

IV - La coloration des minéraux

Introduction

La coloration des minéraux provient de phénomènes complexes qui s'expliquent bien souvent par des interactions entre lumière (photons) et électrons, mais également par l'optique et la chimie. Autant être franc, je ne possède pas les compétences nécessaires afin de vous expliquer avec mes propres mots les phénomènes qui rentrent en jeu dans la coloration des minéraux. Les explications ci-dessous proviennent donc de Wikipédia et n'ont pas d'autre but que de vous faire comprendre que ces phénomènes sont extrêmement complexes.

Les minéraux colorés appartiennent à trois grandes catégories.

- Les minéraux idiochromatiques qui sont colorés en raison de leur composition chimique. La couleur est une composante constante et prévisible du minéral.
- Les minéraux allochromatiques qui sont colorés en raison de traces d'impuretés dans leur composition chimique ou de défauts dans leur structure. Dans ce cas, la couleur est une propriété variable et imprévisible du minéral.
- Les minéraux pseudochromatiques qui sont colorés en raison de phénomènes de diffraction de la lumière. Dans ces cas, la couleur est variable, mais constitue une propriété unique du minéral. L'opale noble et la labradorite en sont de parfaits exemples.

Les causes de coloration

L'absorption de lumière

Ce phénomène est l'une des causes principales de la coloration des minéraux à éclat non métallique. Il est dû à la présence de cations (ions positifs) d'éléments de transitions (Fig. 12) dans la formule chimique du minéral.

Un élément de transition, ou métal de transition, est un élément chimique dont les atomes ont une sous-couche électronique « d » incomplète, ou qui peuvent former des cations (ions positifs), dont la sous-couche électronique « d » est incomplète.

Définir ce qu'est une sous-couche électronique nous embarquerait dans de longues explications concernant la structure complexe de l'atome.

En résumé, le phénomène de l'absorption de lumière se base sur les principes que nous avons déjà vus concernant l'excitation d'un atome et le spectre d'émission qui en découle. De plus, l'absorption de lumière prend en compte, d'une part l'influence de l'environnement géométrique (octaédrique, tétraédrique, cubique ...) dans lequel est placé le cation métallique et, d'autre part de la nature des liaisons chimiques (ionique, covalente ...) auquel est sujet le minéral.

Transfert de charge

En chimie, le transfert de charge désigne le transfert d'un électron d'une orbitale moléculaire à une autre. C'est la délocalisation des électrons qui donne à l'atome une stabilité maximum. On parle de résonance.

Dans certains cas de coloration, le saut d'un électron dû à son excitation par la lumière le délocalise non plus autour d'un seul atome, mais au sein d'un groupement d'atomes ou molécule. Le transfert de cet électron s'effectue alors dans les orbitales moléculaires (Fig. 13) au sein de ce groupement.

Les centres de couleurs

Les centres colorés correspondent à différents défauts ponctuels (Fig. 14) dans la structure du cristal. Il existe plusieurs types de défauts ponctuels, mais pour nos propos nous n'en retiendrons que deux, le défaut de lacune (ions manquants) et le défaut interstitiels (ions additionnels).

Une lacune est un type de défaut ponctuel du cristal dû à l'absence d'un atome sur un site normalement occupé.

Un atome interstitiel est un défaut ponctuel du cristal dû à un atome supplémentaire qui vient se placer dans le réseau. Cela provoque une forte distorsion du réseau au voisinage de l'atome, mais qui s'atténue avec la distance.

La théorie des bandes

La théorie des bandes est une modélisation des valeurs d'énergie que peuvent prendre les électrons d'un solide à l'intérieur de celui-ci. De façon générale, ces électrons n'ont la possibilité de prendre que des valeurs d'énergie comprises dans certains intervalles, lesquels sont séparés par des bandes d'énergie interdites (ou bandes interdites). Cette modélisation conduit à parler

Cations métalliques	Couleurs des minéraux
Ti ³⁺ octaédrique	Rose rouge
V ³⁺ octaédrique	Vert
V ⁴⁺ octaédrique	Vert à bleu
Cr ³⁺ octaédrique	Vert (effet alexandrite : avec fluorescence rouge)
Cr ³⁺ tétraédrique	Rouge
Cr ⁴⁺ octaédrique	Bleu
Mn ³⁺ octaédrique	Rouge
Mn ²⁺ octaédrique	Rose rouge (avec fluorescence orange, rose orangé, jaune vert)
Mn ²⁺ tétraédrique	Pomme
Fe ³⁺ octaédrique	Jaune, rouge violet (couleur pâle lorsque les ions Fe ³⁺ sont isolés les uns des autres par des ions silicates), rose pâle, rose pâle, pomme dans les silicates ferriques
Fe ³⁺ tétraédrique	Jaune pâle
Fe ²⁺ octaédrique	Vert (avec Fe ²⁺ en excès, la couleur peut virer au brun)
Fe ²⁺ cubique	Rouge
Fe ²⁺ pyramidal	Rouge
Co ²⁺ octaédrique	Rose
Co ²⁺ tétraédrique	Bleu
Ni ²⁺ octaédrique	Verte, jaune dans des sites déformés par des gros Ni ²⁺ en substitution
Cu ²⁺ octaédrique	Vert, bleu
Sc ³⁺	Pas de coloration
U ⁴⁺	Bleu

Fig. 12 - Liste des éléments de transition avec leur environnement géométrique que l'on trouve généralement dans les minéraux .

de bandes d'énergie ou de structure de bandes.

En effet, dans un atome isolé, l'énergie des électrons ne peut posséder que des valeurs discrètes et définies par leurs nombres quantiques. Dans un solide, la situation est intermédiaire, c'est-à-dire que l'énergie d'un électron peut avoir n'importe quelle valeur à l'intérieur de certains intervalles. Cette propriété conduit à dire que le solide possède des bandes d'énergies permises, séparées par des bandes interdites. Ainsi, les électrons du solide se répartissent dans les niveaux d'énergie autorisés. La théorie des bandes est un modèle qui est surtout utilisé afin d'expliquer les différents

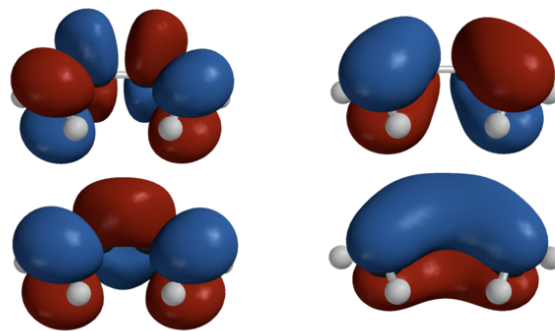


Fig. 13 - Exemple d'orbitales moléculaires.

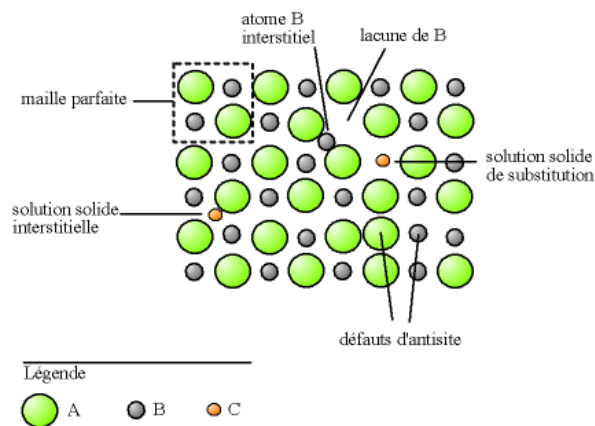


Fig. 14 - Différents défauts ponctuels dans un cristal.

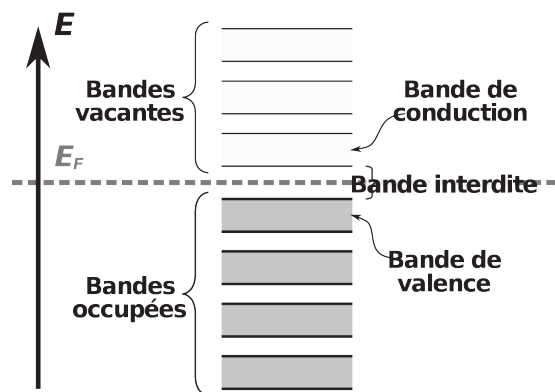


Fig. 15 - Bandes d'énergie d'un semi-conducteur.

comportements électriques entre un isolant, un semi-conducteur et un conducteur dont vous trouverez un bref résumé dans l'annexe intitulée : Glossaire de physique quantique.

Conclusion

Vous l'aurez compris, la coloration des minéraux est un sujet extrêmement complexe. Ainsi, ce chapitre n'a pas d'autre prétention que de vous familiariser avec les termes suivants : absorption de lumière, transfert de charge, centre de couleur et théorie des bandes.