

**TP ST
A1**
ROCHES MAGMATIQUES ET METAMORPHIQUES

COURS : ST-B, ST-F, ST-G TP : ST-A3, ST-A4, ST-A5



Le **magmatisme** est l'ensemble des phénomènes liés à la formation, aux déplacements et à la cristallisation des magmas. Ces derniers sont des liquides à haute température (au moins 600°C) capables de donner des roches par refroidissement.

On distingue classiquement deux grands types de magmatisme :

- Le **plutonisme**, correspondant à un refroidissement lent des magmas, plutôt en profondeur. Il donne des roches magmatiques plutoniques, entièrement cristallisées (les cristaux étant visibles à l'œil nu).
- Le **volcanisme**, correspondant à un refroidissement rapide des magmas (on parle alors de laves), en surface ou proche de la surface. Il donne des roches magmatiques volcaniques, qui peuvent n'être que partiellement cristallisées ou dont les cristaux peuvent être invisibles à l'œil nu.

Le **métamorphisme** correspond à l'ensemble des phénomènes liés à la transformation des roches (magmatiques, sédimentaires ou déjà métamorphiques) sous l'effet de contraintes, d'une hausse de la pression, d'une hausse de la température. On situe après la cristallisation de la roche (pour les roches magmatiques) ou après la transformation du sédiment en roche (= diagénèse ; pour les roches sédimentaires).

Le métamorphisme peut modifier la composition minéralogique de la roche, l'orientation des minéraux, la structure générale de la roche.

Le but de ce TP est d'observer à quels assemblages de minéraux correspondent des roches magmatiques, de relier ces compositions minéralogiques à leur composition chimique, et d'aborder les comparaisons et conclusions qu'il est possible d'en tirer. Il s'agit aussi ici d'appréhender ce qui caractérise des roches métamorphiques.

Les observations seront menées dans ce TP **sur un nombre limité de roches**, et seront complétées par des TP de BCPST2 dans le cadre des cours sur le magmatisme et le métamorphisme.

Programme officiel :

Identifier quelques roches de la lithosphère par une analyse macroscopique raisonnée et par l'étude de lames minces :

Roches magmatiques : basaltes, gabbros, granites

Roches métamorphiques : micaschistes, gneiss

Péridotite

Identifier quelques minéraux : olivine, feldspaths (plagioclases et orthose), quartz, micas (biotite et muscovite), amphiboles, pyroxènes, grenat

Sur les clichés de lames minces exploitables lors d'exercices, les minéraux sont légendés

Compétences :

Collecter des données sur le terrain : nature des roches

Exploiter des données géochimiques pour identifier une roche :

Diagramme TAS, diagramme de Streckeisen, diagramme AFM

Données de microsondes, grilles pétrogéniques

Identifier une roche magmatique ou métamorphique à partir d'un échantillon macroscopique ou d'une lame mince (noms des minéraux fournis pour les préparations microscopiques) : cf. liste ci-dessus

Identifier à l'œil nu des minéraux : cf. liste ci-dessus

Réaliser un dessin d'observation

Présenter de manière pertinente un objet géologique (dessin, schéma, description, identification, présentation comparative, échelle...)

Plan du TP :
1. Quelques notions générales sur les roches et les minéraux

1.1. Qu'est-ce qu'une roche ?

1.2. Les roches exogènes

1.3. Les roches endogènes

1.4. Qu'est-ce qu'un minéral ?

1.5. Formes cristallines observables

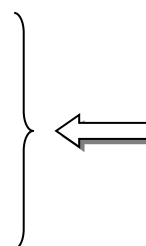
1.6. Minéraux et liaisons entre les atomes

2. Les minéraux des roches magmatiques

2.1. Méthodes de reconnaissance à l'œil nu : généralités

2.2. Pour information : méthode de reconnaissance au microscope polarisant

2.3. Les minéraux au programme et leurs familles d'appartenance



3. Observation générale des roches magmatiques

3.1. Observation de la couleur générale de la roche

3.2. Observation du grain et de la texture de la roche

4. La détermination des roches magmatiques

4.1. Composition modale et roches magmatiques

4.2. Composition chimique : le diagramme TAS

4.3. Observation des roches au programme

5. Les roches métamorphiques

5.1. Feuilletage et litage

5.2. Texture des roches métamorphiques

5.3. Observation de roches : micaschiste et gneiss

6. Informations complémentaires et annexes pour information

6.1. Complément BCPST2 : La classification de Streckeisen, basée sur les minéraux clairs

6.2. Exercice complémentaire : détermination de roches dans le diagramme QAPF (Streckeisen)

6.3. Quelques informations complémentaires, à ne pas mémoriser (hors programme).

Travail préparatoire :

📖 Lecture attentive des notions générales (intégralité du I)

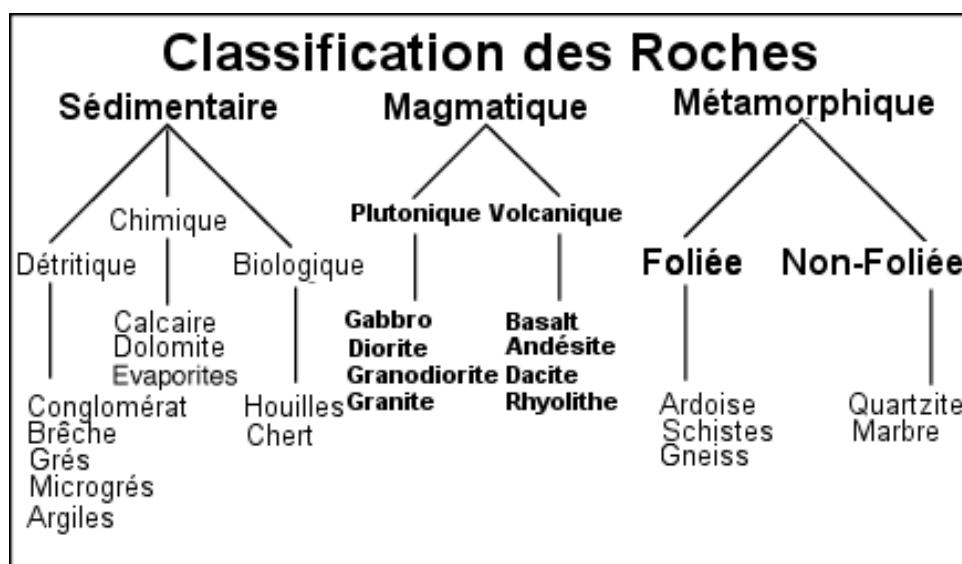
✂ Faire : exercices d'application

1. Quelques notions générales sur les roches et les minéraux

1.1. Qu'est-ce qu'une roche ?

Une roche est un matériau constitutif de l'écorce terrestre. Elle est en général composée d'un assemblage de minéraux, avec une certaine homogénéité (même si des variations existent, aussi bien entre des roches proches qu'un sein d'un même ensemble rocheux).

Une roche est le plus souvent cohérente (« pierre », « caillou »), mais elle peut être plastique (déformable : cas des argilites et marnes par exemple), meuble (ex : sable), voir liquide (pétroles) ou gazeuse.



1.2. Les roches exogènes

⇒ Ce sont les roches **sédimentaires**.

Elles proviennent de la **lithification** = **diagénèse** de **sédiments** accumulés dans des aires de sédimentation, marines ou lacustres le plus souvent. Les sédiments proviennent pour grande partie d'altération et d'érosion de roches préexistantes déjà en place.

Elles constituent le plus souvent des dépôts stratifiés, généralement en **strates**. On peut y trouver des **fossiles**. On distingue essentiellement :

⇒ Les roches **sédimentaires détritiques**, les plus abondantes, correspondant à des assemblages de débris variés issus de roches préexistantes (magmatique, métamorphique, sédimentaire) en général unis entre eux par un ciment d'origine chimique ou biochimique.

⇒ Les roches **sédimentaires physico-chimiques** (phénomènes de précipitation) ou **biogènes** (produites par l'action des êtres vivants) (siliceuses, carbonatées...) témoignent d'équilibres chimiques réalisés dans les conditions de Température (T) et Pression (P) externes (c'est à dire de la surface des continents au fond des océans).

1.3. Les roches endogènes

Il s'agit de roches cristallisées (avec le plus souvent des cristaux visibles), sans fossiles présents.

⇒ Roches métamorphiques :

Résultant de **transformations à l'état solide** de roches **préexistantes** dans des conditions de P et de T moyennes à élevées. Les conditions de transformation subies par ces roches conduisent à une **orientation** des minéraux, et/ou à la présence de **cassures selon des plans privilégiés**.

⇒ Roches magmatiques :

Provenant de la cristallisation d'un **magma**. Les minéraux n'ont pas d'orientation privilégiée, les cassures sont quelconques.

Le **magmatisme** est l'ensemble des phénomènes liés à la formation, la migration et la cristallisation des **magmas** conduisant aux roches magmatiques. Le **métamorphisme** est l'ensemble des phénomènes liés aux transformations des roches à l'état solide ; on caractérise un métamorphisme par les conditions de P et T de sa réalisation.

Un **magma** est un bain naturel de silicates, comprenant entre 40 et 75 % en poids de SiO_2 . Il comporte **3 phases en proportions variables** :

- **phase liquide** ;
- **phase solide** : les magmas résultent de fusion partielle d'une roche profonde, ils comportent donc des fragments de roche mère solide, ou de roches arrachées lors de leur remontée. D'autre part, les magmas stagnent dans une chambre magmatique superficielle, la cristallisation commence, de telle sorte que les laves qui s'épanchent en surface possèdent une phase solide importante ;
- **phase gazeuse**.

Les magmas sont caractérisés par **leur température** : de 700°C (magmas granitiques) à 1200°C (magmas basaltiques), **leur viscosité**, **leur composition chimique**.

1.4. Qu'est-ce qu'un minéral ?

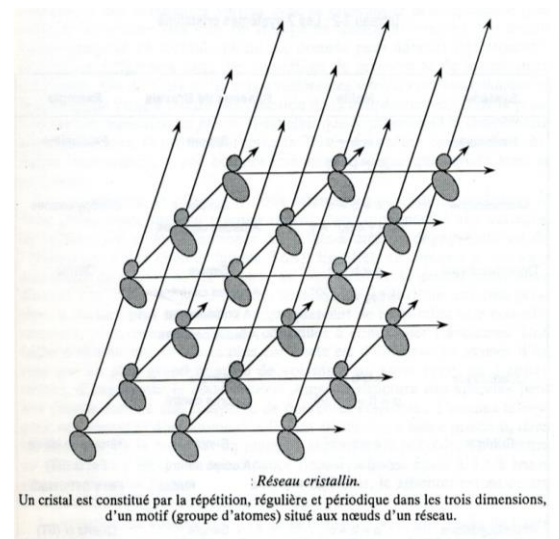
Un **minéral** est un solide naturel, macroscopiquement homogène, possédant une structure atomique ordonnée et une composition chimique définie.

Un **cristal** est souvent repéré par une forme géométrique et la présence de surfaces planes (faces) et d'angles qui se répètent. Cette géométrie traduit ce qu'on appelle l'**état cristallin**. Un cristal est un corps caractérisé par l'arrangement ordonné de ses atomes constitutifs.

Le plus souvent les espèces minérales sont cristallisées: les atomes, ions, molécules qui les constituent forment un assemblage ordonné et régulier, un **cristal**.

La **maille cristalline** est le plus petit motif qui permet, par sa répétition régulière dans les 3 dimensions, d'obtenir le cristal ou réseau cristallin.

Lors de la croissance du cristal, si celui-ci peut adopter sa forme propre, cette organisation entraîne l'apparition de **faces cristallines**. Ces faces correspondent toujours à des **plans simples définis par la disposition des atomes** au sein de la maille. Dans tous les cas, ces faces font entre elles des angles définis, caractéristiques du minéral considéré.



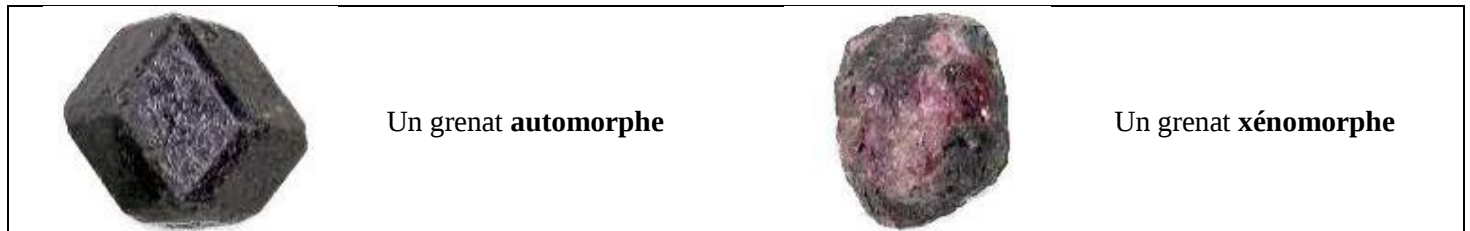
1.5. Formes cristallines observables

On appelle **troncatures**, les faces cristallines qui ne correspondent pas aux faces externes de la maille, mais qui sont dues à l'arrêt de croissance du cristal (et non pas à un clivage)

⇒ **Automorphe / Xénomorphe** : Si un cristal a ses formes propres: il est dit **automorphe**. Cela est rare mais arrive lorsqu'un minéral cristallise en premier dans un magma (il a toute la place). Dans le cas contraire, le minéral est dit **xénomorphe**: sa croissance été contrainte par la présence des autres minéraux, il occupe la place restante.

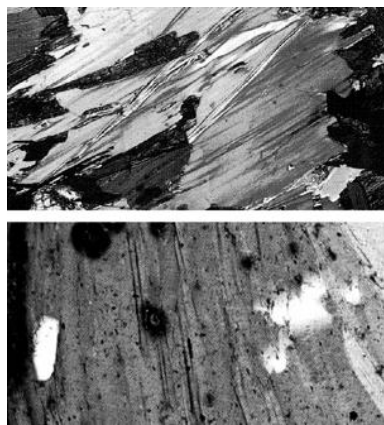
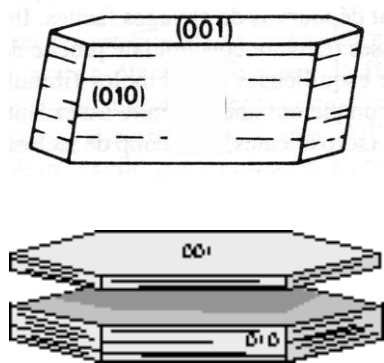
⇒ **Clivages** : La disposition des ions ou des molécules dans le réseau cristallin fait souvent apparaître des plans de faiblesse mécaniques suivant lesquelles il se fend préférentiellement: ce sont les **plans de clivage**. Ils peuvent servir à caractériser des minéraux comme micas, amphiboles, pyroxènes...

⇒ **Macles** : Il arrive souvent que 2 cristaux d'une même espèce minérale se forment l'un à côté de l'autre, suivant des orientations différentes et définies. Cet ensemble de un ou plusieurs cristaux accolés dans une position caractéristique est appelé une **macle**.

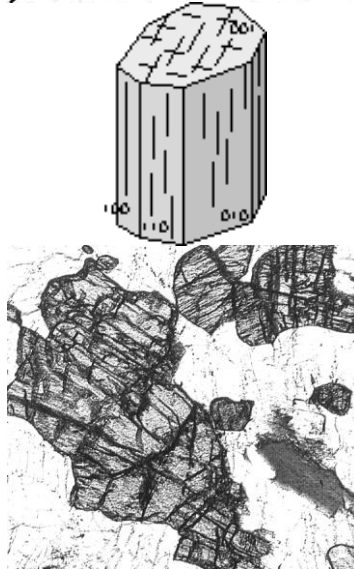
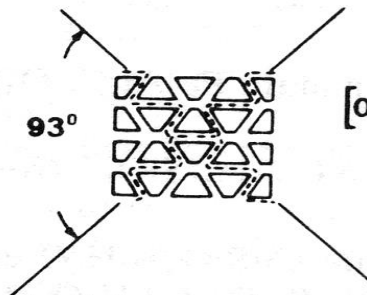


Exemples de clivages

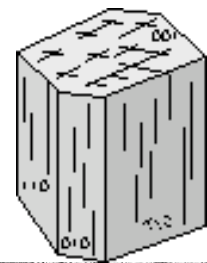
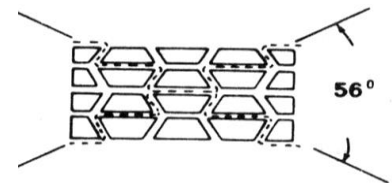
Micas
(une seule direction : parallèles)



Pyroxènes
(à environ 90°)



Amphiboles
(à environ 120°)



		Exemples de macles ← Macles répétées de l'albite, un plagioclase Macle de Carlsbad de l'orthose, un feldspath potassique →	
--	--	--	--

1.6. Minéraux et liaisons entre les atomes

Dans les minéraux que nous étudierons, les atomes sont sous forme ionisés. Ils peuvent alors établir entre eux plusieurs types de liaisons, dont des liaisons ioniques.

Type de liaison	IONIQUE	COVALENTE	METALLIQUE	VAN DER WAALS
Nature	Attraction électrostatique entre des ions de charge différente	Mise en commun d'une paire d'électrons	Mise en commun d'électrons libres	Liaisons faibles entre atomes neutres
Propriétés structurales	Non dirigée, coordination élevée entre les ions, structure dense	Liaison dirigée entre atomes, coordination faible, structure peu dense	Non dirigée, coordination très élevée, structure très dense	Mêmes propriétés que la liaison métallique
Propriétés mécaniques	Liaison forte	Liaison forte	Liaison variable	Liaison faible
Propriétés thermiques	Température de fusion assez élevée. A l'état fondu, ions	Température de fusion élevée. A l'état fondu, molécules	Température de fusion variable	Température de fusion basse
Propriétés électriques	Isolants moyens	Isolants	Conducteurs	Isolants
Exemples	Halite : NaCl	Diamant : C	Sodium métal : Na	Gaz rares condensés : He

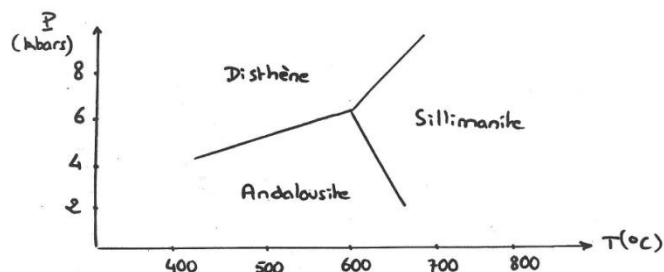
Dans le cas des silicates (cf. cours sur la structure du manteau), on observe ainsi des tétraèdres de silicate SiO_4^{4-} , comportant un ion Si^{4+} et 4 ions O^{2-} , reliés par des liaisons ioniques.

Dans certains cas, des ions peuvent se substituer à d'autres sans altérer la structure cristalline : On obtient des minéraux **isomorphes**, c'est-à-dire de **même structure** mais de **chimisme différent**.

Exemples :
 - les olivines forment une série continue entre un pôle ferreux et un pôle magnésien
 - les feldspaths plagioclases forment une série continue entre un pôle calcique (anorthite) et un pôle sodique (albite)

Au contraire, une même espèce chimique peut cristalliser suivant des formes différentes, suivant les conditions de P et T. Ce sont des minéraux **polymorphes**, c'est-à-dire de **même chimisme** mais de **structure différente**.

Exemple : → les silicates d'alumine (Al_2SiO_5) peuvent cristalliser sous trois forme ; disthène, sillimanite et andalousite (ci contre, à droite)



Exercices d'application :

Les grands types de roches (1.1 et 1.2) :

Qui suis-je ?

- Je suis une roche meuble, constitué de grains de quartz issus de l'érosion de roches granitiques et de fragments de coquille →
- Je suis une roche formée en chauffant un granite →
- Je suis une roche avec des fossiles →
- Je suis une roche constituée de minéraux obtenus par cristallisation d'un liquide chaud →
- Je suis une roche obtenue suite au chauffage de roches à plus de 1200°C →
- Je suis une roche obtenue suite à une augmentation de la pression sur une roche préexistante →

Quel minéral s'est formé en premier dans une roche magmatique : Celui présentant des cristaux automorphes ou celui présentant des cristaux xénomorphes ?

Qui suis-je ?

- Ma présence dans un minéral explique certaines des cassures visibles sur celui-ci →
- On peut me voir grâce à des variations de teintes ou d'éclat →

Macule ou clivage ?

