les myriades d'atomes isolés de chrome colorant le rubis en rouge, ou grand, relativement parlant, si l'ensemble du cristal est impliqué comme l'or ou la cuprite.

Les agents colorants certainement les plus communs dans les minéraux et les pierres précieuses sont les atomes d'éléments métalliques dispersés dans le réseau cristallin du minéral hôte. Le fer et le chrome sont les plus courants de ces éléments colorants, qui comptent également le titane, le vanadium, le manganèse, le cobalt, le nickel et le cuivre.

La variété vert profond du minéral béryl, l'émeraude, est colorée par des traces de chrome, alors que la variété rouge doit sa couleur à des traces de manganèse. Ceci démontre que différents éléments produisent différentes couleurs. Mais un même élément peut également produire des couleurs très variées, si par exemple il a différents nombres d'électrons (ce que les chimistes appellent valence). Le manganèse (Mn) par exemple a couramment une valence +2 ou +3 dans la nature. Les minéraux contenant le Mn^{2+} ont généralement une superbe couleur rose à rouge (rhodochrosite, rhodonite) parce-qu'ils contiennent une large concentration de Mn^{2+} . Mais lorsque la concentration en est très faible, comme par exemple dans certaines tourmalines incolores, ils ne produisent aucune coloration. Par contre, l'irradiation naturelle peut arracher un électron de plus pour produire un Mn^{3+} , et la couleur devient nettement plus intense et presque rouge, à l'instar de nombreuses rubellites de Californie ou de Madagascar, ou des kunzites d'Afghanistan. Donc différentes valences à concentrations égales d'un même élément peuvent produire différentes couleurs.

Toujours pour un même élément et pour une même valence, la couleur induite dans un minéral peut changer en fonction des détails de l'environnement de l'atome en question dans le cristal du minéral hôte. Par exemple le Fe^{2+} entouré de six atomes d'oxygène à distance moyenne

donne une couleur verte au péridot, alors que le même atome entouré de huit atomes d'oxygène à une plus longue distance provoque la teinte rouge des grenats de Bohême. De même, le chrome (Cr^{3+}) induit une couleur verte dans l'émeraude, le grenat démantode et l'uvarovite, le mica fuchsite etc... lorsqu'il est entouré par six atomes dans un arrangement "confortable"; néanmoins pour une géométrie similaire, avec seulement quelques atomes voisins plus proches, cette couleur devient rouge à pourpre comme dans le rubis, les spinelles et la topaze violette.

Nous avons jusqu'à présent discuté de colorations dues seulement à l'influence d'atomes isolés. De très nombreux processus de coloration mettent en jeu non pas un seul, mais plusieurs atomes à la fois.

Les atomes d'oxygène entourant un atome de chrome (dans une valence qui par elle-même ne donne pas de couleur) peuvent "prêter" à cet atome des électrons qui engendrent parfois de vives colorations. Ces phénomènes sont appelés "transferts de charge" puisque des charges négatives - des électrons - sont transférés d'un atome à l'autre. Par exemple l'orange-rouge de la crocoïte - le chromate de plomb - est dû à des transferts de charge oxygène \rightarrow chrome (Cr^{6+}), de même que l'orange de la wulfénite. Les minéraux oxydés d'uranium, nombreux dans la Collection, ont souvent des couleurs vertes ou jaunes dues à des transferts de charge entre oxygène et uranium (U^{6+}). Ces couleurs sont parfois renforcées par une fluorescence également jaune ou verte, due au même phénomène. Le jaune des minéraux contenant du fer ferrique est également dû souvent à des transferts de charge entre oxygène et fer comme l'illustrent le quartz-citrine, le béryl héliodore et certains saphirs jaunes. L'améthyste est un autre exemple très populaire et pour l'instant unique de transfert de charge entre l'oxygène et le fer de valence inhabituelle $4+$, résultant de l'irradiation naturelle.

Les transferts de charge peuvent s'étendre aussi sur trois atomes, couramment deux atomes d'éléments métalliques et l'atome d'oxygène les reliant. L'exemple le plus courant est le transfert de charge entre fer ferreux et fer ferrique. Il engendre la magnifique couleur bleue des aiguës-marines foncées, du disthène, de certaines cordiérites, de la lazulite et de l'eucrase. Un transfert de charge similaire entre titane et fer crée le bleu familier du saphir et est soupçonné d'être également responsable de la couleur très similaire des bénitoïtes de Californie. Ces échanges d'électrons peuvent se propager sur de plus larges molécules comme celles qui composent l'ambre et le copal, où ils produisent une teinte jaune à brune. Enfin, dernier parce qu'il est atypique, le lapis-lazuli (lazurite) est coloré d'un bleu profond par des transferts de charge dans des groupes de trois atomes de soufre, un processus pour le moins inattendu.

La couleur de nombreux minéraux est le résultat de l'irradiation naturelle qu'ils ont subi au long des temps géologiques. Cette irradiation provoque des défauts ponctuels de la structure cristalline - en particulier au voisinage des impuretés - qui absorbent parfois certaines longueurs d'onde du spectre visible, et donc produisent une couleur. Ils sont appelés pour cette raison "centres colorés". Il n'y a pas de classification de ces défauts et notre liste d'exemples est une série de cas particuliers. Parfois, l'irradiation bouscule des atomes hors de leur position normale, laissant une "lacune". Ces lacunes, produites dans un diamant, sont la cause de la couleur verte si rare dans la nature de cette gemme (et si aisément reproduite par irradiation dans un laboratoire). Plus souvent, la radioactivité naturelle déloge quelques électrons, souvent ceux d'une impureté. Le quartz fumé, un centre coloré très étudié, doit sa couleur brune à un défaut impliquant des impuretés d'aluminium. Associé au quartz fumé à Pike's Peak, Colorado, l'amazonite (une variété de feldspath) est colorée en bleu par un centre coloré associant des traces de plomb et d'eau. La source de l'irradiation naturelle est dans ce cas le potassium contenu dans le feldspath même. L'extraordinaire palette de couleur des fluorines est due en partie à des centres colorés impliquant des terres rares telles l'yttrium (pour le bleu et le rose) et le cérium (pour le vert-jaune). La couleur jaune résulte de l'absorption d'un groupement d'atomes d'oxygène remplaçant le fluor dans la structure cristalline. Parfois, la nature exacte du centre coloré présent est encore inconnue, et ceci est encore le cas pour les topazes bleues, jaunes et "sherry" (rouge-brun).

Nous venons de voir des exemples de coloration dues à des électrons pouvant se déplacer sur quelques atomes, ou même sur de larges molécules, dans le cas de l'ambre. Dans certains minéraux, les électrons ne sont plus localisés sur un atome ou un groupe d'atomes, mais au contraire sont délocalisés sur l'ensemble du cristal (ce qui implique que le cristal conduit l'électricité de façon plus ou moins efficace). Cette situation crée parfois une absorption très intense de la lumière visible, et ces minéraux ont par conséquent une couleur très intense également. Ainsi, l'or, le cuivre, et certains sulfures tels que la chalcopyrite et la covellite ont un éclat métallique car ils absorbent toutes les couleurs du spectre visible et les réémettent immédiatement. Leur couleur vient du fait que certaines couleurs sont absorbées et réémises de façon préférentielle. Par contre, le cinabre, la proustite et la cuprite par exemple, bien qu'utilisant le même type de processus, n'absorbent pas l'ensemble de spectre visible. Ils laissent passer le rouge, qui donne leur intense coloration.

Nous avons fini de passer en revue tous les procédés colorant les minéraux uniquement par absorption d'une portion de la lumière visible. D'autres procédés, beaucoup plus rares, peuvent également colorer les cristaux. Nous allons décrire quelques-uns d'entre-eux parce qu'ils impliquent des

espèces minérales importantes.

Lorsque la lumière visible rencontre un empilement régulier de couches d'indices de réfraction alternés et d'épaisseur comparable à ses longueurs d'onde, elle est diffractée, ce qui veut dire qu'une longueur d'onde particulière - une couleur - est "réfléchie" alors que les autres sont transmises à travers le minéral. L'opale noble en est un exemple classique. Cette longueur d'onde transmise - cette couleur - varie avec l'épaisseur des couches ou leur orientation, qui peut varier d'un empilement à l'autre, d'un grain à l'autre, et produit l'effet "harlequin" des opales. Le même phénomène optique - la diffraction - cause les couleurs variées de la labradorite, une variété de feldspath composée d'une alternance de minces couches de feldspaths de compositions (et donc d'indice de réfraction) légèrement différentes.

La diffusion de la lumière est un autre procédé qui induit une coloration intense dans deux cas familiers des collectionneurs : il s'agit de la fluorine violette (anthozonite) et du sel (halite) bleu. Dans ces deux minéraux, l'irradiation naturelle a détruit quelques liaisons et un des éléments composant le minéral forme des agrégats métalliques microscopiques (calcium et sodium respectivement). La lumière est à la fois absorbée et diffusée par ces agrégats, laissant passer dans le cas du sel une lumière bleue ou violette, selon la taille des particules formées.

Enfin, certains minéraux sont colorés par les inclusions qu'ils contiennent. Ainsi, le quartz hématoïde est coloré en rouge par des cristaux microscopiques d'hématite. La liste de ces cas particuliers est longue et va de l'exemple trivial du quartz hématoïde jusqu'à des configurations beaucoup plus exotiques telles que la colémanite colorée en orange par des inclusions de réalgar!

De nombreux autres phénomènes physiques créant une coloration ont été décrits dans les minéraux naturels. Néanmoins, il s'agit essentiellement de cas particuliers trop longs à détailler dans cet aperçu de l'origine de la couleur des minéraux. La liste, déjà très variée, que nous venons de donner, aura montré au visiteur que ces phénomènes peuvent être complexes. Contrairement à ce que l'on peut penser à priori, ce n'est pas parce qu'un minéral est rose qu'il contient du manganèse. Il n'est pas toujours simple d'identifier l'origine de la couleur d'un cristal. La solution est souvent trouvée à l'issue d'un procédé long et coûteux, pour lequel les organismes officiels ont malheureusement un intérêt très limité. Nous espérons néanmoins que ce court chapitre permettra au lecteur d'identifier l'origine de la couleur de nombreuses pièces de la Collection, et lui aura donné quelques idées (néanmoins partielles) sur l'origine peu connue de ce phénomène fascinant : la couleur.

VIE DE LA COLLECTION

Actuellement et jusqu'au 31 mai la Collection a le plaisir d'accueillir un ensemble exceptionnel de pierres imagées réunis par Monsieur Guy Oyhanart, depuis plus de 25 ans.

"L'imaginaire des pierres" présente des jaspes, paesines, agates, septaria de toute beauté dont les dessins et les couleurs sont propres à favoriser la rêverie du visiteur.

Les dernières acquisitions de la Collection sont citées dans le résumé de la conférence sur Tucson 1995, pour mémoire: pyrochlore, cavansite et cassiterite.

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