

Collection de Minéraux

de
Sorbonne-Université

SOMMAIRE

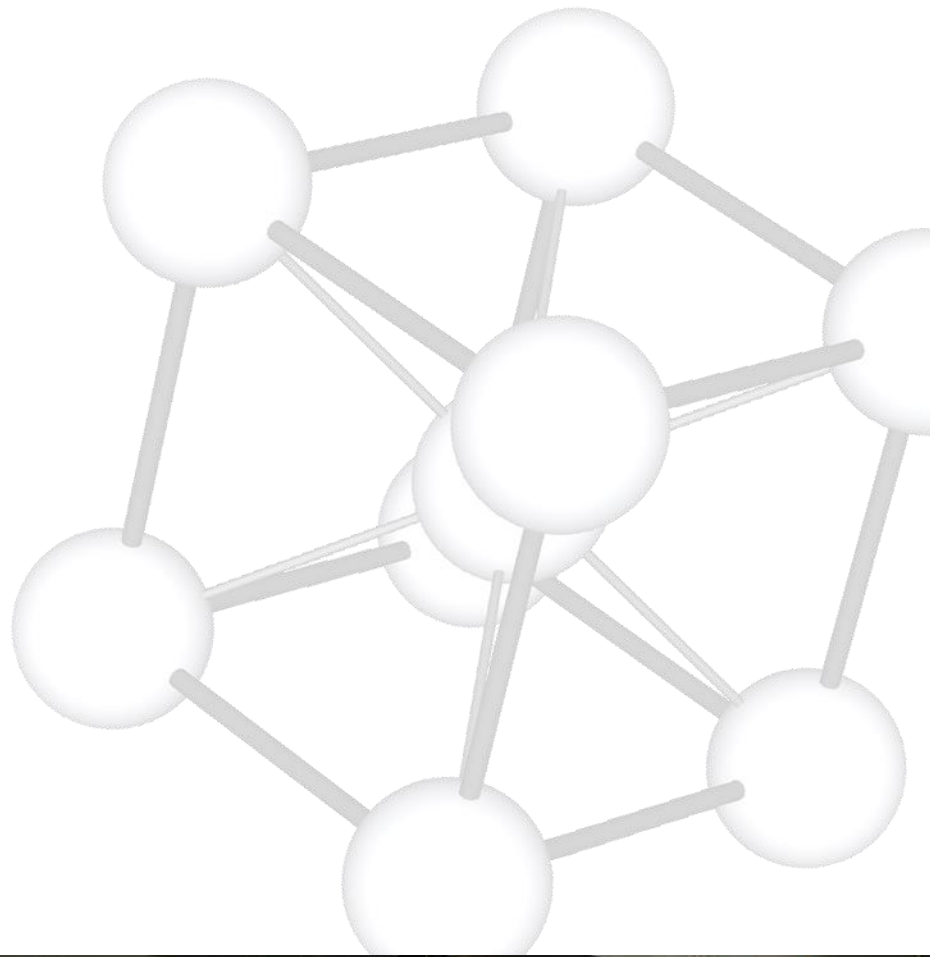
Présentation de la collection

Contacts et horaires

Lumière et matière

La couleur

Origines de la couleur des minéraux



Note préliminaire

Les dossiers pédagogiques ont pour but d'aider l'enseignant ou l'enseignante à préparer une visite pour ses élèves. Chaque dossier aborde un thème général. Il commence par une présentation globale de la collection, puis se décline en trois parties selon le niveau : école primaire, collège-lycée, université.

Chaque partie commence par les objectifs pédagogiques et la présentation succincte des notions abordées. Viennent ensuite un parcours de visite type qui peut être modulé selon les besoins, des exemples de minéraux, d'objets ou schémas illustrant le sujet, des suggestions sur les (éventuels) ateliers et animations et enfin, une proposition bibliographique pour aller plus loin.

Ces dossiers sont aussi l'œuvre de tous, nous vous invitons à nous faire part de vos suggestions, corrections ou idées d'animation. Nous en tiendrons compte pour les améliorer.

La collection est aussi un lieu qui peut accueillir des projets et recherches pédagogiques et/ou didactiques. N'hésitez pas à proposer vos projets.

Présentation de la collection

Historique

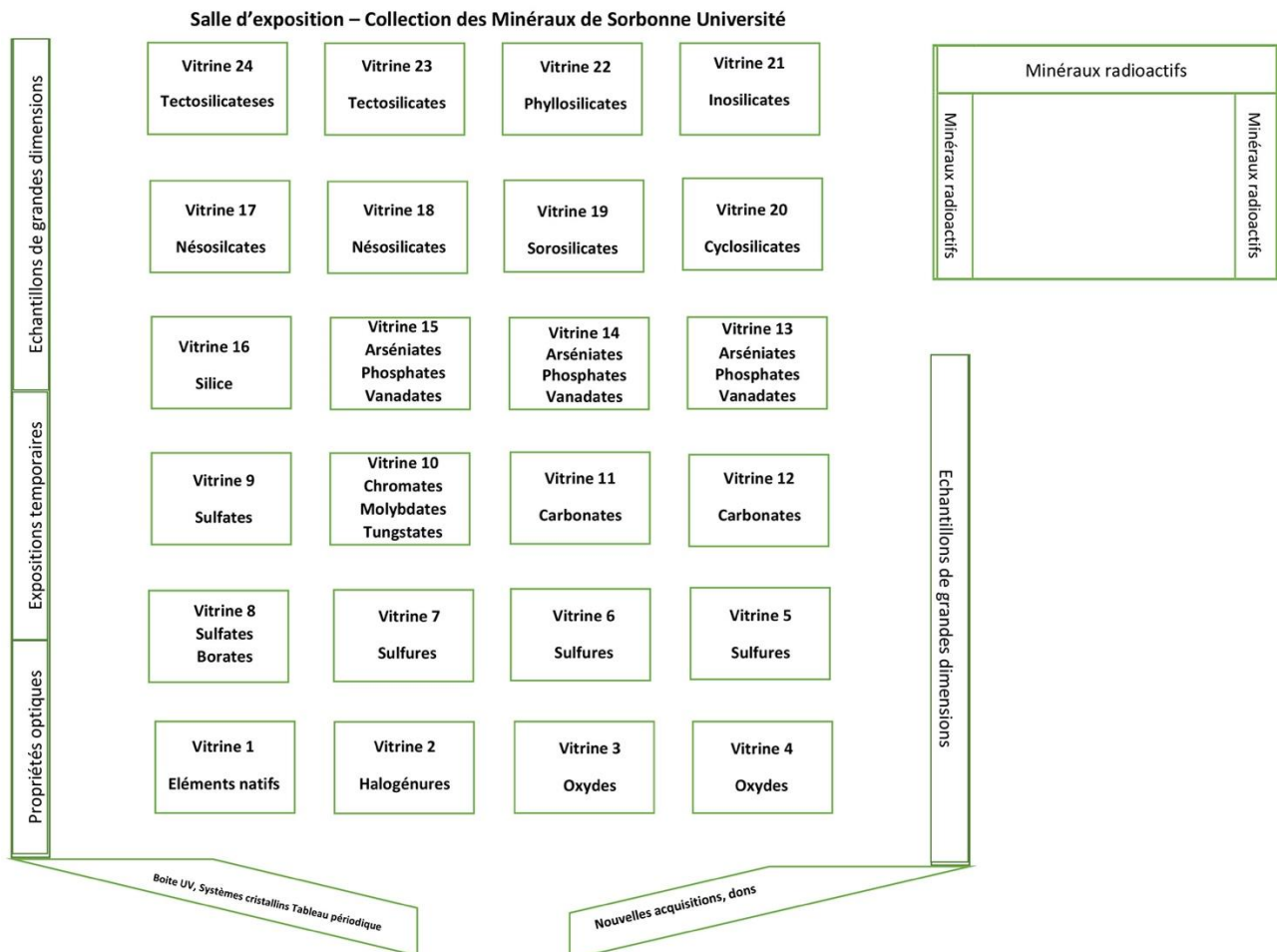
La collection de minéraux de Sorbonne Université compte parmi les plus anciens musées de minéralogie. Elle s'est constituée peu après la création de la Chaire de Minéralogie à la Sorbonne en 1809. Sa vocation première était pédagogique mais ses différents responsables ont vite été sensibles aux charmes des minéraux. En 1885, un certain Alibert écrit que « la collection de la Faculté des Sciences à la Sorbonne s'adresse aux artistes et aux savants ». En 1954, elle reçoit une partie de la prestigieuse collection Vésignié. Jean Wyart, directeur du laboratoire de Minéralogie Cristallographie, formule alors le projet d'une exposition permanente qui voit le jour à Jussieu en 1970. Suite aux travaux sur le campus, elle s'est installée dans ses nouveaux locaux en 2015.

Les minéraux

Les minéraux sont les constituants de base des roches. On les trouve partout, sous nos pieds, dans notre environnement, sur les bords de mer, dans les montagnes, les profondeurs de la terre et les océans. A ce jour, plus de 5000 minéraux différents ont été découverts. Chaque minéral est caractérisé par une formule chimique idéale et une structure interne, le plus souvent cristalline.

Les vitrines

La collection comprend, en 2020, 11 500 spécimens inventoriés, dont 1500 exposés représentant plus de 570 espèces. Les minéraux y bénéficient d'une présentation originale. Ils sont présentés dans 24 vitrines panoramiques classées selon la composition chimique et pour les silicates, la cristallographie. Produit du « hasard et de la nécessité », les minéraux par leur beauté mystérieuse rivalisent avec les plus belles œuvres humaines.



Les vitrines panoramiques

Le contenu des 24 vitrines panoramiques centrales est organisé en fonction de la classification habituelle des minéraux en neuf grandes classes : les éléments natifs, les halogénures, les oxydes, les sulfures, les sulfates, les borates, les carbonates, les phosphates et enfin les silicates.

Vitrines murales de la salle d'exposition

Les vitrines murales à droite après l'entrée dans la salle d'exposition commencent par des dons. On y voit une partie du don Germaine et Daniel Curie, petit-fils de Jacques Curie, le frère de Pierre et professeur à Sorbonne-Université. Une demi-vitrine est réservée aux nouvelles acquisitions. Les vitrines murales suivantes sont consacrées aux minéraux européens, asiatiques et africains. On y trouve des pièces remarquables par leurs dimensions.

Les vitrines murales à gauche après l'entrée, commencent par des expositions temporaires et se poursuivent par l'exposition de grands spécimens du continent américain.

L'alcôve des minéraux radioactifs.

La radioactivité est présente naturellement dans notre environnement quotidien à de faibles doses, sans impact sur notre santé. Elle peut également être générée par l'activité humaine dans le cadre de la recherche, la médecine, la production d'énergie, etc. La loi française impose un seuil d'exposition maximal par personne et par an à ne pas dépasser pour protéger la santé de chacun.

La dose moyenne de radioactivité naturelle reçue par an en France est de 3mSv par habitant. En restant 1h dans l'alcôve vous recevez une dose de 0,03 mSv, ce qui correspond à une radiographie pulmonaire par

exemple. Même si cette dose peut paraître négligeable, nous vous invitons à ne pas stationner plus de 20 min. dans cet espace, notamment avec les enfants.

Vitrines murales du hall de l'accueil

La vitrine à droite avant l'entrée contient des minéraux de grandes tailles issus de processus magmatiques, c'est-à-dire où de la roche fondue est entrée en jeu. On y trouve un cristal de mica, l'un des plus grands connus. La vitrine de gauche contient des minéraux filoniens qui se sont formés par circulation de solutions aqueuses.

Contacts et horaires

Collection de minéraux de Sorbonne Université 4, Place Jussieu — 75005 Paris
Ouverture tous les jours de 13 h à 18 h sauf les lundis, dimanches et jours fériés

Mois d'août : ouverture du lundi au vendredi de 13 à 18 h

Site internet : <http://collection-mineraux.sorbonne-universite.fr>

Téléphone : 01 44 27 52 88

Plein tarif 6 € Tarif réduit 3 €

Gratuité : personnel et étudiants de Sorbonne-Université, -12 ans, carte ICOM, membres de l'AMIS, journalistes.

Plan d'accès
Campus Pierre et Marie Curie



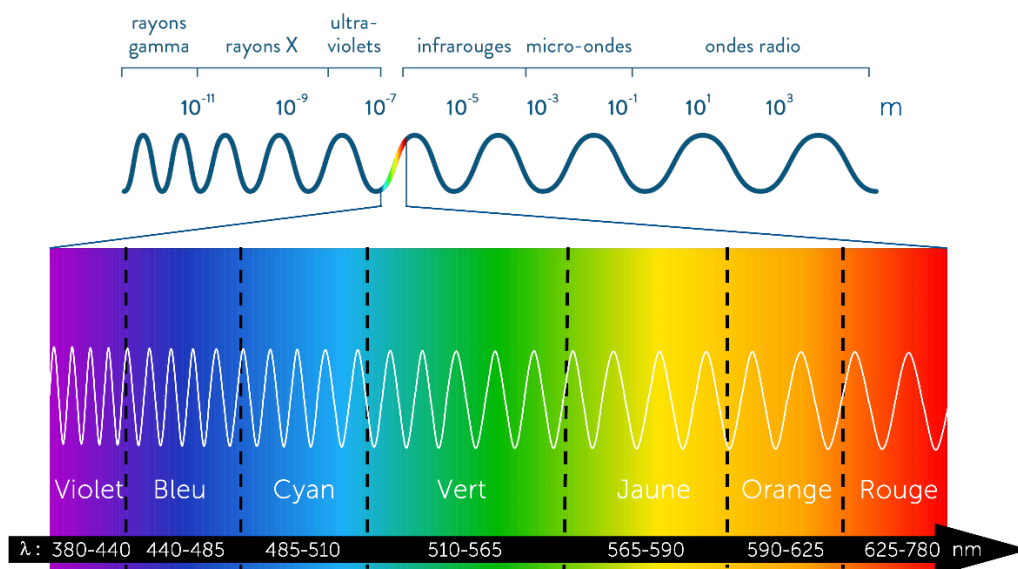
LA LUMIÈRE ET LA MATIÈRE

La perception visuelle des choses qui nous entourent est une interprétation faite par le cerveau lors du passage de la lumière à travers notre œil. Pour comprendre son rôle dans notre appréciation de l'éclat et de la couleur des minéraux, il est nécessaire de comprendre ce qu'est la lumière.

Composition de la lumière

La lumière est une onde, qui se définit par une longueur d'onde (λ), c'est à dire la distance séparant deux séquences, et une fréquence (ν), c'est à dire la durée séparant le passage de deux séquences au même point. Le spectre électromagnétique désigne toute la gamme des longueurs d'onde de toutes les radiations électromagnétiques connues. La lumière émise par le soleil se compose de longueurs d'onde de très grande amplitude. Nous en percevons une petite partie : celles dont la fréquence est comprise entre 380 et 780 nm. Chaque longueur d'onde appartenant au domaine visible correspond à une couleur précise. Les capteurs de l'œil humain permettent d'apprécier certaines de ces couleurs.

C'est Isaac Newton qui a démontré que la lumière blanche est composée d'une multitude de couleurs semblables à celles de l'arc-en-ciel.

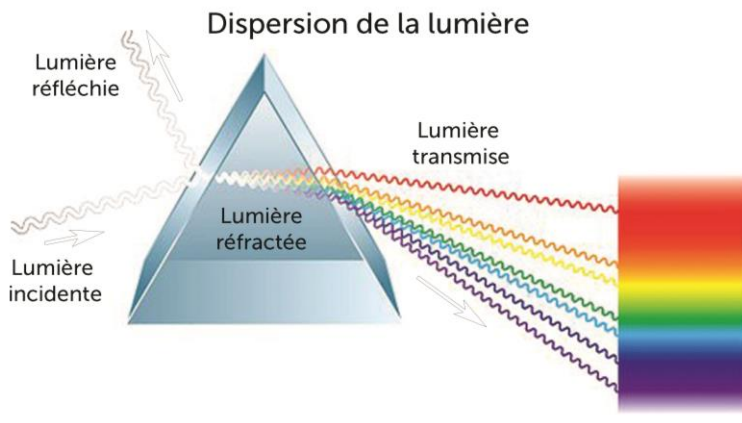


Déplacement de la lumière

La lumière traverse la matière selon des règles de bases exposées par René Descartes, soit en résumer :

- la direction d'une onde lumineuse est constante en un milieu donné ;
- dans un milieu transparent et homogène la lumière se propage en ligne droite tant qu'elle ne rencontre pas d'obstacle,
- la vitesse de déplacement de la lumière dépend de la densité du milieu qu'elle traverse.

Quand un faisceau lumineux atteint la surface de séparation de deux milieux différents, une partie de la lumière se réfléchit sur la surface comme sur un miroir : c'est la réflexion ; une autre partie se propage dans le second milieu, souvent en changeant de vitesse et donc de direction : c'est la réfraction.



La réflexion

C'est le phénomène par lequel la lumière change brusquement de direction au moment où elle rencontre la surface qui sépare deux milieux différents (eau-air, air-plastique). On peut comparer ce phénomène à une balle qui rebondit sur un mur. Lorsque la surface est plane, lisse et brillante comme un miroir, le rayon lumineux est réfléchi selon le même angle que l'angle d'incidence.

EXPÉRIENCE DU MIROIR :

Devant un miroir plan, lever un bras puis l'autre. L'image reflétée apparaît inversée : à notre geste de la main droite correspond le geste de la main gauche de notre reflet. Le miroir joue le rôle d'axe de symétrie. Quand la lumière réfléchie de notre corps touche le miroir devant nous, elle est renvoyée directement et crée notre image inversée.

La réfraction

Lorsqu'un faisceau lumineux passe d'un milieu transparent à un autre (air, eau, verre) avec un certain angle, il change légèrement de direction dès qu'il touche la surface du nouveau milieu. Cette déviation du rayon lumineux se nomme la réfraction. Ce phénomène est causé par la différence de vitesse de la lumière entre les deux milieux.

EXPÉRIENCE DU CRAYON BRISÉ :

L'aspect brisé d'un crayon plongé dans l'eau est dû au phénomène de réfraction. Le changement de milieu fait changer la lumière de direction en fonction d'un indice de réfraction propre au milieu traversé.

Exemple : biréfringence du quartz « Je suis unique » [\(V.32\)](#)

Notre œil ne perçoit que la lumière renvoyée par les objets que l'on regarde. Sans lumière, les objets ne sont plus visibles parce qu'ils ne réfléchissent aucune lumière.

Quand la lumière rencontre une surface, plusieurs phénomènes peuvent avoir lieu simultanément :

- 1) Une partie de la lumière sera réfléchi : elle rebondit sur la surface de l'objet.
- 2) Une partie de la lumière sera diffusée. Une feuille de papier ou un écran de cinéma par exemple, diffusent beaucoup de lumière : la lumière traverse l'objet et le rayon incident repart dans plusieurs directions.
- 3) Une partie de la lumière sera absorbée : la lumière disparaît dans l'objet. Elle est transformée en chaleur.

EXEMPLES :

La lumière rencontre un milieu opaque

Un matériau opaque absorbe une grande partie de la lumière et peut en renvoyer (réfléchir et/ou diffuser) une autre partie. Il est coloré voire brillant s'il y a réflexion. Ex. : Hématite [\(V.3\)](#)

La lumière rencontre un milieu translucide

Un matériau translucide laisse passer une grande partie de la lumière et absorbe une partie des ondes lumineuses. Si certaines des ondes font partie du spectre perceptible par l'œil humain, la couleur perçue par l'œil sera la somme des longueurs d'onde non absorbées. Ex. : Fluorite [\(V.2\)](#)

La lumière rencontre un milieu transparent

Un matériau transparent laisse passer la lumière sans l'altérer. Aucune onde lumineuse visible n'est absorbée. Ex. : Quartz (V.16)

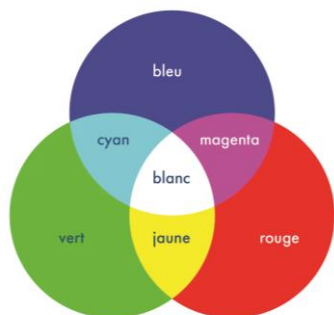
LA COULEUR

Absorption de la lumière

Les photons qui composent la lumière possèdent une longueur d'onde spécifique. Ils peuvent interagir avec certains atomes qui constituent la matière. Cette interaction se traduit par l'absorption de ces photons (ceux dont la longueur d'onde correspond à l'élément chimique de la matière étudiée). Lors de l'absorption, l'énergie lumineuse du photon – les électrons - est transmise à l'atome. Elle est alors transformée en une autre énergie : la chaleur, qui se traduit par l'excitation de l'atome.

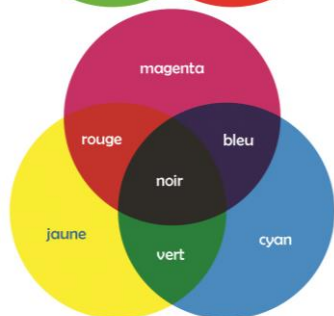
Deux systèmes de couleur

La couleur d'un objet dépend de la couleur qu'il reçoit et de celle qu'il réfléchit. Les autres couleurs sont absorbées. Pour déterminer, en fonction de la couleur d'un minéral, les ondes qu'il absorbe, il faut savoir que les couleurs primaires* de la lumière (bleu, rouge, vert) ne sont pas celles de la peinture (magenta, cyan, jaune primaire). En réalité, **les couleurs primaires de la peinture sont les couleurs secondaires de la lumière.**



Synthèse additive

On réalise une synthèse additive lorsque l'on superpose plusieurs faisceaux de lumières colorées. Dans le système RVB, on mélange les couleurs primaires rouge, vert et bleu. Elles sont dites primaires parce que notre œil possède des récepteurs sensibles à ces trois nuances. Les couleurs secondaires cyan, magenta et jaune, sont plus claires que les primaires. Leur mélange se rapproche du spectre de la lumière visible et donne du blanc. C'est pour cela que leur synthèse est qualifiée d'additive.



Synthèse soustractive

Dans la synthèse soustractive, l'objet lumineux est une source de lumière secondaire. L'objet est éclairé en lumière blanche et absorbe un certain nombre de couleurs (d'où le terme de soustraction) pour ne diffuser que les autres. On obtient alors toutes les couleurs que l'on veut en mélangeant en plus ou moins grande quantité les trois couleurs primaires soustractives du système CMJN : jaune, magenta et cyan. Leur addition donne du noir.

Sur le schéma on observe que :

La peinture jaune absorbe le bleu et renvoie le rouge et le vert.

La peinture cyan absorbe le rouge et renvoie le bleu et le vert.

La peinture magenta absorbe le vert et renvoie le bleu et le rouge.

* Pour rappel, une couleur primaire est, dans un système de synthèse de couleurs, une couleur qui ne peut être reproduite par un mélange d'autres couleurs.

Exemples sur la couleur d'un minéral

C'est le principe de la synthèse soustractive qui s'applique ici.

Le minéral diffuse les radiations qu'il n'a pas absorbées : la couleur perçue par l'observateur de ce minéral est la couleur des radiations qu'il diffuse ou transmet. C'est la couleur complémentaire des radiations qu'il absorbe.

- ⇒ Un objet blanc n'absorbe aucune radiation et diffuse donc toutes les radiations qu'il reçoit (Borax, [V.8](#)).
- ⇒ Un objet noir absorbe toutes les radiations qu'il reçoit (Vivianite, [V.14](#)).
- ⇒ Un minéral jaune renvoie du jaune (couleur perçue). Ce minéral absorbe la couleur bleue et renvoie le rouge et le vert (dont la synthèse additive : vert + rouge = jaune) (Mimetite, [V.14](#)).
- ⇒ Un minéral bleu renvoie du bleu (couleur perçue par notre œil). Ce minéral absorbe donc le vert et le rouge. Il renvoie la couleur complémentaire de la synthèse des radiations absorbées soit rouge + vert = jaune dont la couleur complémentaire est le bleu (Lavendulanite, [V.15](#)).



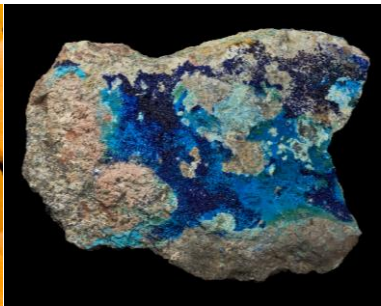
Borax



Vivianite



Mimetite



Lavendulanite

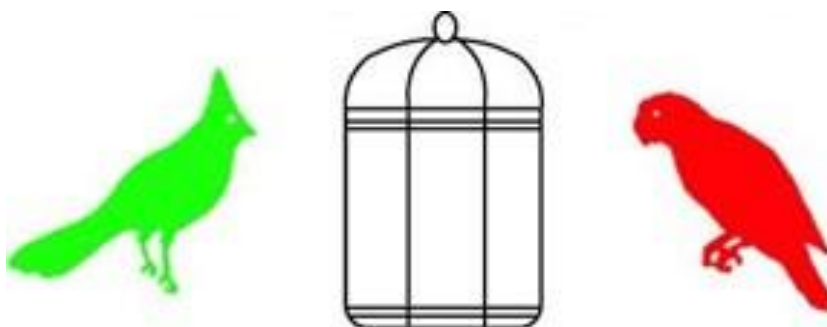
EXPÉRIENCE DE L'OISEAU MAGIQUE

Fixer son œil sur le perroquet rouge, pendant 15 à 20 secondes, puis regarder immédiatement et brusquement vers la cage : un perroquet cyan apparaît.

Explication : Quand l'œil fixe longtemps le rouge, les cônes sollicités et stimulés pour percevoir cette couleur se fatiguent et perdent de leur sensibilité. Quand l'œil relâche l'attention sur le rouge en regardant le fond blanc de la cage, les cônes verts et bleus sont alors suractivés et on perçoit l'oiseau avec la couleur complémentaire en lumière du rouge, c'est-à-dire le cyan (le blanc moins le rouge).

L'image flottante perçue est une image résiduelle : elle persiste quelques instants sur la rétine de l'œil après avoir arrêté de la regarder et le cerveau la projette.

Procéder de la même manière avec le perroquet vert. L'image résiduelle dans la cage sera un perroquet magenta (couleur complémentaire en lumière du vert).



LES ORIGINES DE LA COULEUR DES MINÉRAUX

La couleur et sa perception dépendent de facteurs internes à la matière comme **la composition chimique** et **la forme ou la structure cristalline** des échantillons, ainsi que de facteurs externes comme **les effets de combinaisons de la lumière** et **la sensibilité de l'observateur** à la couleur sur le plan biologique (réceptivité de l'œil et du cerveau) sans oublier le philtre socio-culturel.

- ⇒ La clé de la compréhension de la couleur des minéraux réside, à l'échelle atomique, dans le comportement des électrons célibataires (présents dans les atomes ou les ions) et leur interaction avec la lumière.

La composition chimique

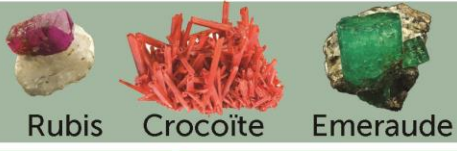




Pour la plupart des minéraux, la couleur provient de l'absorption sélective de la lumière blanche selon différents processus. L'absorption des longueurs d'onde de la lumière est due à la présence de certains atomes. Il s'agit principalement de métaux de transition – soit environ 12 éléments métalliques ou terres rares – dits chromophores.

Les 12 ions métalliques issus d'éléments chimiques de transition (sous couche électronique d incomplète) pouvant colorer les minéraux sont : Ti^{3+} (titane) ; V^{3+} et V^{4+} (vanadium) ; Cr^{3+} et Cr^{4+} (chrome) ; Mn^{2+} et Mn^{3+} (manganèse) ; Fe^{2+} et Fe^{3+} (fer) ; Co^{2+} (cobalt) ; Ni^{2+} (nickel) ; Cu^{2+} (cuivre). Les éléments Cérium Ce (Lanthanides) et Uranium U (Actinides) peuvent également être responsables de colorations.



Tableau des éléments (v.31)

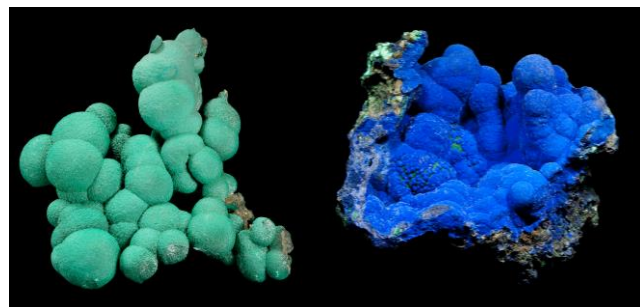
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB
21 Sc Scandium 45	22 Ti Titanium 48	23 V Vanadium 51	24 Cr Chrome 52	25 Mn Manganèse 55	26 Fe Fer 56	27 Co Cobalt 59	28 Ni Nickel 59	29 Cu Cuivre 64	30 Zn Zinc 65
39 Y Yttrium 89	40 Zr Zirconium 91	41 Nb Niobium 93	42 Mo Molybdène 96	43 Tc Technétium 98	44 Ru Ruthénium 101	45 Rh Rhodium 103	46 Pd Palladium 106	47 Ag Argent 108	48 Cd Cadmium 112

Exemples d'atomes chromophores	Couleur produite	N° Vitrine	Exemples de minéraux
Cr (chrome)	Rouge Orange Vert	V.3 V.10 V.20	 Rubis Crocoïte Émeraude
Fe (fer)	Jaune Violet	V.11 V.16	 Sidérite Améthyste
Cu (cuivre)	Bleu Vert	V.12 V.12	 Azurite Malachite
Co (cobalt)	Rose Rouge	V.11 V.14	 Carbo-calcite Erythrite
Mn (manganèse)	Rose	V.21	 Rhodonite

On parle de **coloration idiochromatique** lorsque l'ion colorant (l'élément de transition) est présent en grande quantité. Il apparaît généralement dans la formule chimique du minéral.

Ex : les ion cuivre Cu^{2+} de la malachite $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ et de l'azurite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Dans les deux cas, le cuivre absorbe certaines longueurs d'onde de la lumière visible et est responsable de la couleur. Seul son degré d'oxydation est différent. D'ailleurs, très sensible à l'air et à l'humidité, l'azurite (bleue) a tendance à se transformer en malachite (verte).



Malachite (V.12) et Azurite (V.12)

On parle de **coloration allochromatique** lorsque l'ion colorant (l'élément de transition) est en faible quantité dans le minéral, c'est-à-dire sous forme d'impuretés. Ces ions ou atomes se sont installés dans les trous ou les défauts de la structure cristalline au moment de sa croissance et n'apparaissent pas dans la formule chimique de celui-ci.

Ex : La couleur orangée dans les calcites (CaCO_3) du Tennessee (USA) est due à la présence en faible quantité du Cadmium (ions Cd^{2+}) (V.11).

L'émeraude de formule chimique $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ est un béryl vert dont la couleur est due à la présence d'ions chrome Cr^{3+} ou de vanadium V^{3+} (V.20).

La kunzite Silicate de lithium et d'aluminium de formule chimique $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ est une variété de spodumène de couleur rose lilas en raison de la présence d'ions manganèse Mn^{2+} (V.37).

Sans impuretés, de tels cristaux sont théoriquement incolores.

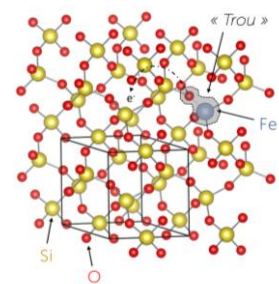


Calcite (V.11), Émeraude (V.20), Kunzite (V.37)

Anecdote : Pierre Bariand a publié en 2008 la photo d'une kunzite verte d'Afghanistan. Cette pièce présente aujourd'hui une couleur violette (V.20). Extrêmement sensible à la lumière, ce cristal est généralement vert lors de sa découverte. Il devient plus ou moins rapidement violet par la suite.

Après une rapide enquête, il se trouve que lors d'une expérience scientifique, l'échantillon a été soumis à un rayonnement électromagnétique à haute fréquence (rayons gamma) pour lui rendre sa couleur verte. Certains électrons qui gravitent autour du noyau de manganèse ont alors transité d'une orbitale à une autre, vers des niveaux dit « excités ». Ce transfert d'énergie à l'échelle atomique a modifié temporairement la couleur de l'objet. Au fil du temps, avec la lumière ambiante, les électrons ont repris leurs places et l'échantillon a retrouvé sa couleur violette d'origine.

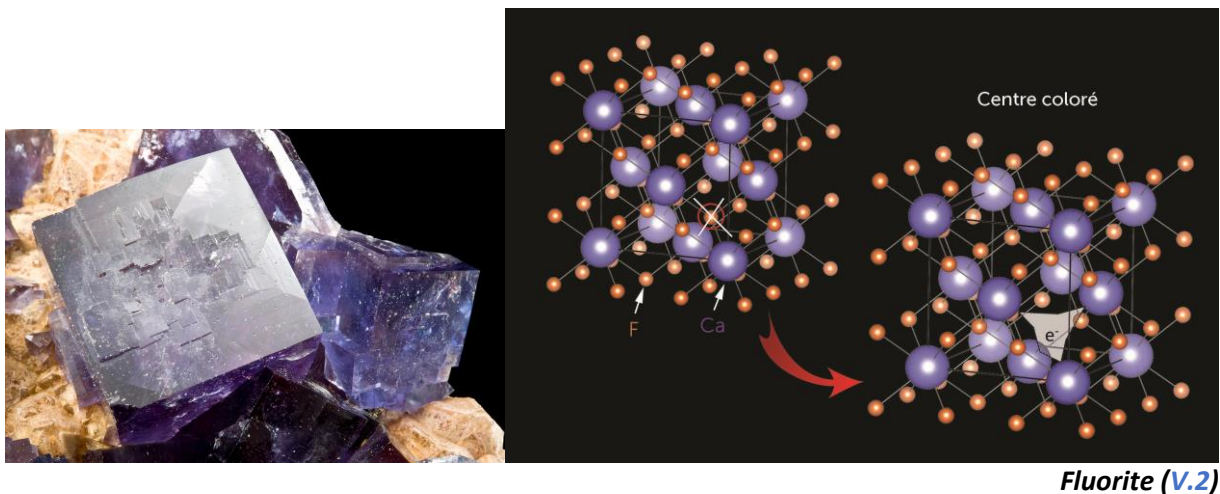
Certaines colorations sont dues également à la présence de **centres colorés** dans le cristal. Il s'agit de défauts dans la structure minérale créés par une irradiation naturelle ou artificielle. On peut avoir par exemple dans la structure cristalline des ions manquants (lacunes) ou des ions additionnels (interstitiels). Un bon critère de reconnaissance des centres colorés est très souvent la disparition de la couleur par exposition à la lumière ou à la chaleur et son rétablissement par irradiation.



Améthyste (V.26)

Ex : La coloration violette de l'améthyste (SiO_2) dépend d'un centre coloré faisant intervenir l'ion fer (III) Fe^{3+} présent à l'état de traces, en substitution de certains ions silicium Si^{4+} . La couleur de l'améthyste n'est stable que jusque vers 250°C ; la plupart des améthystes se décolorent au-delà. Le chauffage d'une améthyste permet d'obtenir une coloration jaune ou verte. Cette coloration est également de type allochromatique puisqu'elle résulte de la présence d'ions fer (Fe^{2+} ou Fe^{3+}) à l'état de traces. (V.26).

La fluorite CaF_2 (V.2) possède une très grande variété de couleurs. La couleur violette des fluorites s'explique par la présence de centres colorés où un ion fluorure F^- est remplacé par un électron.



D'autres colorations sont dues aux phénomènes appelés **transferts de charges**. Ce type de coloration est en relation avec les orbitales moléculaires. Un électron, charge négative, passe d'un atome à un autre. Il existe trois types de transferts de charges : transfert de charge oxygène-ion métallique, transfert de charge d'intervalence c'est à dire ion métallique-oxygène-ion métallique, et transfert de charge par délocalisation d'électrons n'impliquant pas d'ions métalliques.

Ex : C'est le cas par exemple de l'Hématite (V.3) et de la Goethite (V.4) dont l'électron de valence O^{2-} ou OH^- liés à l'ion Fe^{3+} occupe temporairement une orbitale vide de cet ion.

La coloration bleue caractéristique de l'Aigue marine (Béryl, V.20) peut s'expliquer par la présence d'ions fer (II) Fe^{2+} en impuretés, ainsi que par le transfert de charge d'intervalence $Fe^{2+}-O-Fe^{3+}$.



Enfin, la coloration due à la **théorie des bandes de valence** est valable pour les métaux et les semi-conducteurs.

Dans ce cas, c'est la structure électronique du cristal tout entier qui est responsable de la couleur. Les électrons de certains minéraux sont délocalisés à l'intérieur du cristal tout entier, et produisent de la couleur par une interaction avec la lumière visible. Une telle délocalisation est une propriété caractéristique de la plupart des métaux et des semi-conducteurs. La théorie des bandes produit des couleurs qui ne peuvent être provoquées ou améliorées par un traitement commercial car elles sont directement reliées à la structure du cristal et ne dépendent pas de défauts ou de concentrations d'impuretés.

Ex : La couleur jaune de l'or pur (V.1), s'explique par la théorie des bandes de valence. Cette couleur est si spécifique que ce métal définit la nuance « jaune d'or ». Les variétés pâles sont celles qui contiennent de l'argent, tandis que l'apport de cuivre donne une couleur jaune orangée.



La forme ou la structure cristalline

Les minéraux ne cristallisent pas au hasard. La forme d'un cristal est définie par la composition chimique du minéral, qui va conduire à un agencement particulier des atomes au sein de la structure cristalline. Ce schéma de base formé par les atomes se répète de façon périodique dans les 3 dimensions de l'espace. L'organisation des mailles cristallines va ainsi former le réseau cristallin. La longueur des côtés et valeurs des angles qu'ils

forment entre eux sont spécifiques et correspondent à l'un des sept systèmes cristallins : cubique, quadratique, hexagonal, rhomboédrique, orthorhombique, monoclinique et triclinique*.

Dans un cristal, des motifs (atomes, ions ou molécules) sont situés aux nœuds d'un réseau. L'espace entre ces motifs est appelé sites interstitiels. Il est observé qu'un même métal ou élément de transition ne donne pas nécessairement la même couleur selon **la géométrie du site** dans lequel il est inclus.

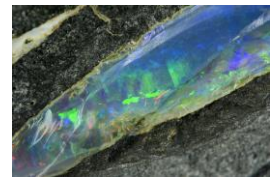
Ex : Le Fer Fe^{2+} dans un site octaédrique donnera le vert des olivines (V.17) et des tourmalines (V.20) et le fer Fe^{2+} dans un site cubique donnera le rouge des grenats almandin (Grossulaire, V.17).

Le manganèse Mn^{2+} dans un site tétraédrique donne le jaune vert de la Willémitte (V.17), tandis que dans un système octaédrique il donnera le rouge de la Rhodocrosite (V.11) ou le rose de la Rhodonite (V.21).

Agencement des atomes de l'Olivine

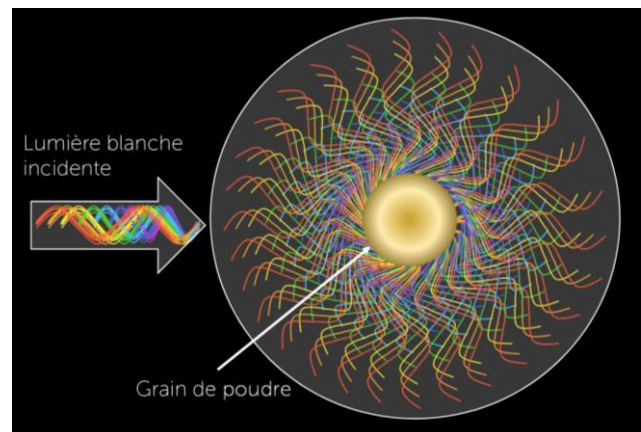
Il existe également quelques échantillons présentant une **coloration pseudochromatique**, due uniquement à des phénomènes optiques (dispersion, diffusion, interférence ou diffraction de la lumière). Ce type de coloration s'explique par l'interaction de la lumière avec certaines caractéristiques physiques telles que des inclusions, une texture particulière, ou la structure même de la gemme, par exemple une structure lamellaire déterminée.

Ex : Les irisations de l'opale noble (V.34 et 32) par exemple sont un effet d'optique. Elles résultent de la diffraction de la lumière à travers un empilement compact plus ou moins régulier de minuscules billes de silice. Les divers rayons réfléchis émergent de la surface à des vitesses différentes et produisent ainsi des couleurs irisées. La couleur de chaque parcelle de l'opale dépend de l'orientation de la source de lumière incidente ; lorsque la pierre bouge, la couleur change. La couleur de l'opale dépend également de la grosseur des billes de silice et de l'espacement des différentes couches parallèles dans lesquelles elles sont régulièrement rangées.

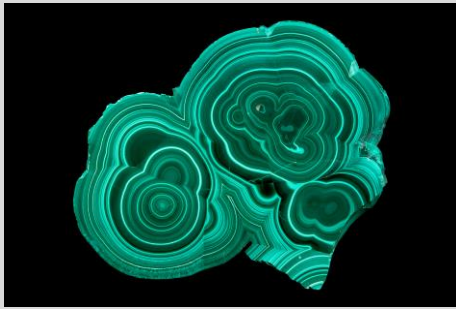


Enfin, il est bien connu que lorsque l'on broie un minéral, la poudre obtenue s'éclaircit quand la granulométrie diminue. Simultanément, la couleur, si le minéral est coloré, s'estompe.

Ce sont **les propriétés optiques et structurales des grains** qui influent sur la clarté et la saturation de la couleur perçue. Un grain renvoie la lumière incidente différemment selon qu'il est, d'une part, transparent, translucide ou opaque, et d'autre part, cristallin ou amorphe. Les faces des cristaux réfléchissent bien la lumière (ex. : quartz, diamant). On parle de réflexion diffuse. Les cristaux apparaissent d'autant plus brillants que leur indice de réfraction est élevé.



* Cf. Fiche Les systèmes cristallins.



Vous trouverez dans la vitrine consacrée aux silicates (V.12), un échantillon de malachite tranché. Il présente plusieurs bandes concentriques vertes caractéristiques, qui font penser aux cernes de croissance d'un arbre.

Les nuances d'intensité du vert sont dues à la taille des grains. Ces petits cristaux sont imperceptibles à l'œil nu. Toutefois, les variations de conditions, tels que la pression et la température, ont impacté leur croissance. Comme la lumière rebondit plus facilement sur de petites surfaces, les zones blanchâtres ou plus claires, révèlent tout simplement une granulométrie plus fine.

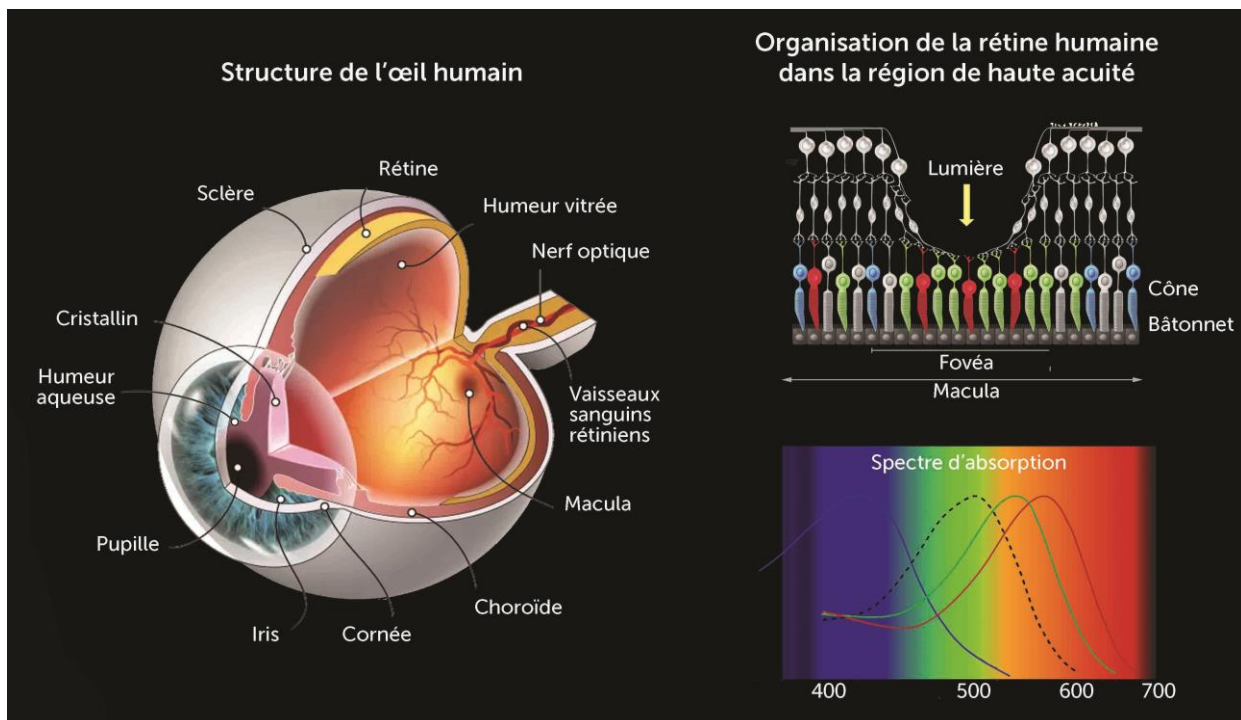
La goethite est un hydroxyde de fer (FeOOH) assez abondant dans le monde. Sous sa forme cristallisée (V.4) la lumière visible est totalement absorbée par la matière (en l'occurrence les atomes de fer), ce qui lui donne cette couleur noire profonde. Lorsqu'elle est broyée, la matière n'absorbe plus que certaines longueurs d'ondes et laisse passer les couleurs jaunes orangées.

Employée depuis le Paléolithique, on retrouve la goethite dans les peintures pariétales de Lascaux, puis dans les fresques murales antiques. Elle doit son nom au poète allemand Johann Wolfgang von Goethe, philosophe, biologiste et amateur de minéraux.

La sensibilité

Voit-on la couleur de la même manière ? Y-a-t-il des différences d'un individu à un autre ?

Notre œil est capable de distinguer les couleurs grâce à trois types de cellules spécifiques situées dans la rétine (ou plus précisément la macula), appelées les cônes. Ceux-ci nous permettent de percevoir les trois couleurs fondamentales : le rouge, le vert et le bleu. Lorsque nous regardons un objet, les cônes reçoivent des informations sur les couleurs et les transmettent, par le nerf optique, à notre cerveau. Ce dernier, en combinant les informations qu'il reçoit, s'attèle à reconstituer toute la gamme des teintes que nous connaissons. Une personne à la vision des couleurs normale peut ainsi percevoir 15 000 nuances !



En observant les rétines de plusieurs individus grâce à un laser, les chercheurs ont pu constater que, même si le nombre de cônes et leur distribution dans la rétine varient, la perception des couleurs était équivalente. Nous les voyons donc toutes de la même façon car le mécanisme qui régit la vision des couleurs est pareil pour tous.

Cependant, plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte dans la différence d'appréhension des couleurs. Notre culture, notre histoire personnelle et notre langue jouent un rôle majeur. Selon notre âge ou notre état de santé, nos yeux filtrent plus ou moins la luminosité. En vieillissant, nous sommes, par exemple, moins sensibles à la lumière bleue et ceci influe sur notre perception des couleurs.

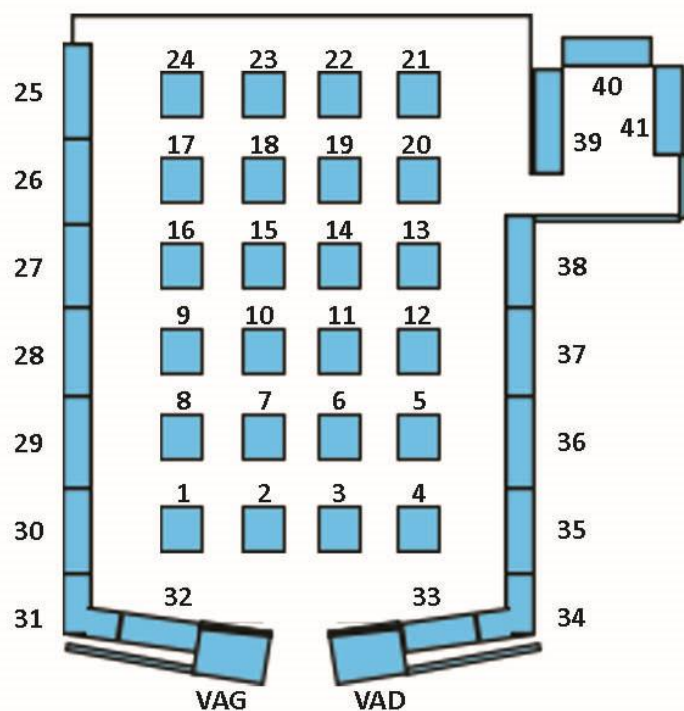
N'oublions pas que la couleur d'un objet dépend aussi de l'intensité de la lumière qui l'éclaire et de son environnement. Enfin, l'expérience vécue, notre situation même jouent un rôle non négligeable. C'est pourquoi la vision des couleurs est si subjective.

Michel Pastoreau, historien et spécialiste de la symbolique de la couleur, écrivait "La couleur n'est pas tant un phénomène naturel qu'une construction culturelle complexe, rebelle à toute généralisation, sinon à toute analyse" (2011).

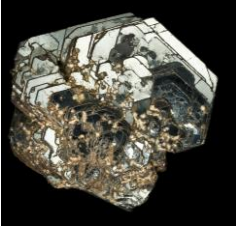
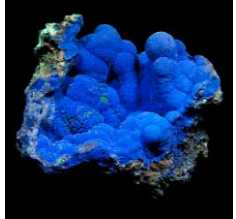
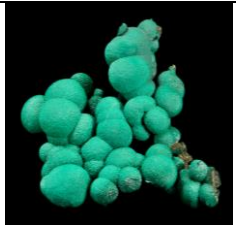


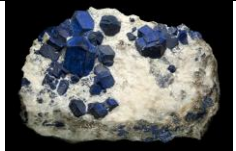
En résumé, la coloration d'un minéral dépend donc :

- ⇒ de la quantité d'éléments de transition présent dans sa composition
- ⇒ de la taille des grains et de la forme cristalline
- ⇒ de la présence de défauts dans la maille élémentaire
- ⇒ de la lumière
- ⇒ de celui qui perçoit la couleur

Localisation des N° de vitrine



Les minéraux à l'origine des pigments

<p>HÉMATITE (rouge, brun métallique) : V.3 L'hématite est un minerai de fer riche en pigments rouges et bruns, qui ont servi dès le Paléolithique dans les peintures pariétales.</p>	
<p>L'AZURITE (bleu soutenu) : V.12 L'azurite est un carbonate naturel de cuivre et fut l'un des pigments bleus les plus prisés de l'Antiquité grâce à sa couleur éclatante. Son succès est dû à sa luminosité naturelle. L'azurite est également l'une des principales sources du bleu utilisé par les peintres médiévaux. Elle remplaçait le lapis-lazuli (Lazurite V.24) plus rare et plus onéreux. Cependant, l'instabilité de ce pigment fait que sa couleur a tendance à virer avec le temps au vert (malachite).</p>	
<p>LA MALACHITE (vert) : V.12 La malachite est un carbonate de cuivre dont la poudre, d'un vert éclatant, a été utilisée en Egypte à l'âge du Bronze.</p>	
<p>CINABRE (rouge vermillon) : V.6 Le cinabre est un sulfure de mercure utilisé surtout au Moyen Âge pour obtenir du rouge et de l'orange. Le vermillon a été ensuite fabriqué à partir d'un mélange de mercure et de soufre.</p>	
<p>ORPIMENT (jaune d'or) : V.7 Au Moyen Âge, on utilisait ce minerai d'arsenic pour fabriquer de nombreuses couleurs et notamment pour imiter l'or.</p>	
<p>LAPIS LAZULI (bleu outremer) : V.24 Le lapis lazuli ou Lazurite est un silicate d'aluminium et de sodium donnant un bleu outremer. Il est resté très cher en raison de sa provenance (Afghanistan) et sa relative rareté.</p>	
<p>OCRES Les terres et argiles vertes, rouges, brunes, jaunes sont les plus anciens colorants connus, ce qui s'explique par leur abondance. Leurs couleurs chaudes proviennent de la présence d'oxydes métalliques, notamment de fer.</p>	