

Comment identifier les minéraux ?

Identifier un minéral, pas si simple !

Le minéralogiste amateur est souvent désarmé face au problème difficile de l'identification des minéraux. En effet, l'observation à vue, même secondée par une loupe binoculaire, ne permet d'identifier qu'un nombre restreint d'espèces minérales.

La marche à suivre pour déterminer un minéral ne peut pas être comparée à celle utilisée pour identifier une espèce animale ou végétale. Si, dans le règne animal, la présence ou non d'une colonne vertébrale ou d'autres organes caractéristiques dont la disposition, la forme, l'aspect, les dimensions (caractères directement perceptibles par l'oeil) permettent de les situer plus ou moins facilement dans les grandes divisions de la systématique (embranchement, classe, ordre, famille, genre et espèce), il n'en va pas de même pour les minéraux.

La classification en usage pour les minéraux est basée en premier lieu sur des affinités chimiques et, en second lieu, sur des analogies structurales. Ces critères de classement font qu'on retrouve dans un même groupe des minéraux aussi différents que l'or et le graphite, pour la bonne raison qu'ils sont tous deux constitués d'un seul élément, ou encore la galène et le cinabre, parce qu'ils appartiennent à la classe des sulfures, bien qu'aucun caractère morphologique visible ne permette de matérialiser cette parenté.

Les tables de détermination des espèces vivantes coïncident, dans leur approche, avec les subdivisions de la systématique alors que les critères de détermination des minéraux n'ont aucune analogie avec les grandes divisions de leur classification.

L'identification "à vue" se limite aux minéraux les plus typiques

Les constantes physiques et chimiques qui caractérisent une espèce minérale, densité, dureté, indices de réfraction, composition chimique, arrangement atomique, ne sont pas directement perceptibles par les sens de l'observateur. L'identification "à vue" est donc limitée à un petit nombre d'espèces dont les caractéristiques sont bien reconnaissables. Il faut donc recourir à des mesures précises au moyen d'appareils plus ou moins sophistiqués selon la difficulté qu'oppose un minéral à son identification.

Les instruments familiers des minéralogistes sont la loupe binoculaire, le microscope polarisant, la balance de précision, auxquels s'ajoutent quelques

liqueurs denses, une grande série de liquides d'indices de réfraction différents, ainsi qu'un petit matériel de manipulation. Souvent même, ces instruments sont insuffisants pour identifier certaines espèces minérales. Il faut alors recourir à la diffraction des rayons X, ou rechercher la composition chimique à l'aide d'un système d'analyse monté sur un microscope électronique à balayage.

On peut tout de même en reconnaître quelques-uns !

Il existe tout de même un certain nombre d'espèces minérales - parmi les plus fréquentes, heureusement - dont les caractères directement perceptibles par les sens sont suffisamment évidents pour permettre leur identification rapide. Le nombre d'espèces identifiables "à vue" reste toutefois très limité et dépend de l'expérience de l'observateur.

La pratique de la détermination "à vue" est indispensable et l'on ne saurait pardonner à un minéralogiste amateur le fait de ne pouvoir identifier le quartz, la fluorine, la pyrite ou la galène. En revanche personne ne reprochera à un minéralogiste professionnel de ne pouvoir identifier à vue des minéraux tels que l'aphthalite, la bastnaesite ou l'aegyrine !

Les critères de reconnaissance des minéraux sont tout d'abord ceux qui sont perceptibles par les sens, principalement la vue. Ils concernent l'habitus, la couleur, l'éclat, la cassure, la présence éventuelle de plans de clivage. Exceptionnellement on fait appel au sens du toucher (toucher onctueux du talc, rugueux du corindon) ou à celui du goût (saveur salée de la halite, piquante de la sylvine, amère de la withérite).

Malheureusement ces critères sont souvent subjectifs et rarement constants. Ainsi l'appréciation de l'éclat peut être différente d'un observateur à l'autre. Quant à la couleur, elle n'est constante que pour un nombre très restreint de minéraux. Elle est par contre variable pour beaucoup d'autres.

Les amateurs et collectionneurs de minéraux sont portés tout naturellement sur les méthodes de détermination "à vue" par la qualité même des échantillons de leur collection. En effet, le choix dans l'acquisition de minéraux s'est porté sur des échantillons qui présentent des formes bien développées et dont l'apparence visuelle est conforme à la description standard de l'espèce. Ces mêmes collectionneurs seraient sans doute fort étonnés de ne pas reconnaître la cassitérite, la wolframite ou le corindon dans les petits grains informes et grisâtres extraits de la batée d'un prospecteur. De même, ils seraient bien embarrassés de devoir identifier les minéraux constitutifs d'une roche à grain fin.

Ces exemples montrent que le problème de la détermination des minéraux est complexe et qu'il n'est pas le même suivant qu'on se place sous l'angle de vue du collectionneur, du prospecteur minier, du pétrographe ou du minéralogiste.

Investissement matériel et intellectuel

L'investissement matériel en instruments ainsi que l'investissement intellectuel (degré des connaissances scientifiques acquises) sont directement liés au pourcentage des espèces minérales qui peut être identifié. Le tableau ci-contre tente de mettre en relation l'importance des moyens matériels et les connaissances nécessaires, en regard des renseignements obtenus et du nombre d'espèces qui peuvent être identifiés. Nous allons passer en revue les différents moyens qui conduisent à l'identification des minéraux en suivant la progression décrite sur le tableau.

Petit matériel de base pour débutant

On trouve ici le matériel minimum que tout amateur devrait posséder. Les techniques simples d'observation à la loupe, de mesure de la dureté, de la couleur du trait et de l'estimation de la fusibilité sont décrites dans tous les bons manuels de minéralogie.

Il faut une bonne loupe achromatique avec un grossissement compris entre 8 et 12 fois. Les observations portent sur l'habitus, sur une éventuelle forme cristalline, sur la présence possible de plans de clivage et de macles, la couleur, l'éclat et le degré de transparence.

*Investissement matériel et connaissances scientifiques
nécessaires à l'identification des minéraux.*

Catégorie	Investissement matériel	Prix, €	Observations possibles	Connaissances nécessaires	Nombre d'espèces identifiables
I. Amateur débutant	Loupe, échelle Mohs, plaquettes de porcelaine, chalumeau.	30.- 50.- 10.- 50.-	H a b i t u s , f o r m e s , m a c l e s , c l i v a g e , couleur, éclat, trait, dureté,	Comprendre la partie "minéralogie descriptive" d'un traité de minéralogie.	Seules les espèces les plus caractéristiques peuvent être identifiées (5 à 10 % des espèces)
II. Amateur averti, club amateurs de minéraux.	Loupe binoculaire, Liquides de densité, petit matériel de chimie.	2'500.- 1'000.- 300.-	Examen plus approfondi des caractères extérieurs, mesure approximative de la densité, solubilité, identification de qq. cations et anions.	Notions élémentaires de physique du niveau de l'école secondaire et une bonne habileté manuelle. Notions élémentaires de chimie.	Une part plus importante des espèces minérales peut être identifiée (10 à 15 % environ).
III. Université, Musée, club amateurs	Microscope polarisant, liquides d'indice de réfraction.	8'000.- 1'500.-	Constantes optiques des minéraux transparents.	Connaissance approfondie de l'optique cristalline et de la cristallographie géométrique.	Presque toutes les espèces transparentes d'indice de réfraction inférieur à 2.0.
IV. Université, Musée	Générateur de rayons X avec quelques caméras.	50'000	Diagrammes de poudre pour identification.	Habileté manuelle, attention précise dans l'observation	Permet d'identifier la quasi totalité des minéraux.
V. Laboratoires de recherche	Microscope électronique avec sonde électronique, diffractomètre automatique.	200'000 200'000	Micro-observations couplées avec l'analyse chimique. Structure cristalline	Etudes universitaires	

L'échelle de dureté est aisée à constituer soi-même car les minéraux de référence sont faciles à trouver dans toutes les bourses aux minéraux, à l'exception du diamant qui n'est pas indispensable¹. On peut se passer également du talc car il n'y a pas de minéraux dont la dureté soit inférieure à 1.

¹ Il n'y a pas de minéraux de dureté intermédiaire entre le corindon et le diamant.



Boîte pour les tests de dureté, de fusibilité et de mesure du trait
 Cette boîte qu'on peut construire soi-même renferme les minéraux témoins de dureté (sauf le diamant), une plaquette de porcelaine, une lame de verre, un petit chalumeau et un étui de quelques tiges de dureté.

À cette liste il faut ajouter une petite plaquette de verre, car la première opération est de vérifier si le minéral raye ou non le verre ($d = 5.5$). Pour les minéraux plus tendres que le verre, on essaye l'ongle du doigt ($d = 2.5$). De cette manière, on obtient immédiatement une approximation de la dureté du minéral.

<i>Estimation grossière de la dureté</i>	
<i>minéral rayé à l'ongle</i>	<i>dureté inférieure à 2.5</i>
<i>minéral non rayé à l'ongle mais ne rayant pas le verre</i>	<i>dureté comprise entre 2,5 et 5,5</i>
<i>minéral rayant le verre</i>	<i>dureté supérieure à 5.5</i>

On affine ensuite cette mesure à l'aide des minéraux de l'échelle de Mohs. On trouve aussi dans le commerce des jeux de tiges métalliques aux extrémités desquelles des minéraux de référence sont sertis qui couvrent les duretés de 5 à 10, avec en plus les duretés intermédiaires 6.5 et 7.5.

Tiges serties de minéraux pour la mesure des duretés comprises entre 5 et 9.



Couleur du trait



Mesure de la couleur du trait

La couleur du trait s'obtient en frottant le minéral sur une plaquette de porcelaine rugueuse (non vernissée). On obtient un trait analogue à celui d'une craie frottée sur un tableau noir. La couleur du trait est beaucoup plus significative que celle du minéral lui-même. L'inconvénient est que les minéraux plus durs que la porcelaine ne laissent pas de trait. On peut aussi pulvériser finement un fragment du minéral dans un petit mortier et examiner la couleur de la poudre dispersée sur du papier blanc.

Minéral	couleur apparente	couleur du trait
hématite	gris, noir, brun	ocre
blende	jaune, brun, noir	brun
galène	gris métallique	gris
molybdénite	gris métallique	verdâtre
fluorine	incolore, jaune, bleu, vert	incolore

L'examen de la fusibilité est rarement employé en raison de la subjectivité des observations. Par contre, on peut chauffer énergiquement une très faible quantité de minéral préalablement pulvérisé déposée soit au fond d'un petit tube fermé, soit au coude d'un tube ouvert. Certains minéraux se dissocient sous l'effet de la chaleur et les composants volatils se déposent à l'extrémité froide du tube fermé. Dans le tube ouvert, les vapeurs sont oxydées par le courant d'air. L'observation de ces dépôts peut apporter quelques informations sur la présence ou l'absence de certains éléments chimiques.

On peut ajouter à ce matériel un petit flacon d'acide chlorhydrique dilué qui permet de mettre en évidence certains carbonates, en particulier la calcite, un minéral qui fait très souvent partie, avec le quartz, des trouvailles des vacances. La calcite ne raye pas le verre et montre une effervescence au contact d'une goutte d'acide (à défaut d'acide, le vinaigre ou le jus de citron produisent le même effet). Le quartz ne réagit pas et raye le verre.

Matériel plus élaboré pour amateur averti

Dans un deuxième stade, après s'être rendu compte de la limite des moyens d'investigation que nous venons de décrire, l'amateur cherche à élargir son champ d'action. L'acquisition d'une loupe binoculaire devient nécessaire. Des grossissements compris entre 10 et 100 fois environ, associés à l'effet stéréoscopique de la vision binoculaire, assurent une observation aisée des formes cristallines, des associations de minéraux, des inclusions et de tous les aspects visuels des cristaux. À cela s'ajoute le plaisir de découvrir la beauté et la perfection du monde minéral microscopique.

Après la dureté, le poids spécifique ou densité d'un minéral est un des critères les plus fiables pour son identification. Le principe de mesure de la densité est théoriquement simple : il suffit de diviser le poids du minéral par le poids du volume d'eau qu'il déplace :

$$\text{densité} = \frac{\text{poids du minéral dans l'air}}{\text{poids du minéral dans l'air} - \text{poids du minéral dans l'eau}}$$

En pratique, la densité implique l'obtention d'un fragment de minéral bien isolé, dégagé de toute gangue et ne renfermant pas de grosses inclusions. Il faut disposer d'une balance de précision équipée d'un double plateau : un dans l'air, l'autre dans l'eau. On pèse successivement le minéral sur l'un puis sur l'autre plateau. La précision des mesures diminue toutefois avec la diminution de la taille de l'échantillon, et il faut renoncer à cette technique lorsque le minéral pèse moins de 0.1 gr.

Pour les petits échantillons, on peut utiliser des liqueurs dont on connaît la densité. Un fragment du minéral plongé dans une liqueur flotte ou sombre suivant que sa densité est plus faible ou plus élevée que celle de la liqueur. Cette méthode est limitée aux indices inférieurs à 4.3 car il n'existe aucune liqueur de densité plus élevée.

Quelques liqueurs d'emploi courant

Liqueur	densité	diluable dans
bromoforme	2.89	toluène, benzène
tétrabrométhane	2.96	toluène
di-iodométhane	3.32	toluène, benzène
liqueur de Clerici	4.28	eau distillée

D'une manière analogue à la mesure de la dureté, on compare la densité du minéral à celles d'une série de liqueurs. On peut même préparer, à l'aide de

diluants spécifiques, des liqueurs de densité intermédiaire. Pour ce faire, on place dans la liqueur un minéral étalon de densité connue et on dilue la liqueur jusqu'à ce que le minéral flotte "entre deux eaux". Cette méthode est toutefois d'un usage limité en raison de la grande toxicité des liqueurs qui en rend l'utilisation dangereuse.

Quelques essais chimiques simples sont parfois utiles à ce stade de la détermination. En plus des essais de chauffage en tube fermé et ouvert décrits plus haut on peut examiner la réactivité des échantillons vis-à-vis des acides, déceler la présence de cations par coloration de la flamme d'un chalumeau, ou identifier la présence de certains anions par quelques tests spécifiques. Ces essais impliquent que l'amateur possède déjà une très bonne connaissance de la chimie. Ces examens ne sont plus décrits que dans quelques anciens traités de minéralogie. Aujourd'hui presque plus personne n'utilise ce genre de tests.

L'usage du microscope polarisant

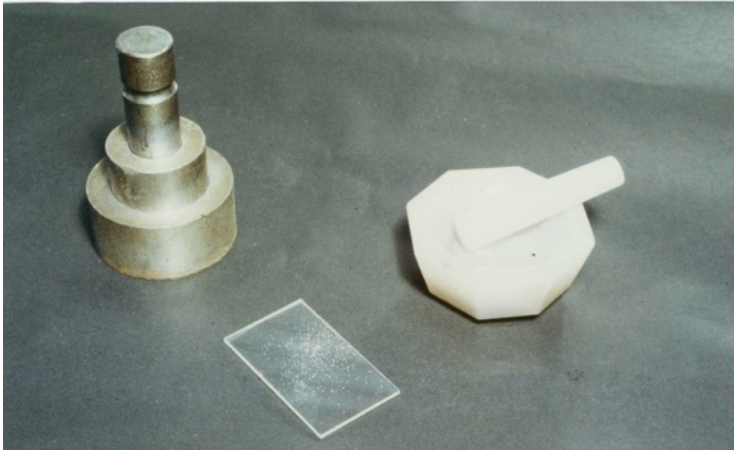
L'emploi du microscope polarisant permet d'identifier sûrement toutes les espèces minérales transparentes à l'exception de celles qui ont un indice de réfraction très élevé. Ces méthodes permettent de mesurer diverses constantes optiques, en particulier les indices de réfraction, la biréfringence et le pléochroïsme. Elles permettent encore d'identifier le système cristallin du minéral.

Cette méthode implique l'achat d'un microscope polarisant et d'une collection de liqueurs de référence dont les indices de réfraction sont soigneusement étalonnés. C'est un investissement financier assez important. Par ailleurs ces techniques exigent de l'opérateur une connaissance approfondie de l'optique cristalline et une initiation à la pratique du microscope polarisant. La mesure précise des indices minimum et maximum est essentielle dans le processus d'identification des minéraux.

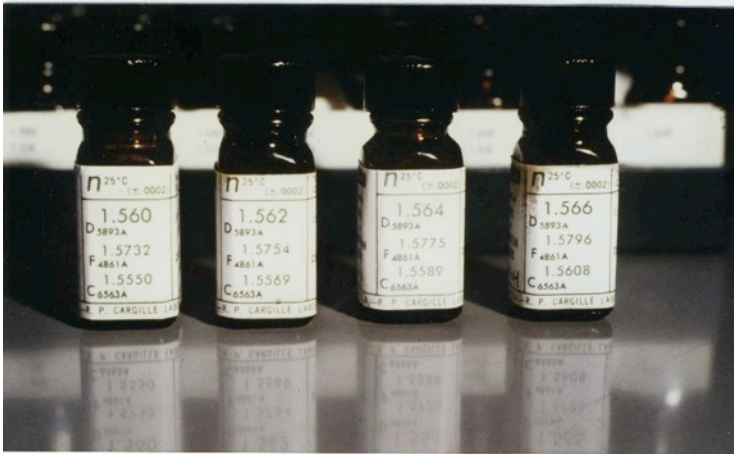
Le principe de la mesure est basé sur l'appréciation du "relief" qui se manifeste par l'importance du liseré sombre qui souligne le contour et les imperfections du minéral. Le "relief" de tout objet transparent plongé dans un liquide transparent est d'autant plus marqué que la différence des indices de réfraction des deux milieux est plus grande. À la limite, lorsque les deux indices sont les mêmes, le relief disparaît et le minéral semble invisible.

Pratiquement, on place sous le microscope un peu du minéral réduit en une poudre grossière recouverte d'une goutte de liqueur dont on connaît l'indice de réfraction. Une méthode très simple permet de savoir si l'indice du minéral est plus grand ou plus petit que celui de la liqueur. En fonction de cette indication,

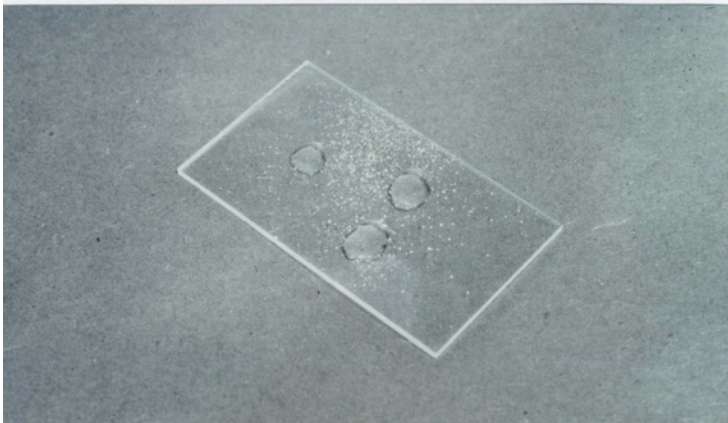
on choisit une autre liqueur et, après examen avec plusieurs autres liqueurs, on parvient à déterminer les indices avec précision.



Un peu de minéral est réduit en poudre dans un mortier.



Collection de flacons de liqueurs d'indices de réfraction étalonnés

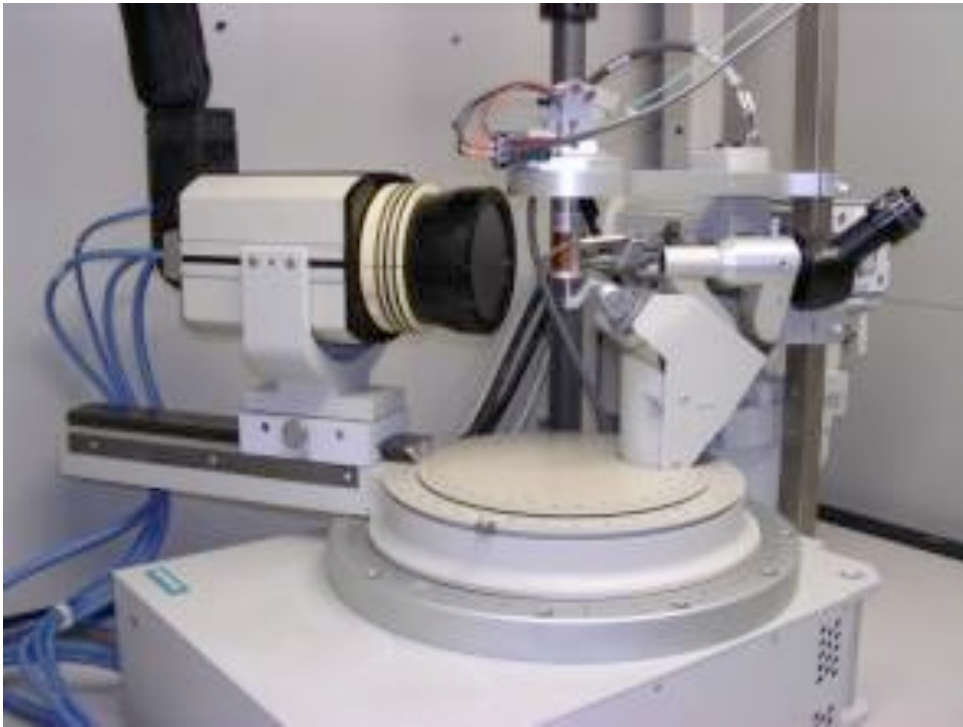


Une technique permet de déterminer les indices du minéral par comparaison avec ceux des liqueurs

L'utilisation du microscope polarisant exige non seulement un investissement financier important mais aussi un patient apprentissage et une longue pratique qui ne sont que rarement à la portée d'un amateur de minéraux. Cependant, ces considérations ne doivent pas décourager les candidats à cet apprentissage : ils peuvent avoir la chance de trouver un microscope d'occasion et il est toujours possible de suivre à l'Université un cours d'optique cristalline ou de demander l'assistance d'un conservateur de musée !

Un grand pas de plus : la diffraction des rayons X

Presque toutes les espèces minérales peuvent être identifiées à partir de leur diagramme de diffraction. Toutefois le prix élevé d'une installation de diffraction des rayons X en réserve l'usage aux institutions universitaires et aux musées. Par contre, une personne sans connaissances approfondies de la cristallographie peut facilement effectuer puis dépouiller un diagramme de diffraction, pour peu qu'elle applique avec soin une "marche à suivre" bien établie !



Diffractomètre ENRAF-NONIUS