

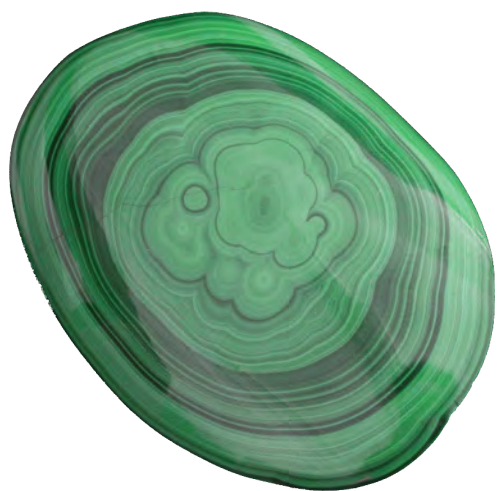
MINÉRAUX



MUSÉE DE  
MINÉRALOGIE



**Les minéraux sont beaux et utiles**



# Guide de visite

Les minéraux et

leur classification



## > Comprendre la classification



René Just HAÜY

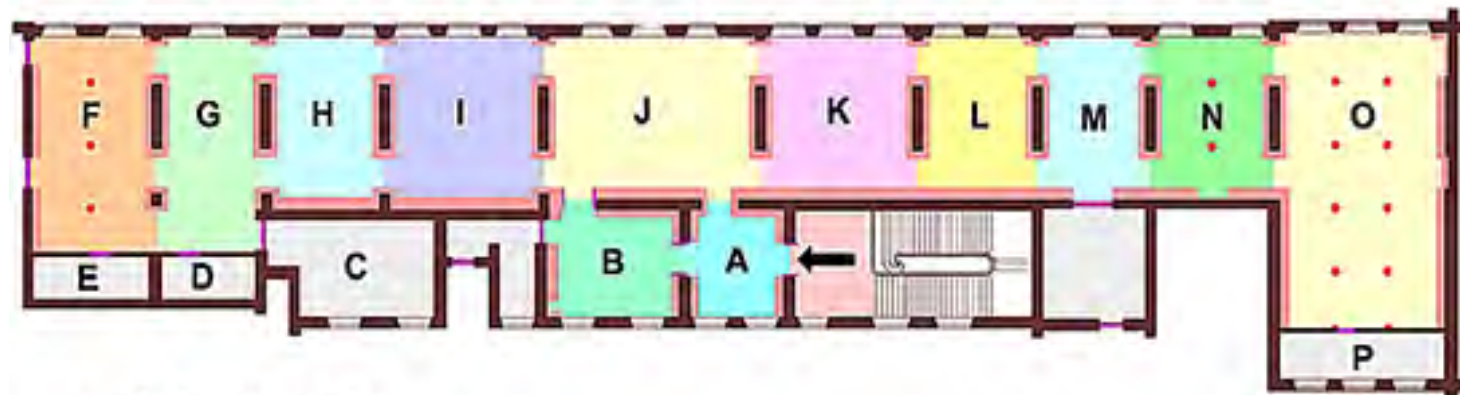
Un minéral se définit par sa composition chimique et sa structure.

La classification des minéraux est aujourd'hui internationalement reconnue. Elle se base sur la composition chimique et se divise en 10 familles (classification de STRUNZ) :

- **éléments natifs**
- **sulfures** et sulfosels
- **halogénures**
- **oxydes** et hydroxydes
- **carbonates** et nitrates
- **borates**
- **sulfates**, séléniates, tellurates, chromates, molybdates, et tungstates
- **phosphates**, arséniates et vanadates
- **silicates**
- **composés organiques**

## > Comprendre la disposition du Musée

Plan du Musée de Minéralogie



A : Salle d'entrée  
B : Salle Haüy  
F à O : Grande galerie

La salle d'entrée (A) et la salle Haüy (B) sont constituées de vitrines didactiques et généralistes. Les salles de la galerie (G à O) présentent la classification des minéraux :

- |           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| - Salle G | éléments natifs                  |
| - Salle H | sulfures et sulfosels            |
| - Salle I | halogénures et oxydes            |
| - Salle K | oxydes et carbonates             |
| - Salle L | carbonates et borates            |
| - Salle M | sulfates                         |
| - Salle N | phosphates                       |
| - Salle O | silicates et composés organiques |





# Salle A



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



**Vous trouverez dans cette salle des minéraux qui comptent parmi nos plus beaux spécimens. Si certains de ces minéraux sont parfaitement courants, tous sont exceptionnels par la taille, la forme ou la couleur qu'ils présentent.**  
**Ici l'esthétique prime ! Laissez-vous imprégner par la diversité et la richesse de notre collection.**

### Aragonite >

Cette curieuse formation, que l'on croirait d'origine corallienne ne provient pas d'un lagon exotique mais de la mine de fer d'Eisenerz, au Tyrol, en Autriche !

L'aragonite et la calcite ont la même composition chimique : du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). C'est le mode d'empilement des atomes qui différencie ces deux minéraux : on dit qu'ils sont polymorphes. A pression et température ambiantes, l'aragonite est moins stable que la calcite. Dans quelques millions d'années, un lent réarrangement des atomes aura transformé ce cristal en calcite.

N°6298 - vitrine A3



### < Sépiolite

N°6280 - vitrine A5



Cette pièce provenant d'Eskisehir, en Turquie est un nodule de sépiolite, un minéral fibreux de la famille des argiles (silicates) qui peut s'agglomérer en petites masses. Une fois débarrassés de leur croûte, ces nodules arborent des formes étonnantes évoquant les sculptures d'Henry Moore ou de Fernando Botero. Très légers, ils flottent sur l'eau, d'où leur surnom d'écume de mer. Le nom scientifique de ce minéral vient quant à lui du grec sêpion, "os de seiche", en référence à la structure de ce dernier.

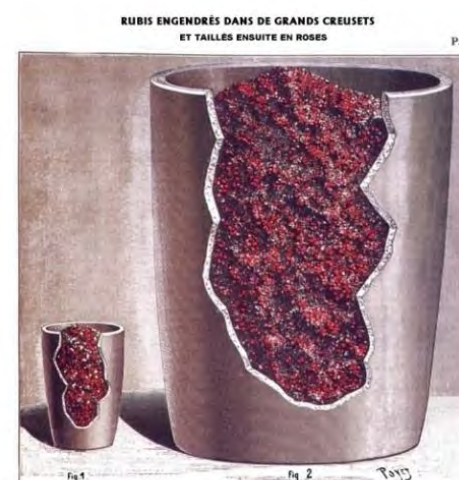
L'enchevêtrement des fibres minuscules (moins de  $2\text{ }\mu\text{m}$ ) de ce silicate lui confère des propriétés remarquables. Les micro-canaux, polarisés électriquement, peuvent adsorber de l'eau ou d'autres liquides. Ils peuvent laisser passer des molécules ou ions d'une taille bien déterminée, ce qui fait de ce minéral un véritable "tamis moléculaire". Très isolant, il se transforme vers  $700^\circ\text{C}$  en metasépiolite résistante aux fortes températures. Cela en fait un matériau de choix à sculpter pour fabriquer des pipes à tabac haut de gamme. Les argiles de la famille de la sépiolite peuvent également être utilisées, une fois réduites en poudre, pour soigner les maux de ventre (smectite) ou pour enlever les taches de gras sur les tapis (attapulgite).

### Corindon de synthèse >

Cet échantillon historique montre un fragment du creuset dans lequel Edmond Frémy et son fils adoptif et assistant Auguste Verneuil ont effectué la synthèse du rubis (variété rouge du corindon) par la méthode dite des sels fondus. Le fond du creuset est tapissé par des cristaux de rubis de taille supérieure au millimètre. Jusqu'à cet essai, les deux chimistes n'avaient obtenus que des rubis microscopiques ou très peu colorés.

Plus tard devenu professeur au Muséum d'Histoire Naturelle, Verneuil développa à partir de 1896 un autre procédé de synthèse du rubis par fusion anhydre qui est connu encore actuellement comme procédé Verneuil et fournit des pierres de meilleure qualité utilisées dans l'industrie horlogère.

N°6302 - vitrine A3

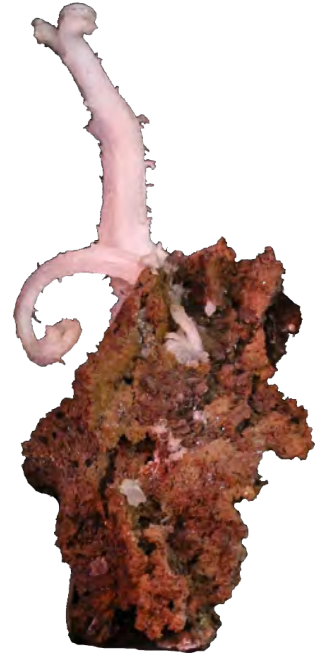


# Gypse >

Souvent décrites comme des stalagmites ou des stalactites un peu biscornues, ces curieuses "fleurs" de gypse s'en distinguent cependant par leur structure : elles n'ont pas de canal en leur centre et ont un caractère quasi monocristallin. Cela laisse à penser que le mécanisme à l'œuvre est bien différent.

À l'origine, les dépôts de gypse se forment dans des lagunes ou des mers peu profondes, par évaporation de l'eau de mer. Ce minéral peut ensuite, à la faveur de perturbations géologiques, recristalliser sous de nombreuses formes. Dans d'anciennes exploitations minières abandonnées, la circulation d'eau dans la roche et la possible action de bactéries attaquent les minerais sulfurés. L'eau chargée en sulfate peut percoler puis s'évaporer sur la paroi des galeries, laissant derrière elle ces jolies boucles de gypse. C'est donc en poussant par la base, à la manière d'un cheveu, que ces cristaux apparaissent, en quelques dizaines d'années.

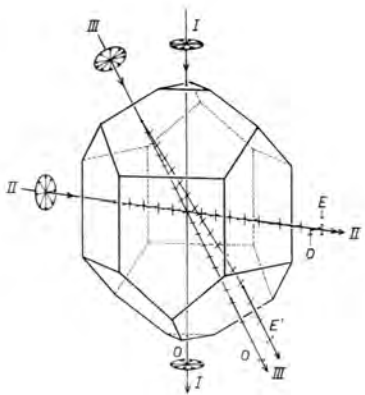
N°6288 - vitrine A11



N°6269 - vitrine A8



## Shémas du principe de la biréfringence de la calcite



## < Calcite "spath d'Islande"

Ce beau cristal de calcite provient d'Eskefjord, en Islande. En exploitation depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, ce gisement concernait principalement une très grande cavité de 15m x 4m x 3m, presque totalement remplie de grands cristaux limpides de calcite, aussi nommés "spath d'Islande". Le plus grand cristal de cette cavité faisait 6m de long et 2m de large. Il est possible que ce soit le sommet de ce cristal qui soit présenté ici. Les faces ternes de l'échantillon sont les faces naturelles du cristal. Les autres, plus brillantes, sont des cassures provoquées lors de l'extraction.

Les spaths ont surpris les savants de cette époque, comme Erasme Bartholin et Christian Huygens, par leur capacité à doubler les images. Ce dernier, dans son "Traité de la lumière" (1690), a donné une explication raisonnée à ce phénomène en formulant la théorie ondulatoire de la lumière. Chacune des deux images suit un chemin particulier dans le cristal. Une image est normale, elle pourrait être vue exactement à la même position si l'on retirait le cristal ; la seconde est "extraordinaire", déviée à cause de la structure du cristal.

Ce phénomène optique a été mis à profit pour fabriquer des matériaux polarisants, utilisés entre autres dans des microscopes, des écrans plats, des lunettes de soleil et des appareils photos, notamment le fameux Polaroid.

# Diopside >

Le (ou la) diopside est un minéral prisé pour sa couleur. Son vert intense peut le faire confondre avec l'émeraude, mais sa dureté inférieure l'en distingue aisément. C'est René-Just Haüy qui l'identifia et le nomma ainsi, d'après le grec dia opteuein, "voir à travers". En effet, on peut aisément voir les plans de clivages à l'intérieur des cristaux. Sa fragilité limite d'ailleurs son usage en bijouterie.

Le diopside est un minéral plutôt rare de la classe des silicates, riche en cuivre. Son mode de formation est assez complexe. Il se trouve principalement en tant que minéral secondaire dans des zones d'oxydation de gisements de cuivre.

Cet échantillon exceptionnel a été ajouté à la collection en 1958. Il provient de la mine de Renévill au Congo-Brazzaville. Du début du XX<sup>e</sup> siècle à la décolonisation, en 1960, le cuivre de la région fit l'objet de recherches puis d'exploitations importantes par la Compagnie minière du Congo français. C'est pendant ces années que la mine a livré certains des plus beaux spécimens mondiaux.

N°6257 - vitrine A15





# Salle B



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



Cette salle didactique permet de s'initier à la minéralogie et à la cristallographie. Elle présente également des échantillons spectaculaires.

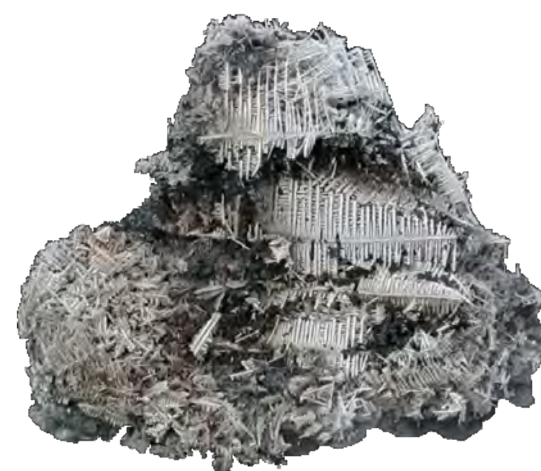
## Argent natif >

Le bloc d'où a été prélevé cet échantillon a été trouvé à plus d'une centaine de mètres de profondeur dans la mine de Pöhla en Saxe (Allemagne).

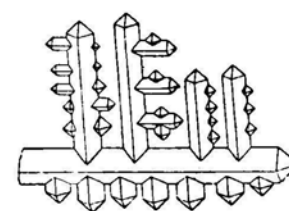
L'attaque à l'eau oxygénée a permis de dégager partiellement les cristallisations dendritiques d'argent natif de leur gangue d'arsenic natif. Chaque arborescence d'argent natif, appelée aussi « arête de hareng » par les mineurs saxons, est constituée d'un seul cristal. Ce type de croissance, assez commun chez les métaux natifs tels que l'or, le cuivre et l'argent, est lié aux différences de températures entre le bord et le centre du liquide qui se solidifie – le bord se refroidissant plus vite. Le « tronc » central croît très rapidement au début de la cristallisation, suivi des branches primaires et secondaires, maximisant la surface de contact liquide/solide cristallisé.

C'est également ce phénomène qui donne naissance aux formes étoilées des flocons de neige.

N°63958 - vitrine B3



Shéma de la croissance "en dendrites" de l'argent natif



## < Diamant

N°6367 - vitrine B6



En 1868, le fermier Erasmus Jacobs trouvait le premier diamant d'Afrique du Sud, ouvrant la voie à un siècle et demi de prospection et d'exploitation effrénées. Ce bloc-ci a été trouvé entre 1871 et 1914 à la Mine Premier, à une période où l'exploitation se faisait au pic et à la pioche. Aujourd'hui les méthodes d'exploitation des mines de diamant, à l'explosif, ne permettent plus de trouver des échantillons sur roche d'une si grande taille.

La gangue est ici constituée d'un conglomérat de kimberlite, une roche volcanique qui fournit la plupart des diamants à travers le monde.

Cette roche, présente dans les régions les plus anciennes de la croûte continentale – les cratons – est liée à des explosions volcaniques extrêmement brutales dont on ne connaît heureusement pas d'équivalent de nos jours sur Terre. Leur mise en place très rapide – de l'ordre de 10 à 30 m/s dans les dernières phases d'ascension – permet au diamant d'arriver à la surface sans s'altérer en chemin. La couleur légèrement jaunâtre de ce diamant, liée à la présence de traces d'azote dans le cristal, est moins appréciée par les joailliers que les diamants parfaitement incolores. Par contre, la forme très régulière, octaédrique, de ce diamant est remarquable.

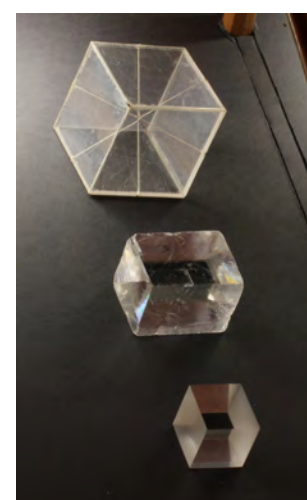
## Calcite >

La calcite a joué un rôle particulier dans la science cristallographique.

C'est en effet grâce à un cristal de calcite, tel celui présenté dans la vitrine centrale, que René-Just Haüy aurait jeté les bases de cette discipline. Une légende posthume relate une expérience qu'il aurait faite, avant qu'il ne devienne professeur à l'école des mines et conservateur du musée. En brisant un cristal de calcite rhomboédrique, il s'aperçut que la cassure se faisait toujours selon des angles très particuliers, produisant de plus petits rhomboèdres. C'est alors qu'il se serait écrié : « Tout est trouvé ! » - expression tout aussi hypothétique que le « eurêka » d'Archimède.

Dans la calcite, les zones de fragilité en fonction desquelles se brise le cristal dénotent le mode d'empilement régulier de petites formes élémentaires, qu'il nommera « molécules intégrantes ». Cette constatation ouvrira la voie à la compréhension scientifique des cristaux.

Vitrine centrale



# Bastnäsite >

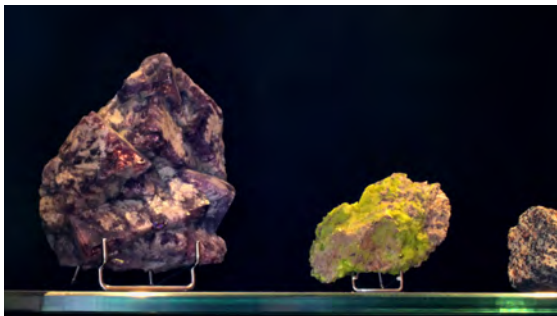
La bastnäsite est un minéral découvert en 1838, dans la mine de Bastnäs, en Suède. Le gisement de Bastnäs est constitué de roches granitiques à pegmatites (voir la définition dans la vitrine B11 dans cette salle). C'est d'un gisement de ce même type, localisé au Nord de Madagascar, que cet échantillon massif a été rapporté. Claude Guillemin, alors conservateur des collections de l'Ecole des Mines, l'a ajouté à la collection au début des années 60.

À l'époque, le potentiel industriel de ce minéral n'était pas encore saisi. En effet, son étude avait mené, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, à l'identification d'une série d'éléments chimiques regroupés sous le terme de "terres rares", dont les propriétés remarquables sont longtemps restées inaperçues. Jusqu'aux années 70, ils n'ont été utilisés qu'en tant que pierre à briquets ou manchons incandescent des lampes à gaz. Aujourd'hui, ces éléments sont devenus éminemment stratégiques car leurs applications sont innombrables, principalement dans les nouvelles technologies. La bastnäsite reste aujourd'hui, avec la monazite, le principal minerais de ces terres rares.

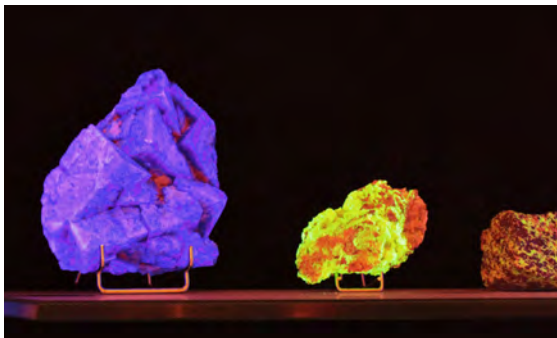
N°6375 - vitrine B5



**Vitrine B9 minéraux fluorescents  
a) en lumière normale**



**b) sous ultraviolets**



## < Minéraux fluorescents

En 1807, à l'initiative de René Just Haüy (1743-1822), l'Institut National Français offre un prix de 3 000 Francs pour un concours ayant pour sujet : "Pour établir par expérimentation quelles sont les relations qui existent entre les différents modes de phosphorescence (...)". Haüy avait identifié bon nombre de minéraux émettant de la lumière par frottement ou sous différents types d'éclairages, et cherchait à expliquer ce genre de phénomène. Les résultats du concours ne furent pas très probants car ce qu'Haüy désignait par "phosphorescence" n'en était pas, et il faudra attendre quelques années pour clairement distinguer les différents types de luminescence.

La fluorescence désigne la capacité de certaines matières à réémettre presque instantanément de la lumière lorsqu'ils sont éclairés par certains types de rayonnements (dans cette vitrine, des ultraviolets). Dès que l'on éteint cet éclairage, le phénomène cesse.

Georges Gabriel Stokes (1820-1903) nommera fluorescence ce phénomène en 1852, en référence à la fluorite qui possède cette propriété. C'est cependant seulement avec la physique quantique au début du XX<sup>e</sup> siècle qu'une explication satisfaisante de ce mécanisme sera fournie.

Cette vitrine illustre également le fait que la couleur d'un minéral dépend de la source de lumière qui l'éclaire. La couleur est donc un bon critère descriptif, mais il n'est pas suffisant pour caractériser une espèce minérale.

# Modèles cristallographiques >

Ces modèles cristallographiques ont été utilisés dans l'enseignement de la cristallographie. Rien de tel que de pouvoir examiner et manipuler pour apprendre à reconnaître la morphologie des cristaux. Les premiers modèles, majoritairement en terre cuite, ont été produits par Romé de l'Isle (1736-1790). C'est une vingtaine d'années plus tard que René Just Haüy développa pour ses cours des modèles en bois (de poirier de préférence). Ceux-ci ont été produits par Krantz. Fondée en 1833, la compagnie d'Adam August Krantz s'est spécialisée dans les fournitures pour géologues, et a acquis un quasi-monopole pour la fabrication de ces modèles en bois ; elle est toujours active de nos jours.

**Vitrine centrale**





# Salle G



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



Les éléments natifs, première famille des minéraux, ne sont composés que d'un seul type d'atome. C'est ainsi qu'on rencontre de l'or, de l'argent, du cuivre, du soufre natifs. La machine Terre a concentré dans ces minéraux des éléments très utiles à l'Homme. Pour cette raison ils ont joué un rôle essentiel à l'aube des civilisations.

## Graphite >

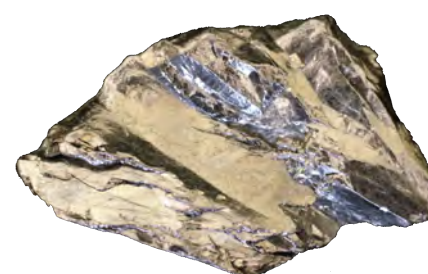
Graphite et diamant possèdent la même composition : il s'agit de carbone. Mais c'est l'agencement des atomes qui les différencie. On dit que ces minéraux sont polymorphes (ou allotropes).

L'échantillon n° 89, provenant du Canada, est un don de Gabriel-Auguste Daubrée, directeur de l'Ecole des Mines entre 1872 et 1884.

De la mine des crayons aux garnitures de freins, en passant par les électrodes (pour les batteries électriques ou la métallurgie), le graphite se rend fréquemment utile. Son application principale reste cependant dans les aciéries et les fonderies, en tant que matériau réfractaire.

À noter, les matériaux dits "en fibre de carbone" ne sont pas constitués uniquement de graphite : les microfibrilles de carbone contiennent environ 10% d'azote, d'oxygène et d'hydrogène, et sont combinées à une résine plastique.

N°89 - vitrine H26



N°16013 - vitrine H26



N°44505-16057 - vitrine H26



## < Diamant

Une combinaison de pressions et températures extrêmement hautes est nécessaire pour que les atomes de carbone se combinent sous la forme diamant. Ces conditions règnent à des profondeurs vertigineuses : au minimum 150 kilomètres sous terre. Certains diamants très rares proviennent même de 600 kilomètres de profondeur. C'est un record ! À la surface, ce minéral est métastable : ses atomes se réorganisent en un temps très long – virtuellement infini – pour former... du graphite !

Lorsqu'il présente sa forme propre, le diamant est octaédrique (forme de deux pyramides accolées par la base).

L'échantillon n°16013 est maclé (voir définition vitrine B2, salle B) : il est constitué de l'emboîtement de deux cristaux.

Dans les échantillons n°44505-16057, les formes cuboïdes sont dues à une croissance plus rapide des cristaux, qui présentent alors de très nombreuses impuretés.

# Soufre natif >

Comme les autres éléments natifs relativement fréquents, (cuivre, argent, etc.), le soufre est connu depuis l'Antiquité. Il est mentionné pour ses nombreux usages plusieurs siècles avant notre ère, en Chine, Grèce, Egypte, notamment.

Lavoisier démontra en 1777 que le soufre est bien un corps simple, et non un composé.

Contrairement à l'idée généralement admise, les principaux gisements de soufre natif ne se trouvent pas dans les zones volcaniques mais dans des formations sédimentaires. La réduction d'un sulfate, gypse ou anhydrite, en présence d'hydrocarbures peut entraîner la formation de cristaux de soufre.

Il peut aussi être "synthétisé" par des bactéries anaérobies à partir de gypse.

Les échantillons provenant de Sicile (tel le n°10967) ou d'Espagne sont particulièrement esthétiques et recherchés.

Le soufre peut cristalliser dans plusieurs systèmes cristallins. C'est d'ailleurs, avec le carbone, l'élément qui a le plus d'allotropes : plus de trente dénombrés en laboratoire. Dans la nature, le plus fréquemment rencontré est le soufre natif "S8" formé de cycles de huit atomes de soufre reliés entre eux par des liaisons chimiques faibles, les forces de Van der Waals. La faiblesse de ces liaisons explique son point de fusion peu élevé : 113°C. Il brûle en dégageant une flamme bleue.

**N°10967 - vitrine H27**



**N°46084 - vitrine H24**



**N°16570 - vitrine H24**



## < Or natif

L'échantillon d'or natif n°46084 provient du comté du Devon, en Angleterre, où affleurent des roches assez anciennes datant d'environ 400 millions d'années. L'étage géologique correspondant à cette époque, le dévonien, a d'ailleurs été nommé d'après la région. Le terrain du cap Hope (Hope's nose), à l'extrême Sud de cette zone, est constitué de roches calcaires traversées par des veines de calcite, hématite et dolomite. C'est dans ces veines que l'or et d'autres minéraux rarissimes à palladium et sélénium ont été trouvés.

Il semblerait que la roche environnante ait subi, il y a environ 250 millions d'années, un hydrothermalisme de type "sources chaudes" à température modérée et haute salinité, ayant permis la minéralisation de l'or dans les veines. D'une manière générale, ce processus est d'ailleurs un mécanisme efficace pour concentrer sous forme native des éléments chimiques présents seulement à l'état de trace dans la croûte terrestre.

Les pépites d'or, comme l'échantillon n°16570, se forment quant à elles de manière secondaire, après érosion des gîtes primaires comme les veines et filons. Ces pépites se trouvent donc dans des alluvions, dans des rivières par exemple.







Les sulfures sont des minéraux ou l'atome de soufre est généralement associé à des métaux. C'est dans cette famille qu'on retrouve les principaux minerais de zinc, de cuivre, de plomb, de fer, de molybdène, de mercure, d'argent, d'antimoine, d'étain. Ils jouent un rôle important dans l'histoire de l'humanité.

## Stibine ou Stibnite >

Le cristal de stibine, sulfure d'antimoine, n°432 est considéré comme le plus beau trouvé en France, pour sa forme et sa taille, toutes deux impressionnantes.

Il provient de la mine de La Lucette, en Mayenne. Ce gisement, découvert en 1891, a subi une exploitation effrénée jusqu'en 1934. Il a permis à la France de devenir, à cette époque, le premier producteur mondial d'antimoine. Comme dans beaucoup de gisement de sulfures, des métaux précieux, comme l'or, ont pu y être trouvés.

C'est aujourd'hui la Chine qui assure l'essentiel de la production mondiale d'antimoine. Ce métalloïde est aussi de mieux en mieux recyclé, à hauteur de 20% de la consommation.

N°432 - vitrine I26



## < Cinabre

N°416 - vitrine I25



Le cinabre est un sulfure de mercure connu depuis des millénaires. Réduit en poudre, il donne un pigment d'un rouge intense : le vermillon. Des historiens ont trouvé des traces de ce colorant sur des objets vieux de 4000 ans, en Egypte et en Chine.

Par un processus physique encore mal compris, ce minéral s'altère à la lumière du jour et noircit, c'est pourquoi les échantillons du musée sont disposés à l'abri de la lumière. De nombreuses œuvres d'art ayant incorporé du vermillon se retrouvent dégradées à cause de ce phénomène. Le noircissement des fresques de la villa des Mystères à Pompéi en est la parfaite illustration.

Beaucoup de nos beaux échantillons proviennent de la mine d'Almaden, en Espagne. De l'antiquité à l'époque industrielle, c'est de ce gisement que la plus grande quantité de cinabre a été extraite. Théophraste (-371 à -288), savant grec, évoque le minéral de cette région, déjà prisé pour sa belle couleur.

Le cinabre constitue le principal minéral de mercure. L'utilisation de cet élément est aujourd'hui très encadrée, à cause de sa toxicité. Malheureusement, il demeure utilisé abusivement par les orpailleurs pour la récupération de l'or.

## Pyrite >

La pyrite est un minéral qui cristallise dans le système cubique. Cela signifie que les atomes de fer et de soufre y forment des empilements élémentaires de forme cubique. Ainsi, à grande échelle, la pyrite peut former des cubes quasi parfaits, comme le n°16715, typique du gisement espagnol de Navajun.

Mais la morphologie des cristaux de pyrite est variée, correspondant à des formes dérivées du cube, dues à des conditions de croissance légèrement différentes. Ainsi la pyrite peut former de surprenants polyèdres à douze faces pentagonales appelés pyritoèdres, comme le n°83083, provenant d'un gisement découvert récemment en Tanzanie.

Les mêmes éléments chimiques peuvent cristalliser selon le système orthorhombique. On se trouve alors en présence d'un autre minéral appelé marcassite. On dit que pyrite et marcassite sont polymorphes.

N°16715 - vitrine I27



# Sphalérite >

N°82506 - vitrine H30

L'échantillon n°82509 est insolite. Il évoque en effet par sa forme la sphalérite, et par sa couleur la chalcopryrite. Ces deux minéraux sont effectivement présents : la chalcopryrite s'est déposée en surface, en empruntant la forme de la sphalérite (lorsque deux minéraux poussent ainsi, successivement l'un sur l'autre, on parle d'épitaxie).

Le gisement de Dalnegorsk, au nord de Vladivostok, d'où provient ce spécimen est exceptionnel. Il se trouve dans une intrusion de magma dans de la calcite (skarn). On y trouve bon nombre de sulfures (comme la sphalérite et la galène) et des borosilicates comme la danburite. Certains des cristaux trouvés dans ces mines sont très impressionnants et atteignent la taille du mètre ! Ainsi ce site possède un intérêt pour la science, un attrait pour les collectionneurs de minéraux et une importance économique considérable, pour l'extraction du bore.



N°376 - vitrine H34



## < Galène

La galène est un sulfure de plomb connu et utilisé depuis la plus haute antiquité. Parmi ses nombreux usages, citons le fard à paupières noir, nommé khôl, déjà utilisé par les égyptiens il y a 4 000 ans !

Plus proche de nous, suite à la découverte des ondes électromagnétiques par Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), des chercheurs découvrent que des cristaux métalliques, comme la galène ou la pyrite, ont des capacités semi-conductrices. Cela ouvrira la voie, au début du XX<sup>e</sup> siècle, à la fabrication de détecteurs utilisés dans les premiers postes radio. Ainsi la galène est liée à l'origine de l'industrie des télécommunications. Un essor considérable quand on met en perspective les différents avatars de cette évolution, des postes à galène jusqu'aux téléphones portables !

Beaucoup de beaux échantillons proviennent de la région de Weardale, au Royaume-Uni. Dans cette région, l'extraction de plomb et d'argent est documentée depuis au moins le XII<sup>e</sup> siècle. Autrefois couverte de forêt, la région est aujourd'hui pelée, en raison de la grande consommation de bois par l'activité minière (pour le soutènement des galeries, puis pour les machines à vapeur).

Poste à galène, 1925



CC BY-SA 3.0 Hihiman







Les halogénures sont des minéraux composés de chlore et de fluor combinés avec des métaux. Il y a 130 espèces différentes homologuées. Beaucoup sont solubles dans l'eau.

### Halite >

A l'origine, le sel gemme (ou halite) provient de dépôts saumâtres, formés par évaporation, dans des lagunes ou des lacs salés. Ces dépôts, nommés aussi évaporites, se retrouvent ensuite enfouis, à la faveur de perturbations géologiques, où ils peuvent recristalliser sous la forme d'encroûtements, de stalactites ou encore de beaux cristaux. Certains d'entre eux peuvent mesurer plusieurs dizaines de centimètres de côté.

Wieliczka en Pologne est certainement la plus célèbre mine de sel gemme au monde. Quelques beaux échantillons présentés dans le musée, comme le n°697, en proviennent.

Déjà active au XIIIe siècle, cette exploitation de sel gemme est très vaste : la longueur cumulée des galeries atteint plus de 400 kilomètres et la mine s'étage sur une dizaine de niveaux entre 64 et 335 mètres de profondeur. Elle a été inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco en 1978. Parmi les visiteurs historiques de la mine on peut mentionner Copernic, Goethe, Chopin, Humboldt, Mendeleiev.

Elle est aujourd'hui transformée en attraction touristique et en sanatorium souterrain pour la convalescence des malades des poumons.

N°697 - vitrine I35



Détail d'une gravure de Willem Hondius (1645) présentant la vie dans la mine de Wieliczka



N°16047 - vitrine I37



### < Fluorite

Ces échantillons de fluorite sont protégés du soleil. En effet certaines fluorites perdent leur couleur quand on les expose à la lumière. Ce phénomène peut aller très vite. Des prospecteurs racontent que certaines fluorites peuvent voir leur couleur disparaître totalement suite à une exposition solaire de quelques heures seulement.

Les fluorites bleues sont réputées être très sensibles. A titre d'exemple, l'échantillon n°734 était bleu nuit en sortant de la mine du roi de Kongsberg, en Norvège, d'où il a été extrait.

Les fluorites roses de Haute Savoie (n°16047) sont quant à elles extrêmement rares. Elles font la fierté des collectionneurs ayant la chance d'en trouver un bel exemplaire. Leur couleur, tout comme leur fluorescence, est liée à la présence de terres rares comme l'yttrium, à l'état de trace, réparties dans le réseau cristallin.

# Boléite et cumengéite >

Édouard Cumenge (1828-1902), ingénieur des mines, participa à créer et exploiter la mine de cuivre de Boléo en Basse Californie, au Mexique. C'est de ce gisement qu'il rapporta de beaux cristaux bleus de boléite et de cumengéite, jamais observés auparavant.

On crut initialement qu'ils appartenaient tous deux à la même espèce minérale. Toutefois, Georges Friedel (1865-1933) montrera que ce qui était pris pour une macle par interpénétration entre 3 cristaux de cumengéite s'avère être en réalité le résultat de la croissance de cristaux de cumengéite et de pseudoboléite (espèce proche de la boléite, dans cette même vitrine) sur un cube central de boléite.

L'Ecole des mines est à la fois détentrice de l'échantillon de référence (échantillon type) de l'espèce minérale boléite et aussi de son plus beau représentant : le cristal n°778 est en effet réputé ne pas avoir d'équivalent dans le monde. Le cristal n°5659 est certainement l'un des meilleurs cristaux de pseudoboléite connus.

N°778 - vitrine I38



N°5743 - vitrine J28



Le nom de ce minéral est assez peu évocateur. Pourtant, ses variantes colorées sont bien connues des néophytes : il s'agit de deux des plus fameuses pierres "précieuses".

Lorsqu'il présente une belle teinte rouge, ce minéral est appelé rubis. Lorsqu'il est bleu, jaune, rose, ou violet, on a affaire à du saphir.

Ces noms "d'usage" ont été donnés à une époque où leur composition n'était pas connue. C'est René-Just Haüy qui, se basant sur leur dureté et leur clivage notamment, a unifié la terminologie.

Rubis et saphir sont composés d'oxyde d'aluminium. Les différences de teintes sont expliquées par la nature des impuretés qui peuvent s'insérer dans le réseau cristallin. Des traces de chrome vont donner le rouge du rubis ; du fer et du titane expliquent le bleu du saphir.

Le rubis n°5743 provenant de Mogok au Myanmar présente la couleur "sang de pigeon", très prisée des bijoutiers.

## < Corindon

# Quartz >

La question de la classification du quartz est à l'origine d'une controverse qui fait long feu en minéralogie.

D'un point de vue chimique, ce minéral peut être rangé dans la famille des oxydes. Il est en effet composé d'oxygène et de silicium (oxyde de silicium ou silice). La classification internationale selon les critères de Strunz, retenue dans notre musée, a choisi de le positionner ainsi.

Toutefois il peut aussi être structurellement rattaché aux silicates.

En effet, le point commun des silicates est le tétraèdre  $\text{SiO}_4^{4-}$  (voir schémas et salle O). Ce dernier constitue en quelque sorte le motif de base de cette famille. Des sous-familles sont définies en fonction du mode d'enchaînement de ce motif : en cycle, en chaînes, en feuillets, etc.

Or, la structure du quartz peut être décrite comme la polymérisation de tétraèdres de  $\text{SiO}_4^{4-}$  dans toutes les directions de l'espace. Chaque sommet, occupé par un oxygène, est mis en commun avec le sommet d'un tétraèdre voisin. Certains scientifiques plaident donc pour l'intégration du quartz dans la famille des silicates.

Ce minéral est commun, en particulier dans les roches de la croûte continentale. Il composerait environ 10% en masse de la lithosphère.

L'échantillon n°70623 a été trouvé non loin de Chamonix. La région est propice à de belles découvertes. Le jeu combiné des mouvements tectoniques et de l'érosion, à l'origine de la formation des Alpes, révèlent parfois au grand jour de belles cristallisations.

N°70623 - vitrine J32





# Salle K



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



Les oxydes et hydroxydes représentent 14% des espèces minérales connues. On y trouve des minerais de fer, d'étain, d'aluminium ou encore de tantale, niobium et d'uranium. Ils sont souvent le résultat de l'altération d'autres minéraux.

## Opale >

L'opale est un minéral connu et prisé depuis des millénaires : son nom provient du mot sanskrit "uppala" passé au grec puis au latin.

Le jeu de couleurs flamboyantes que l'opale peut présenter a fasciné de nombreux collectionneurs. Ce phénomène est appelé iridescence. Toutefois cette propriété n'est pas systématique. Pour exemples, l'échantillon n°1245 est teinté dans la masse ; le n°1260 est translucide ; le n°83317 est iridescent.

La combinaison de différents paramètres explique cette grande diversité.

D'une part leur teneur en eau peut varier de quelques pourcents à 20% environ.

D'autre part, le degré de cristallisation n'est pas homogène. On distingue les opales amorphes des opales micro-cristallisées. Les premières n'ont pas d'arrangement atomique déterminé ; les secondes présentent une structure cristalline complexe à l'échelle nanométrique. Des études récentes commencent à lever le voile sur cet aspect encore mal compris.

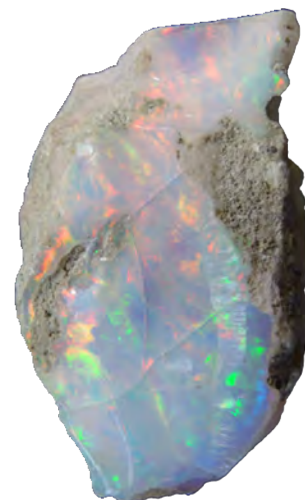
La teinte verte de l'opale n°1245 proviendrait de microscopiques inclusions riches en nickel.

Les irisations de l'opale n°83317 proviennent quant à elles d'interférences lumineuses causées par un arrangement 3D de nanosphères de silice hydratée.

N°1245 - vitrine J36



N°1251 à 1253 - vitrine J36



N°1423 - vitrine K27



La goethite est, aux côtés d'autres minéraux comme la sidérite, la magnétite ou l'hématite, un des principaux minerais de fer.

C'est un minéral relativement courant sur Terre. Il se trouve en général dans le sol et le sous-sol, à faible profondeur. On l'observe parfois dans des tourbières, où il se forme par précipitation dans les eaux de ruissellement, grâce à l'intervention de bactéries. Il constitue alors un minerai de fer réputé dans le Nord de l'Europe, utilisé notamment au moyen-âge par les vikings.

Ce minéral est également présent dans le reste du système solaire, comme en témoigne la découverte de dépôts contenant ce minéral par le rover de la Nasa Spirit, en 2004, dans un cratère martien. Cette découverte a fourni un des premiers témoignages sur la présence passée d'eau sur cette planète. En effet, cet oxyhydroxyde de fer est souvent le produit de l'action de l'eau sur des minéraux riches en fer.

De nos jours, les nanoparticules de goethite synthétiques sont étudiées comme matériau adsorbant des métaux lourds en cas de pollution des eaux.

## < Goethite

# Tantalite >

La tantalite est le principal minéral de tantale, un élément chimique stratégique. Ce dernier rentre dans la composition de micro-condensateurs présents dans nos téléphones et ordinateurs portables, appareils photos, satellites, etc.

L'échantillon n°5676 provient de Spargoville, dans l'ouest de l'Australie. Le pays totalise à lui seul un quart des réserves mondiales de tantale.

Bien que l'Afrique centrale ne représente qu'une faible part des réserves actuellement connues, cette région réalise aujourd'hui l'essentiel de la production mondiale. En 2013 par exemple, sur 590 tonnes, 260 ont été extraites dans deux pays seulement : le Rwanda et la République Démocratique du Congo.

La pression sur les ressources minérales explique en partie les conflits régionaux. Selon les observateurs internationaux, une bonne part des 5 millions de morts dénombrés ces dernières années au Kivu, à l'Est de la RDC, sont liées aux enjeux portant sur les matières premières : tantale et cobalt notamment.

N°5676 - vitrine K25



N°2275 - vitrine K30



Des mollusques aux micro-algues, de nombreux organismes marins possèdent une coquille principalement composée de carbonate de calcium. Le squelette externe des oursins, par exemple, est constitué d'éléments en calcite dont chacune est un unique cristal.

À leur mort, ces organismes peuvent s'accumuler sur le fond des océans et participent à la formation des futures roches calcaires.

La craie du Maastrichtien (étage du crétacé s'étalant de -72 à -66 millions d'années) présente à Fresville dans la Manche s'est ainsi constituée, par l'amoncèlement des tests carbonatés (les "coquilles") de micro-organismes planctoniques nommés coccolithophoridés. C'est au sein de cette roche que le magnifique échantillon n°2275 a été trouvé.

On y observe la croissance de petits cristaux de calcite sur une coquille d'oursin de la famille des echinochorys.

# < Calcite

# Aragonite >

Dans la nature, le carbonate de calcium se trouve principalement sous deux formes : l'aragonite, cristallisée dans le système orthorhombique et la calcite, dans le système rhomboédrique.

Les conditions extérieures déterminent quel système cristallin peut être adopté. La forme la plus stable, à pression et température ambiantes dans un milieu pur, est la calcite. Mais des modifications de ces paramètres, des changements dans l'acidité ou la présence d'autres ions ( $Mg^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ , etc.) peuvent favoriser la formation d'aragonite.

Dans certaines zones océaniques, elle peut précipiter directement, servant ainsi de ciment aux sédiments marins.

Certains organismes marins arrivent également à synthétiser l'aragonite. Ainsi, on en trouve sur la couche interne de nombreux coquillages. C'est elle qui constitue la nacre, donc les perles. Elle forme également le squelette des coraux.

Enfin, les cristallisations souterraines peuvent prendre l'aspect spectaculaire de fines baguettes ou de prismes hexagonaux, tel le n°2386.

N°2386 - vitrine K35





# Salle L



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE

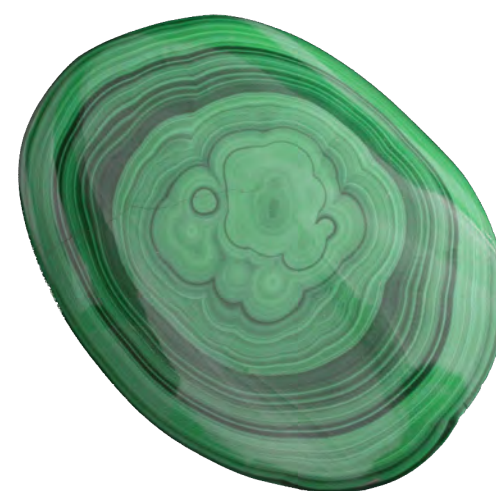


Les carbonates sont des minéraux composés du groupe  $[\text{CO}_3]^{2-}$  et d'un ou plusieurs métaux. Certains contiennent des molécules d'eau. La calcite et la dolomite qui sont les plus courants représentent 2,5% du poids de l'écorce terrestre.

## Malachite >

La malachite est un carbonate de cuivre hydraté. Il se présente rarement en gros cristaux visibles à l'œil nu. Il peut cependant former des masses micro-cristallisées d'assez grandes dimensions. C'est le cas par exemple au Katanga (République Démocratique du Congo) ou en Sibérie : on y trouve de grosses stalactites en malachite dans des cavités souterraines, à proximité de gisements de cuivre. L'échantillon n°10979 est une tranche polie d'une telle concrétion. Minéral esthétique, il est utilisé pour fabriquer des bijoux ou des objets décoratifs. Le palais du Grand Trianon à Versailles en offre de superbes exemples. Quelques pièces sculptées et polies sont également présentées en vitrine L18, à côté des gemmes.

N°10979 - vitrine K38



Salon des malachites - Grand Trianon - Château de Versailles



CC BY-SA 3.0 Moonik

N°2435 - vitrine K37



## < Azurite

L'azurite est un carbonate de cuivre chimiquement proche de la malachite. Ces deux minéraux sont fréquemment trouvés ensemble : le second est parfois le produit de l'altération du premier. Ainsi, l'échantillon n°5349 est un cristal d'azurite qui s'est presque totalement transformé en malachite. La boule portant le n°2435 vient de la mine de Chessy, dans le Rhône. Des filons entrecroisés d'azurite y ont été découverts en 1810. Cette "mine bleue", insérée dans des grès et des argiles du Trias, faisait dans son ensemble environ 400 mètres de long et 40 d'épaisseur. Cette découverte a permis de relancer très fructueusement l'activité de cette mine déjà exploitée depuis plusieurs siècles. Entre 1812 et 1828, elle fournit 4.000 tonnes de cuivre. Après un important effondrement, en 1857, la production décline rapidement puis s'arrête.

Les échantillons remarquables sortis pendant cette période se sont vite répandus à travers les collections minéralogiques européennes. Ils ont servi à la description et à la caractérisation de cette espèce minérale. Chessy est restée la localité type pour ce minéral.

# Célestine >

L'échantillon n°16328 provient de Katsepy, dans la région de Mahajanga, à Madagascar.

Ce lieu a fourni depuis les années 60 des centaines de tonnes de célestine d'une belle couleur bleue, parmi les plus prisées des collectionneurs.

Ce minéral y est trouvé au sein de sédiments datant de 65 millions d'années. Ces sédiments se sont déposés dans une mer peu profonde, peu après la séparation de l'Inde et de Madagascar. A la même époque, du côté indien, des éruptions volcaniques cataclysmiques, les trapps du Deccan, contribuaient à faire disparaître les dinosaures.

De nos jours, les villageois locaux creusent, dans des conditions de sécurité sommaires, des trous étroits allant jusqu'à 10 à 15 mètres de profondeur. C'est là que de belles géodes pouvant mesurer plusieurs dizaines de centimètres sont trouvées.

N°16328 - vitrine L28



# < Anglésite

N°16767 - vitrine L29



Les conditions de formation de ce sulfate de plomb sont semblables à celles de la cérusite (qui est un carbonate de plomb) : tous deux se forment lors de l'altération de minerais primaires de plomb comme la galène. Il est cependant beaucoup plus rare, en raison de ses conditions de stabilité moins fréquentes. Ce minéral possède la même structure que ses voisins la baryte et la célestine : on dit que ces trois minéraux sont isomorphes.

Généralement, les cristaux sont incolores, gris ou blancs mais on observe parfois des cristaux jaunes, et même bleus ou verts. Les localités célèbres produisant de beaux cristaux sont Sidi-Amor-Ben-Salem (Tunisie), Tsumeb (Namibie), et Touissit (Maroc).

Le Musée conserve un ensemble inégalable d'anglésites d'Afrique du Nord dont une splendide sélection de cristaux de Sidi-Amor-Ben-Salem, avec un individu isolé de 15 cm (n°5760), un groupe de cristaux parfaits (n°5761), et une association de cristaux imbriqués transparents (n°15934). Tous ont été récoltés au cours de l'exploitation des niveaux supérieurs de la mine, entre 1920 et 1930. Ils ont été acquis par Paul Sainfeld, (1916-1998), futur conservateur adjoint du musée de l'Ecole des Mines, qui était alors géologue en Tunisie. Il les a offerts au musée en 1961.

# Rhodizite >

Ce minéral contient du bore, du césium et béryllium. Il est rare, on le trouve uniquement dans des pegmatites granitiques où il est associé à de l'elbaïte rouge (variété de cette tourmaline appelée "rubellite"), au spodumène et à la lépidolite.

Le magnifique groupe de cristaux brillants portant le n°16216, présenté en salle B (vitrine B3), avec un individu de plus de 6 cm, fut découvert à Antsongombato, Madagascar, au cours des années 1964-1965 par Mr de Saint-Ours, ingénieur géologue, et offert en 1972 au musée par Madame de Saint-Ours, sa veuve. C'est actuellement, de très loin, le meilleur exemplaire connu de ce très rare borate de béryllium.

Les autres rhodizites sont visibles dans la vitrine L27.

N°640 - vitrine L37





# Salle M



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE

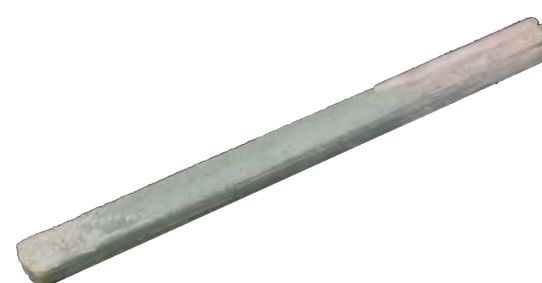


Dans la 7<sup>ème</sup> famille des minéraux les sulfates, composés du groupement  $[SO_4]^{2-}$  et de métaux ou semi-métaux sont majoritaires. Ils peuvent contenir des molécules d'eau. Cette famille regroupe aussi les chromates, molybdates et tungstates.

## Gypse >

Le gypse est un minéral assez courant qui peut former de très gros cristaux. L'échantillon n°2841, trouvé en Grèce, est d'une taille plutôt remarquable. Mais il y a bien plus impressionnant : dans la mine de Naïca, au Nord du Mexique, des cristaux de plus de 12 mètres de long ont été découverts. De l'eau à 50°C, chargée en sulfate de calcium, a circulé pendant des millénaires dans ces grottes naturelles, à 300 mètres de profondeur : ce sont des conditions idéales pour la croissance du gypse. On estime que la croissance des cristaux a commencé il y a 600 000 ans, mais elle ne s'est pas forcément faite de manière continue.

N°2841 - vitrine L33



Cristaux de gypse la mine de Naïca



CC BY 3.0 Alexander Van Driessch

N°15887 - vitrine L36



## < Wulfénite

La wulfénite est un minéral souvent apprécié des collectionneurs. Les cristaux présentent des teintes variées, souvent intenses : gris et bruns au Congo (M'Fouati, Renéville) ; bruns et orangés au Mexique (Los Lamentos) ; jaunes au Maroc (Touissit, Djebel Mahseur) et en Yougoslavie (Mezica) ; rouge vif en Iran (Chah Kharboze) et surtout aux États-Unis (célèbre mine de Red Cloud, en Arizona). Ce dernier gisement a offert les plus belles wulfénites du monde.

Le musée possède un échantillon incomparable qui en provient : il s'agit d'un cristal de 4 cm d'un somptueux rouge vif délicatement posé sur sa gangue ; il porte le n°15887.

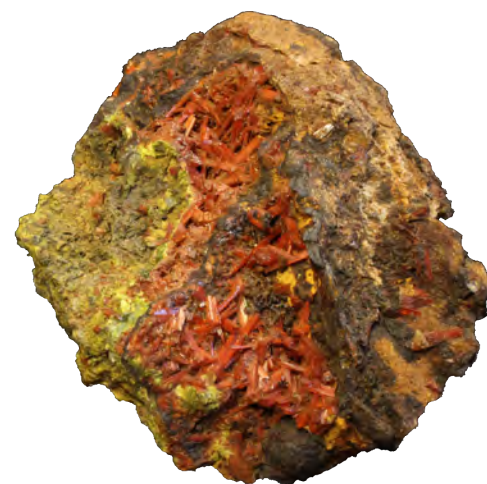
Cet échantillon fut l'un des plus beaux fleurons de la collection personnelle du colonel Vésignié (1870-1954). Ce minéralogiste amateur, qui regroupa l'une des plus importantes collections de son temps, l'avait acheté 770 francs à l'américain A. Montgomery en avril 1938.

# Crocoïte >

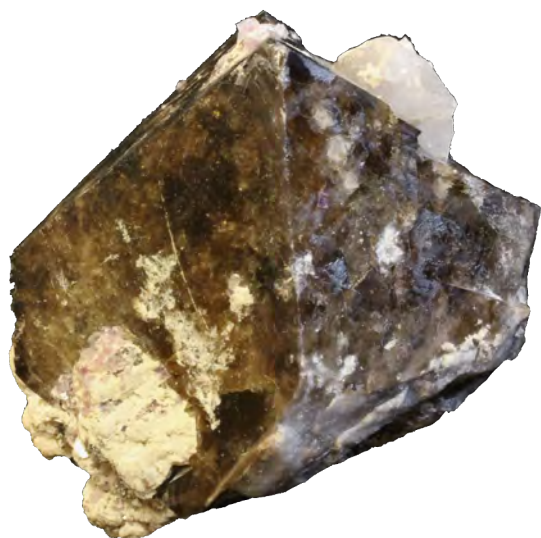
La crocoïte est un minéral rare, initialement découvert en 1761 dans l'Oural. Il fut d'abord pris pour un alliage de plomb, de fer, et de sélénium. Il a fallu quelques années avant de découvrir sa véritable nature, très probablement grâce à un échantillon de notre collection.

En 1797, Nicolas Louis Vauquelin, alors enseignant à l'Ecole des Mines, analyse ce minéral et, en l'attaquant à l'acide chlorhydrique, arrive à produire un oxyde d'un genre nouveau. Il comprend qu'il a affaire à un nouvel élément chimique, qu'il arrive à isoler peu de temps après en réduisant cet oxyde par chauffage dans un four à charbon. Sur les conseils de ses collègues Fourcroy et Haüy, il nomma cet élément "chrome" en raison des couleurs vives des composés où il est présent. Deux échantillons présentés dans cette vitrine (n°2902 et 2896) proviennent de Beresowsk, dans l'Oural, l'endroit où ce minéral a été découvert. Les autres ont été trouvés à Dundas, en Tasmanie, la localité ayant fourni les plus belles cristallisations de crocoïte.

N°2902 - vitrine L35



N°16356 - vitrine L35



La scheelite est un tungstate de calcium. C'est dans ce minéral que Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) a découvert le tungstène, sans toutefois réussir à l'isoler. Le chimiste suédois a laissé son nom au minéral, qui demeure un très important minerai de tungstène. Il représenterait en effet 70% des réserves mondiales de cet élément.

Lorsqu'elle est très pure, la scheelite est pourvue d'une fluorescence bleu-ciel aux ultraviolets de courte longueur d'onde. Muni d'une lampe à "lumière noire", il devient facile de la repérer dans les mines. Toutefois, la présence de fer en impuretés, comme dans l'échantillon n°16356, supprime cette propriété.

# < Scheelite

# Sturmanite >

La minéralogie est une science qui évolue encore. De nouveaux minéraux sont découverts tous les ans. La sturmanite a quant à elle été découverte en 1983.

Ce minéral ne se trouve que dans deux endroits dans le monde, dont un seul a fourni de beaux cristaux. Il s'agit des mines de N'Chwaning, dans le désert du Kalahari, en Afrique du Sud. C'est donc sans surprise l'origine du beau cristal n°83308.

La chimie de la sturmanite est surprenante : ce minéral est en grande partie fait d'eau ! En effet, quatre atomes sur cinq font partie d'une molécule d'eau ou d'un groupement hydroxyde.

Sa cousine, l'ettringite lui ressemble beaucoup. Il est d'ailleurs très difficile de les distinguer : tous deux ont des formes, densité, éclat, couleurs très semblables.

N°83308 - vitrine L34





# Salle N



## MUSEE DE MINERALOGIE



5% des espèces minérales sont des phosphates. Ils sont composés du groupe  $[PO_4]^{3-}$  combiné avec des métaux des terres rares. Ils peuvent aussi contenir des molécules d'eau, de l'uranium, du fluor ou du chlore. Le phosphore est le 6<sup>ème</sup> élément présent dans le corps humain.

## Brazilianite >

En 1942, à Corrego Frio (Minas Gerais, Brésil), un fermier découvrit quelques kilogrammes d'un minéral verdâtre qui fut d'abord pris pour du béryl ou du chrysobéryl. Le gisement fut donc exploité, mais les lapidaires s'aperçurent rapidement que le minéral en question était relativement tendre et donc d'un intérêt limité en joaillerie. Trois ans plus tard, deux américains l'identifièrent comme un nouveau phosphate, la brazilianite, nommé en l'honneur de son pays d'origine. La petite mine de Corrego Frio fut ouverte la même année par le marchand américain E. Swoboda, qui l'exploita durant deux ans. C'est au cours de ces recherches que furent extraits les plus beaux cristaux de brazilianite du monde. Certains individus bien cristallisés, translucides, de couleur vert olive à vert chartreuse atteignent les deux kilogrammes. Si d'autres gisements ont ensuite été découverts dans la région, la plupart de nos échantillons proviennent de cette mine, qui constitue la localité type.

Le cristal portant le numéro 6124 est remarquable, mais le musée de l'école possède aussi une pièce exceptionnelle, de 16 centimètres de hauteur, exposée en vitrine J8 (n° 8814).

N°6124 - vitrine N23



N°16728 - vitrine N27



La vanadinite est minéral assez rare qui contient du chlore, du plomb et du vanadium. La présence simultanée de ces éléments aux comportements chimiques différents explique la rareté de ce minéral. Le vanadium a tendance à se trouver dans les minéraux silicatés alors que le plomb a une affinité pour le soufre. Les conditions pour les réunir et les concentrer au point d'aboutir à la formation de cristaux tels que le n°16728 ne se produisent pas fréquemment. Cette rencontre a lieu dans le cadre de la zone d'altération, liée à l'infiltration d'eau, des parties supérieures des gisements de plomb, dite "chapeau de fer".

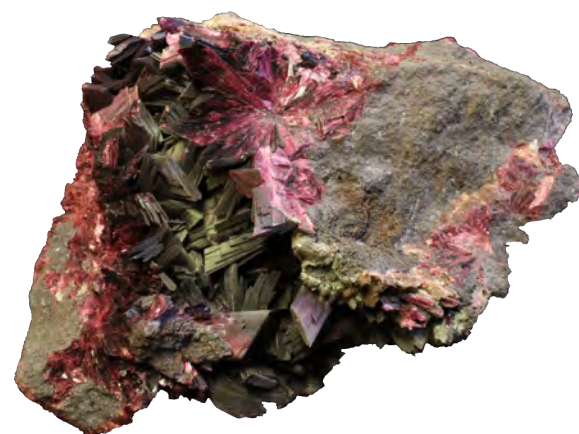
La maille élémentaire des cristaux de vanadinite possède une symétrie hexagonale. Cette structure interne se reflète souvent à grande échelle : ce minéral cristallise souvent en formant des petits prismes hexagonaux, et parfois des pyramides hexagonales.

## < Vanadinite

## Erythrite >

Les cristaux d'érythrite, fréquemment groupés en éventail et en rosettes d'une magnifique couleur pourpre, figurent parmi les spécimens les plus recherchés des collectionneurs. Ils sont produits lors de l'altération des minéraux riches en arsenic, par infiltration d'eau dans des fissures et fractures, à faible profondeur. Pour dénicher de belles érythrites, il faut se rendre à Schneeberg (Saxe) et surtout à Bou-Azzer (dans le sud du Maroc). C'est de cette dernière localité que provient la formidable série constituée de deux fragments présentant chacun de nombreux cristaux atteignant 2 cm (n° 3164 et 3165). Ils sont considérés comme faisant partie des meilleurs au monde. Ils ont été récoltés par M. Bertheau en 1959 au cours d'une mémorable mission organisée par le S.C.E.M.

N°3164 - vitrine N29



# Monazite >

Le cristal de monazite portant le n°16727 est un exemplaire remarquable. En effet, la monazite est un minéral assez rare, en particulier sous la forme d'aussi gros cristaux. La plupart du temps, il se trouve dans des alluvions, sous forme de petits grains.

Malgré cette abondance limitée, les dépôts de monazite constituent le second réservoir de terres rares (voir la bastnäsité, salle B). Parmi ses innombrables usages, citons les aimants permanents, les supraconducteurs, les lasers, l'aéronautique ou encore l'imagerie médicale.

Ce cristal a été ajouté à la collection en 1985, à une époque où l'exploitation industrielle de la monazite n'avait pas atteint son pic actuel. Il a été trouvé dans le centre de Madagascar au sein d'une formation rocheuse constituée de granulite. Ces roches à gros grains composées majoritairement de quartz et feldspath sont caractéristiques d'un métamorphisme assez poussé, à très haute température et pression modérée. Des analyses plus fines indiquent qu'elles se sont formées initialement il y a 2,5 milliards d'années puis ont subi ce métamorphisme à plusieurs reprises, notamment lors de la formation du supercontinent Gondwana.

**N°16727 - vitrine N20**



**N°8016 - vitrine N26**



La pyromorphite est l'une des trois ou quatre espèces minérales formant de gros cristaux dont les meilleures pièces ont été trouvées en France. Les spécimens les plus appréciés, d'un lumineux vert pomme, ont tout d'abord été rencontrés à Vézis (Aveyron), d'où provient l'échantillon N°8016 de notre collection. Il fut acquis en 1962 par le S.C.E.M. Plus récemment, de très beaux groupes originaires de la mine de plomb des Farges (Corrèze), et surtout des mines de Daoping et Yangshuo, dans le Guangxi, en Chine, sont apparus sur le marché. Ces derniers présentent des teintes d'un vert intense, si spectaculaires qu'ils semblent artificiels.

# < Pyromorphite

# Apatite - Odontolite >

Les odontolites (mot formé du grec odontos, "dent", et lithos, "roche"), principalement trouvées dans la région des Pyrénées, suscitent la curiosité depuis au moins le moyen-âge. Longtemps confondu avec la turquoise en raison de sa couleur allant du vert au bleu pâle, ce matériau a servi à fabriquer des objets d'art comme cette croix, exposée au musée Cluny.

De nombreux savants se sont penchés sur cette étrange pierre. Citons notamment Réaumur (1683–1757) qui a documenté la manière avec laquelle la chaleur modifie la couleur de ces prétendues "turquoises occidentales".

Ce n'est que très récemment que la lumière a été faite sur sa composition précise et les raisons de sa coloration. Il s'agit d'ivoire fossile (l'ivoire, comme les dents et les os des mammifères, est composé d'apatite), coloré par des traces de manganèse ( $Mn^{5+}$ ).

Cet échantillon provient de la collection du Marquis de Drée. Beau-frère du célèbre géologue Dolomieu, homme politique et minéralogiste éclairé, il a regroupé une impressionnante collection minéralogique de près de 15 000 pièces, vendues à l'Ecole des Mines entre 1810 et 1845.

**N°3230 - vitrine N25**





# Salle 0

côté bureau



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



La structure de base des silicates est le tétraèdre  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  qui va se combiner avec d'autres éléments. Les tétraèdres peuvent polymériser pour former des cercles (cyclosilicates), des chaînes (inosilicates), des plans (phyllosilicates) ou en structures tridimensionnelles (tectosilicates).

## Béryl >

À environ 100 kilomètres au nord-ouest de Bogota, en Colombie, on trouve une zone surnommée "le triangle vert". L'abondance et la qualité des émeraudes (variété verte du béryl) que l'on trouve dans ce secteur permettent au pays de livrer plus de la moitié de la production mondiale de ce minéral. La mine de Muzo, d'où provient cet échantillon d'une couleur exceptionnellement intense, était exploitée au moins cinq siècles avant l'arrivée des conquistadors espagnols. Toujours en activité, cette mine a fourni au fil des siècles les plus belles gemmes du monde, dont un parfait témoin est la légendaire émeraude du duc du Devonshire, de 1384 carats, visible au Museum d'Histoire Naturelle de Londres.

Sous tension, la région est déconseillée aux touristes ; elle attise l'avidité de prospecteurs qui, comme au temps des conquistadors, espèrent devenir multimillionnaire en un seul coup de pioche... ou de feu !

N°4742 - vitrine 053



N°15559 - vitrine 065



La rhodonite est un silicate appartenant au groupe des pyroxénoïdes (silicates dont les groupements  $\text{SiO}_4$  sont agencés en chaînes).

Ce minéral forme souvent des masses roses, sans facettes bien marquées, traversées de veines noires d'oxyde de manganèse. Très rarement, il peut cristalliser, comme le démontre le n°15559. Cristal tabulaire, bien régulier, il s'agit d'un des plus gros au monde.

Il vient de la fameuse mine de Franklin, aux États-Unis. Située à une soixantaine de kilomètres de New York, cette mine de fer et de zinc a été très active du XVIII<sup>e</sup> siècle jusqu'à sa fermeture dans les années 50. De nombreuses variétés de nouveaux minéraux y ont été décrites. Elle peut revendiquer une place à part dans l'histoire industrielle du pays ; les métaux qu'on en a tiré se retrouvent probablement dans les gratte-ciel de New-York.

## < Rhodonite

## Okénite >

Aussi fines qu'un cheveu et assez cassantes, ces petites baguettes d'okénite sont à manipuler avec précaution ! Le moindre contact les abîme, ce qui rend délicat leur transport.

La plupart du temps, ce minéral forme de petites touffes tapissant des cavités au sein de roches basaltiques, souvent en association avec des zéolites. De l'okénite a également été détectée sous la forme de minuscules cristaux dans du ciment âgé, ayant subi une altération chimique. Ces éléments conduisent à penser que les géodes d'okénite dans le basalte se forment par altération des silicates environnants.

Ces échantillons proviennent de la région du Deccan, en Inde. Cette région a subi, il y a environ 65 millions d'années, une série d'éruptions volcaniques cataclysmiques. En quelques dizaines de milliers d'années, des empilements de coulées de lave ont recouvert l'équivalent de trois fois la surface de la France sous deux kilomètres de lave ! Ce phénomène, appelé trapps volcaniques, est associé à la disparition des dinosaures.

N°163846- vitrine 066



# Tugtupite >

N°16865 - vitrine 078

La tugtupite est un minéral très rare, découvert dans les années 60 à Tugtup (nom qui signifie caribou en inuit), au Groënland. Cet échantillon a été prélevé non loin de cette localité type et est passé par le musée de Copenhague avant d'entrer dans notre collection en 1965, dans le cadre d'un échange.

Depuis sa découverte, ce minéral a été répertorié dans seulement deux autres endroits (en Amérique du Nord et dans la péninsule de Kola, en Russie).

La tugtupite, comme l'hackmanite (un autre feldspathoïde du groupe de la sodalite) possède une propriété originale : elle est ténébrescente. Lorsqu'on la met à la lumière du soleil, sa couleur se renforce. Le phénomène est réversible : quelques jours à l'obscurité et sa couleur pâlit à nouveau.



## < Groupe des feldspaths

**Feldspaths plagioclases (albite à anorthite)  
ou alcalins (orthose, sanidine, microcline)**

N°6271 - vitrine 075



Dans la famille des feldspaths, il y a du monde ! Du légendaire cristal de microcline de Devil's Hole de 50 mètres de long aux fringants petits bijoux en labradorite, en passant par les feldspaths alcalins utilisés dans la fabrication de céramiques ou encore ceux utilisés en charge dans les peintures.... Ils prennent des formes variées et se retrouvent partout !

Ce groupe de minéraux est d'ailleurs le plus abondant sur le globe (ainsi que dans l'Univers ?) : on les retrouve dans plus de 60% des roches à la surface de la Terre, la plupart du temps dans des roches magmatiques et métamorphiques. Les beaux cristaux sont assez rares puisque les amas de pegmatites sont sujets à la fracturation et à l'érosion, ne laissant que peu de cristaux intacts.

L'amazonite (n°16865, variété vert-bleu de microcline) fait partie de cette famille. Il a longtemps été supposé que sa couleur provenait de traces de cuivre, car cet élément donne souvent des teintes proches. Dans les années 80, des études ont montré que la couleur venait plutôt d'impuretés de plomb et d'eau.

# Whewellite >

N°6225 - vitrine 084

La plupart du temps, ce minéral ne se niche pas dans des roches, mais dans... nos reins ! Les calculs rénaux sont en effet composés d'oxalate de calcium, aussi appelé whewellite.

Dans certaines circonstances, il arrive que ce minéral cristallise sous terre. Il faut pour cela que des fluides hydrothermaux de basse température entrent au contact de roches riches en carbone. La réaction chimique complexe, impliquant l'oxydation partielle de ces roches, engendre la formation d'acide oxalique.

Ce double cristal, trouvé près de Chemnitz, en Saxe, témoigne de ce processus. Il est issu de veines profondes (1500 mètres de profondeur), riches en uraninite, argent natif et divers sulfures, encaissées dans des roches carbonatées.

La richesse de ces veines en a fait un lieu important dès l'Age du Bronze. On y retrouve parmi les plus anciennes traces du passage à une métallurgie à large échelle, augurant une sorte de révolution industrielle.





# Salle

# O

côté jardin



## MUSÉE DE MINÉRALOGIE



**Les silicates constituent la famille de minéraux la plus importante tant par sa diversité que par sa représentativité. Environ un tiers des minéraux répertoriés lui appartient. Ils sont de loin les minéraux les plus abondants sur Terre : 97% du poids de la croûte est composée de silicates !**

## Zircon >

Le zircon est un minéral issu de la cristallisation primaire de roches magmatiques. Il est excessivement résistant à l'altération et au métamorphisme. Il arrive donc que les roches qui en contiennent disparaissent, mais que les zircons soient préservés. Au fil des ères géologiques, certains zircons peuvent donc se retrouver successivement piégés dans différentes roches. C'est ainsi que de minuscules cristaux de zircon, issus de roches australiennes, ont été reconnus comme les plus anciens vestiges minéraux terrestres. Les plus vieux datés à ce jour remontent à 4,3 ou 4,4 milliards d'années, soit une centaine de millions d'années seulement après la formation de la planète.

On utilise pour la datation des éléments radioactifs à long temps de décroissance comme certains isotopes de l'uranium, du thorium et du plomb, présents à l'état de trace. La région de Harts Range, en Australie, où le n°16490 a été trouvé, présente des zircons certes beaucoup plus récents ("seulement" 1,7 milliards d'années), mais d'une dimension et d'une qualité impressionnantes. Il s'agit de l'un des très rares gisements où l'on trouve des zircons satisfaisants pour l'utilisation en bijouterie. Attention à ne pas confondre le zircon, silicate de zirconium, avec la zircone, oxyde de zirconium. C'est ce dernier, très dur et brillant, qui est fréquemment utilisé pour faire des imitations du diamant.

**N°15659 - vitrine 042**



**N°16093 - vitrine 047**



## < Grandidiérite

La grandidiérite est un rarissime silicate, riche en bore. Il a été observé pour la première fois par Alfred Lacroix en 1902 dans les falaises du cap Andrahomana, à l'ouest de Fort-Dauphin, à Madagascar. Sa rareté peut être comprise en considérant que le bore n'est présent qu'en très faible concentration dans les entrailles de la Terre. Il a plutôt tendance à se concentrer dans le fond des océans, dans les sédiments ou dans les dépôts d'évaporations (grands lacs salés), régions généralement pauvres en silice.

L'exemplaire portant le n°16093 est le meilleur exemplaire connu à ce jour. Il s'agit d'un cristal parfait, allongé sur 10 cm, dont une extrémité parfaitement terminée se détache harmonieusement de la gangue.

Ce minéral est surtout prisé des collectionneurs et parfois taillé en gemme. En effet, il est pléochroïque : en fonction de l'angle avec lequel on l'observe, il peut paraître bleu pâle, bleu foncé, verdâtre, marron-jaune, etc.

# Groupe des olivines >

N°45645 - vitrine 039

L'olivine est un silicate courant, ayant une composition chimique intermédiaire entre un pôle riche en magnésium (forstérite  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) et un pôle riche en fer (fayalite  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ )

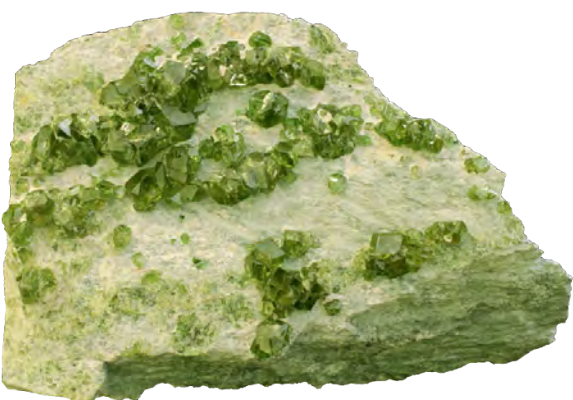
Par exemple, dans le cristal n°45645, il y a environ 5 fois plus de magnésium que de fer (on pourrait écrire  $\text{Mg}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}\text{SiO}_4$ ).

Il été trouvé près de Sapât, au Pakistan. Ce gisement livre aux bijoutiers la meilleure qualité d'olivine gemme, commercialisée sous le nom de "péridot du Kashmir". Du fait des conditions climatiques extrêmes, l'exploitation ne peut s'effectuer qu'entre juin et septembre. En effet, ce gisement est situé à plus de 4000 mètres d'altitude dans la chaîne himalayenne. Il est constitué de filons riches en magnétite recoupant des péridotites. Que l'on trouve à une telle altitude de la péridotite, roche typique des dessous de la croûte terrestre, paraît surprenant. Cela témoigne en fait de la puissance des forces tectoniques causant la lente surrection des montagnes.



# < Groupe des grenats

N°15736 - vitrine 042



Le grenat n'est pas un minéral, il s'agit de toute une famille. De subtiles variations de composition chimique provoquent de belles variations de couleurs : orangé pour la plupart des spessartites, vert dans certaines andradites. Cette famille est appréciée en joaillerie. Leur usage principal est cependant industriel : leur grande dureté les fait rentrer dans la composition de nombreux matériaux abrasifs.

Si leur composition change, les grenats laissent souvent s'exprimer une géométrie commune. On observe la forme typique à facettes en losange de beaucoup d'entre eux, il s'agit de "dodécaèdre rhombique".

La spessartite est une variété de grenat assez rare, riche en manganèse. L'échantillon n°16622, d'une taille et d'une régularité remarquable, provient de la région minière de Broken Hill, en Australie. Les dépôts minéraux que l'on y trouve semblent constituer les vestiges vieux de 1,8 milliards d'années de systèmes analogues aux "fumeurs noirs" actuels. Le métamorphisme intense subi par ces terrains, au fil des millénaires, a fortement remanié les roches. Les minéraux ont recristallisé et le résultat est spectaculaire puisqu'il s'agit d'un des assemblages minéraux les plus diversifiés – et les mieux étudiés – au monde. Plus de 1500 types d'espèces y ont été répertoriées.

L'andradite est un autre type de grenat rare qui peut présenter des couleurs allant du noir au vert en passant par le brun, le rouge et le jaune. La variété dite "démantoïde" est la plus précieuse. Elle possède une couleur verte, dont l'intensité est liée à la quantité de chrome se substituant au fer. A teinte identique, le démantoïde a un éclat qui manque à l'émeraude. L'échantillon n°15736, obtenu par échange en 1970, est considéré comme l'un des plus beaux au monde. Il est issu du Val Malenco dans les Alpes lombardes. Les démantoïdes s'y trouvent dans des fissures extrêmement difficiles d'accès, remplies de serpentine (amiante).

