

Unité 4

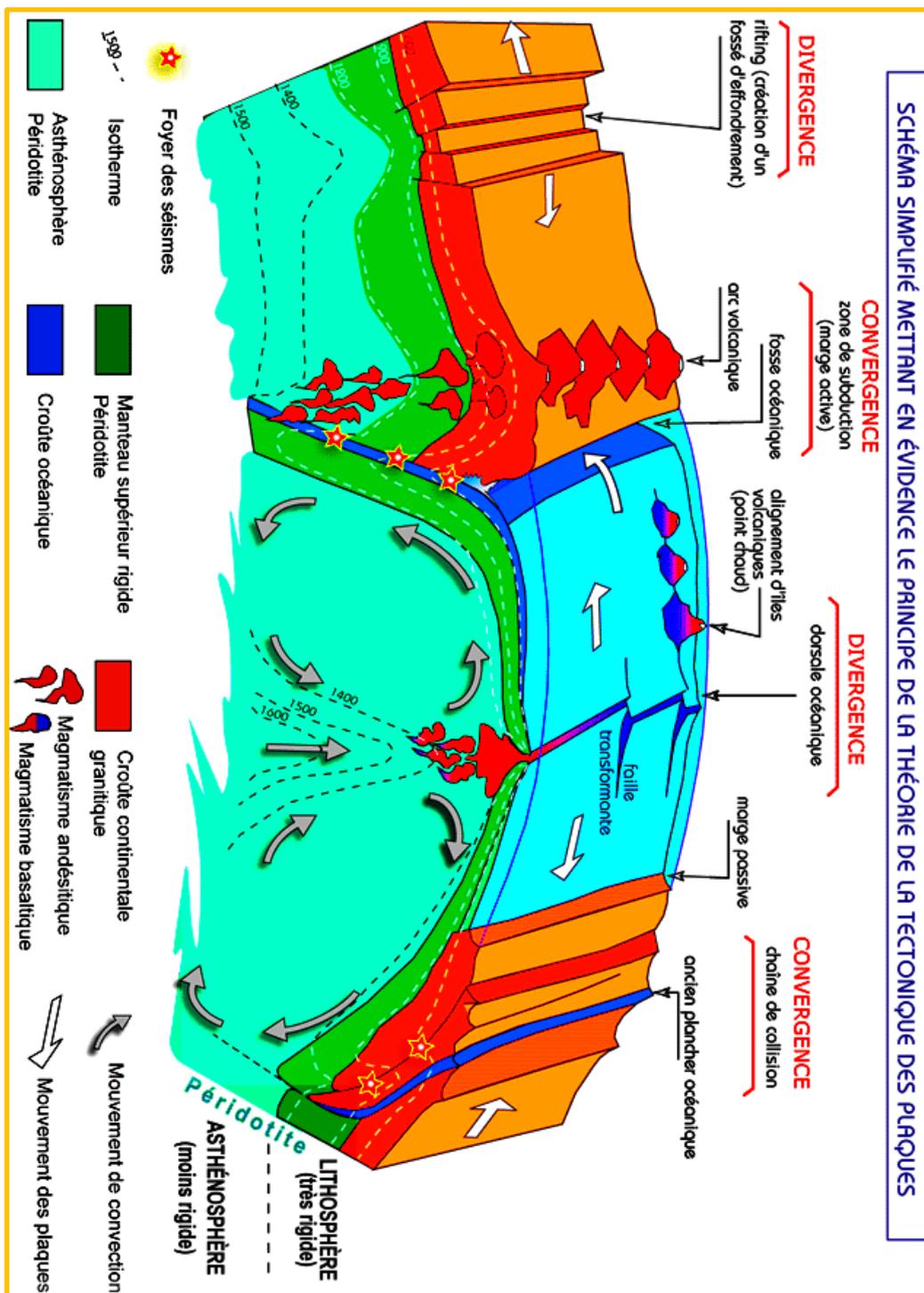
*Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques*

Chapitres

*Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques et les*

*Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques*

*La granitisation et sa relation avec le métamorphisme*



## Rappel

► Qu'est-ce qu'une plaque lithosphérique (ou tectonique) ?

Il existe plusieurs manières de représenter la structure interne de la Terre : en fonction de sa composition et en fonction de ses propriétés.

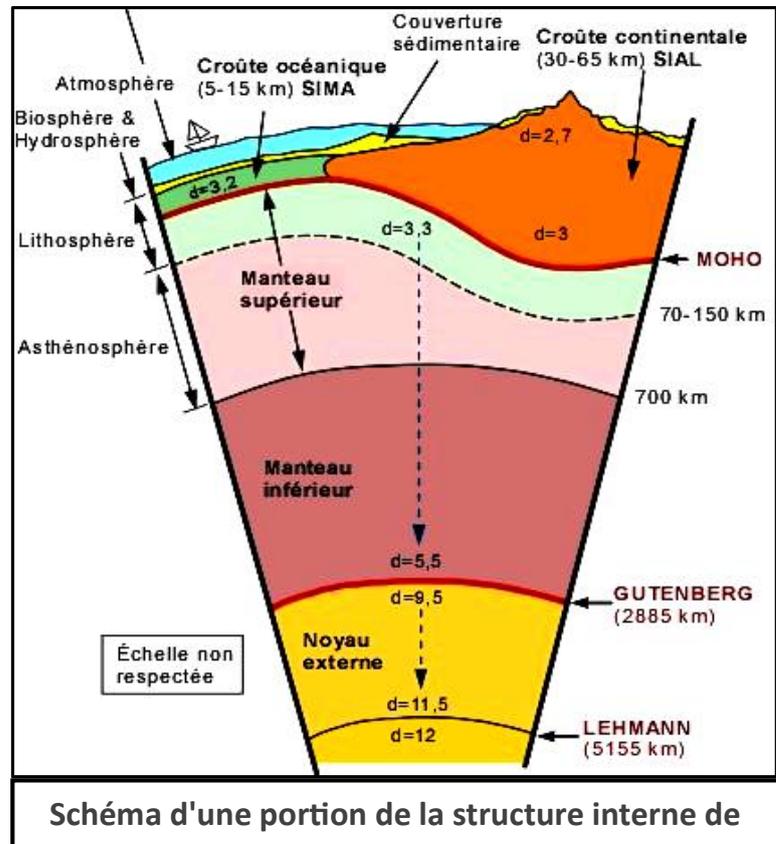
Commençons par sa composition :

- Le noyau, au centre du globe terrestre.
- Le manteau, intermédiaire, fait de péridotite
- La croûte en surface

Il faut distinguer la croûte continentale (30 à 70 km d'épaisseur) faite de granite, et la croûte océanique (10 à 15 km d'épaisseur) faite de basalte. Les deux sont recouvertes de sédiments.

La surface du globe est divisée en deux couches selon leur propriété mécanique :

- La lithosphère, rigide, composée de la croûte et de la partie supérieure du manteau.
- L'asthénosphère, zone moins rigide du manteau sur laquelle est posée la lithosphère



2- Quelle est la différence de propriété physique entre la lithosphère et l'asthénosphère ?

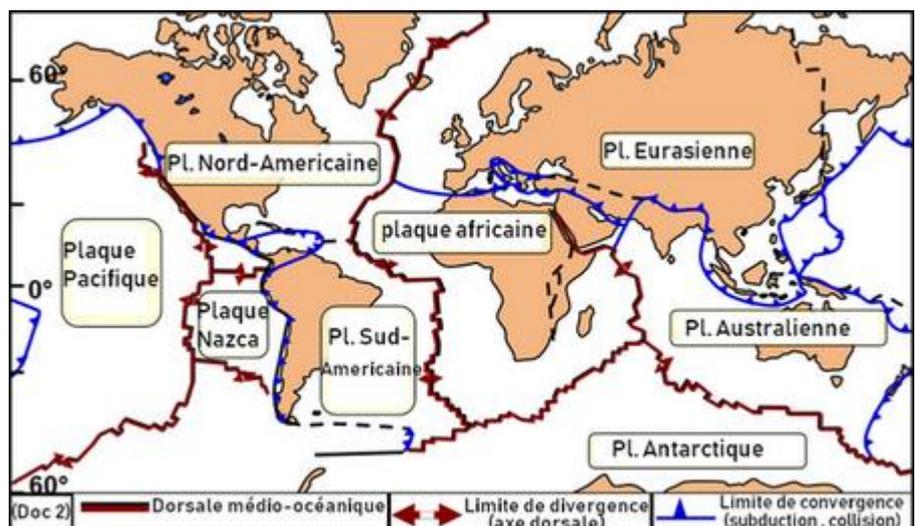
**La lithosphère est plus rigide que l'asthénosphère**

3- Comment les scientifiques ont-ils mis à jour cette différence ?

**En étudiant la vitesse de propagation des ondes sismiques**

### ► Les plaques lithosphériques

La surface du globe est découpée en une douzaine de plaques lithosphériques (12 plaques) **de taille et de composition variables**. En effet, une plaque lithosphérique peut être entièrement océanique (c'est le cas de la plaque *Nazca*) ou contenir à la fois des zones continentales et océaniques (comme la plaque *nord-américaine*).



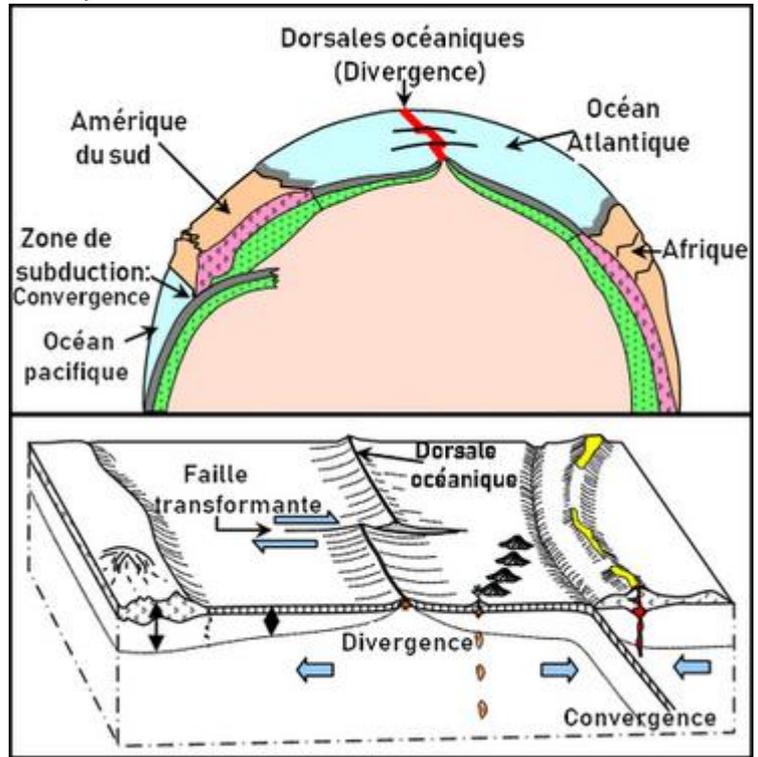
## ► Frontières entre les plaques lithosphériques

Les mouvements tectoniques entre les différentes plaques définissent différents types de frontières entre elles qui sont schématisés dans les Documents 3 et 4

- ◆ Définir les types de frontières entre les plaques lithosphériques ?.

Les mouvements tectoniques entre les différentes plaques définissent trois types de frontières entre elles qui sont :

- Frontières convergentes : Quand il y a deux plaques qui entre en collision, c'est le cas de ; subduction, collision et obduction
- Frontière divergente : Quand une plaque s'éloigne d'une autre plaque (Le vide créé est rempli par le magma en vu de construire une nouvelle croute océanique d'où le nom de frontières constructrice)
- Frontières transformantes : Quand deux plaques voisines glissent latéralement l'un contre l'autre et le long d'une faille



## CHAPITRE 1 :

# *Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques*

La partie externe de la Terre, la lithosphère, est formée de plaques rigides qui reposent sur l'asthénosphère, moins rigide.

Ces plaques se déplacent : elles s'écartent au niveau des dorsales océaniques où il y a formation de plancher océanique, et elles se rapprochent au niveau des zones de confrontations.

Ces mouvements des plaques assurent la fermeture des océans et aboutissent à la formation de chaînes de montagnes.

- ◆ Quelles sont les types de chaînes de montagnes récentes ?
- ◆ Quels sont les phénomènes géologiques qui les accompagnent ?

## ► Les caractéristiques des chaînes de montagnes récentes

### 1- Les chaînes de Subduction

#### ◆ Définition

Enfouissement d'une plaque océanique dense, froide et rigide sous une plaque continentale moins dense sous l'effet de force de compression. Ce phénomène entraîne la genèse de chaînes montagneuses de subduction. Exemple : la chaîne montagneuse des Andes (Cordillère des Andes).

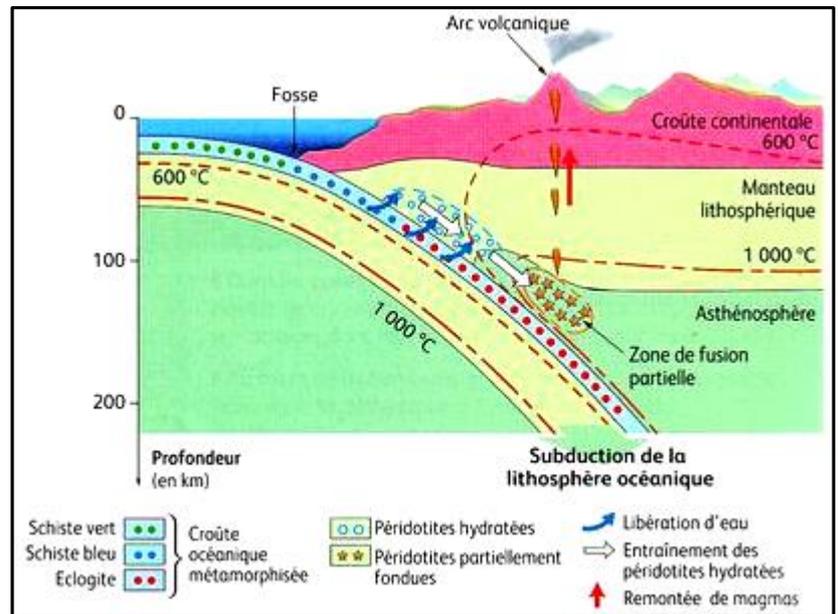
#### ☞ Caractéristiques des zones de subduction :

- ◆ **Topographiques** : Coexistence d'une fosse océanique profonde et de reliefs de grande altitude (anomalie topographique).
- ◆ **Géothermiques** : une anomalie thermique négative due à l'enfouissement du plancher océanique froid dans l'asthénosphère plus chaude (isothermes au lieu d'être horizontaux sont incurvés selon le plan de Bénéioff).

- ◆ **Géophysiques** : Une sismicité importante dont les foyers se répartissent en profondeur selon un plan oblique appelé plan de Béniouff.
- ◆ **Volcaniques** : volcanisme explosif (magma visqueux et riche en gaz) de type andésitique.
- ◆ **Péetrographiques** :
  - ✓ **Andésite** : roche magmatique de type volcanique de structure microlitique (phénocristaux, microlites et pâte vitreuse amorphe).
  - ✓ **Plutons** : roche magmatique de type plutonique de structure grenue (entièrement cristallisée)
  - ✓ **Prisme d'accrétion** : accumulation de sédiments marins et continentaux écaillés et tectonisés (plis, failles) au niveau de la fosse océanique.
- ◆ **Structurale tectonique** : plissement et cisaillement (failles normales et inverses) des roches de la croûte continentale.

### ☞ Mécanisme de la subduction

Sous l'action des forces compressives, la lithosphère océanique froide dense plonge sous la lithosphère continentale. Les roches de la croûte océanique (basalte, gabbro) se transforment (métamorphisme) à haute pression et se déshydratent. La libération de l'eau dans le manteau de la plaque continentale abaisse le point de fusion de la péridotite (voir schéma) et la formation d'un magma. Une partie de ce magma arrive en surface sous forme d'un volcan explosif de type andésitique par la formation de la roche andésite de structure microlitique, et l'autre partie remonte dans les fissures où elle se refroidit lentement pour donner une roche entièrement cristallisée de structure grenue (plutons du granodiorites).



## 2- Les chaînes d'obduction

### ◆ Définition

Chevauchement (recouvrement) d'une plaque continentale (moins dense) par une plaque océanique (plus dense) lors de leur affrontement. Ce phénomène entraîne la formation de chaînes montagneuses appelées chaînes d'obduction. Exemple chaîne de la péninsule Arabique d'Oman.

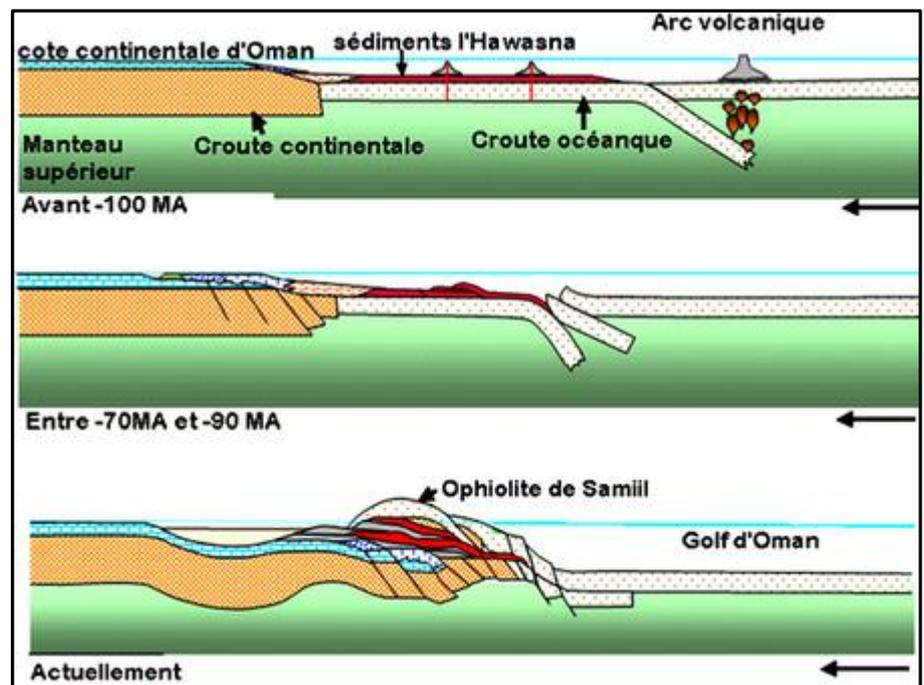
### ☞ Caractéristiques des zones d'obduction :

- ◆ **Complexe ophiolitique** (péridotite, gabbro, basalte en filons, Basalte en coussins et roches sédimentaires océaniques) sur de vastes étendues continentales.
- ◆ **Prisme d'accrétion** : accumulation des sédiments marins et continentaux écaillés et tectonisés en amont du complexe ophiolitique.
- ◆ **Structures tectoniques** : présence de plis et de failles inverses, chevauchement et nappes de charriage.

### ☞ Mécanisme de l'obduction

Sous l'action des forces compressives, la croûte océanique subit une faille inverse (grande cassure), suivie d'une subduction intra-océanique (fermeture de l'océan). La fermeture du domaine marin progresse, et rapproche la croûte continentale de la plaque plongeante de la zone de subduction.

Du fait de sa faible densité par rapport à la croûte océanique, la croûte continentale ne peut pas plus plonger sous la croûte océanique, cela entraîne le blocage de la subduction, et la poursuite des forces de compression pousse la lithosphère océanique à glisser par-dessus la croûte continentale, il y a élévation de reliefs et formation de chaîne montagneuse d'obduction.



### 3- Les chaînes de collision

#### ◆ Définition

Affrontement de deux plaques continentales avec raccourcissement et empilement de roches de la croûte et la disparition totale de l'ancien océan.

Ce phénomène entraîne la formation de chaînes de collision. Exemple : chaînes de l'Himalaya

#### ☞ Caractéristiques

- ◆ Des unités tectoniques déformées : plis, failles normales et inverses, chevauchements et nappes de charriage indiquant la poursuite de la compression entre les deux plaques continentales confrontées.
- ◆ Reliefs élevés et racine crustale profonde (discontinuité de Moho dépasse 60 Km de profondeur)
- ◆ La présence de l'andésite et de plutons de granodiorite indiquant une subduction ancienne précédant la collision.
- ◆ La présence possible de l'ophiolite montre qu'il y a eu obduction précédant la collision.

#### ☞ BILAN

La présence d'ophiolites et de sédiments marins témoignent donc de la présence d'un océan entre les deux plaques lithosphériques.

L'existence d'un prisme d'accrétion et la présence de granite de subduction témoignent de la disparition de cet océan par subduction.

Les chevauchements et les reliefs confirment l'hypothèse de la rencontre des deux plaques continentales indienne et eurasiatique lorsque la subduction est bloquée.

On déduit donc que l'Himalaya est une chaîne de collision précédée d'une subduction et obduction

#### ☞ Mécanisme de collision

Sous l'action des forces compressives, il y a subduction intra-océanique, ou subduction entre une plaque océanique et une continentale.

La poursuite de la compression entraîne une collision continentale qui se produit quand la croûte continentale portée par une plaque en cours de subduction océanique finit par arriver au contact du continent porté par la plaque chevauchante. Après la résorption de la croûte océanique, qui séparait les deux continents, une partie de la croûte continentale mobile va ainsi échapper à la subduction, et s'entasser par un processus d'écaillage contre le front de la plaque chevauchante accompagné de plis, failles, chevauchement et nappes de charriages. Il en résulte un raccourcissement et un épaissement du relief avec racine crustale profonde (équilibre isostatique) et formation de chaînes montagneuse de collision.

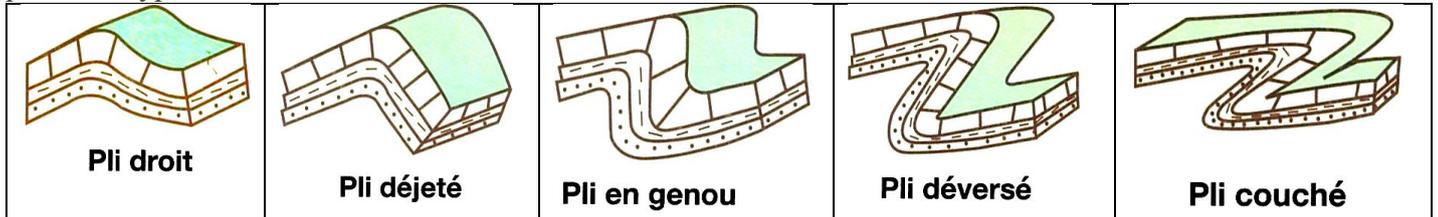
## ► Les différents types de déformations tectoniques dans les chaînes de montagne

Lors de la formation des chaînes de montagnes, les matériaux rocheux subissent différents types de déformations dus à des forces tectoniques.

### ► Types de déformations tectoniques.

#### 1- Déformations souples : plis

- Les **plis** sont des déformations souples et continues des couches rocheuses sous forme d'ondulation en saillie (anticlinal) ou en creux (synclinal). On distingue selon la position de l'axe du pli et le pendage, plusieurs types :



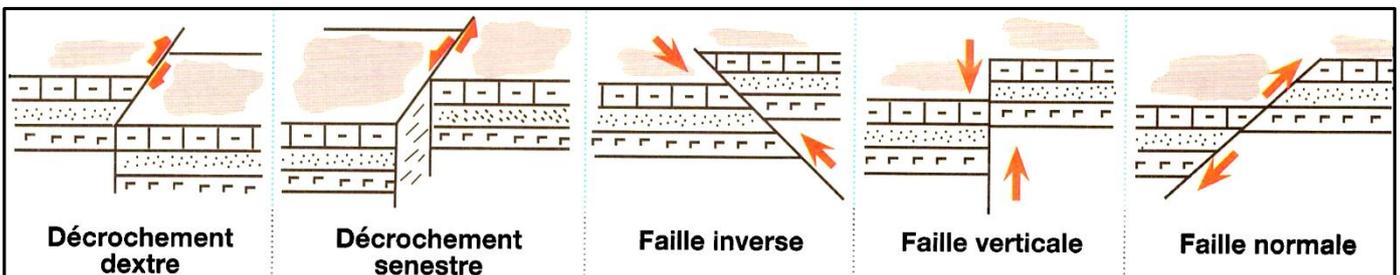
#### 2- Déformations souples : failles

**Les failles** sont des déformations cassantes discontinues avec déplacement relatif des deux compartiments formés de couches rocheuses. On distingue selon la nature de forces et du rejet de la faille plusieurs types :

- **Faille normale** correspond à un écartement des deux blocs du à des forces de distension. La combinaison de plusieurs failles normales entraîne un fossé d'effondrement appelé Graben.

- **Faille inverse** correspond à un rapprochement des deux blocs du à des forces de compression. La combinaison de plusieurs failles inverses entraîne un soulèvement appelé Horst.

- **Faille transformante** ou de décrochement correspond à un coulisage des deux blocs du à des forces latérales de directions opposées.



#### 3- Déformations intermédiaires

**Chevauchement** : déplacement horizontal de l'ordre de quelques Kilomètres d'une unité géologique au-dessus de l'autre par des forces compressives inégales.

**I- Définition**

Le métamorphisme est l'ensemble des transformations structurales et minéralogiques à l'état solide d'une roche préexistante (sédimentaire ou magmatique ou métamorphique), sous l'effet de la variation des facteurs physiques (pression et température).

**II- Les caractéristiques du métamorphisme**

**1- Facteurs du métamorphisme**

**Température**

Dans la lithosphère la température augmente avec la profondeur c'est le gradient géothermique qui est en moyenne de 25 à 30°C /km, il varie selon l'activité géologique de la zone.

**Pression**

Elle résulte de l'enfouissement (pression augmente avec la profondeur) des contraintes qui résultent des forces tectoniques et des fluides circulants dans les roches (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)

**2- Types de transformations métamorphiques**

**Structurales**

Elle affecte le mode d'agencement des minéraux dans la roche métamorphique, on distingue :

- ① **Schistosité** : Réarrangement des minéraux de roches en feuillets et aptitude au débitage facile
- ② **Foliation** : Accentuation de réarrangement des minéraux de la roche en bandes alternantes (claires et sombres) parallèles, distantes de quelques millimètres.

**Minéralogiques**

La transformation des minéraux préexistants en minéraux nouveaux grâce à des réactions chimiques sous l'effet de facteurs métamorphiques.  
Exemple : **Muscovite + Quartz ----- --> Feldspath potassique + Andalousite + H<sub>2</sub>O**  
Les transformations métamorphiques entraînent la disparition de certains minéraux et l'apparition de nouveaux minéraux plus stables. Il en résulte un changement de la composition minéralogique et structurale qui donne une nouvelle roche métamorphique.

**3- Notion de minéral indicateur, série et faciès métamorphiques.**

**Minéral indicateur (index)**

Minéral qui se forme dans des conditions précises de pression et de température, son domaine de stabilité est réduit. la présence de minéral indicateur dans une roche métamorphique témoigne' des conditions de sa formation.

**Série métamorphique**

Succession de roches métamorphiques issues d'une même mère (même composition chimique).  
Exemple :  
**Argile ---- --> Schiste ---- --> Micaschiste ---- --> Gneiss**

**Faciès métamorphiques**

Association déterminée de minéraux caractéristiques qui permet de définir les conditions de pression et de température qui régnaient lors de la formation de la roche métamorphique indépendamment de sa composition chimique

#### 4- Types de métamorphismes caractérisant les zones de convergence

Selon l'importance des facteurs métamorphiques (pression et température), on distingue trois types de métamorphismes.

Type de métamorphisme	Métamorphisme dynamique	Métamorphisme thermo-dynamique (général ou régional)	Métamorphisme thermique ou de Contact
Caractéristiques	haute pression et basse température	haute pression et haute température	haute température et basse pression
Zones Caractérisées par ce type de métamorphisme	zone de subduction	zone de collision	zone de subduction et zone de collision (auréole métamorphique ou cornéenne)
Séries métamorphiques	Basalte ou gabbro ----> Schistes verts ----> Schistes bleus ----> Eclogites	Argile ----> Schistes ----> Micaschistes ----> Gneiss	Schistes

### CHAPITRE 3 :

## *La granitisation et sa relation avec métamorphisme*

### I- Définition

Phénomène géologique résultant de la transformation suivie d'une fusion partielle de roches préexistantes à haute température et sous haute pression pour donner un granite.

On distingue deux types de granitisations

#### Granitisation dans les zones de subduction

Elle résulte de la fusion partielle de la péridotite (manteau supérieur). Ce magma se refroidit lentement et se cristallise entièrement lors de sa montée en donnant des roches granitiques à structure grenue sous forme de plutons intrusifs

*Granite d'anatexie*  
par refroidissement  
sur place et en  
profondeur

#### Granitisation dans les zones de collision

Elle résulte de la fusion partielle du gneiss (anatexie) donnant la migmatite et la fusion totale aboutissant à d'un magma granitique qui donne :

*Un granite intrusif*  
Par remontée par les  
fissures en profondeur

