

# La couleur des minéraux naturels

Jean-Claude Boulliard et Olivier Villain

## Des minéraux colorés

De tout temps, les minéraux colorés ont fasciné les hommes. Suscitant toujours autant d'admiration, ils sont aussi un sujet d'étonnement pour le scientifique qui les observe avec les techniques les plus modernes. En effet, si la couleur est l'une des propriétés les plus évidentes d'un minéral, ses origines peuvent se révéler complexes.

## Origines de la couleur

Un matériau cristallin est à la fois caractérisé par des propriétés de symétries qui définissent ses formes géométriques et par des propriétés électroniques, étroitement liées aux premières. Une des conséquences de la combinaison de ces caractéristiques peut être la couleur. Si l'on prend l'exemple des trois minéraux suivants : la cuprite :  $\text{Cu}_2\text{O}$ , le corindon :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le béryl :  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ , ils présentent des propriétés de symétrie et des propriétés électroniques complètement différentes mais présentent pourtant la même couleur, rouge.

De manière très étonnante, deux minéraux de même composition globale et structure cristalline peuvent quand même présenter une couleur différente ! C'est le cas du béryl pur qui est incolore mais peut être rouge ou vert (émeraude)... L'explication tient à la présence d'impuretés. Ainsi, le chrome donne la couleur verte de l'émeraude, ce qui la distingue d'un béryl *ordinaire*.



Cuprite du Royaume-Uni



Rubis de Russie (Corindon +  $\text{Cr}^{3+}$ )



Béryl rouge des Etats-Unis

© J. C. Boulliard, IMPMC

Mais le chrome donne aussi la couleur rouge du rubis. En effet, l'arrangement local des atomes au niveau de l'impureté ne présente pas la même géométrie dans le rubis et l'émeraude.

Ainsi, la composition globale de l'échantillon, la présence d'impuretés, la structure cristalline et la symétrie locale doivent être connues pour comprendre l'origine de la couleur d'un minéral donné.

# La couleur des verres

Olivier Villain

## Un domaine de recherche et des applications industrielles

La production de verre coloré remonte à la plus haute Antiquité et s'est poursuivie à travers le Moyen-âge (magnifiques vitraux des cathédrales !) jusqu'à l'époque moderne. Ainsi, de nombreuses colorations sont obtenues par les maîtres verriers et les industriels. Elles sont liées à la présence d'impuretés, volontairement (ou pas) introduites dans le verre fondu. Le plus souvent, il s'agit d'*éléments de transition*, c'est-à-dire de métaux comme le fer, le cuivre, le cobalt, le chrome, ou le manganèse. Tout l'art du verrier consiste à mélanger ces éléments dans les bonnes proportions et à trouver les conditions de synthèse adéquates (température et durée de fusion) pour obtenir les couleurs désirées.



Utilisation d'un four pour la synthèse des verres à l'IMPMC- © P.Kitmacher. UPMC

Dans le domaine de la coloration des verres, la recherche se poursuit de manière appliquée dans les laboratoires industriels et de manière fondamentale dans les laboratoires publics, comme à l'Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés (IMPMC). Ces recherches s'appuient très souvent sur les études concernant la couleur des minéraux. En effet, la couleur des verres repose sur les mêmes principes que celle des minéraux. Pour étudier expérimentalement les verres, les chercheurs utilisent des techniques spectroscopiques.

A l'IMPMC, des équipes étudient l'influence de modifications du *degré d'oxydation* (\*) d'un élément donné sur la couleur des verres. Ainsi, ils ont observé que les verres au chrome (Cr) sont de couleur verte si le chrome est uniquement dans l'état d'oxydation III ( $\text{Cr}^{3+}$ ) alors que la présence de chrome dans l'état VI donne une coloration jaune (sur la photo dans l'encadré page suivante, les échantillons 1 et 2 ont même composition globale mais la présence de chrome VI dans le verre 2 est responsable d'une coloration tirant sur le jaune).

Pendant, pour un degré d'oxydation donné (par exemple le chrome III), des modifications quelque peu subtiles peuvent se produire dans l'environnement local de l'élément

(\*) Degré d'oxydation : il s'agit d'un nombre entier, positif ou négatif, représentant les électrons perdus ou gagnés par un élément dans un composé donné par rapport à l'atome neutre.

## La couleur des verres

(symétrie du site, distances du chrome avec les oxygènes par exemple), entraînant des conséquences visibles sur les propriétés spectroscopiques.

Le monde désordonné du verre, comme le monde cristallin des minéraux, présente encore de riches terrains d'exploration !

Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés,  
Unité mixte de recherche (UPMC / CNRS / Paris 7 / IPGP)  
Campus Boucaut - 140 rue de Loumel, 75015 Paris

### Contacts :

Olivier Villain, doctorant

olivier.villain@impmc.jussieu.fr

Jean-Claude Boulliard, directeur de la  
collection de minéraux de l'UPMC

jean-claude.boulliard@upmc.fr

### Exemple du chrome : Cr

Les échantillons 1, 2 et 3 montrent l'effet de la présence de chrome VI sur la couleur. Plus la teneur en chrome VI est importante, plus l'échantillon est jaune. Ainsi, l'échantillon 1 qui ne possède pas de chrome VI (bande caractéristique non visible sur le graphe) apparaît vert tandis que les échantillons 2 et 3, possédant du chrome VI (bande visible sur le

spectre), sont plus jaunes. De plus, l'observation du graphe nous permet de relier la couleur jaune à la quantité de chrome VI présente dans l'échantillon. En effet, l'absorbance étant une grandeur physique directement proportionnelle à la concentration en éléments colorants, on en déduit que l'échantillon 3 possède la plus forte teneur en chrome VI, d'où sa couleur très jaune. Les échantillons 1 et 4 comportent uniquement du chrome III, responsable de leur couleur verte mais n'ont pas la même composition globale, d'où les nuances observées sur le spectre et la couleur.

