

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane Mira de Bejaia**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Tronc commun**



**Polycopié de TD/TP**  
**1<sup>ère</sup> Année Tronc Commun L1 Sciences de la Nature**  
**et de la Vie**

**Module**

**Géologie**



**Présenté par :**  
**Dr. Tighilt Lilia**

**Année universitaire : 2025/2026**

## Table des matières

### Partie TD

#### Série de TD N°01 : Lecture des cartes topographiques (partie 01)

|                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------|---|
| 1. Définition de la cartographie .....                         | 2 |
| 2. Topographie .....                                           | 2 |
| 3. Carte topographique.....                                    | 2 |
| 3.1 Importance et application des cartes topographiques .....  | 2 |
| 3.2 Les informations trouvées sur une carte topographique..... | 2 |
| 3.3 Les couleurs utilisées sur une carte topographique .....   | 2 |
| 3.4 Les éléments fondamentaux de la carte.....                 | 3 |
| 3.4.1 La notion d'échelle.....                                 | 3 |
| 3.4.1.1.Echelle numérique.....                                 | 3 |
| 3.4.1.2.Echelle graphique.....                                 | 3 |
| 3.4.1.3.Application sur l'échelle.....                         | 4 |

#### Série de TD N°02 : Lecture des cartes topographiques (partie 02)

|         |                                                         |   |
|---------|---------------------------------------------------------|---|
| 3.4.2   | L'orientation.....                                      | 5 |
| 3.4.3   | Coordonnées géographiques.....                          | 5 |
| 3.4.4   | Les courbes de niveau.....                              | 5 |
| 3.4.4.1 | Différentes sortes de courbes de niveau.....            | 6 |
| 3.4.4.2 | Principe de l'établissement des courbes de niveau ..... | 7 |

#### Série de TD N°03 : Profil topographique

|                                                               |   |
|---------------------------------------------------------------|---|
| 1. Définition .....                                           | 8 |
| 2. Principe de l'exécution d'un profil topographique .....    | 8 |
| 3. Exercice d'application sur les profils topographiques..... | 9 |

#### Série de TD N°04 : La cristallographie géométrique (partie 01)

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 1. Définition de la Cristallographie..... | 11 |
| 2. Réseau cristallin .....                | 11 |
| 3. Géométrie de la maille .....           | 11 |
| 4. Les systèmes cristallins.....          | 12 |

## **Série de TD N°04 : La cristallographie géométrique (partie 02)**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. Symétrie des cristaux .....                                                   | 14 |
| 5.1 Opération et éléments de symétrie. ....                                      | 14 |
| 5.1.1. Rotation (Axes de symétrie simple).....                                   | 14 |
| a. Axe de symétrie d'ordre 1 .....                                               | 15 |
| b. Axe de symétrie d'ordre 2.....                                                | 16 |
| c. Axe de symétrie d'ordre 3.....                                                | 16 |
| d. Axe de symétrie d'ordre 4 .....                                               | 16 |
| e. Axe de symétrie d'ordre 6.....                                                | 16 |
| 5.1.2. Réflexion (Plan de symétrie).....                                         | 17 |
| 5.1.3. Inversion (Centre de symétrie).....                                       | 18 |
| 6. Combinaison des éléments de symétrie des systèmes cristallins holoédriques... | 18 |

## **PARTIE TP**

### **TOPO de Tp N°01 : Les roches magmatiques**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1. Définitions.....                | 23 |
| 2. Classification des roches ..... | 23 |

#### **I.Les roches magmatiques**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| I.1 Origine .....                                            | 24 |
| I.2 Propriétés .....                                         | 24 |
| I.3 la composition minéralogique de la roche magmatique..... | 25 |

### **TOPO de Tp N°02 : Les roches sédimentaires**

#### **II.Les roches sédimentaires**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| II.1 Formation des roches sédimentaires.....   | 26 |
| II.2 Types de roches sédimentaires.....        | 26 |
| III.3 Importance des roches sédimentaires..... | 27 |

### **TOPO de Tp N°03 : Les roches métamorphiques**

#### **III.Les roches métamorphiques**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| III.1. Caractéristiques des roches métamorphiques..... | 28 |
| a .Origine .....                                       | 28 |
| b.Conditions de formation.....                         | 28 |
| c.Texture.....                                         | 28 |
| III.2. Exemples de roches métamorphiques.....          | 29 |
| III.3. Importance des roches métamorphiques.....       | 29 |

Série de TD N°01 : Lecture des cartes topographiques (partie 01)



## **1. Définition de la cartographie :**

C'est une science qui a pour but principal l'établissement de cartes et leur impression en utilisant un ensemble de techniques et d'arts graphiques.

Elles peuvent être : topographiques, géologiques, géomorphologiques, thématiques.

## **2. Topographie :**

La topographie (du grec "topos" qui signifie lieu et de "graphen" signifiant décrire) désigne l'étude et la description de la surface terrestre, incluant les formes naturelles (comme les montagnes, les vallées, les rivières) et les éléments artificiels (comme les routes, les bâtiments). Elle permet de visualiser comment ces éléments sont disposés dans l'espace.

## **3. Carte topographique :**

Une carte topographique est une représentation graphique de la surface terrestre qui montre en détail les éléments naturels et artificiels tels que les reliefs, les cours d'eau, les routes, les bâtiments et autres caractéristiques du paysage. Elle utilise des lignes de contour pour indiquer l'altitude et la forme du terrain.

### **3.1. Importance et application des cartes topographiques :**

Les cartes topographiques représentent les caractéristiques tridimensionnelles du terrain sur une surface bidimensionnelle, elles sont essentielles pour la navigation, en particulier dans les activités de plein air comme la randonnée et l'alpinisme entre autres.

Elles sont utilisées dans divers domaines tels que : l'urbanisme, l'agriculture, la gestion de l'environnement etc.

### **3.2. Les informations trouvées sur une carte topographique :**

- Végétations : forêt, terrains agricoles...
- Hydrographie: rivières, lacs, mers...
- Reliefs: montagnes, collines.
- Eléments artificiels : villes, routes, voie ferrés (chemin de fer).
- Toponymie : nom des villes, nom des régions, des routes...

### **3.3. Les couleurs utilisées sur une carte topographique :**

- Vert: la végétation
- Bleu : hydrographie, mers, lacs, rivière.
- Marron: courbes de niveau
- Noir : pour représenter les villes, les lignes de chemin de fer, toponymie.
- Rouge: routes goudronnées

- Orange : pistes (routes non goudronnées)
- Gris : légende de la carte.

### 3.4. Les éléments fondamentaux de la carte :

L'échelle, l'orientation, les coordonnées géographiques, la légende, Les courbes de niveau.

#### 3.4.1 La notion d'échelle

Par définition la carte topographique est une projection d'une région géographique sur un plan de dimensions limitées, cette projection ne peut être utilisée que par réduction : celle-ci est exprimée par un nombre fractionnaire qu'on appelle échelle.

##### 3.4.1.1. Echelle numérique

L'échelle numérique se présente en fraction :

$$e = l/L$$

Où :  $l$  = distance sur la carte

$L$  = distance réelle (sur le terrain)

Les unités employées doivent être les mêmes au numérateur et au dénominateur.

**Exemple :** Une échelle au  $\frac{1}{50000}$  signifie que :

- 1 cm sur la carte représente  $\longrightarrow$  50.000 cm ou 500 m sur le terrain.

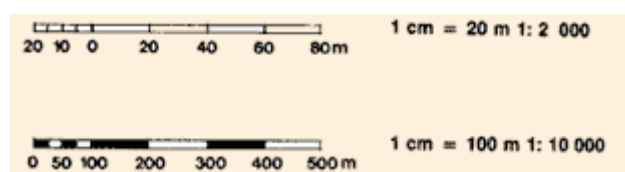
Les échelles les plus courantes sont : 1/25000, 1/50000, 1/100000 et au-delà. L'échelle est d'autant plus grande que le dénominateur est plus petit.

#### Remarque :

- Une carte est dite à grande échelle quand la réduction qu'elle permet est faible, donc le dénominateur est petit.
- Une carte est dite à petite échelle quand la réduction qu'elle permet est grande, la fraction étant petite (un grand dénominateur).

#### 3.4.1.2. Echelle graphique

L'échelle graphique, représentée sous forme de ligne graduée sur les plans, permet de traduire les dimensions réelles de l'objet en dimensions réduites, tout en conservant les proportions exactes.



### 3.4.1.3. Application sur l'échelle

#### EXERCICE 1

Utiliser l'échelle pour retrouver la distance réelle en fonction de la distance sur la carte.

|         | Distance carte | Echelle   | Distance réelle<br>en cm | Distance réelle<br>en km |
|---------|----------------|-----------|--------------------------|--------------------------|
| Carte 1 | 10 cm          | 1/100 000 | ..... cm                 | ..... km                 |
| Carte 2 | 4,5 cm         | 1/50 000  | ..... cm                 | ..... km                 |
| Carte 3 | 13,2 cm        | 1/25 000  | ..... cm                 | ..... km                 |
| Carte 4 | 7,8 cm         | 1/200 000 | ..... cm                 | ..... km                 |
| Carte 5 | 9 mm           | 1/5 000   | ..... cm                 | ..... km                 |

#### EXERCICE 2

Utiliser l'échelle pour retrouver la distance sur la carte en fonction de la distance réelle.

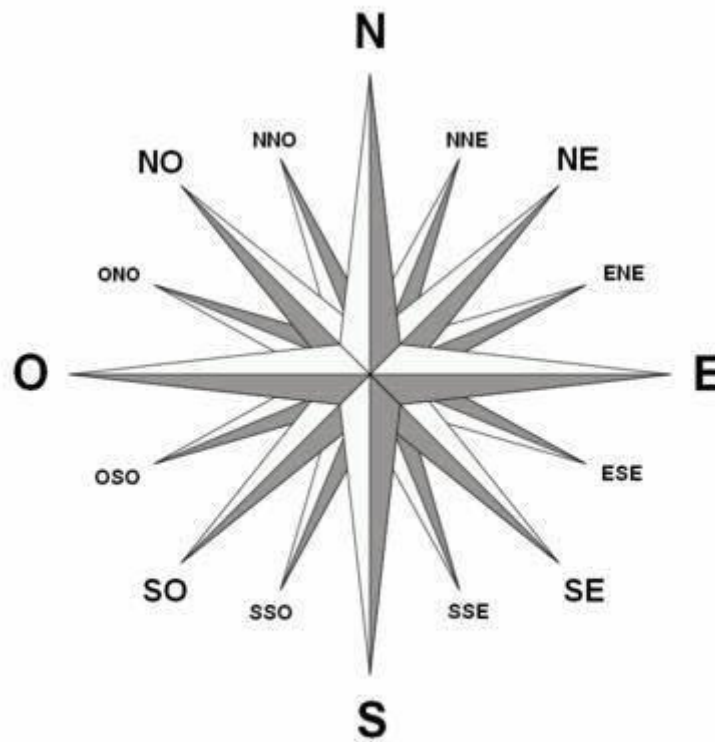
|         | Distance réelle | Echelle   | Distance carte |
|---------|-----------------|-----------|----------------|
| Carte 1 | 25 km           | 1/100 000 | ..... cm       |
| Carte 2 | 31 km           | 1/50 000  | ..... cm       |
| Carte 3 | 4,5km           | 1/25 000  | ..... cm       |
| Carte 4 | 150 km          | 1/200 000 | ..... cm       |
| Carte 5 | 600 m           | 1/5 000   | ..... cm       |

**Série de TD N°02 : Lecture des cartes topographiques (partie 02)**

**3.4.2. L'orientation**

L'orientation désigne la direction, en cartographie, l'orientation est le fait d'être orienté par rapport aux points cardinaux.

En conséquence, chaque fois que l'on consulte une carte, on a le haut de la carte qui indique le nord géographique.



**la rose des vents**

**3.4.3. Coordonnées géographiques**

Les coordonnées géographiques d'un point de la surface terrestre sont sa longitude et sa latitude et altitude (Z) qui permettent de le définir exactement.

**3.4.4. Les courbes de niveau**

Le relief sur la carte topographique est mentionné sous forme de lignes marrons également appelées courbe de niveau.

#### 3.4.4.1. Différentes sortes de courbes de niveau :

- **Courbes maîtresses** : Elles sont dessinées en traits plus accentués qui indiquent toutes les courbes de rang 5 c'est-à-dire tous les 50 ou 100m, le plus souvent l'altitude est indiquée sur les courbes maîtresses ; noter qu'entre deux courbes maîtresses il y a toujours 4 courbes normales.
- **Courbes normales** : Elles sont dessinées en traits fins, elles s'intercalent entre les courbes maîtresses.
- **Courbes intercalaires** : Elles sont dessinées en général en tirette. Lorsque la surface topographique est plate, les courbes de niveau sont espacées, pour amener plus de précision on est conduit à ajouter une courbe dite intercalaire dont l'altitude diffère d'une demi-équidistance de celle des deux courbes qui l'encadrent.

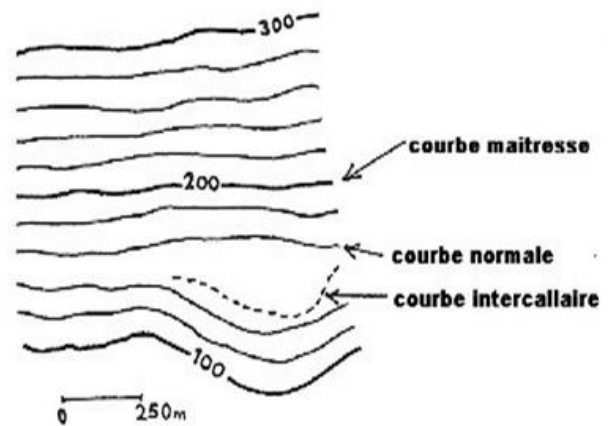


Fig 1 : Différents types de courbes de niveau

#### Equidistance et écartement :

- On appelle équidistance la différence d'altitude entre deux courbes consécutives.

$$\text{l'équidistance (e)} = \frac{\text{différence d'altitude entre deux courbes maîtresses consécutives}}{\text{nombre de vide entre aux}}$$

- On appelle écartement la distance qui existe entre deux courbes de niveau consécutives. La mesure étant prise selon un segment perpendiculaire aux 2 courbes.

Il ne faut pas confondre l'équidistance avec l'écartement des courbes en projection sur la carte, l'équidistance est constante mais l'écartement est variable, il dépend du relief.

#### Les points côtés :

A côté des courbes de niveau, il existe un certain nombre de points remarquables où l'altitude exacte est donnée, permettant de trouver facilement la valeur des courbes de niveau proches.

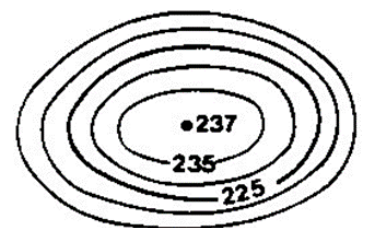
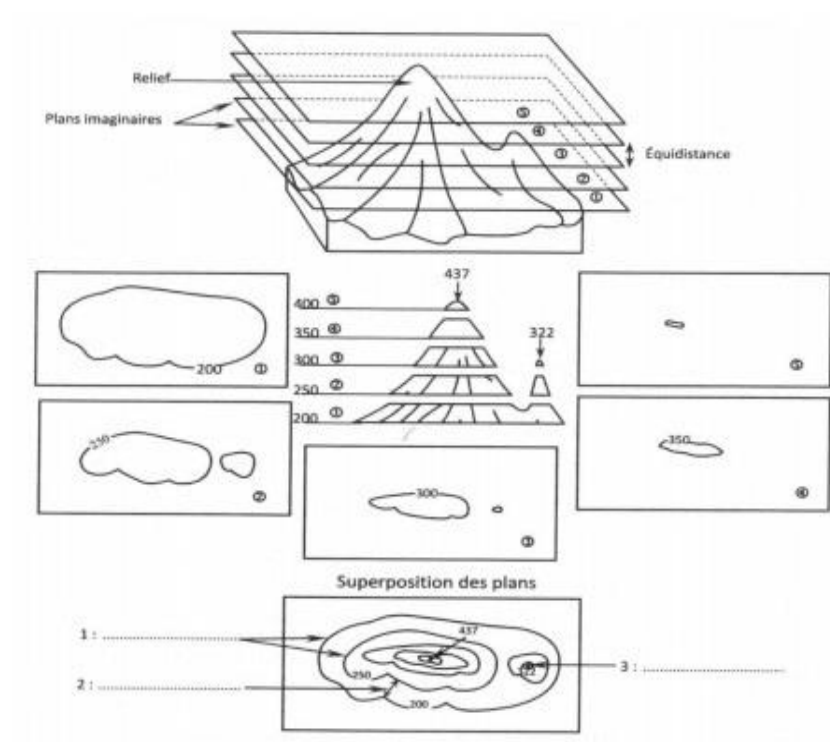


Fig 2 : Relation entre les courbes de niveau et le point côté

### 3.4.4.2. Principe de l'établissement des courbes de niveau

Considérons une série de plans horizontaux (H1, H2 et H3) parallèles, équidistants qui coupent idéalement une surface topographique. Les intersections de la colline avec ces plans sont reportées sur le plan P. Ces projections se nomment, courbes de niveau.



*Fig 3 : Principe d'établissement des courbes de niveau*

### **1. Définition :**

Le profil topographique est une méthode de représentation du relief. Contrairement à une carte topographique, un profil topographique est un graphique affichant l'altitude en ordonnée pour tout point d'un segment choisit sur une carte.

### **2. Principe de l'exécution d'un profil topographique :**

Les étapes à suivre :

- On Trace un trait AB sur une carte topographique à échelle donnée
- Ensuite sur un rectangle de papier millimétré on trace 2 axes perpendiculaires, celui des abscisses correspondra à l'échelle des longueurs, celui des ordonnées à l'échelle des hauteurs (altitude).
- Choisir l'origine de l'axe des hauteurs en fonction de l'altitude la plus basse.
- Faire coïncider le bord supérieur du papier millimétré contre le trait de coupe AB. Marquer sur ce papier les points A'B' homologues de A et B, ensuite noter les altitudes de ces points et celles des points d'intersection des courbes de niveau avec le trait AB ; ceux-ci étant destinés à disparaître, les inscrire légèrement.
- Ces points sont abaissés (projetés) à leur altitude correspondante lue sur l'axe des hauteurs précédemment dessiné.
- Ces points ainsi abaissés seront reliés entre eux, non pas de segments de droite, mais par des courbes rendant compte au mieux de la topographie, les versants avec leur concavité et leur convexité au bon endroit, indiquer les sommets ou les vallées avec leur forme.
- On effacera alors les notes ayant servi à la construction de la coupe.
- Terminer la coupe en notant au-dessus du profil la toponymie et l'orientation.
- Orientation du profil.

Le profile se présente sur un plan comme suit :

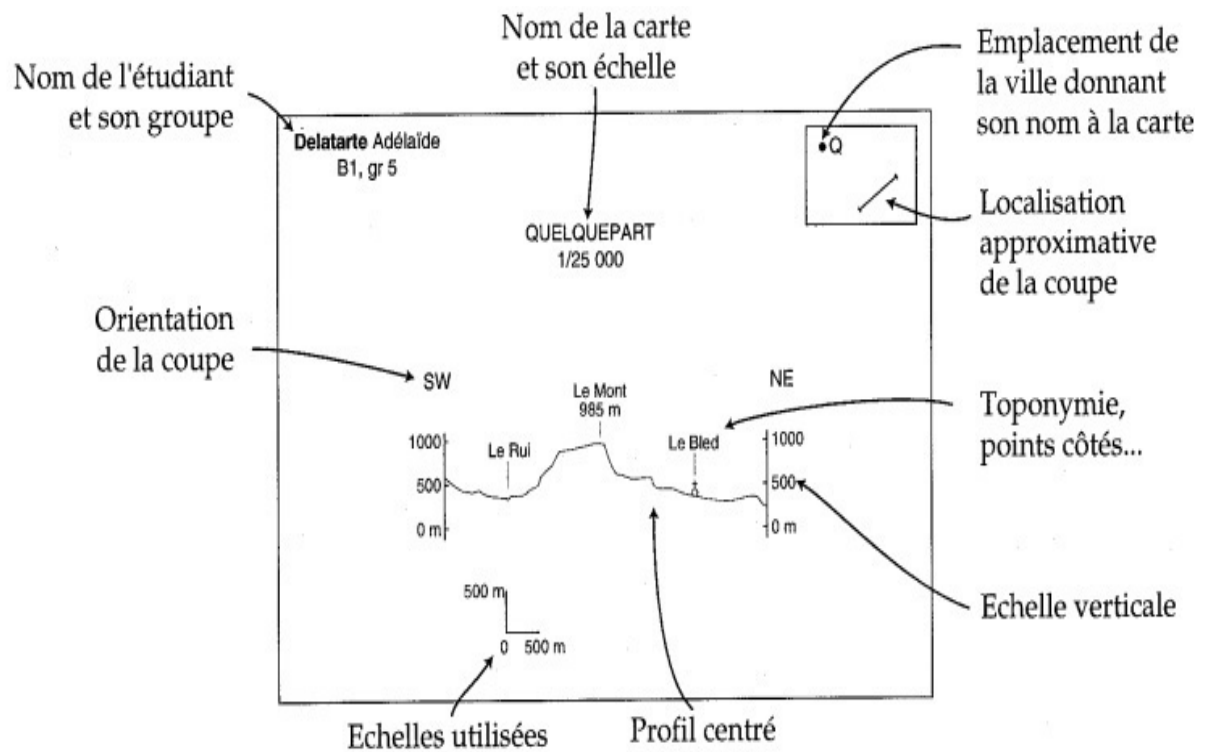


Fig 1 : Présentation d'un profile sur papier millimétré

### 3. Exercice d'application sur les profiles topographiques

Echelle  
1/10000

Légendes

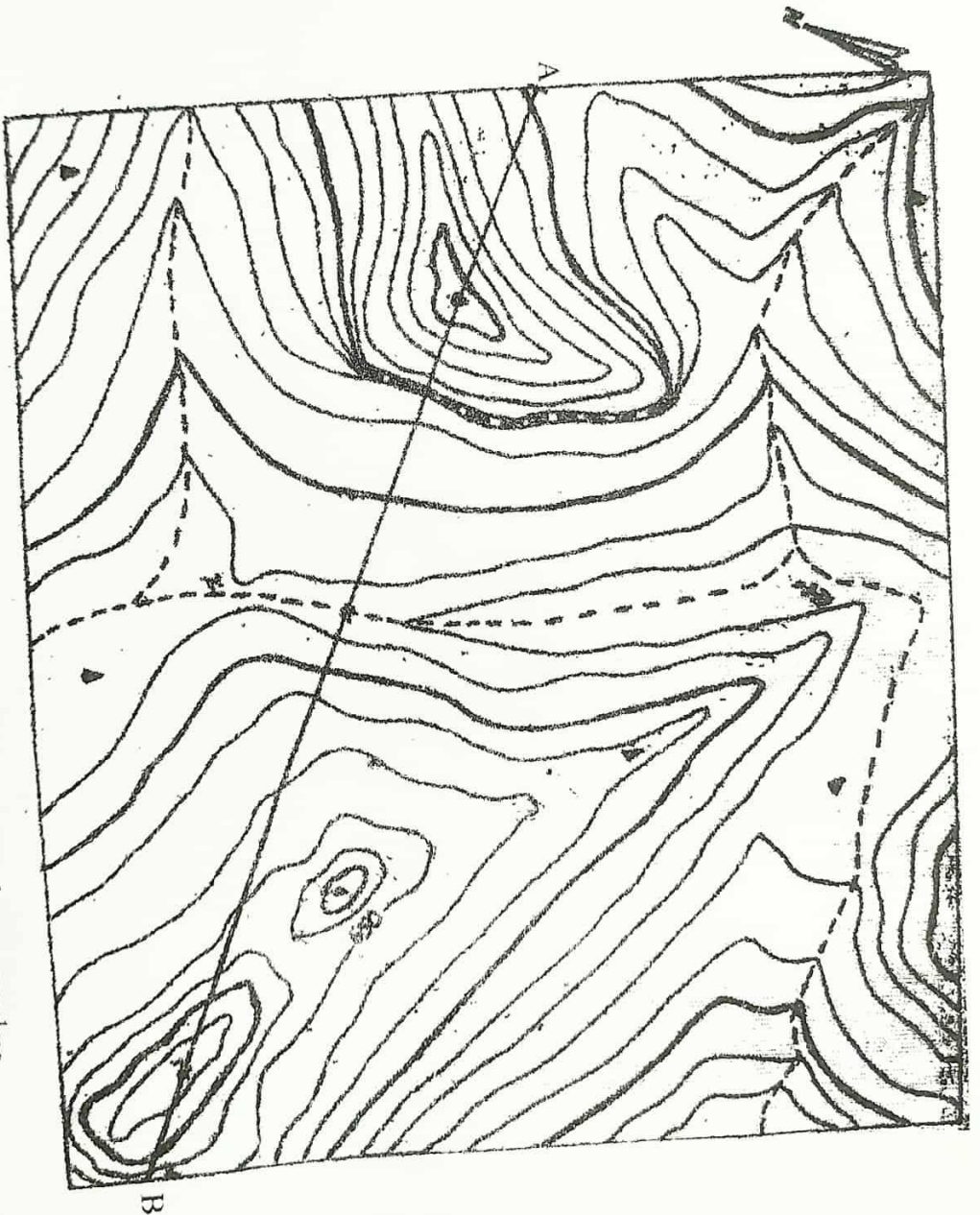
-  Courbe  
maîtresse
-  Courbe  
normale
-  Cours  
d'eau
-  Point coté

Nom :

Prénom :

Section :

Groupe :



- 1- Calculer l'équidistance des courbes de niveau et évaluer les valeurs de ces courbes
- 2- Réaliser le profil topographique [AB]
- 3- Calculer l'altitude de la falaise
- 4- Donner le sens d'écoulement de l'Oued

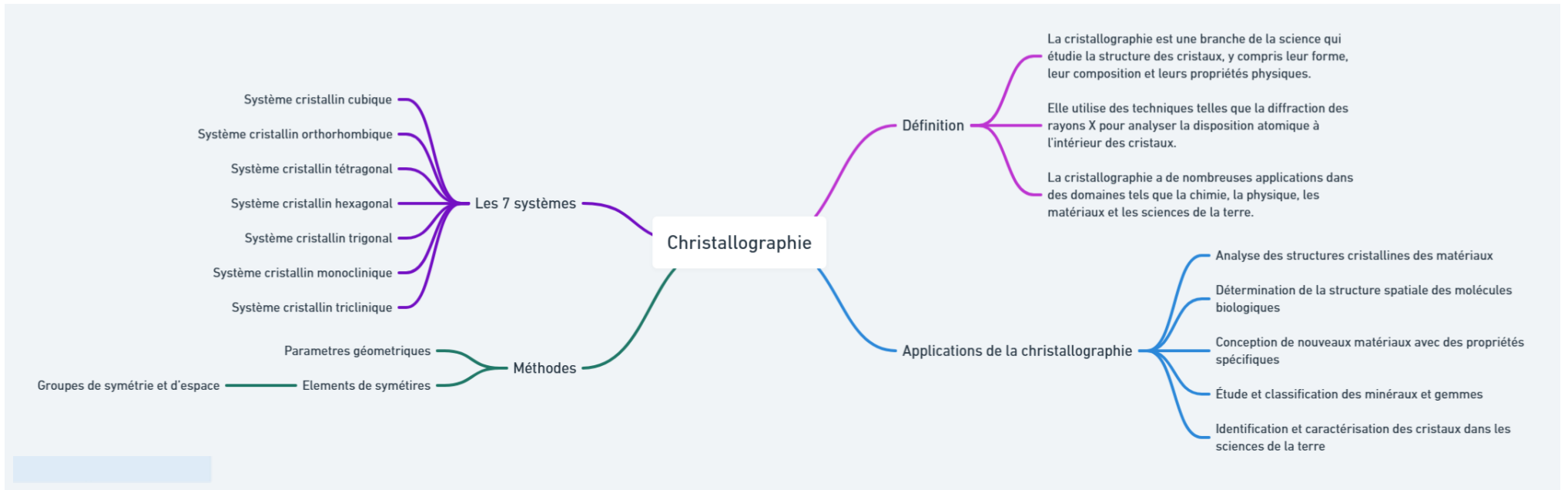
*Faculté des sciences de la nature et de la vie*

*Département des études de Tronc commun*

*1ère Année Licence Académique*

*Module : Géologie*

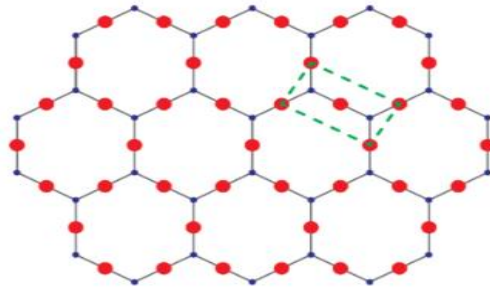
## **Série de TD N°04 : La cristallographie géométrique (partie 01)**



## 1. Définition de la Cristallographie :

Le terme Cristallographie du latin *crystallus* cristal (objet de cristal, glace, ...), dérivé du grec ancien *krystallos* glace ; et de graphie écriture.

La cristallographie est la science qui se consacre à l'étude des substances cristallines à l'échelle atomique. Les propriétés physico-chimiques d'un cristal sont étroitement liées à l'arrangement spatial des atomes dans la matière. L'état cristallin est défini par un caractère périodique et ordonné à l'échelle atomique ou moléculaire.



Représentation en 2D de la structure d'un cristal

## 2. Réseau cristallin :

Un **réseau cristallin** (ou **réseau cristallographique**) est une organisation régulière et répétitive des atomes, ions ou molécules dans un **cristal**. C'est la structure géométrique de base qui décrit comment les entités élémentaires sont arrangées dans l'espace en trois dimensions.

Un réseau cristallin est défini par :

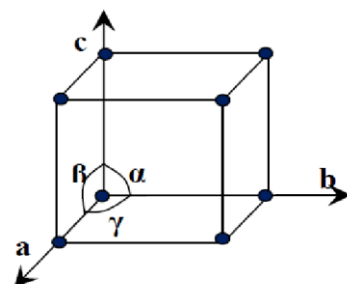
- Une **maille élémentaire** : le plus petit motif répété qui, par translation dans l'espace, reproduit tout le cristal.
- Un **réseau de points** : ensemble de points représentant les positions des entités (atomes, ions...).

## 3. Géométrie de la maille :

La maille cristalline est le plus petit volume (appelé maille élémentaire) qui, répété par translation dans l'espace, permet de reconstituer tout le cristal.

Elle est définie par:

- 3 vecteurs de translation :  $a$ ,  $b$ ,  $c$
- 3 angles dièdres entre ces vecteurs :



- $\alpha$  = angle entre b et c
- $\beta$  = angle entre a et c
- $\gamma$  = angle entre a et b

#### 4. Les systèmes cristallins :

Il existe 7 **systèmes cristallins** de base, selon les longueurs des côtés et les angles entre eux:

| Système               | Longueurs des côtés | Angles entre les axes                             |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Cubique</b>        | $a = b = c$         | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$              |
| <b>Quadratique</b>    | $a = b \neq c$      | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$              |
| <b>Orthorhombique</b> | $a \neq b \neq c$   | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$              |
| <b>Monoclinique</b>   | $a \neq b \neq c$   | $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$ |
| <b>Triclinique</b>    | $a \neq b \neq c$   | $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$     |
| <b>Hexagonal</b>      | $a = b \neq c$      | $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$   |
| <b>Rhomboédrique</b>  | $a = b = c$         | $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$           |

Exemples courants :

| Cristal                             | Structure                | Système cristallin |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>NaCl (sel)</b>                   | Cubique à faces centrées | Cubique            |
| <b>Diamant</b>                      | Cubique diamantée        | Cubique            |
| <b>Quartz (SiO<sub>2</sub>)</b>     | Hexagonale               | Hexagonal          |
| <b>Glace (H<sub>2</sub>O)</b>       | Hexagonale               | Hexagonal          |
| <b>Fer (<math>\alpha</math>-Fe)</b> | Cubique centrée          | Cubique            |

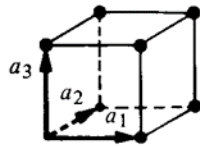
## Systèmes cristallins

## Réseaux de Bravais

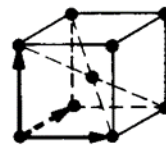
## Cubique

$$a_1 = a_2 = a_3$$

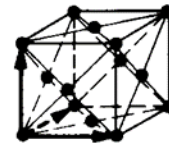
$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$$



Cubique simple (CS)



Cubique centré (CC)



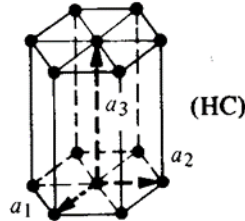
Cubique à faces centrées (CFC)

## Hexagonal

$$a_1 = a_2 \neq a_3$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$$

$$\alpha_3 = 120^\circ$$

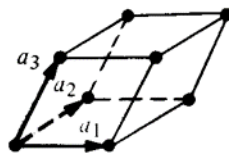


(HC)

## Rhomboédrique

$$a_1 = a_2 = a_3$$

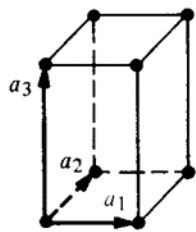
$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \neq 90^\circ$$



## Tétraplone ou quadratique

$$a_1 = a_2 \neq a_3$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$$



Tétraplone simple

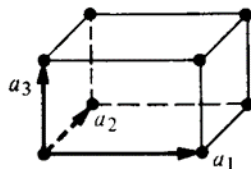


Tétraplone centré

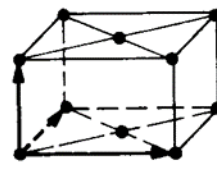
## Orthorhombique

$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

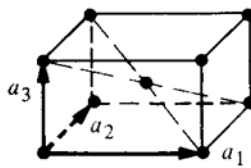
$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$$



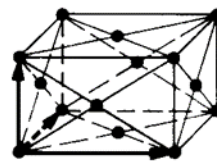
Orthorhombique simple



Orthorhombique à bases centrées



Orthorhombique centré

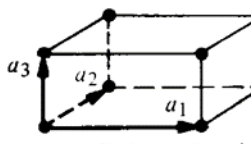


Orthorhombique à faces centrées

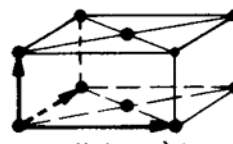
## Monoclinique

$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ \neq \alpha_3$$



Monoclinique simple

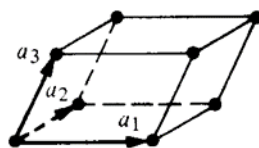


Monoclinique à bases centrées

## Triclinique

$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

$$\alpha \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$



## **5. Symétrie des cristaux :**

Les formes des cristaux, donc les minéraux ne sont pas quelconques. Dans la nature on peut trouver des minéraux avec des formes bien développées (prisme de Quarte, cube de pyrite, hexagonale de béryl...). L'existence de ces formes est due à l'arrangement ordonné et à la répartition géométrique et périodique des atomes, ions et molécules et de leurs structures internes.

Ces structures internes présentent aussi des caractères de symétrie. Alors, il est possible de classer les cristaux d'après leur symétrie.

### **5.1. Opération et éléments de symétrie :**

Une opération de symétrie est l'application d'une **transformation géométrique** qui laisse une figure invariante. Ces opérations sont appelées **opération de symétrie**. Les points, droites et plans par rapport aux quels les opérations sont réalisées, sont appelés **éléments de symétrie**.

En cristallographie, les opérations de symétrie simples sont :

- a. Rotation
- b. Réflexion
- c. Inversion

Les éléments de symétrie correspondants sont dans l'ordre :

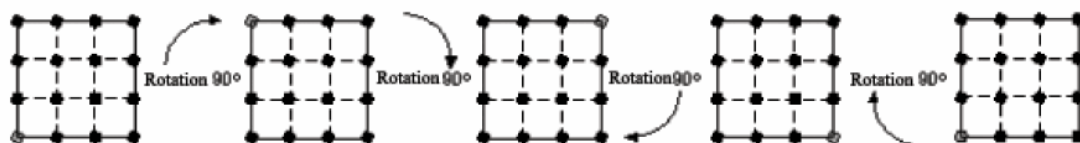
- a. Axes de symétrie simple
- b. Plan de symétrie
- c. Centre de symétrie

#### **5.1.1. Rotation (Axes de symétrie simple):**

Les cristaux peuvent être symétriques par rapport à une ligne ou axe qui passe par leur centre. Lorsque les cristaux, tournent autour de cet axe, ils présentent le même aspect deux, trois, quatre ou six fois pendant un tour complet.

**NB : Nous appliquons d'abord les principes des éléments de symétrie à deux dimensions puis nous les développerons à trois dimensions (cristaux).**

Soit un petit cristal en deux dimensions, composé d'atomes disposés suivant un arrangement ordonné (voir figure ci-dessous).



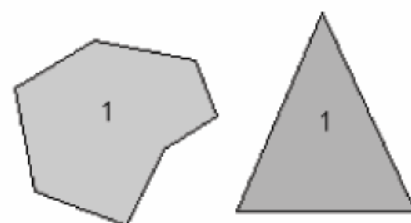
Lorsque l'on fait pivoter le cristal de  $90^\circ$ , on observe que le réseau cristallin retrouve exactement la même configuration que précédemment. En répétant cette rotation de  $90^\circ$  deux, puis trois fois, le même motif réapparaît à chaque fois. Enfin, une quatrième rotation de  $90^\circ$  ramène le cristal à sa position initiale. Ainsi, au cours d'une rotation complète de  $360^\circ$ , le cristal présente quatre fois la même apparence. On dit alors qu'il possède une **symétrie de rotation d'ordre 4**. Cette rotation s'effectue autour d'un axe perpendiculaire passant par le centre du cristal.

Cet axe autour duquel se produit la rotation est un élément de symétrie, appelé **axe de rotation** ou **axe de symétrie**.

Un axe de symétrie est donc une droite imaginaire autour de laquelle un cristal peut tourner sur lui-même tout en présentant une ou plusieurs fois la même apparence au cours d'un tour complet ( $360^\circ$ ). Les principaux types d'axes de symétrie observés dans les cristaux sont les suivants :

#### a. Axe de symétrie d'ordre 1

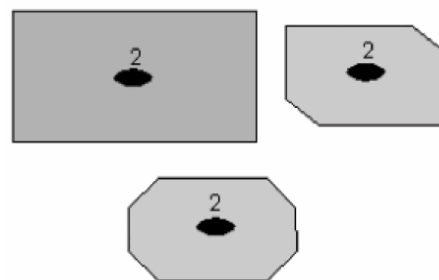
Lorsqu'un objet doit effectuer une rotation complète de  $360^\circ$  pour retrouver son apparence initiale, cela signifie qu'il ne présente pas de véritable symétrie de rotation. Étant donné qu'il ne se répète qu'une seule fois au cours de cette rotation, on dit qu'il possède un **axe de symétrie d'ordre 1**.



**Symbole :  $A_1$**

### b. Axe de symétrie d'ordre 2

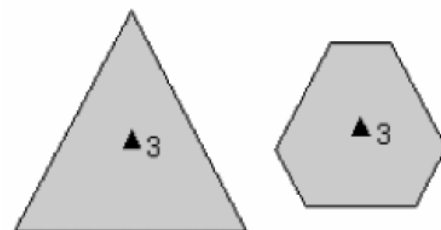
Un objet qui retrouve la même apparence après une rotation de  $180^\circ$  présente une **symétrie de rotation d'ordre 2**, car il se répète deux fois au cours d'un tour complet de  $360^\circ$  ( $360 \div 180 = 2$ ).



**Symbole :**  $A_2$  ou simplement 2.

### c. Axe de symétrie d'ordre 3

Les objets qui retrouvent la même apparence après chaque rotation de  $120^\circ$  présentent une **symétrie de rotation d'ordre 3**, puisqu'ils se répètent **trois fois** au cours d'un tour complet de  $360^\circ$  ( $360 \div 120 = 3$ ).

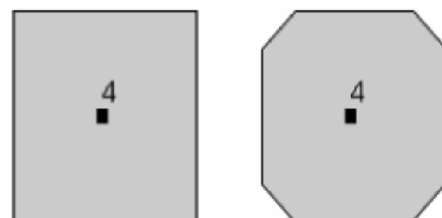


**Symbole :**  $A_3$  ou simplement 3.

Sur les représentations, un **triangle plein** est utilisé pour indiquer la trace de l'axe de symétrie d'ordre 3.

### d. Axe de symétrie d'ordre 4

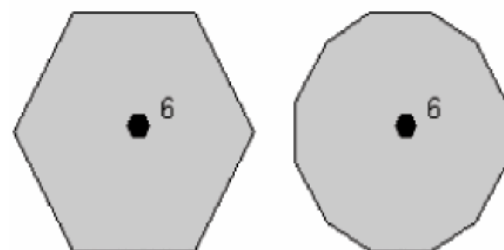
Un objet présente une **symétrie de rotation d'ordre 4** lorsqu'il retrouve la même apparence après chaque rotation de  $90^\circ$ , ce qui signifie qu'il se répète **quatre fois** au cours d'un tour complet de  $360^\circ$  ( $360 \div 90 = 4$ ).



**Symbole :**  $A_4$  ou simplement 4.

### e. Axe de symétrie d'ordre 6

Un objet possède une **symétrie de rotation d'ordre 6** lorsqu'il retrouve la même apparence après chaque rotation de  $60^\circ$ , ce qui correspond à **six répétitions** sur un tour complet de  $360^\circ$  ( $360 \div 60 = 6$ ).



**Symbole :**  $A_6$  ou simplement 6.

**NB :** Bien que certains objets puissent présenter des axes de symétrie d'ordre 5, 7, 8 ou plus, ce n'est pas le cas des cristaux. En effet, la forme extérieure d'un cristal découle de l'organisation géométrique de ses atomes. Lorsque l'on tente d'assembler des motifs avec des symétries d'ordre 5 ou 8, il est impossible de remplir l'espace de manière complète et régulière.

Voici un tableau comparatif clair et synthétique:

| Ordre de symétrie                   | Angle de répétition | Nombre de répétitions | Symbole             | Représentation graphique | Remarques                                  |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Ordre 1</b><br>(A <sub>1</sub> ) | 360°                | 1                     | A <sub>1</sub> ou 1 | —                        | Aucune vraie symétrie de rotation          |
| <b>Ordre 2</b><br>(A <sub>2</sub> ) | 180°                | 2                     | A <sub>2</sub> ou 2 | Ellipse pleine           | L'objet se répète deux fois à 180° d'écart |
| <b>Ordre 3</b><br>(A <sub>3</sub> ) | 120°                | 3                     | A <sub>3</sub> ou 3 | Triangle plein           | Rotation toutes les 120°                   |
| <b>Ordre 4</b><br>(A <sub>4</sub> ) | 90°                 | 4                     | A <sub>4</sub> ou 4 | Carré plein              | Rotation toutes les 90°                    |
| <b>Ordre 6</b><br>(A <sub>6</sub> ) | 60°                 | 6                     | A <sub>6</sub> ou 6 | Hexagone plein           | Rotation toutes les 60°                    |

### 5.1.2. Réflexion (Plan de symétrie)

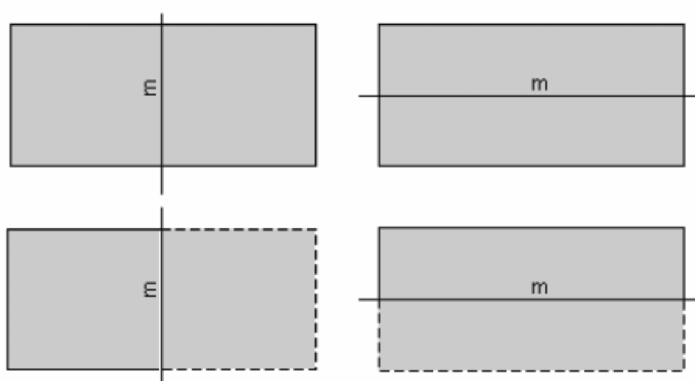
Un cristal peut présenter une **symétrie par réflexion** lorsqu'il est identique de part et d'autre d'un **plan imaginaire**, appelé **plan de symétrie**. Si l'on coupait le cristal selon ce plan, chaque moitié serait le reflet exact de l'autre, comme dans un miroir.

Un **plan de symétrie** est donc une surface imaginaire telle que tous les sommets du cristal se correspondent par paires, alignés sur des droites perpendiculaires au plan et situés à égale distance de celui-ci. Le symbole utilisé pour représenter un plan de symétrie est **M**.

Dans l'exemple illustré ci-dessous, les rectangles possèdent **deux plans de symétrie** :

- Le rectangle de gauche montre un plan de symétrie **vertical**, qui traverse la figure du haut vers le bas.
- Le rectangle de droite présente un plan de symétrie **horizontal**, allant de gauche à droite.

Les zones en **pointillés** dans les rectangles inférieurs représentent les portions **réfléchies** de la figure, telles qu'elles apparaîtraient dans un miroir placé sur le plan de symétrie.



### 5.1.3. Inversion (Centre de symétrie)

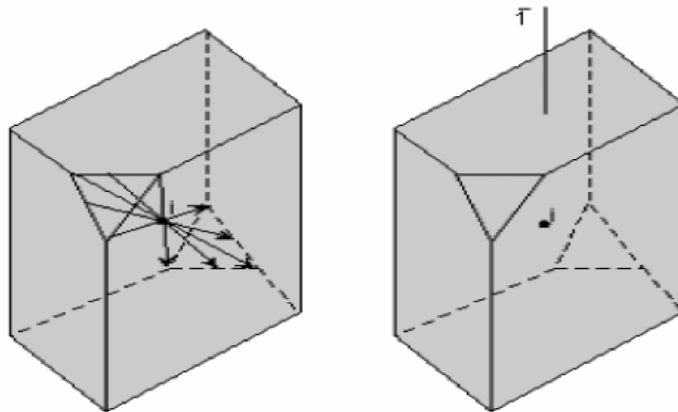
Le **centre de symétrie** est un **point imaginaire** situé au centre géométrique du cristal. Il possède la particularité suivante : chaque sommet, face ou arête du cristal correspond à un élément identique, situé à **l'opposé**, sur une droite passant par ce point central, et à **égale distance** de celui-ci.

Dans l'exemple illustré, un triangle situé sur une arête du cristal est **inversé** de l'autre côté, de manière parfaitement symétrique par rapport au centre. Chaque point **M** du triangle possède un point correspondant **M'**, aligné sur la droite passant par le centre de symétrie **C**, et situé à la même distance de ce point.

À gauche, le schéma montre ces droites imaginaires reliant les points ; à droite, seule la figure est conservée, sans les repères de symétrie.

Le **centre de symétrie** est représenté par la lettre C. Contrairement aux autres éléments de symétrie, **un cristal ne peut avoir qu'un seul centre d'inversion**.

Par ailleurs, si un cristal possède à la fois un centre de symétrie et un ou plusieurs axes de symétrie, **ces axes passent nécessairement par ce centre**.



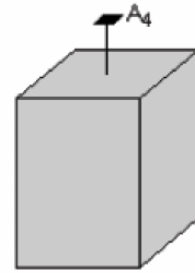
## 6. Combinaison des éléments de symétrie des systèmes cristallins holoédriques :

Les cristaux, en tant qu'objets tridimensionnels, peuvent présenter **plusieurs éléments de symétrie à la fois**. Cependant, ces éléments ne sont **pas toujours indépendants** : certaines combinaisons entraînent automatiquement la présence d'autres éléments de symétrie. Cela limite les combinaisons possibles.

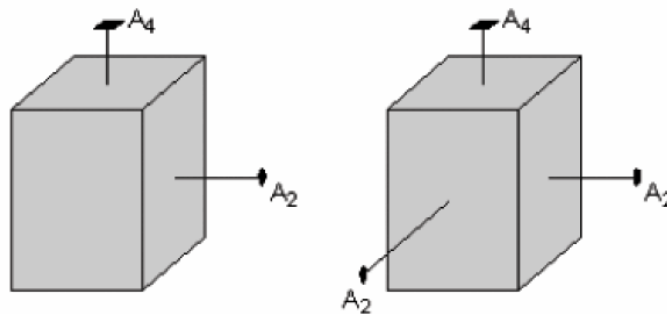
En cristallographie, on distingue **32 combinaisons possibles** d'éléments de symétrie. Chacune de ces combinaisons définit une **classe cristalline**, et **chaque cristal appartient nécessairement à l'une de ces 32 classes**.

Un exemple montrera comment plusieurs éléments de symétrie peuvent coexister dans un même cristal, et pourquoi la présence de certains implique celle d'autres.

❖ Dans cet exemple, on étudie un cristal dont les faces latérales sont rectangulaires, et qui est délimité en haut et en bas par deux **carrés** (système quadratique). La présence d'un carré en haut du cristal indique qu'il possède un **axe de symétrie d'ordre 4**, passant perpendiculairement par le **centre** de ce carré, comme illustré sur la figure.

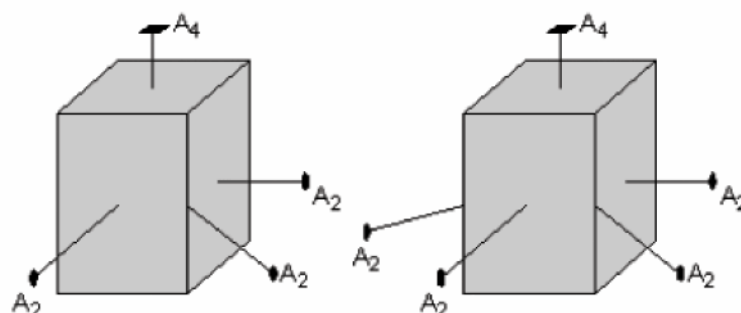


❖ On remarque également que la **face rectangulaire située à droite** du cristal présente un **axe de symétrie d'ordre 2**. Cet axe traverse le cristal de part en part et ressort du **côté gauche** (non visible sur la figure). Ainsi, les faces droite et gauche sont **symétriques** par rapport à cet axe, qui leur est **perpendiculaire**.

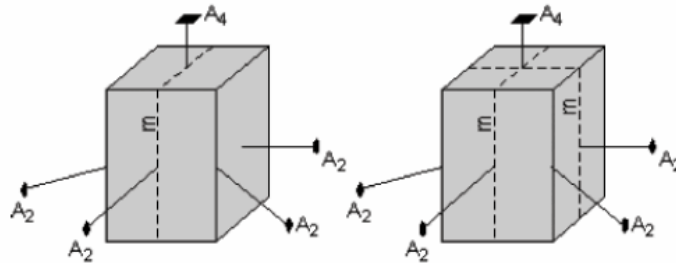


❖ Puisque la face supérieure du cristal est un carré avec un axe de symétrie d'ordre 4, une rotation de  $90^\circ$  autour de cet axe fait apparaître successivement les différentes faces rectangulaires du cristal, chacune avec leur propre axe de symétrie d'ordre 2. Par conséquent, les faces avant et arrière (non encore mentionnées) possèdent elles aussi un axe de rotation d'ordre 2, perpendiculaire à leur surface. Ce résultat découle directement de la présence de l'axe d'ordre 4.

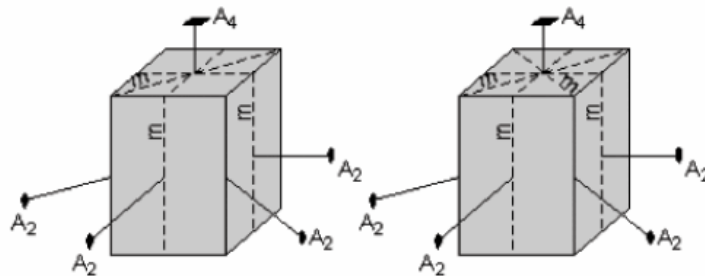
De plus, cette face carrée supérieure indique également l'existence d'un axe de rotation d'ordre 2 traversant le cristal en diagonale, visible sur le diagramme de gauche. Et puisque le carré possède un axe de symétrie d'ordre 4, cela implique nécessairement qu'il existe un deuxième axe d'ordre 2 sur l'autre diagonale, comme illustré sur le diagramme de droite.



❖ En outre, la présence du **carré supérieur** ainsi que de la **face rectangulaire située à l'avant** suggère l'existence d'un **plan de symétrie**, comme le montre clairement le **diagramme de gauche** de la figure ci-contre.



❖ De plus, la présence d'un **axe de rotation d'ordre 4** implique également l'existence d'un **deuxième plan de symétrie**, comme illustré sur le **diagramme de droite**.



❖ La **face supérieure carrée** du cristal révèle l'existence d'un **plan de symétrie diagonal** traversant le cristal. Grâce à la **symétrie d'ordre 4** et aux autres plans réfléchissants, un **second plan diagonal** doit également être présent, croisant la diagonale opposée, comme montré sur le **diagramme de droite**.

En plus de ces plans, on identifie un **cinquième plan de symétrie, horizontal**, qui divise le cristal en deux parties égales, supérieure et inférieure.

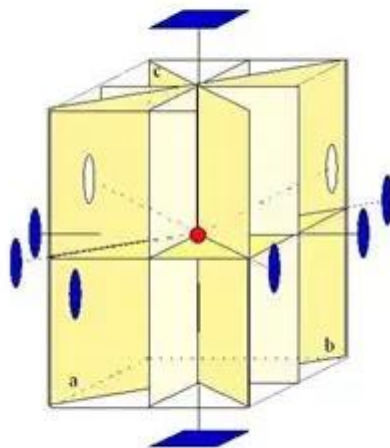
En résumé, le cristal possède les éléments de symétrie suivants :

- **1 axe de symétrie d'ordre 4 ( $A_4$ )**
- **4 axes de symétrie d'ordre 2 ( $A_2$ )**
  - 2 traversant les **faces** du cristal
  - 2 traversant les **arêtes diagonales**
- **5 plans de symétrie (M)**
  - 2 plans **verticaux** (faces)
  - 2 plans **diagonaux** (arêtes)
  - 1 plan **horizontal** (centre)
- **1 centre de symétrie (C)**
  - ◆ Notation complète: **C,  $1A_4$ ,  $4A_2$  et  $5M$**  ou:  **$A_4/M$**  (centre),  **$2A_2/2M$**  (arêtes),  **$2A_2/2M$**  (faces), C.

## Éléments de symétrie dans les holoédries des sept systèmes cristallins

| Système               | Élément de symétrie (A, M et C) |
|-----------------------|---------------------------------|
| <i>Cubique</i>        | $3A_4/3M, 4A_3, 6A_2/M, C$      |
| <i>Hexagonal</i>      | $A_6/M, 3A_2/3M, 3A_2/3M, C$    |
| <i>Quadratique</i>    | $A_4/M, 2A_2/2M, 2A_2/2M, C$    |
| <i>Rhomboédrique</i>  | $A_3, 3A_2/3M, C$               |
| <i>Orthorhombique</i> | $A_2/M, A_2/M, A_2/M, C$        |
| <i>Monoclinique</i>   | $A_2/M, C$                      |
| <i>Triclinique</i>    | $C$                             |

### SYSTÈME QUADRATIQUE



$$|a| = |b| \neq |c|$$

$$\alpha = \gamma = \beta = 90^\circ$$

La base est carrée.

#### Éléments de symétrie :

- 1 axe de symétrie 4 avec 1 miroir  $\perp$
- 4 axes de symétrie 2 avec 4 miroirs  $\perp$
- un centre de symétrie

Exemple des éléments de symétrie chez le réseau cristallin cubique

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**Département des études de Tronc commun**  
**1ère Année Licence Académique**  
**Module : Géologie**  
**TOPO de Tp N°01 : Les roches magmatiques**



## 1. Définitions

**Minéral** : substance non organique, solide, homogène, avec une composition et une structure atomique définie et généralement cristallin. Chaque espèce minérale possède des caractères propres : couleur, forme, dureté, ... qui permettent de les identifier.

**Roche** : Assemblage de minéraux, homogène statistiquement. Son origine et le type de minéraux qui la constitue déterminent son nom.

- La roche exogène : Formation à la surface.
- La roche endogène : Formation à l'intérieur du globe.

## 2. Classification des roches

- **Roches magmatiques** résultant de la solidification d'un magma.

Deux types : volcanique (surface) et plutonique (profondeur). Croûte océanique.

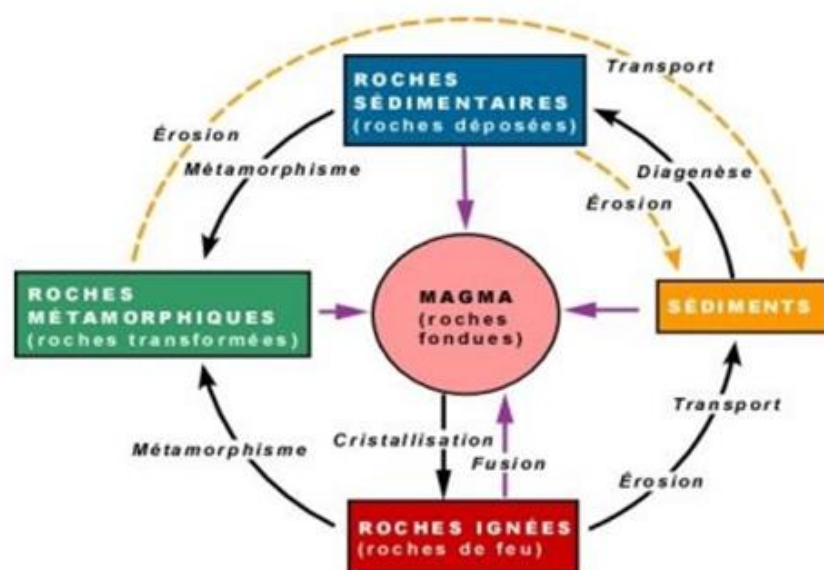
- **Roches sédimentaires** résultant de l'accumulation de particules en surface

Formation par diagenèse (compression) ou cimentation. 90% de la surface. 10% du volume

- **Roches métamorphiques** résultant de la transformation à l'état solide d'une roche préexistante

Formation par enfouissement, transformation et exhumation. Croûte continentale.

### Cycle pétrogénétique



# I. Les roches magmatiques

Les roches magmatiques sont formées par la cristallisation du magma (liquide silicaté 600° - 1200° soit basaltique basique (fusion du manteau) soit granitiques acides (fusion de la croûte)).

## I.1 Origine :

- Roches volcaniques : refroidissement très rapide, à la surface du globe, cristallisation incomplète, texture hyaline ou microcristalline (très petits cristaux).
- Roches subvolcaniques : vitesse de cristallisation variable (cristaux gros et petits), profondeur intermédiaire.
- Roches plutonique : vitesse de cristallisation lente (gros cristaux), grandes profondeurs (>5km).

## I.2 Propriétés :

- **Viscosité** : dépend de température, pression, état physique et teneur en SiO<sub>2</sub> (+ il y a du SiO<sub>2</sub>, + c'est visqueux)
- **Texture** : Vitreuse, Aphanitique, Grenue (Phanéritique), Porphyrique, Pyroclastique
- Classification selon la composition chimique, minéralogique et modale mais pas selon la texture.
- **Acidité** : + il y a du SiO<sub>2</sub>, + c'est acide (Du + au - : Rhyolite, Dacite, Andésite, Basalte)
  - Ferromagnésiens : Falsiques (<50%), mafiques (>50%) et ultramafiques (>90%)
  - Couleur (Il y a beaucoup d'exceptions comme les obsidiennes): Leucocrate, Mésocrate et Mélanocrate
    - Claire = acide, falsique, + de quartz et feldspaths, Leucocrate
    - Foncée : Basique, mafique, - de quartz et feldspath, Mélanocrates
  - Saturation selon la proportion de silice par rapport aux feldspaths : Sous-saturées (<), saturées (=), sursaturées (>).

### I.3 la composition minéralogique de la roche magmatique :

| <u>Roches</u>                     | <u>Compositions</u>                                                                                         | <u>Exemple</u>        | <u>Teneur en silice %</u> |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <u>Acides</u><br><u>Felsiques</u> | -Quartz<br>-Feldspaths Potassique<br>-Plagioclases Sodiques<br>-Mica (biotite Et muscovite)                 | Granite               | SiO <sub>2</sub> >65%     |
| <u>Intermédiaires</u>             | -Amphibole<br>-Plagioclases (Andesine)<br>-Biotite parfois<br>-Peu ou pas de Quartz<br>-Jamais de muscovite | Granodiorite          | 65%>SiO <sub>2</sub> >52% |
| <u>Basiques</u>                   | -Olivine<br>-Pyroxenes<br>-±Amphiboles<br>-Plagioclases Calciques<br>-Jamais de Micas<br>-Jamais de Quartz  | Basalte               | 52%>SiO <sub>2</sub> >45% |
| <u>Ultrabasiques</u>              |                                                                                                             | Peridotite du manteau | SiO <sub>2</sub> <45%     |

## **II. Les roches sédimentaires**

Les roches sédimentaires se forment par l'accumulation, le compactage et la cimentation de divers sédiments au fil du temps. Les sédiments sont des fragments de roches, minéraux, des matières organiques et même des précipités chimiques qui ont été altérés et érodés à partir de roches préexistantes, puis déposés dans différents environnements, tels que les rivières, les océans, les déserts et les lacs. Pendant des millions d'années, ces sédiments subissent un processus de lithification, les transformant en roches sédimentaires solides.

### **II.1 Formation des roches sédimentaires**

Les roches sédimentaires se forment généralement en plusieurs étapes :

1. **Érosion et transport** : Les roches préexistantes sont érodées par des agents tels que l'eau, le vent et la glace, produisant des particules solides (sédiments) qui sont transportées vers d'autres lieux.
2. **Déposition** : Les sédiments se déposent dans des environnements variés comme les rivières, les lacs, les océans et les déserts. La vitesse de déposition dépend de plusieurs facteurs, notamment la taille des particules et la force de l'agent de transport.
3. **Compaction et cimentation** : Au fil du temps, les couches de sédiments accumulés subissent une compaction due à la pression des couches supérieures. Les minéraux dissous dans l'eau peuvent également précipiter et agir comme un ciment, liant les particules entre elles pour former une roche solide.

### **II.2 Types de roches sédimentaires**

Les roches sédimentaires peuvent être classées en trois grandes catégories :

1. **Roches détritiques** : Formées à partir de fragments de roches préexistantes, elles comprennent des exemples comme le grès (formé de grains de sable) et le shale (argile compacte).

2. **Roches chimiques** : Formées par la précipitation de minéraux dissous dans l'eau, comme le calcaire (souvent formé à partir de carbonate de calcium) et le gypse.
3. **Roches biologiques (organiques)** : Formées à partir des restes d'organismes vivants, comme le charbon (formé à partir de matière organique) et certains types de calcaire (qui peuvent contenir des fossiles).

### III.3 Importance des roches sédimentaires

Les roches sédimentaires sont cruciales pour plusieurs raisons :

- **Ressources naturelles** : Elles peuvent contenir des ressources importantes comme le pétrole, le gaz naturel et le charbon.
- **Enregistrements géologiques** : Elles renferment des fossiles et des traces d'anciennes environnements, fournissant des informations précieuses sur l'histoire de la Terre et l'évolution de la vie.
- **Sol et agriculture** : Les sédiments peuvent également contribuer à l'enrichissement des sols, qui sont essentiels pour l'agriculture et la biodiversité.

En résumé, les roches sédimentaires jouent un rôle essentiel dans le cycle géologique de la Terre et sont d'une grande importance économique et écologique.

### **III. Les roches métamorphiques**

Les roches métamorphiques sont des roches qui ont subi une transformation (métamorphisme) à partir de roches préexistantes, sous l'effet de conditions de chaleur et de pression élevées. Ce processus peut modifier la texture, la structure et la composition minérale de la roche d'origine, sans que celle-ci ne fonde complètement.

- Métamorphisme sans changement chimique (sans apparition de nouveaux minéraux) : **métamorphisme isochimique**
- Modification de la composition chimique : **métamorphisme allo-chimique** (apparition de nouveaux minéraux qu'on appelle **néoformés**).

#### **III.1. Caractéristiques des roches métamorphiques**

**a .Origine** : Les roches métamorphiques peuvent provenir de :

- **Roches ignées** (comme le granite qui peut se transformer en gneiss).
- **Roches sédimentaires** (comme le schiste qui provient d'argile).
- **Autres roches métamorphiques** (comme le marbre qui provient de calcaire).

**b.Conditions de formation:**

- **Chaleur** : La chaleur peut provenir de la proximité de magma ou de la profondeur dans la croûte terrestre.
- **Pression** : La pression peut être due à des mouvements tectoniques, comme la formation de chaînes de montagnes.
- **Fluide** : La présence de fluides (comme l'eau) peut faciliter les réactions chimiques et la recristallisation des minéraux.

**c.Texture:**

- **Foliate** : Les roches métamorphiques foliacées présentent une texture en couches ou en feuillets, résultant d'une pression uniforme.

Exemples: schiste, ardoise.

- **Non foliate** : Ces roches n'ont pas de structure en couches et présentent une texture plus homogène.

Exemples : marbre, quartzite.

### III.2. Exemples de roches métamorphiques

1. **Schiste** : Formé à partir d'argile, il présente une texture feuilletée et contient souvent des minéraux comme le mica, ce qui lui donne un éclat scintillant.
2. **Gneiss** : Caractérisé par des bandes alternées de minéraux clairs et foncés. Il se forme sous des conditions de métamorphisme régional.
3. **Marbre** : Provenant du calcaire, le marbre est apprécié pour sa beauté et est souvent utilisé dans la sculpture et l'architecture.
4. **Quartzite** : Formée à partir de grès, elle est très dure et résistante, utilisée dans la construction et comme matériau décoratif.

### III.3. Importance des roches métamorphiques

- **Ressources** : Les roches métamorphiques sont des ressources importantes pour la construction (marbre, quartzite) et peuvent contenir des minéraux précieux.
- **Indicateurs géologiques** : Elles fournissent des informations sur l'histoire géologique d'une région, notamment les conditions de pression et de température qui ont prévalu.
- **Érosion et cycle des roches** : Les roches métamorphiques jouent un rôle dans le cycle des roches, car elles peuvent être érodées et leurs sédiments peuvent se transformer en nouvelles roches sédimentaires.

En résumé, les roches métamorphiques sont essentielles pour comprendre les processus géologiques et la dynamique de la Terre, tout en ayant une importance pratique dans divers domaines.

**Tableau qui résume les trois grandes familles des roches :**

| Type de roche         | Sous-type /<br>Origine                 | Exemples de<br>roches                            | Caractéristiques<br>principales                                     |
|-----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>MAGMATIQUES</b>    | <b>Intrusives<br/>(plutoniques)</b>    | Granite,<br>Diorite,<br>Gabbro                   | Refroidissement lent<br>en profondeur, gros<br>cristaux             |
|                       | <b>Extrusives<br/>(volcaniques)</b>    | Basalte,<br>Andesite,<br>Rhyolite,<br>Obsidienne | Refroidissement<br>rapide en surface,<br>cristaux fins ou verre     |
|                       | <b>Filoniennes<br/>(hypabyssales)</b>  | Dolérite,<br>Pegmatite                           | Refroidissement<br>intermédiaire,<br>cristallisation mixte          |
| <b>SÉDIMENTAIRES</b>  | <b>Détritiques<br/>(clastiques)</b>    | Grès,<br>Conglomérat,<br>Argile, Siltite         | Formées par<br>accumulation de<br>particules solides                |
|                       | <b>Chimiques</b>                       | Calcaire<br>(chimique),<br>Gypse, Halite         | Précipitation de<br>minéraux dissous                                |
|                       | <b>Organiques<br/>(biogènes)</b>       | Calcaire<br>(biogénique),<br>Charbon,<br>Craie   | Issues de restes<br>organiques (coquilles,<br>végétaux...)          |
| <b>MÉTAMORPHIQUES</b> | <b>Régionaux</b>                       | Schiste,<br>Gneiss,<br>Quartzite                 | Formés sous<br>pression/température<br>élevées, à grande<br>échelle |
|                       | <b>De contact<br/>(thermique)</b>      | Marbre,<br>Cornéenne                             | Métamorphisme<br>localisé près<br>d'intrusions<br>magmatiques       |
|                       | <b>Dynamiques<br/>(cataclastiques)</b> | Mylonite,<br>Brèche de<br>faille                 | Formées par forte<br>pression mécanique<br>(failles)                |