

MINERALOGIE I

LA STRUCTURE DES MINÉRAUX

Une aide à la détermination du mode de formation d'une association polyminérale

Alain VASSART¹

I. INTRODUCTION

Un collectionneur averti peut garder jalousement dans ses collections deux exemplaires d'un même minéral, en refusant obstinément un échange avec vous, même contre une de vos plus belles pièces. Un tel collectionneur fait simplement une collection thématique basée sur le mode de formation des minéraux. Cet aspect de la minéralogie peut paraître inconnu au débutant, mais ce monde lui ouvrira bientôt les portes à de nombreuses découvertes et surprises !

Comprendre le mode de formation d'une association minérale n'est pas toujours chose facile. Mais dans beaucoup de cas, le mode d'assemblage ou de croissance des minéraux entre eux – que l'on appelle scientifiquement du terme de « **structure** » – peut fournir d'excellentes informations sur le mode de formation des minéraux.

II. LA NOTION DE STRUCTURE

La **structure** d'un minéral, d'une roche, d'une association... dépend de plusieurs facteurs :

- nature du fluide minéralisateur ;
- caractéristiques physiques et chimiques des roches encaissantes ;
- modes de mise en place ;
- proximité ou non d'une source minéralisatrice...

Cependant, ces facteurs ne sont pas déterminants. Bien souvent, la **structure** n'est définie clairement qu'avec des observations au microscope à fort grossissement ou grâce au recours à des techniques sophistiquées, mais dans certains cas, plusieurs interprétations restent possibles.

On peut cependant classer la structure du minéral en **trois catégories** principales suivant le mode de formation :

¹ Docteur en génie des mines et bachelier en gestion des affaires de l'ULB, membre fondateur du G.E.S.T., senior projet manager chez Arcadis.

- remplacement ;
- remplissage des vides ;
- dépôt colloïdal solidifié.

On trouvera ci-après la définition et les critères de reconnaissance de ces structures fondamentales.

III. STRUCTURE DE REMPLACEMENT OU METASOMATISME

Le **métasomatisme** est un processus, le plus souvent chimique, selon lequel un nouveau minéral d'une composition partiellement ou complètement différente peut croître dans le corps d'un autre minéral plus ancien, jusqu'à le remplacer entièrement. Il n'y a pas, ou très peu, de variation de volume entre l'ancien et le nouveau minéral. Cette structure est très caractéristique des minéraux formés à haute température et haute pression, où il y a peu d'espace libre et de communication avec l'extérieur. L'exemple le plus typique est sans doute le processus de fossilisation (comme la forêt pétrifiée des Etats-Unis d'Amérique). Dès que les conditions le permettent, le phénomène de remplacement peut avoir lieu ; cependant on peut tirer les règles générales suivantes :

- 1) Les sulfures, arséniures, tellures, sulfosels peuvent remplacer à peu près n'importe quel autre minéral.
- 2) Les minéraux calcaires ou silicatés peuvent remplacer les roches ou les gangues, mais pas les sulfures, arséniures, tellures et sulfosels.
- 3) Les oxydes formés à haute température peuvent remplacer n'importe quelle roche, mais sont très rarement remplacés.
- 4) Les oxydes en général remplacent rarement les sulfures, arséniures, tellures et sulfosels.

Analysons maintenant quelques critères caractéristiques à la structure de remplacement. Rappelons qu'ils ne sont qu'indicatifs : seule l'association de plusieurs de ces critères permet de se conforter dans l'hypothèse de formation que l'on se fait d'un minéral. Les critères retenus ci-dessous sont uniquement ceux reconnaissables sur le terrain ou avec l'aide d'une loupe de géologue.

1. **Pseudomorphose** : la forme du minéral primaire, bien que remplacé, subsiste entièrement (on peut voir les faces, le clivage... du minéral primaire) (fig. 1).
2. **Présence de frontières concaves entre deux minéraux** : ces frontières, non naturelles, montrent un remplacement par diffusion d'un ou de plusieurs éléments chimiques du premier vers le second minéral (fig. 2).
3. **Présence d'une veinule d'un minéral** recoupant plusieurs autres minéraux et s'élargissant systématiquement au passage d'un même minéral. L'attaque chimique de ce minéral est plus facile, ce qui provoque un taux de remplacement plus élevé qu'ailleurs, donc un élargissement de la veinule recoupant ce minéral (fig. 3).
4. **Présence d'une fracture remplie** dont les lèvres ne s'épousent pas correctement. En effet, s'il s'agit d'une fracture réelle, les contours des deux lèvres s'épousent

parfaitement. Par contre, s'il y a remplacement, ce phénomène ne se produit pas avec la même intensité des deux côtés de la **fracture**, entraînant des irrégularités dans les contours (fig. 4).

5. **Association sélective de minéraux** indiquant un remplacement plutôt par attaque chimique : certains minéraux sont remplacés alors que d'autres restent vierges. Ainsi, la chalcocite est souvent en remplacement dans la chalcopyrite, mais très rarement dans la pyrite.
6. **Présence de métacristaux**, c'est-à-dire de cristaux étrangers à l'ensemble étant donné leurs dimensions ou leurs positions recoupant la structure originelle de la roche ou du minéral hôte. Ils ne peuvent donc pas s'être formés en même temps que la roche ou le minéral originel.
7. **Dépôt intermittent d'un cristal** le long d'une fracture, d'un clivage, ou d'une frontière entre deux minéraux (fig. 5).
8. **Incompatibilité chimique entre deux minéraux**, ce qui interdit leur croissance simultanée, mais n'interdit pas le remplacement.
9. **Cristaux doublement terminés**. En effet, s'il s'agit d'un remplissage d'espace vide, une seule extrémité peut être complètement terminée. Il y a cependant des exceptions.
10. S'il y a remplacement, étant donné le processus d'attaque chimique, les frontières entre minéraux sont souvent peu nettes, non abruptes et non régulières, à l'opposé de la structure de remplissage.

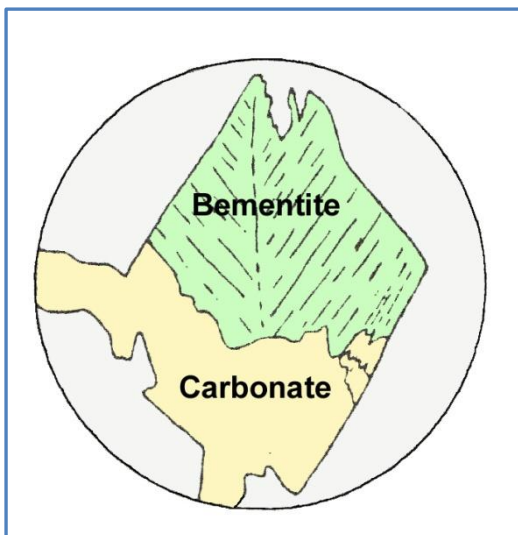


Fig. 1 – Cristal de calcite partiellement remplacé par de la bementite. Remarquez la présence des clivages et la conservation de la forme cristalline du carbonate initial.

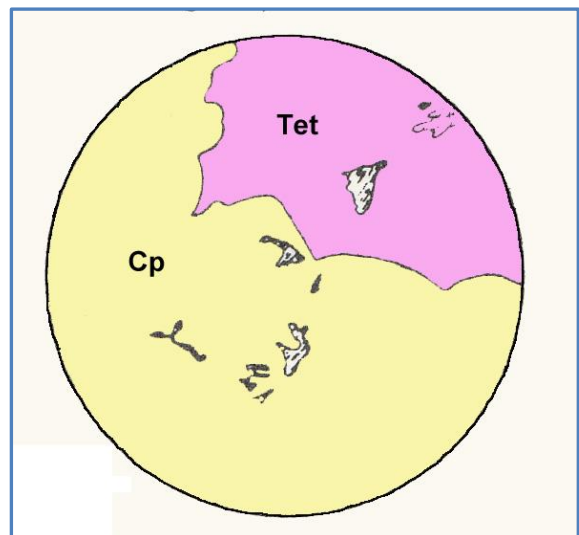


Fig. 2 – Présence de frontières concaves entre deux minéraux. Tet : tétrahédrite ; Cp : chalcopyrite

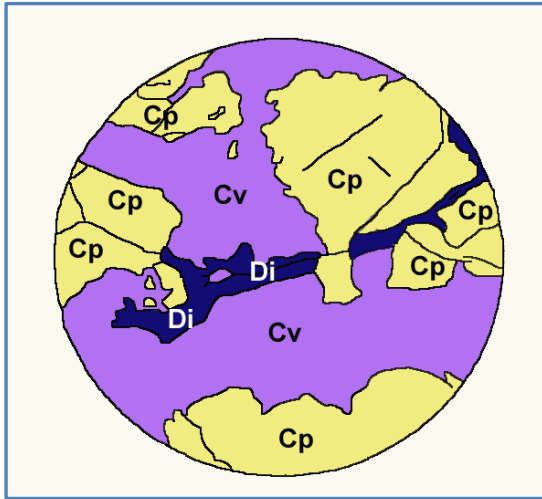


Fig. 3 – Remplissage d'une veine par de la digénite (Di) qui attaque préférentiellement la covellite (Cv) mais pas la chalcopryrite (Cp).

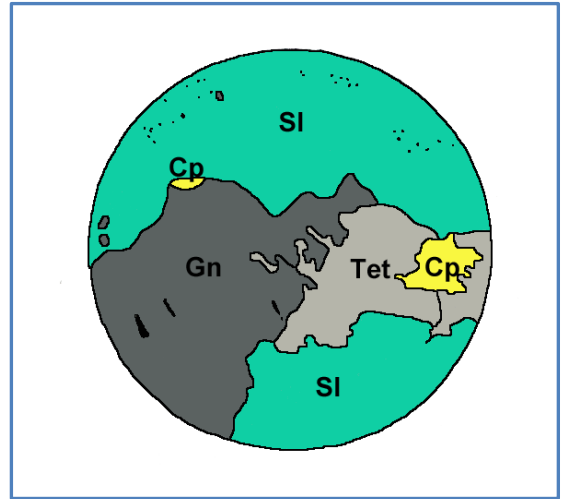


Fig. 4 – Présence d'une fracture dans la shalérite (Sl), remplie par de la chalcopryrite (Cp), de la galène (Gn) et de la tétrahédrite (Tet), dont les lèvres ne s'épousent pas.

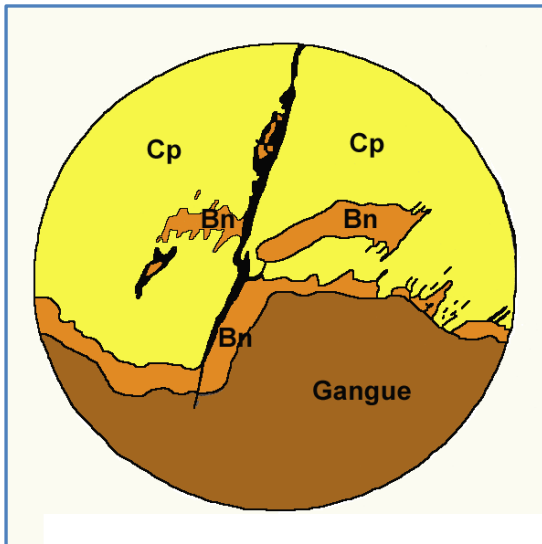


Fig. 5 : Dépôt d'un minéral (la bornite Bn) le long des directions cristallographiques du minéral primaire, ici de la chalcopryrite (Cp).

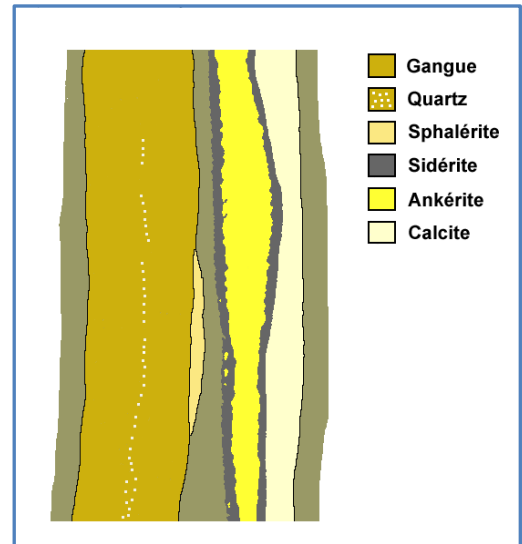


Fig. 6 – Présence d'un zonage symétrique dû au remplissage d'une fracture.

IV. STRUCTURE DE REMPLISSAGE DES VIDES

Les structures de remplissage de vides sont communes des zones peu profondes (au sommet de leur formation) de l'écorce terrestre, car une ouverture créée dans une roche tend à se maintenir malgré la pression des roches encaissantes. Ces espaces vides sont propices à la circulation de fluides minéralisateurs causée par des différences de températures entre la surface les zones profondes de la terre. Ici également, on peut citer certains critères permettant de reconnaître ce mode de formation :

1. **Présence d'espaces vides dans des veines ou dans des masses de cristaux.** En effet, la croissance des métacristaux (c'est-à-dire des minéraux de remplissage) s'arrête quand deux faces de minéraux se touchent, ce qui laisse parfois des vides entre les autres faces des minéraux. Comme ces vides sont formés entre minéraux, les frontières sont des faces nettes de cristaux. Exemple, les nodules à améthyste.
2. **Cavité remplie par des minéraux de faibles dimensions** le long des bords de la cavité, et par des cristaux de plus grandes dimensions au centre de l'espace initialement vide. En effet, au moment de la cristallisation dans la cavité, les pertes de chaleur le long des bords de la cavité empêchent la formation de grands cristaux.
3. **Encroûtement** : au fur et à mesure du remplissage de la cavité, la composition du fluide minéralisateur change et la nature des minéraux aussi, mais il y a un passage continu entre les premiers et les derniers minéraux créés, formant des encroûtements. Ainsi certains petits minéraux de dolomite au sommet de larges grains de fluorite ou certaines veines présentant un aspect de couches ou de bandes successives sont des exemples d'encroûtement.
4. **Structure en forme de peigne** : le long de la jonction de cristaux qui ont cristallisé à partir des bords opposés de la cavité, les extrémités terminées des cristaux qui se font face donnent l'aspect grossier d'un peigne.
5. **Zonage symétrique** : si une fracture dans la roche est remplie par des minéraux colorés changeant de composition avec le temps, on obtient un zonage qui est répété symétriquement de part et d'autre de la ligne médiane de la fracture (fig. 6).
6. Structure en cocarde : dans des brèches par exemple, chaque espace vide est un centre de cristallisation qui produit le même remplissage, donnant un aspect de cocardes à la roche. Parfois, la minéralisation radiale des cocardes fait particulièrement ressortir cette structure.

Rappelons que les critères 9 et 10 vus dans la structure de remplacement permettent souvent de faire une distinction nette entre remplacement et remplissage.

V. STRUCTURE COLLOÏDALE

Cette structure apparaît souvent pour les minéraux amorphes (opales, garniélite, étain de bois...) ou cryptocristallins (calcédoine, certains oxydes de manganèse – psilomélane, wad, chrysocole, malachite, pitchblende et parfois pyrite, marcassite et oxydations de cuivre, plomb et zinc). Il faut cependant savoir qu'un dépôt colloïdal (sorte de gel épais contenant les molécules) a tendance à se solidifier et à se cristalliser très lentement au fil du temps. Ainsi les pisolites des cherts sont des dépôts colloïdaux qui se sont cristallisés par la suite.

Les critères significatifs d'une structure colloïdale sont encore moins déterminants que pour les autres structures. Cependant on peut citer :

1. **Absence de faces cristallisées nettes**, mais plutôt des limites arrondies ou chaotiques.

2. Les dépôts colloïdaux ont souvent des formes *globulaires*, *botryoïdales*, *colloformes*, avec parfois un zonage concentrique. Mais il existe des formes de ce type qui ne sont pas d'origine colloïdale ! (fig. 7).
3. *Présence d'un zonage de différentes couleurs* avec passage graduel d'une teinte à l'autre. L'exemple le plus typique est celui des agates dont les variations de couleurs sont dues à des migrations d'électrolytes par diffusion dans le gel colloïdal avant sa solidification.
4. *Présence de sphérules dans le gel*. En effet, si des restes d'un liquide sont présents dans le gel, le phénomène de tension superficielle va conférer une forme sphérique aux gouttelettes du liquide.

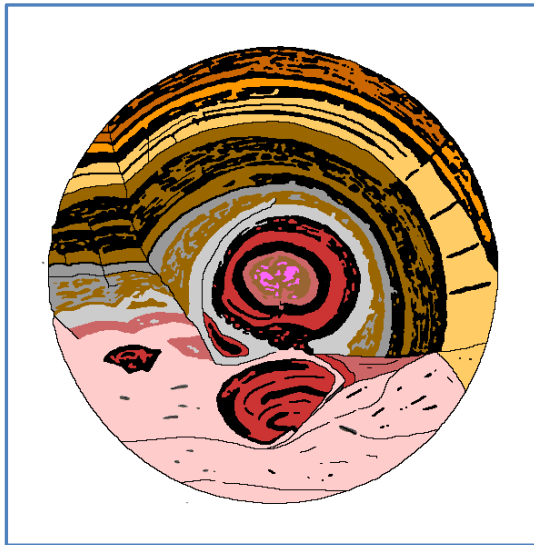


Fig. 7 – Dépôt colloïdal de forme globulaire d'oxyde de manganèse (les couleurs sont fantaisistes).

Pour terminer, insistons sur le fait que ces critères ne sont jamais absolus. La nature dans son infinie complexité peut toujours nous fournir d'excellents exemples de contradictions. Le classement de la structure des minéraux en trois types fondamentaux adopté ici n'est qu'une tentative de simplification de la réalité, mais qui a néanmoins l'avantage de poser les premiers jalons d'une réflexion rationnelle sur la formation des associations de minéraux. Le but poursuivi est de vous faire comprendre certaines des relations existant entre un minéral et son environnement plutôt que de le considérer indépendamment de son contexte géologique, ce qui devrait vous permettre de voir votre collection personnelle avec un tout autre œil.

VI. BIBLIOGRAPHIE

- **STANTON R.L.** (1972) – *Ore Petrology*, McGraw Hill, New-York
- **PARK C., MAC DIARMID R.**, (1975) – *Ore deposits*, Freeman, 3^e édition, San Francisco

d'où les figures sont extraites et adaptées.