



EXPOSITION

Je classe, tu classes, nous classons

Les minéraux

Le monde minéral recèle une étonnante diversité. Comment mettre de l'ordre dans ce foisonnement de formes et de couleurs ?

Cette exposition reprend les différentes propositions de classement qui ont jaillies au fil du temps. Elle raconte une fabuleuse histoire scientifique et constitue une illustration du cheminement de la pensée mise en place par l'homme pour appréhender le monde.

Une exposition tournée vers un public scolaire

Faire une collection, classer les échantillons sont des activités structurantes pour l'enfant qui construisent sa façon d'appréhender le monde. Spontanément les plus petits vont ramasser des cailloux puis les ranger, les classer selon une logique qui leur est propre. Toute proposition argumentée est valable. Elle devra être discutée. Elle évoluera en fonction des nouvelles connaissances mais aussi en fonction des nouveaux outils disponibles. La science ne s'est pas bâtie autrement. L'histoire de la minéralogie, émaillée de fausses pistes et de controverses, est un exemple instructif et passionnant de cette construction de la pensée.

Cette exposition a été pensée pour le grand public mais aussi et surtout pour un public scolaire. Les activités pédagogiques autour de ce thème sont nombreuses.

Un thème : penser, c'est classer

D'une manière générale, lorsque l'Homme cherche à comprendre son environnement, il sélectionne, ordonne et regroupe par similitude les informations qui lui parviennent. Le monde nous apparaît ainsi plus intelligible.

La diversité de formes et de couleurs du règne minéral est certes très attractive, mais rend cette tâche particulièrement complexe. Comment classer les minéraux ?

Des savants naturalistes, puis des mathématiciens, géologues, chimistes et physiciens se sont successivement penchés sur cette question. S'appuyant sur des collections de plus en plus vastes, ils ont tous proposé différentes approches. Leur trait commun est d'avoir tenté de créer des relations, des comparaisons, des appariements, des différenciations, entre les échantillons minéraux à leur disposition.

Toutefois ces tentatives ne se sont pas faites sans heurts ni controverses. Il fallait notamment s'accorder sur un langage et sur des critères de classification communs.

Cette exposition explore les pistes suivies par les grands noms de la science et reprend les différentes propositions de classement qui ont été successivement proposées. Elle illustre une fabuleuse histoire scientifique qui a contribué au progrès de la connaissance humaine et dont les retombées dépassent largement le seul cadre de la minéralogie.

Construction de l'exposition

Les principaux « modules » qui constituent cette exposition ont été conçus initialement pour se fonder dans le cadre de la galerie de minéralogie de MINES ParisTech.



Comme l'illustrent les photos ci-dessus les bâches s'intègrent aux vitrines du musée présentant les minéraux. Arborant un style qui évoque les carnets et ouvrages scientifiques des 18 et 19^e siècles, elles se répartissent en trois modules intitulés :

- *Une multitude de classements*

Quels critères peut-on établir pour quels classements ?

- *Le but du classement*

Classer oui mais pourquoi ?

- *L'histoire du classement*

Comment l'histoire du classement a-t-elle évolué ?



Créateurs

Fruit d'une collaboration entre MINES ParisTech et Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) cette exposition est le résultat d'un projet de formation licence pro « Médiation scientifique » de Mathilde ANDRE, Khadija BESSEGHIR, Sandrine GUIRAUD.

Caractéristiques techniques

L'exposition se compose de 9 bâches avec œillets, imprimées 65x150 cm, 1 bâche 220x155 cm, 1 bâche 195x150 cm, 1 bâche 130x150 cm. Ces bâches sont équipées d'œillets pour fixation. Elles sont conditionnées dans des cylindres cartons. Cela rend cette exposition itinérante et facilement transportable. Certains objets, livres et minéraux peuvent être éventuellement prêtés.



Contact

Didier NECTOUX, Conservateur
Musée de minéralogie
MINES ParisTech
60, Bd St Michel
75272 PARIS CEDEX 06
Tel : 01 40 51 91 43
didier.nectoux@mines-paristech.fr

tu classes Je classe nous classons

Comment classons-nous les minéraux?

Sans nous en rendre compte nous réalisons au quotidien une multitude de classifications. Nous classons les choses qui nous entourent avant tout pour ranger. Chacun établit un classement qui lui est propre en fonction de ses préoccupations.

Il en va de même pour la minéralogie. Un regard sur différents systèmes de classifications nous fait comprendre les processus par lesquels sont passés les scientifiques et pourquoi ils ont sélectionné certains modes de classement plutôt que d'autres.

Au fil des découvertes scientifiques et technologiques, les classements vont se modifier et s'affiner.



Plusieurs représentations d'un même minéral :



Autant de mots-clés pour établir des critères de classification et de rangement du seul minéral présent dans ce tableau :

La CALCITE

Pour classer il faut des critères. Ils sont nombreux et variés.

La couleur	La chimie
La forme	L'utilisation
La valeur marchande	La densité
Le collecteur	Le gisement
La date de collecte	Les propriétés optiques
La dureté	La localité
Le goût	La taille

Une multitude de classements.

**Quels critères peut-on établir,
pour quels classements?**



Classer les minéraux est une tâche rude. Par exemple pour la couleur, des minéraux d'une même espèce peuvent prendre des couleurs différentes. Mais les minéraux de natures différentes peuvent avoir une couleur identique. La couleur est utile à la description, mais n'est pas un critère décisif.



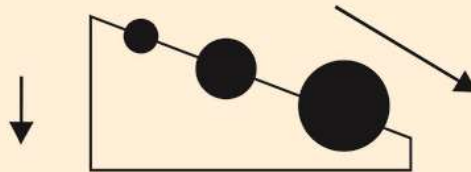
Pour classer il faut s'arrêter sur un certain nombre de critères. Il faut ensuite les hiérarchiser. Fruit d'un consensus entre les spécialistes, ces choix sont aussi conditionnés par des connaissances et les moyens analytiques de l'époque.



↳ Photos
Musée MINES ParisTech

Les Dimensions

Et si on classait
les minéraux en les mesurant?

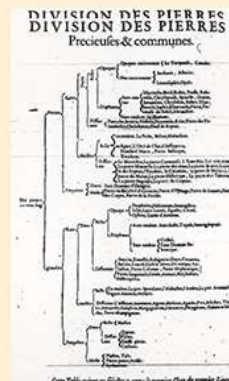


Gros, petits, sont les critères qui permettent d'établir une première classification. C'est insuffisant biens que pratique pour ranger les minéraux.

Et dans l'histoire :

Anselme Boece de Boodt (1550 - 1632) un humaniste Flamand de la Renaissance a utilisé les dimensions comme premier critère pour son classement minéralogique. Il s'initia à la minéralogie à Prague où l'Empereur du St Empire Germanique possédait un des plus fameux cabinet de curiosités. Son ouvrage principal est le Gemmarum et Lapidum Historia (1609).

Il y fait la description sur 806 pages d'une centaine de minéraux et de gemmes en mêlant des observations scientifiques aux vertus supposées des pierres.



> Classification
d'Anselme Boece de Boodt
[Gallica.bnf.fr/Bibliothèque
Nationale de France](http://Gallica.bnf.fr/Bibliothèque Nationale de France)



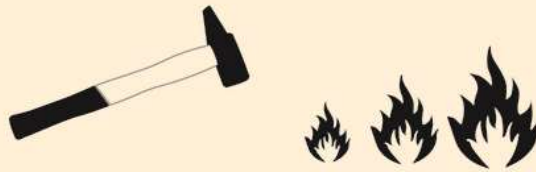
^ A.Boece de Boodt
© Bibliothèque de l'Acad.
Nationale de Médecine



^ Dell'Historia Naturale (Naples 1599)
Gravure du livre de Ferrante Imperato
ETH-Bibliothek Zürich

Les Propriétés

Et si on classait les minéraux par leurs caractéristiques et leur propriétés?



Laquelle choisir, comment hiérarchiser : la dureté, l'inflammabilité, la densité, la trace, la cassure, le clivage, la couleur, la transparence, l'éclat, la morphologie, la luminescence, la phosphorescence, le magnétisme, la radioactivité, la fusibilité, la réactivité aux acides, aux bases ou à l'eau.

Et dans l'histoire :

Abraham Gottlob Werner (1749 - 1817) et Antoine François de Fourcroy (1755 - 1809), comme beaucoup de leur contemporains, classaient selon quatre grandes catégories traditionnelles (acide, terre, combustible métallique et non-métallique). Ils utilisaient les propriétés physiques pour compléter leur classement. Entre le premier et le dernier système de classification d'Abraham Gottlob Werner, on peut voir le nombre de minéraux décrits passer de 183 à 317.



◀ A.Gottlob Werner
Musée MINES ParisTech



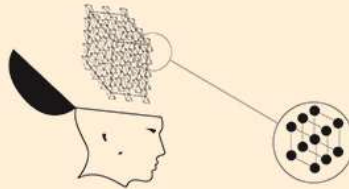
^ A.François de Fourcroy
Sources wikipédia



^ La Bergakademie
où Werner a exercé durant toute sa carrière.

La Structure

Et si on classait les minéraux
selon leur structure?



Modélisée grâce aux mathématiques ou vue grâce à la microscopie électronique à balayage, la structure interne des minéraux est peut-être la solution pour une classification cohérente des minéraux.

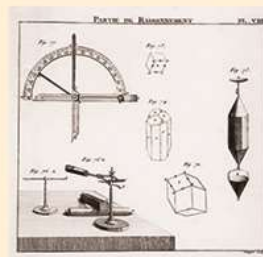
Et dans l'histoire :

René Just Haüy (1743-1822), par l'observation du phénomène de clivage des cristaux, mit au point une théorie dite de "la molécule intégrante" qui lui permit d'imaginer la structure interne des cristaux présents dans les minéraux. Il imaginait ainsi pouvoir établir une classification rigoureuse des minéraux grâce à ces découvertes.

Ce fondateur de la cristallographie et minéralogiste français, fut également conservateur des collections et professeur de cristallographie à l'école des MINES en 1795.



^ R-J. Haüy
Musée de minéralogie
MINES ParisTech



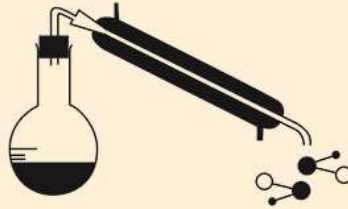
*Traité des caractères physiques
des pierres précieuses* R.J. Haüy
Gallica.bnf.fr/Bibliothèque
Nationale de France

Façade >
Ecole des MINES ParisTech



La Chimie

Et si on classait les minéraux selon leur composition chimique?



La composition chimique des minéraux permet de bien les différencier, c'est d'ailleurs ce critère qui a été retenu pour la classification actuelle.

Et dans l'histoire :

Karl Hugo Strunz (1910 - 2006) James Dwight Dana (1813 - 1895) et Max Hutchinson Hey (1904-1984) ont utilisé la chimie, les anions, pour établir leurs classifications des minéraux. C'est aujourd'hui en suivant la classification de Nickel-Strunz que la collection de l'école des MINES est présentée. Karl Hugo Strunz a également été un membre fondateur de l'Association internationale de minéralogie (IMA).



^ J. Dwight Dana (1813 - 1895)
Annual report from the Smithsonian Institution 1904



^ Université d'Humboldt, ou Karl Hugo Strunz à développé ses recherches. Deutsches Bundesarchiv



< Max Hutchinson Hey (1904 - 1984)
American Mineralogist, Vol 72
P856-858, 1987.

Karl. H. Strunz >
(1910 - 2006)
Deutsche Mineralogische Gesellschaft
Nr 91 Juli 2006

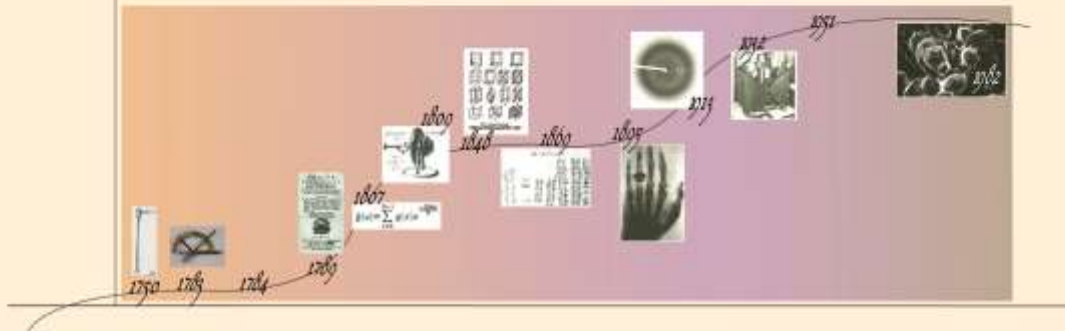


L'histoire du classement

Comment a évolué la classification?

L'histoire et l'évolution de la classification des minéraux sont jalonnées de nombreuses découvertes. Deux étapes ont été essentielles : l'une est conceptuelle, il s'agit de la théorie de "la molécule intégrante" de René-Just Haüy. Pour la première fois germe l'idée que les cristaux présentent une

structure interne et qu'il est possible d'en faire une approche géométrique systématique. L'autre étape majeure est technologique. Il s'agit de la découverte des rayons X, qui, par le développement de matériels analytiques, permettra de comprendre et de mesurer la structure et la composition des minéraux.



1750 (Suède) Axel-Fredrik de Cronstedt, chimiste suédois (1722-1795) rapproche la chimie et la minéralogie avec l'emploi du chalumeau pour étudier les divers réactifs à la chaleur à l'aide d'acides et de fondants.

1784 (France) Mouvant-angle ou géométrie de Gergonne étudiée par René de Chézy. Cet instrument permet une première approche géométrique des cristaux.

1784 (France) Parution de l'essai d'une théorie sur la structure des cristaux de René-Just Haüy. Il y décrit la structure interne propre à chaque espèce minérale et que se poursuit dès un critère de classement.

1789 Le Triaxé Mécanisme de cristal d'Antoine Laurent de Lavoisier est considéré comme le premier travail de chimie moderne. Cette avancée servira pour l'étude de la composition chimique des minéraux.
Source : [Cristallographie des minéraux](#)

1807 (France) Transformées de Fourier, cette formule mathématique apporte plus tard sa contribution à la radiocristallographie.

1800 (Prusse) Unité Optométrique de Hübner, avec système de mesures, il permet une étude des cristaux plus précise.

1848 (France) La structure géométrique des cristaux par Bravais, appelée réseau de Bravais, permet une approche théorique pour comprendre la structure des systèmes cristallins des minéraux.

1869 (Russie) La classification périodique des éléments de Mendeleïev ou "tableau de Mendeleïev" est publiée en 1869. Cette avancée capitale pour la chimie servira également pour l'étude des minéraux.

1897 (Allemagne) Les rayons X découverts par Röntgen, vont devenir l'élément central de plusieurs instruments de mesure pour l'étude des systèmes cristallins.

1917 (Prusse) Unité Diffraction par rayons X pour l'étude des cristaux et des systèmes cristallins par W.L. Bragg et W.H. Bragg.

La loi de Bragg : les rayons X émis par différents atomes obéissent à une relation entre la longueur d'onde du rayon X et le nombre atomique ou charge nucléaire. Grâce à cette loi, des techniques d'analyse chimique précises ont pu se développer.

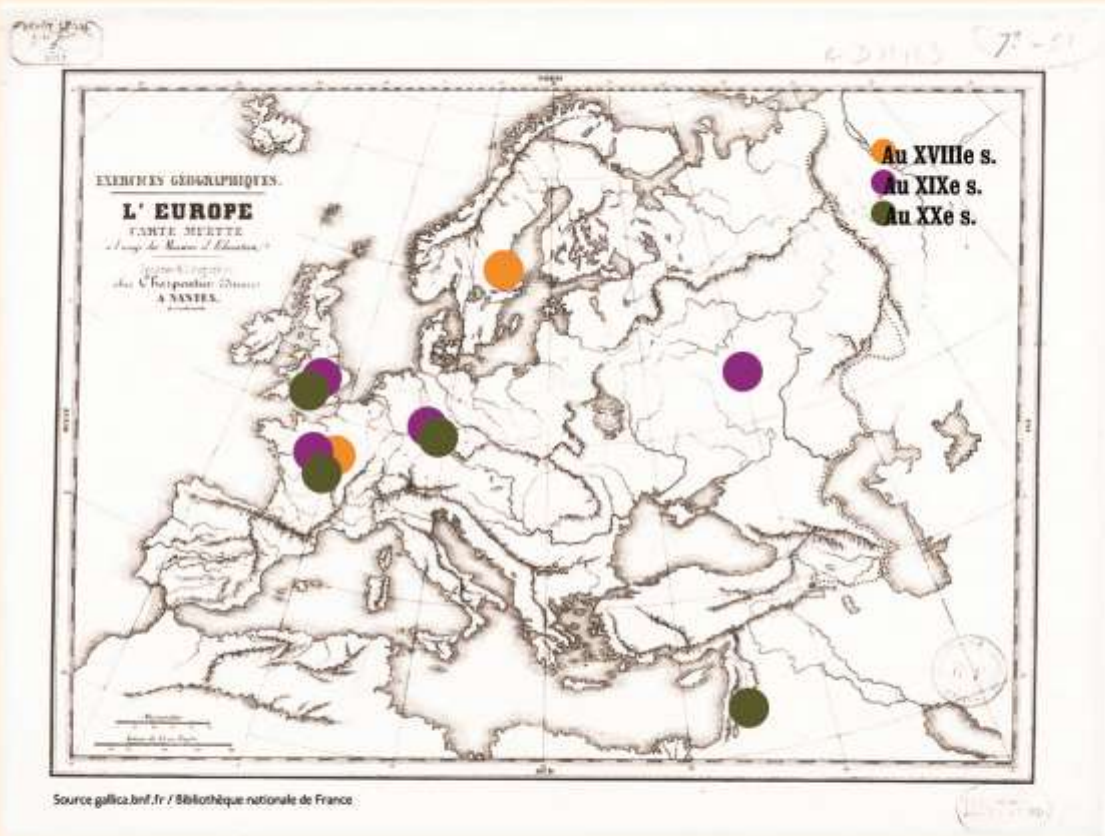
1927 (Allemagne) Premier microscope électronique par Ernst Ruska. Ces microscopes vont permettre de visualiser les systèmes cristallins des minéraux.

1957 (France) La microscopie de Cathode est une méthode d'analyse élémentaire inventée par Raymond Castaing. On a pu ainsi analyser la composition chimique des minéraux.

1970 L'analyse dispersive en énergie (EDS ou EDX pour energy dispersive X-ray spectrometry) permet l'analyse chimique quantitative des minéraux.

1960 (Israël) Découverte des quasi-cristaux par Dan Shechtman à l'université de Tel-Aviv. Les quasi-cristaux diffèrent des cristaux car leur structure n'est pas périodique (alors que les cristaux classiques sont périodiques). Cette découverte amène à modifier la définition d'un cristal pour englober celle d'un quasi-cristal.

La carte des découvertes en Europe



Comment a évolué la classification :

La diversité des pays où des scientifiques ont contribué à faire avancer la recherche en minéralogie montre à quel point une classification commune à tous les chercheurs est importante. Les découvertes se sont multipliées. Le nombre des minéraux est passé d'une vingtaine avant 1700 à plus de 4000 aujourd'hui.

Le but du classement

Classer, oui mais pour quoi?

Classer les choses apparaît presque comme une nécessité pour l'homme. Pour y parvenir il faut définir divers critères. Les raisons qui poussent à adopter certains critères pour classer dépendent du but recherché à travers le classement.



En ce qui concerne les minéraux, les principaux buts auxquels les scientifiques se sont intéressés à travers les siècles ont été :

la **compréhension**
du monde

la création d'un
langage commun
pour **communiquer**

et l'**exploitation** des
ressources minérales.

Pour Comprendre

Afin d'ordonner le monde l'homme a créé la systématique. Elle répertorie, nomme et classe les espèces dans des catégories scientifiques.

Décrire une espèce permet de ranger un grand nombre d'échantillons dans une seule boîte à laquelle on attribue un nom unique. Ceci s'applique aussi aux minéraux, même si jusqu'à la fin du XVIIIe s. la notion d'espèce minérale n'est pas établie et que certains savants la contestent.

La 1ère liste systématique qualitative connue est dans le *Traité des Pierres* de Théophraste (IIIe s.av. J.C.).

La première étape pour classer est de faire des collections. L'objectif est de rendre compte de la diversité des espèces et de permettre aux scientifiques de les étudier dans le but de les classer, décrire leurs caractéristiques mais aussi de comprendre leur apparition et leur évolution.



Quel est le règne ?

MINÉRAL ou VÉGÉTAL



^ Dendrite de manganèse



^ Fougère

MINÉRAL ou ANIMAL



^ Oursin fossile



^ Test d'oursin

Pour Communiquer

Au XVIII^e s. avec la profusion de nouveaux spécimens les scientifiques prennent conscience de l'importance d'avoir un langage scientifique commun.

Pendant longtemps, les minéralogistes de tous pays ont publié de nouvelles descriptions sans jamais se concerter.

Chacun proposait sa classification et sa nomenclature. Pour qu'elles participent efficacement à l'évolution de la science et pour éviter les redondances il a fallu s'accorder autour d'une nomenclature commune.

Les travaux des nomenclateurs entraînent ainsi des réorganisations progressives.

Aujourd'hui, la majorité des descriptions de nouvelles espèces est soumise au contrôle de spécialistes internationaux. Une espèce ne sera homologuée que si la publication comporte des éléments caractéristiques suffisants pour justifier son individualité. De plus au moins un échantillon type doit dûment être repertorié dans un musée.

› 1958 Création de
l'*Association Internationale de Minéralogie*.
Resense et nomme les minéraux jusqu'à
aujourd'hui.



‹ Carl von Linné (1707 - 1778)

Naturaliste suédois.

Dans *Systema Naturae* (1735), il décrit son système binaire de classification des plantes. Convaincu que les minéraux se reproduisent comme des végétaux, il les classe d'après des critères morphologiques.

› Lavoisier (1743 - 1794) chimiste philosophe et économiste français. Sa nomenclature chimique de 1787, sert de base au système moderne. Ce système est toujours en grande partie utilisé aujourd'hui.



Pour Exploiter

Au XVIIIe s. un changement important s'opère. La volonté de systématiquement inventorier le monde a pour but son exploitation afin de mettre les ressources minérales au service de l'industrie naissante.

C'est alors que se créent les écoles des mines dans plusieurs pays. Auparavant objet précieux, le minéral devient objet utile qui sera transformé. C'est dans ce contexte que naît la cristallographie.

A partir de 1860, l'industrie minière se développe considérablement. Les ressources minérales vont prendre une importance géostratégique majeure.

Aujourd'hui les conflits dans le monde sont pour la plupart sous-tendus par la maîtrise des gisements de matières premières.



Illustration à titre honorifique de l'ouvrage de M. Sébastien Cuvier en 1783
Un cours de l'École des Mines à La Monnaie

^ Cours à l'École des Mines à la Monnaie.

La première école des Mines ouvre à l'Hotel des Monnaies de Paris le 19 mars 1783. Elle disparaît dans la tourmente révolutionnaire en 1791 et rouvre ses portes en 1794.



^ Photo d'armoire. Musée de l'école MINES Paritech. Collection départementale de minéraux.



^ Planche Encyclopédie Diderot d'Alembert 1751-1772