

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

### I- Rappels

#### ► 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.

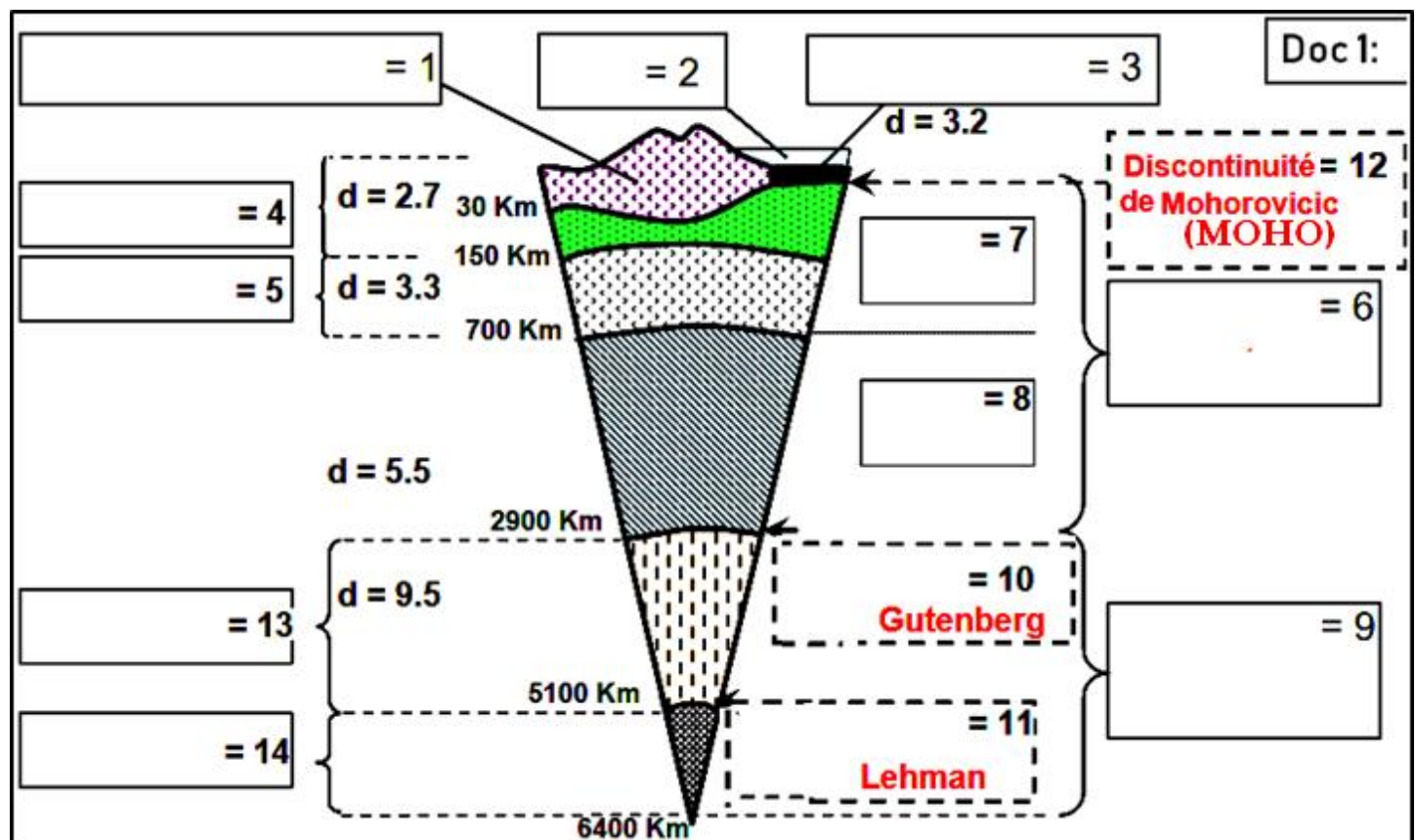
Commençons par sa composition :

- 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



1. A partir du texte suivant, légender le schéma de l'intérieur de la terre.

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

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

4- Bilan à compléter : La surface de la Terre est organisée en couches superposées.

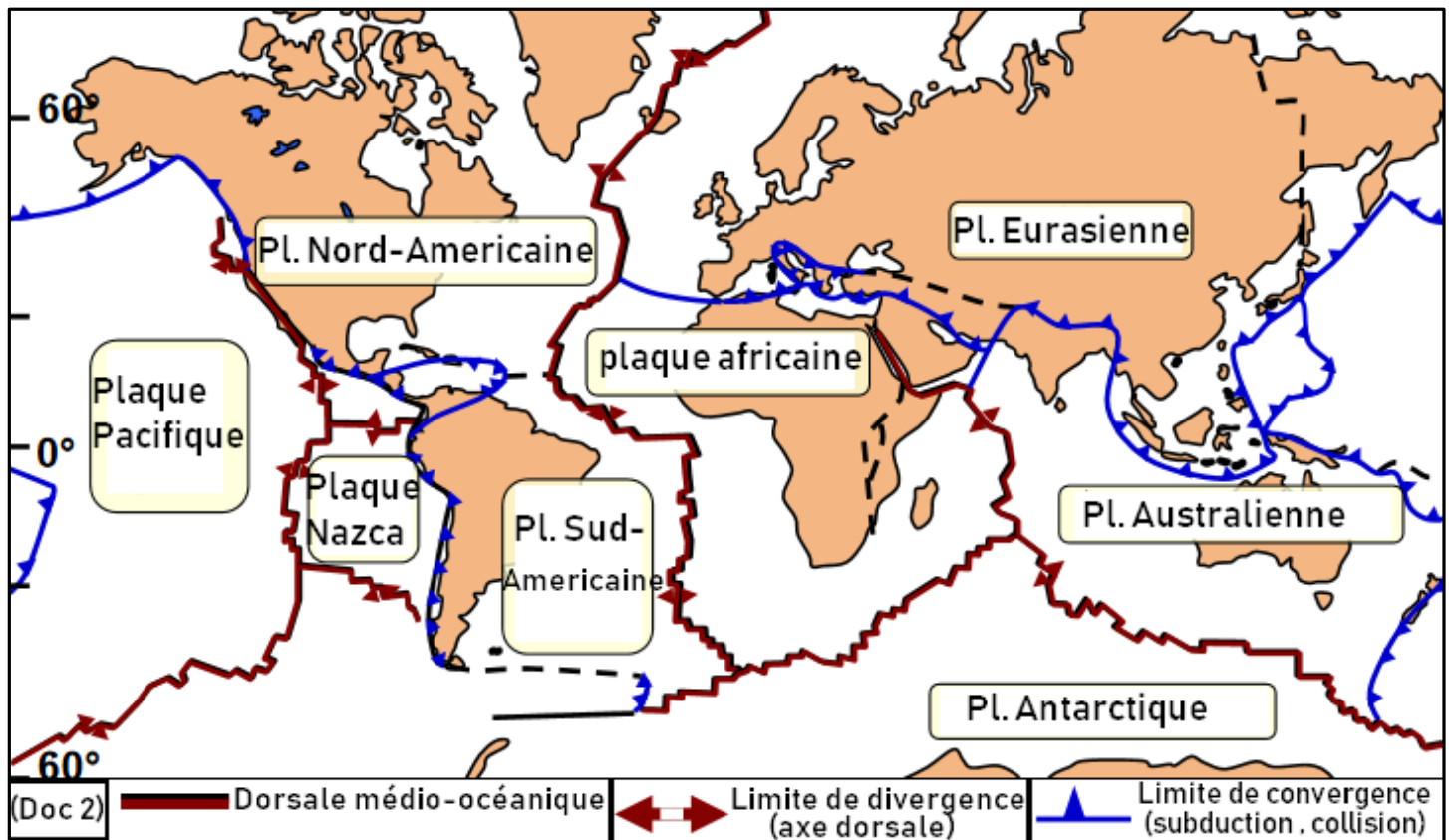
- La couche la plus externe se nomme la ..... Les roches qui la composent sont ..... Elle mesure environ ..... Km sous les océans et ..... km sous les continents.

- En dessous (de ..... km à 700 km) se trouve l'..... Les roches qui composent cette couche sont plus malléables mais restent .....

La lithosphère repose ainsi sur une couche de roches malléables ce qui permet le ..... des plaques lithosphériques

### ► Les plaques lithosphériques

La surface du globe est découpée en une douzaine de plaques lithosphériques (12 plaques) **de taille et de composition variables (Doc 2)**. En effet, une plaque lithosphérique peut être entièrement océanique (c'est le cas de la plaque -----) ou contenir à la fois des zones continentales et océaniques (comme la plaque -----)

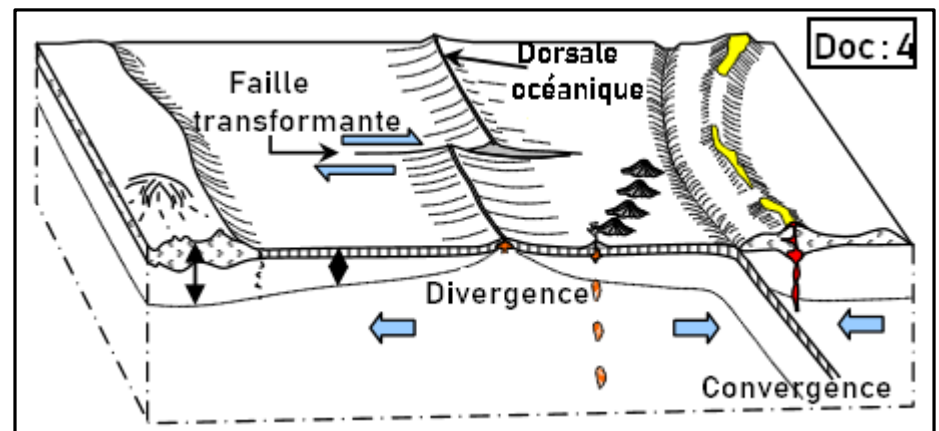
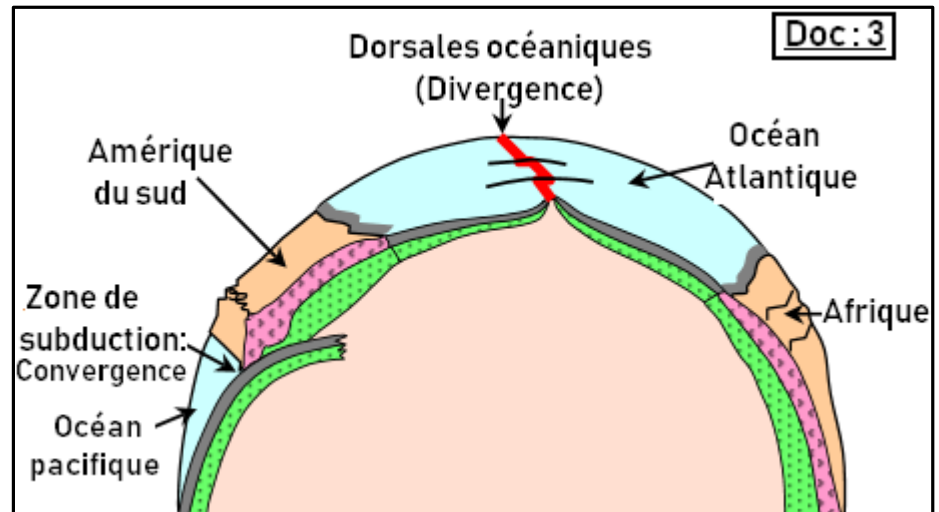


♦ Définissez la plaque lithosphérique et donnez ses caractéristiques ?

## ► 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 ?.



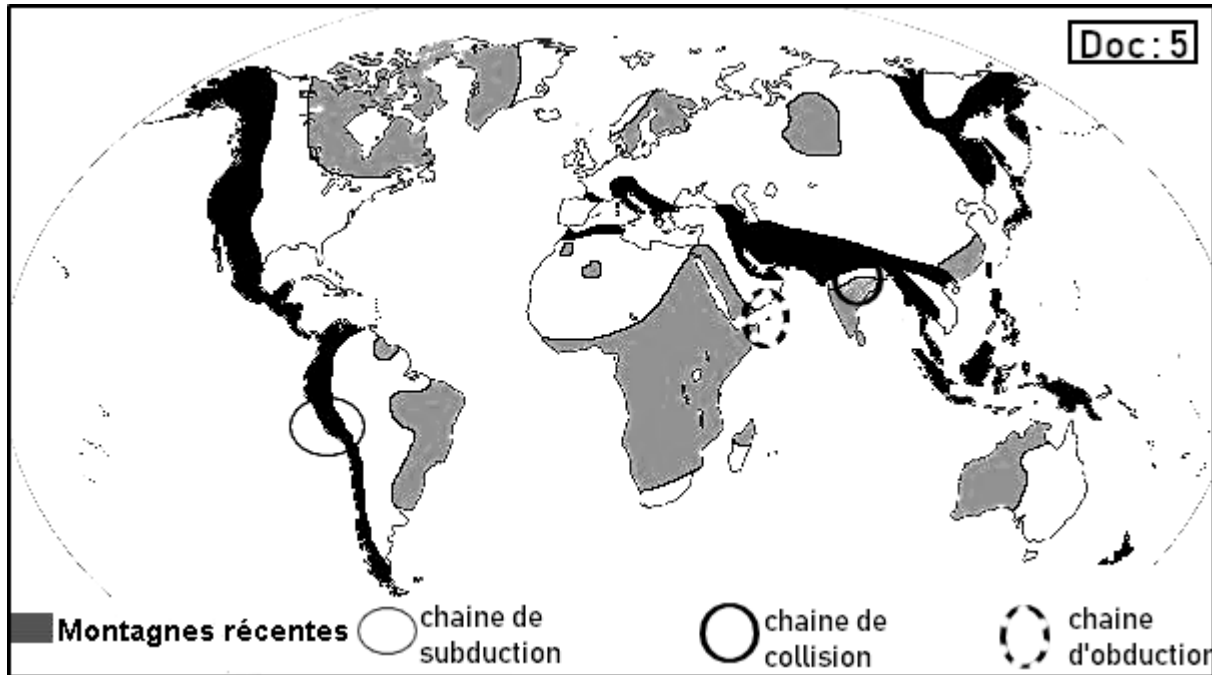
## ► L'emplacement des chaînes de montagnes récentes

Les chaînes de montagnes récentes (Doc 5) constituent des bandes étroites qui s'étendent sur des milliers de kilomètres, et dont l'altitude peut atteindre des milliers de mètres. Ces chaînes sont très actives sur le plan sismique. Ce sont donc des régions instables. Les chaînes de montagnes récentes se sont formées à la fin du Mésozoïque, et au début du Cénozoïque. Elles forment deux ceintures : Une ceinture Nord-Sud qui borde les

marges continentales actives autour de l'océan Pacifique (zone de subduction). L'autre ceinture est orientée Est-Ouest, et sépare la plaque eurasiatique et les plaques africaine et indienne (ceinture alpine).

La ceinture alpine s'étend du détroit de Gibraltar jusqu'en Indonésie.

Selon leur relation avec la dynamique des plaques lithosphériques qui interviennent dans leur formation, les chaînes de montagnes récentes se répartissent en trois catégories : Les chaînes de subduction ; les chaînes d'obduction ; et les chaînes de collision.



Situez sur la carte du document 5, les deux ceintures citées dans le texte ; et montrez leur relation avec la dynamique des plaques avoisinantes ?

---

---

---

---

---

---

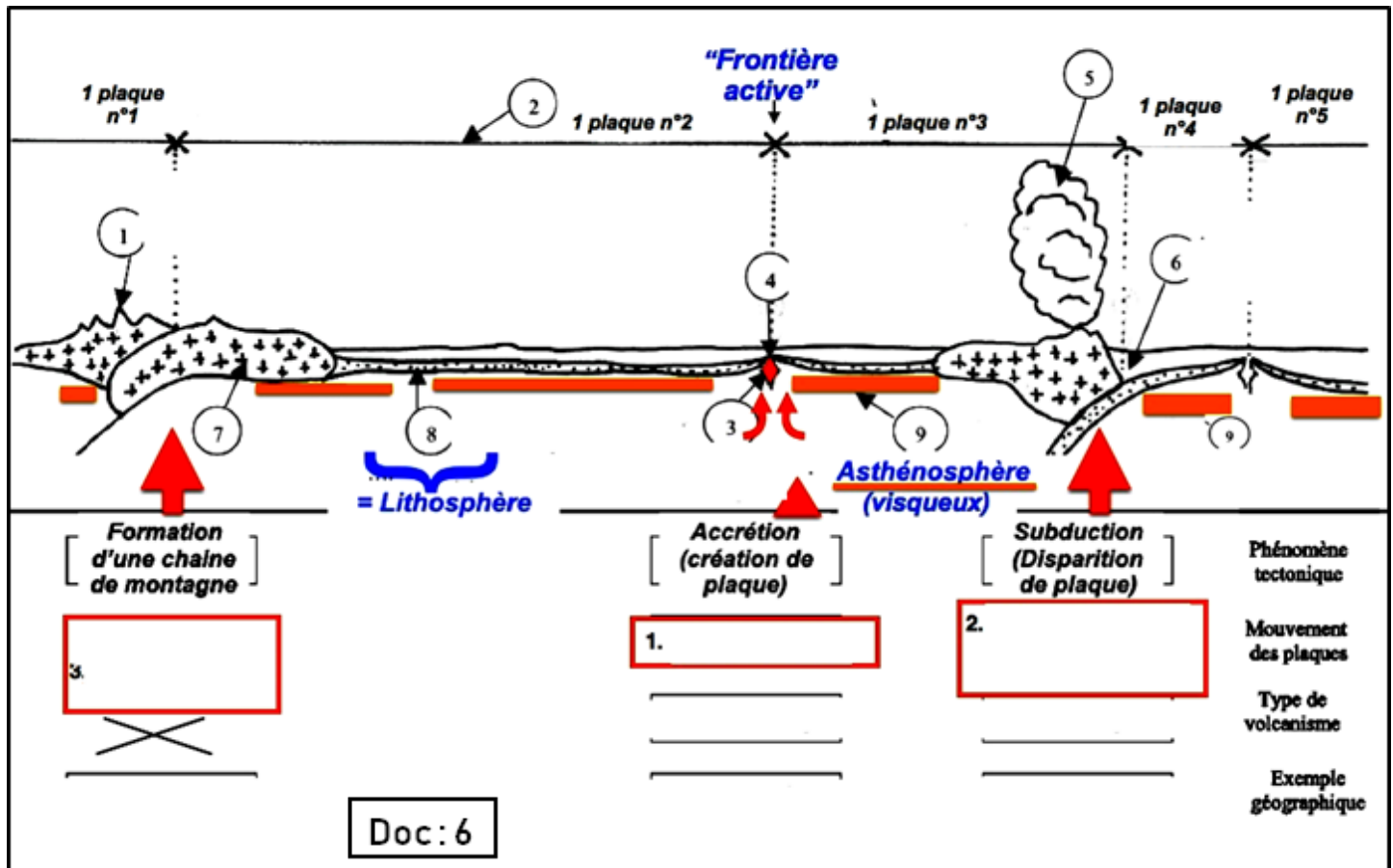
---

---

---

---

► *Légender le doc 6*



## II- Les différents types de déformations tectoniques dans les chaînes de montagne :

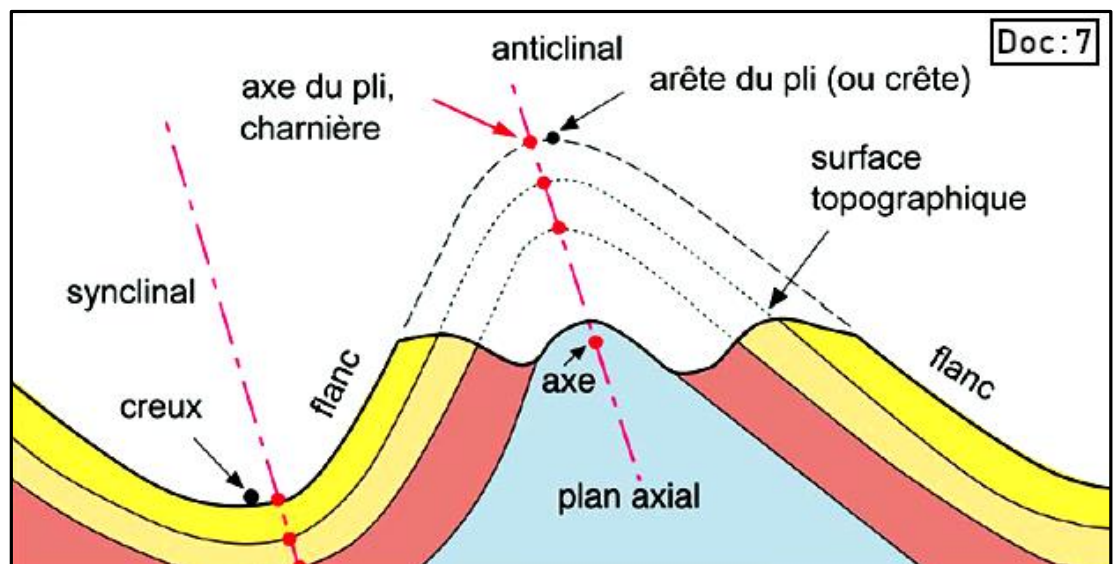
### 1- Les déformations souples continues ou ductiles : les plis

Les structures plissées résultent de déformation souple et se retrouvent exclusivement dans les roches sédimentaires. Un pli réunit deux parties dont une anticlinale et l'autre synclinal

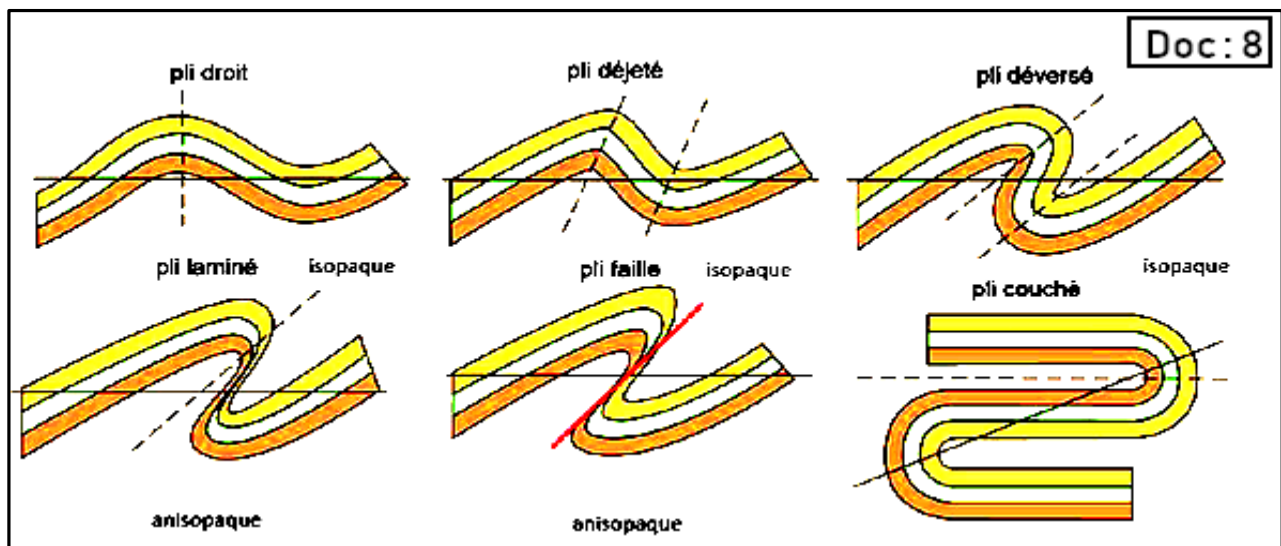
#### 1-1. Définition

1- D'après le document 7 donnez une définition aux plis ?

2- dégager les éléments d'un pli ?



## 1-2. Classification des plis



Si l'épaisseur des couches est conservée durant la déformation, le pli est dit isopaque (même épaisseur.) Pour caractériser totalement la forme d'un pli on ajoute à ce critère d'inclinaison, la notion d'étirement (ou laminage) des flancs pouvant conduire à la rupture de la continuité des couches entre deux axes de plis. Un pli dont les flancs sont étirés est dit anisopaque. Ainsi, le pli laminé est un pli déversé anisopaque. Le pli faille est un pli laminé dont l'étirement extrême des couches dans le plan axial a conduit à la rupture. Il en résulte l'apparition d'une faille inverse, d'où le terme de pli faille.

- Dégagez du document 8 les critères de base de la classification des plis

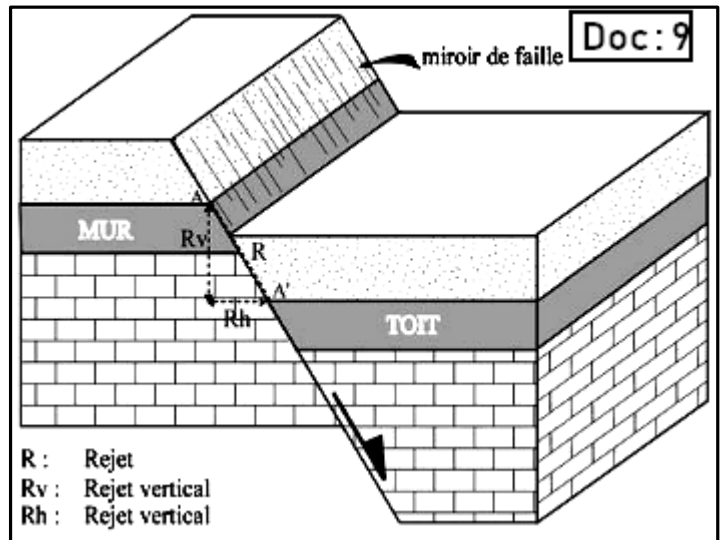


## 2- Les déformations discontinues : cassantes : les failles :

### 2-1. Définition

1- D'après le document 9 donnez une définition aux failles ?

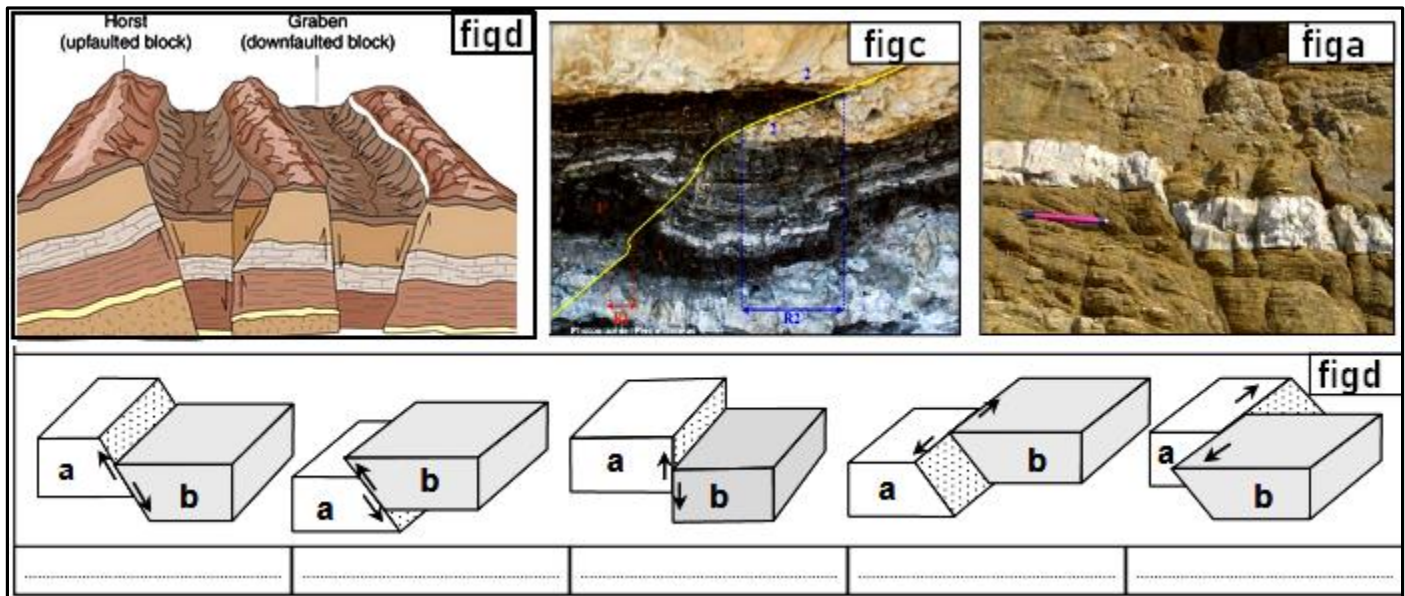
2- dégager les éléments d'une faille ?



### 2-2. Les types de failles :

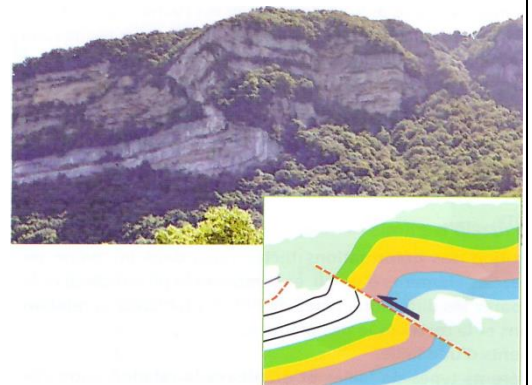
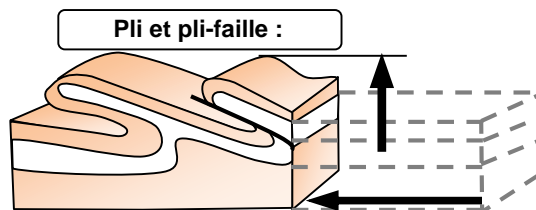
1. Décrire chaque type de faille et établissez la relation entre ces déformations et les contraintes tectoniques ?

2. Schématiser une faille normale et autre inverse

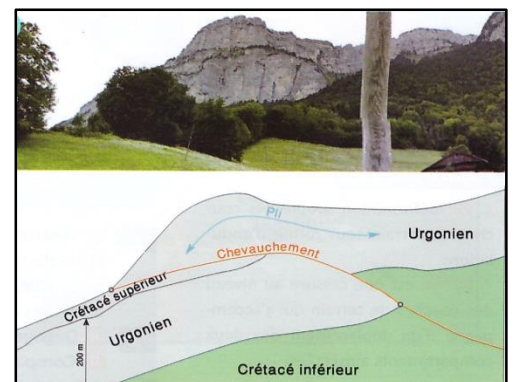
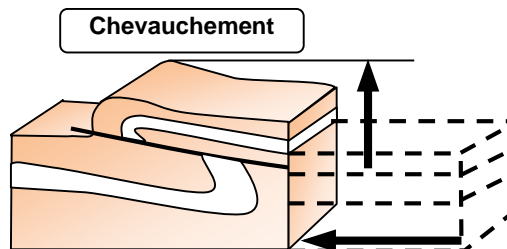


### 3- Les déformations intermédiaires : chevauchement et nappe de charriages :

Doc 11 : **Pli-faille et son interprétation** : pli déversé dont le flanc court est rompu. Cette rupture du flanc court résulte du déversement du pli, qui soumet ce flanc à un étirement, du fait que le pli anticlinal, supérieur, avance par rapport au synclinal sur lequel il se déverse.



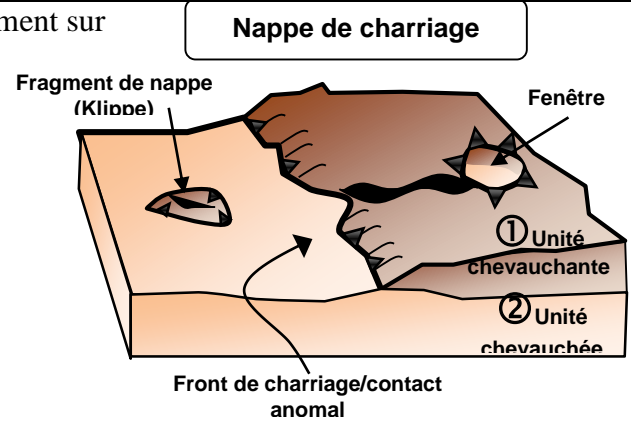
Doc 12 : **Chevauchement dans les Alpes avec schéma interprétatif** : d'une manière générale, les déformations tectoniques dans les chaînes de montagnes sont complexes et associées. Dans ce cas, l'association d'un pli et d'une faille a donné un chevauchement.





**Doc 13 :** Lorsqu'un chevauchement provoque le recouvrement sur une longue distance d'un terrain (resté sur place) par une nappe de charriage, ce terrain est qualifié d'autochtone alors que les unités charriées sont qualifiées d'allochtones.

① allochtone, ② autochtone,



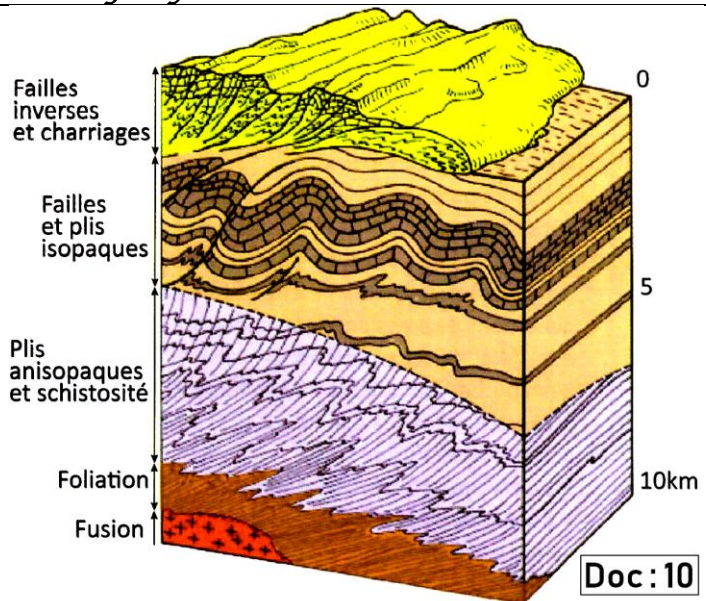
#### 4- Répartition des déformations selon la profondeur

On se basant sur le document 10 ; Compléter les phrases suivant :

◆ Les déformations des roches diffèrent selon leur structure et leur position dans la lithosphère. Ces déformations peuvent être ----- à la surface (plis isopaques, failles et charriages) ou ----- en profondeur (Plis anisopaques et schistosité)

◆ Anticlinal d'un pli isopaque (déformation souple) dans les alpes causé par des contraintes tectoniques -----.

◆ Plis anisopaques accompagnés de schistosité témoignant d'une déformation ductile en profondeur.



*Bilan :*

---

---

---

---

---

---

---

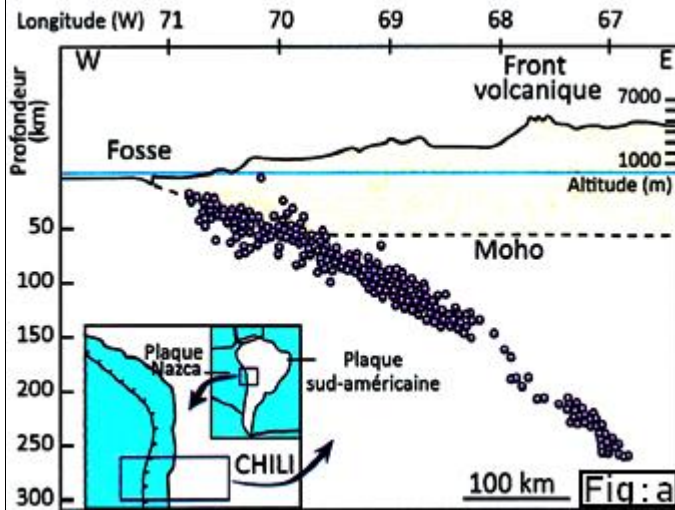
---



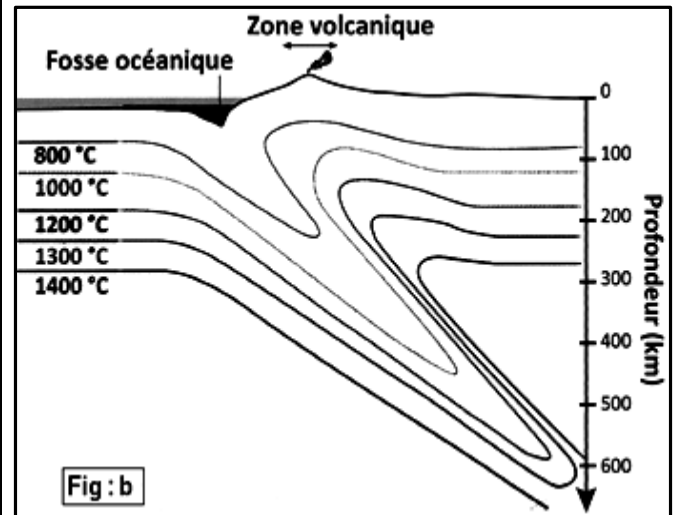
### **b. Données géophysiques :**

**Doc 14: Répartition des séismes et anomalies thermiques au niveau des zones de subduction**

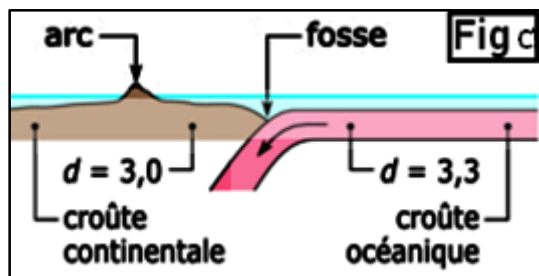
Répartition des foyers sismiques : Dans les zones de subduction, les foyers sismiques sont répartis dans un volume peu épais, assimilable à un plan incliné : plan de Bénéioff. Ce plan part à l'aplomb de la fosse océanique et s'enfonce sous le continent.



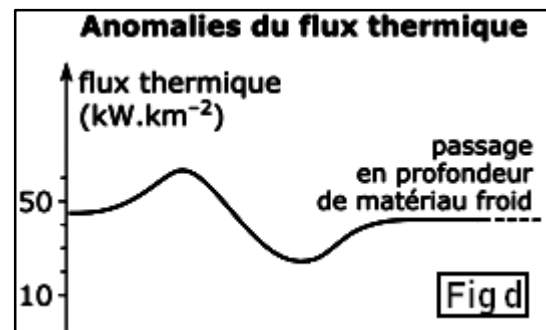
Modèle des isothermes en zone de subduction : En utilisant les mesures de flux thermique au niveau des zones de subduction, les géophysiciens proposent un modèle des variations de températures en profondeur.



## La Densité de la lithosphère océanique et celle de la lithosphère continentale



La fig d montre la variation du flux thermique (quantité de chaleur qui se propage dans une unité de surface et par unité du temps) au niveau de la zone de subduction



- 1- Décrire à partir de la répartition des foyers sismiques ?
- 2- décrire les anomalies thermiques observées au niveau de la zone de subduction et donner une explication au d'anomalie thermique négative le long du plan de subduction ?
- 3- on s'appuyant sur la figure (c) décrire la densité des croutes au niveau de la zone de la subduction ?
- 4- donner une interprétation avec schéma explicatif ?

---

---

---

---

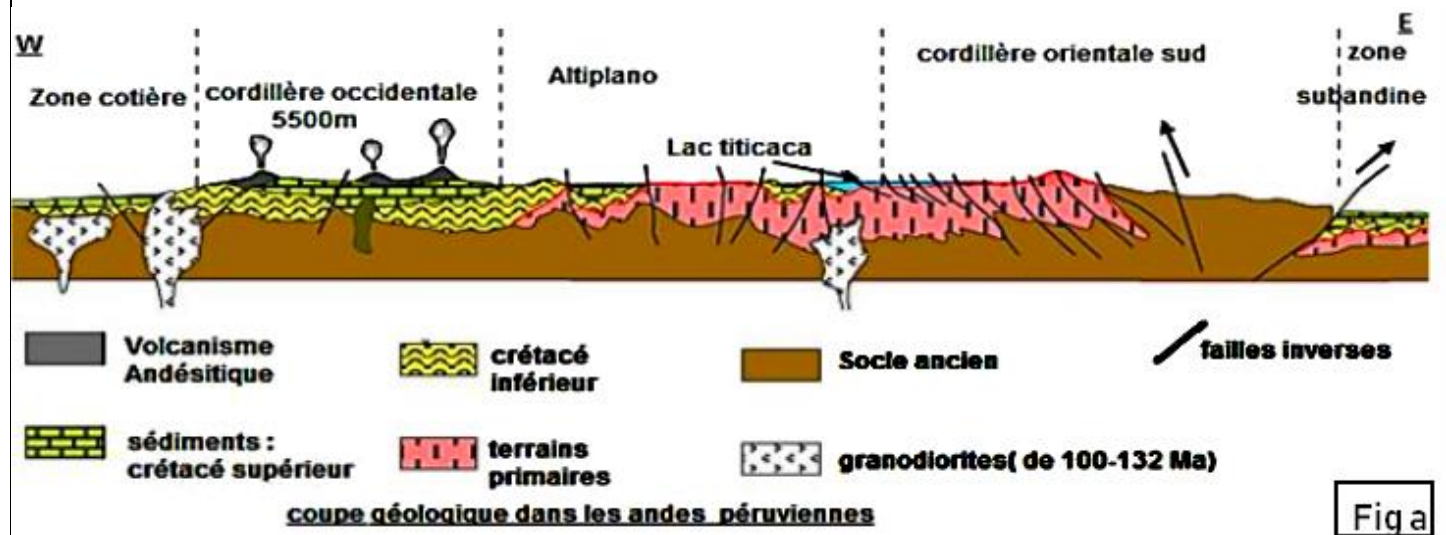
---

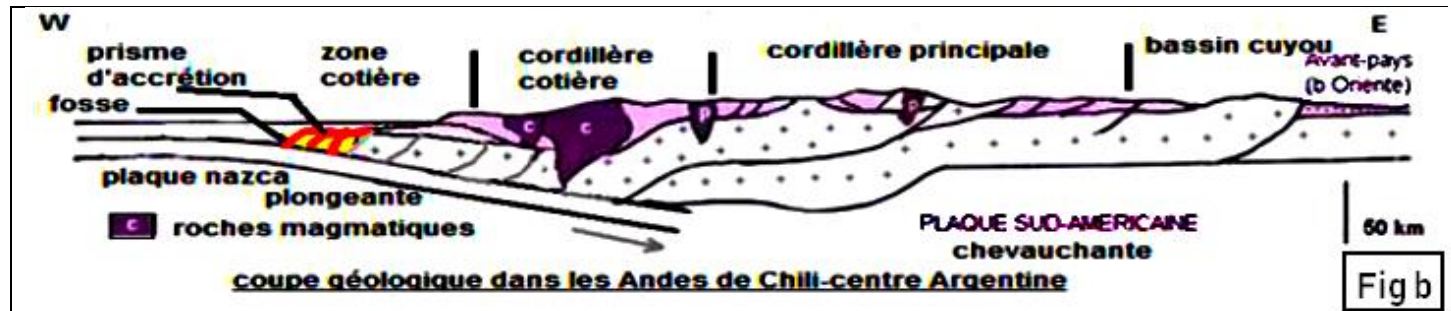
---

## 2- Les caractéristiques tectoniques et pétrographiques :

### a- analyse de coupe géologique :

**Dac 15:** coupes géologiques l'une dans les Andes péruviennes (fig a) et l'autre dans les Andes de Chili-centre (fig b) qui représentent quelques caractéristiques tectoniques et pétrographiques propres aux chaînes de subductions.





1- A partir de l'analyse des coupes géologiques dégagez les caractéristiques (marqueurs) tectoniques et pétrographiques des zones de subductions ?

2- sachant que le prisme d'accrétion est une structure géologique caractérisée par l'Accumulation des terrains océaniques superficiels qui, ne passant pas dans la subduction. Par une série de schémas expliquez comment se forme le prisme d'accrétion ?

**b- Caractéristiques pétrographique des roches magmatiques associées aux chaînes de subduction :**

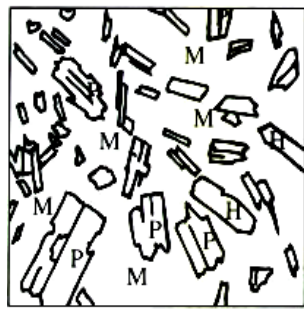


**Doc 16 :** L'étude des échantillons de roches prélevées dans une zone de subduction, et des lames minces correspondantes observées au microscope polarisant donne des informations sur la nature et la taille des minéraux présents dans les roches, la structure de la roche. La nature des minéraux nous donnera une indication sur la composition chimique du magma. Suivant la structure de la roche, on aura des informations sur les conditions de refroidissement du magma à l'origine de ces roches et donc on en déduira la localisation de la formation de la roche.

♦ Si on observe une structure grenue (roche entièrement cristallisée et minéraux visibles à l'œil nu), le magma à l'origine de la roche aura refroidi lentement, en profondeur. La roche sera qualifiée de roche magmatique plutonique.

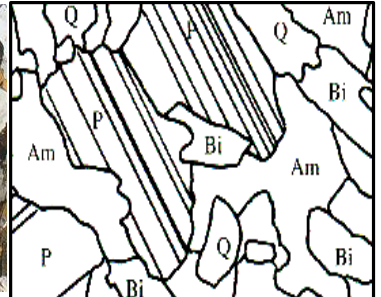
♦ Si on observe une structure microlithique (présence de verre, de petits cristaux en forme de baguette=microlithes, et parfois de quelques phénocristaux), le magma à l'origine de la roche aura refroidi rapidement, en surface. La roche sera qualifiée de roche magmatique volcanique.

### L'andésite : lame mince et croquis d'interprétation



P : feldspaths plagioclases ; H : hornblende (amphibole) ;  
M : verre + microlites

### La granodiorite : lame mince et croquis d'interprétation



**Q** : quartz ; **P** : feldspath plagioclase ; **Am** : Amphibole (minéral hydraté); **Bi** : biotite (= mica noir)

- comparer la structure et la composition minéralogique des échantillons et lames minces proposées
- faire le lien entre structure de la roche et vitesse de refroidissement
- faire le lien entre vitesse de refroidissement et localisation des roches étudiées
- faire le lien entre composition minéralogique et origine magmatique des roches

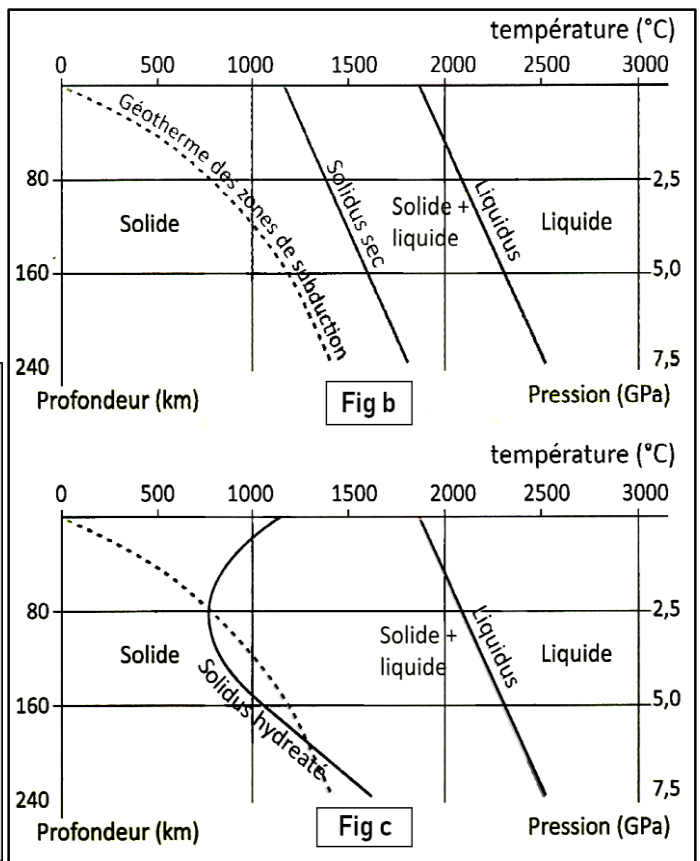
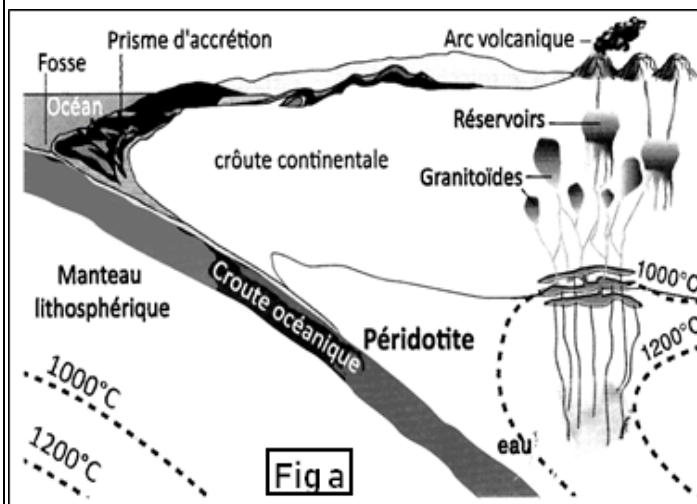
## Réponses

[illegible]

## Conclusion

### c- L'origine du magma des zones de subduction :

**Doc 17 :** Conditions expérimentales de la fusion partielle de la péridotite : les diagrammes ci-contre représentent l'évolution de la température en fonction de la profondeur à la verticale de l'arc magmatique d'une zone de subduction. La courbe du solidus représente les conditions de température et de pression de début de fusion partielle de la péridotite en milieu sec (fig b) et en milieu hydraté (fig c).



#### Terminologie :

- **Gradient géothermique ou géotherme** : désigne l'évolution et l'augmentation de la température en fonction de la profondeur et il varie selon les régions en moyen  $3.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$
- **Solidus** : courbe séparant le domaine où n'existe que du solide de celui où coexistent solide et liquide. (À température croissante, croiser le solidus revient à initier une fusion partielle).
- **Liquidus** : courbe séparant le domaine où coexistent solide et liquide de celui où n'existe que le liquide (fusion totale).

1- d'après la figure (a) dégagez les conditions de fusion partielle de la péridotite au niveau des zones de subduction

2- D'après le document 17 comment explique-t-on la fusion partielle de la péridotite au niveau de la zone de subduction ? puis le devenir du magma andésitique ?

## Réponses

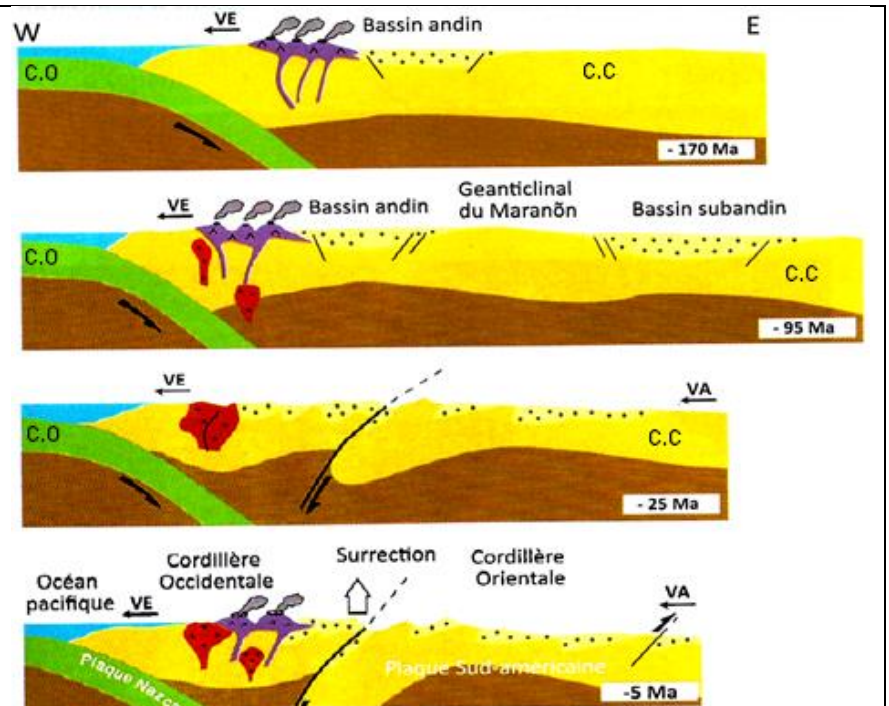
# 1- Reconstitution des étapes de formation d'une chaîne subduction

## a- Exercice intégré

**Doc 18 :** Evolution géodynamique des Andes nord péruviennes (subduction océanique). croûte océanique (CO), croûte continentale (CC).

Les flèches figurent les vitesses de déplacement ; VE : extension induite par la subduction océanique sur la bordure de la plaque Amérique du Sud (subduction érosion), VA : vitesse de déplacement du continent Sud-américain. A partir de 30Ma  $VA - VE > 0$ , la subduction continentale commence à fonctionner, les Andes orogéniques se construisent.

(Bourgeois et Janjou, 1981).



1- complétez la légende du modèle explicative présenté dans la figure b

2- a- Dégagez les évènements qui ont conduit à la formation de la chaîne de subduction.

b-Décrivez la structure de la chaîne de subduction et mettez en relation la genèse de cette chaîne et la

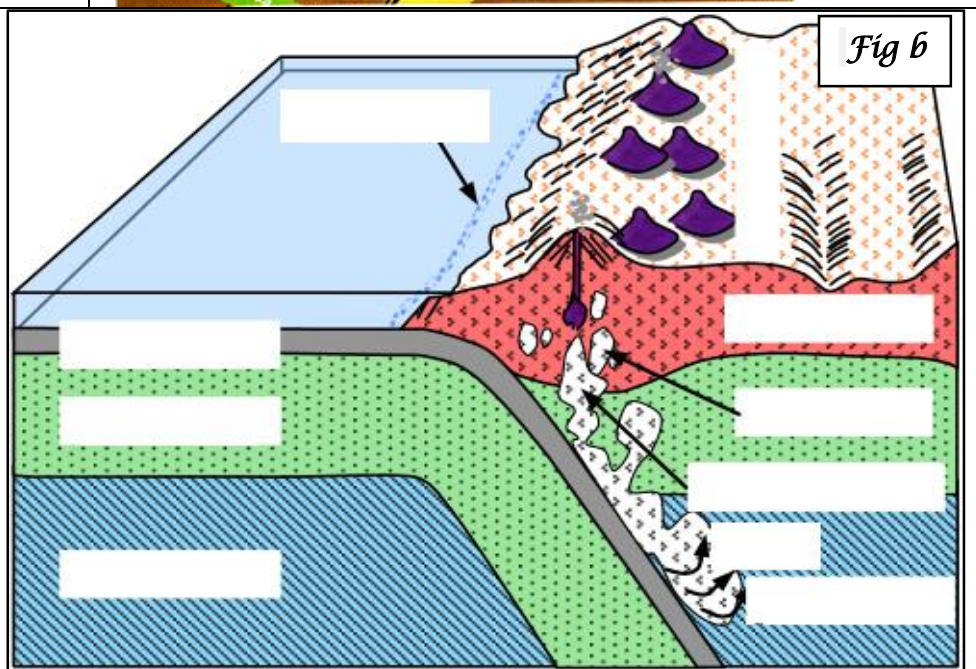


Fig 6



## I- Les chaînes d'obduction

### 1- Généralités

Le rapprochement des plaques lithosphériques se traduit aussi par la surrection de chaînes de montagnes d'obduction caractérisées par le chevauchement de la croûte océanique sur le continent.

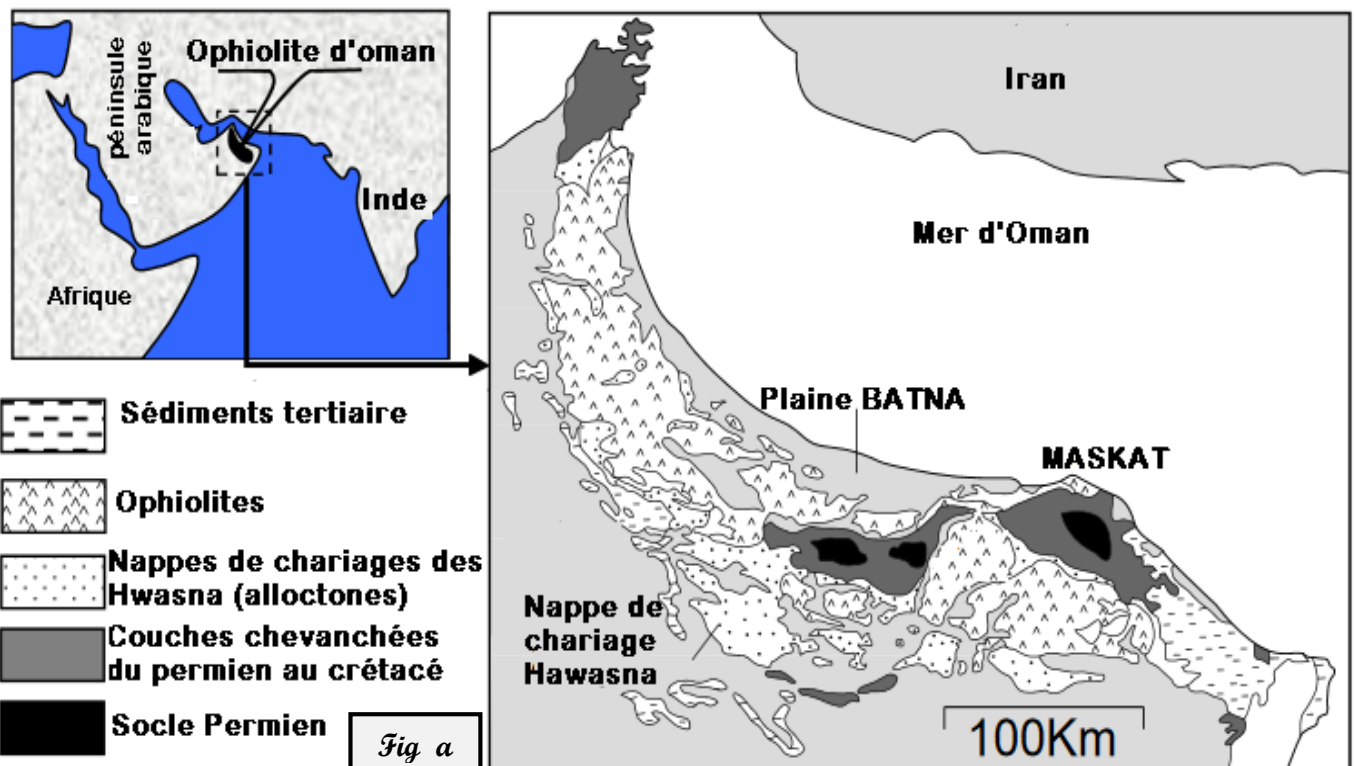
**Question :** quelles sont les caractéristiques structurales et pétrographiques de ces chaînes ?

### 2- Les caractéristiques structurales pétrographiques des chaînes d'obduction :

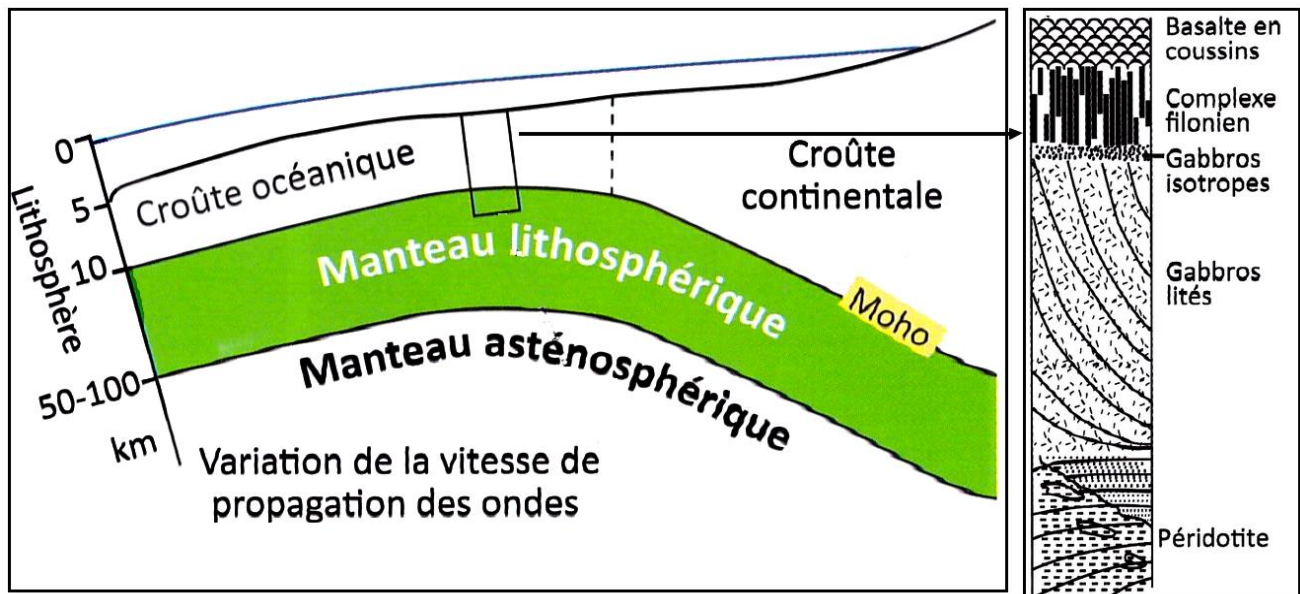
#### a. Exercice intégré :

*Doc 19 : la chaîne d'Al Hajar*

Le document 19 présente la localisation de la chaîne d'Al Hajar «montagnes de pierre» avec ses ophiolites. Il s'agit de la plus importante chaîne montagneuse de la péninsule Arabe.



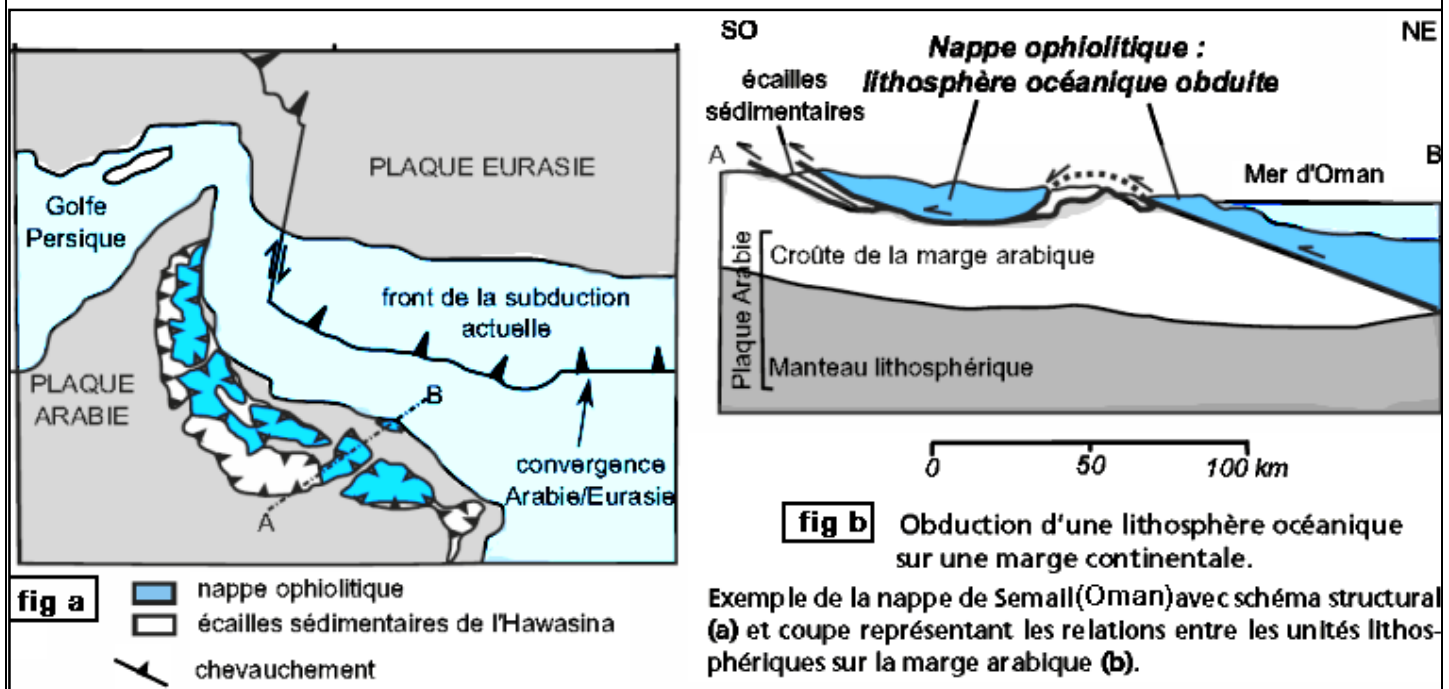
**Fig b :** L'ophiolite d'Oman se caractérise par la surrection de la discontinuité de Moho qui existe normalement à une profondeur qui dépasse 5 km. La figure (b) présente certaines caractéristiques pétrographiques de la lithosphère océanique.



1- Décrivez la répartition de la chaîne d'Al Hajr et dégagez les caractéristiques (marqueurs) structuraux et pétrographiques de cette chaîne ?

**Doc 20 :** Obduction d'une lithosphère océanique sur une marge continentale :

Exemple de la nappe de Samail (Oman) avec schéma structural et coupe (A-B) représentant les relations entre les unités lithosphériques sur la marge arabique.



2-On se basant sur le document 20 ; dégagez les événements qui ont conduit à la formation de chaîne d'obduction d'Oman

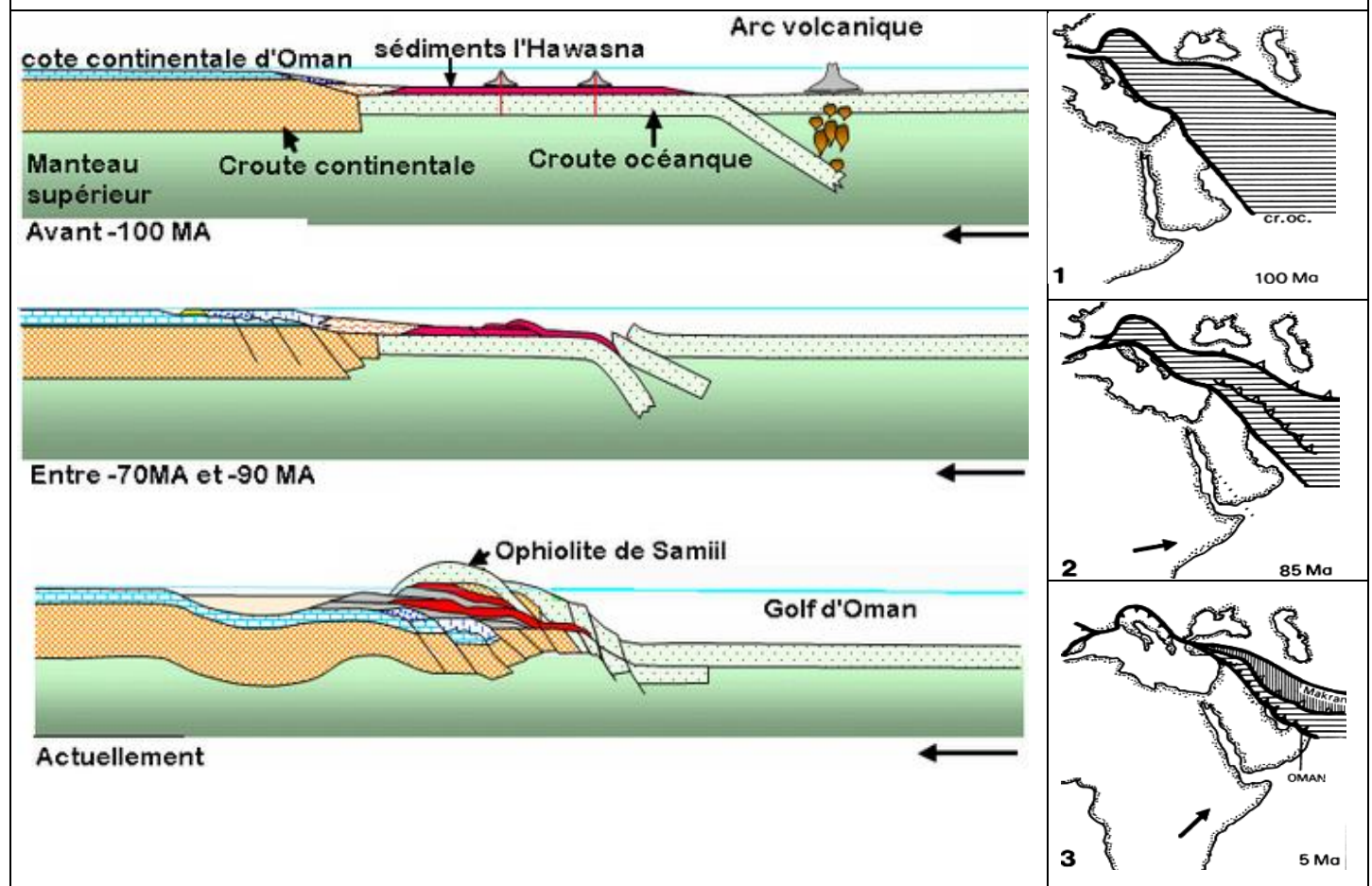


### 3- Les étapes de la formation des chaînes de montagnes d'Oman :

#### Doc 21 : Evolution de la chaîne d'Al Hajar à Oman

Les schémas qui suivent illustrent les grandes étapes de la formation de la chaîne de montagnes d'Al Hajar à Oman.

Décrivez la genèse de cette chaîne de montagnes et sa relation avec la tectonique des plaques ?



## II- Les chaînes de collisions : Himalaya

Le rapprochement des plaques lithosphériques se traduit aussi par la surrection de chaînes de montagnes de collision caractérisées par la confrontation de deux plaques lithosphériques continentales.

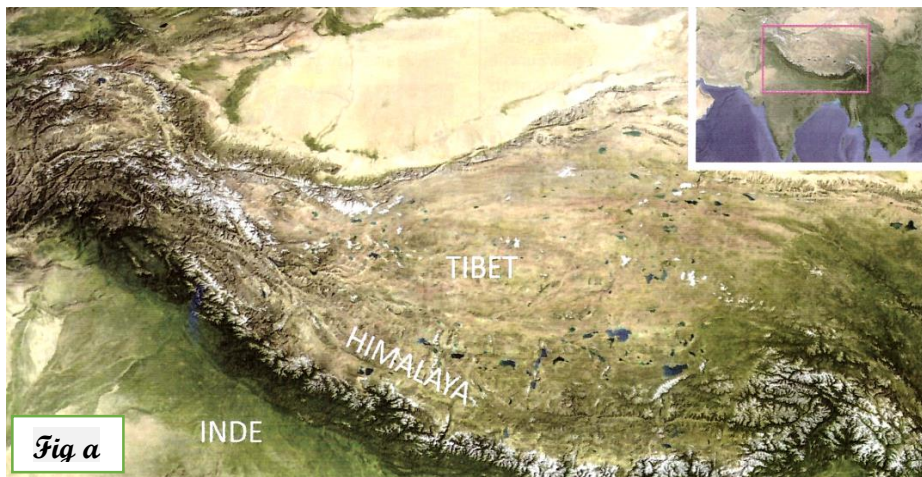
♦ Quelles sont les caractéristiques structurales et pétrographiques de ces chaînes de montagne ?

### 1- Les caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne de collision : Exemple Himalaya :

#### a. Caractéristiques structurales :

**Doc 22 :** C'est un ensemble de chaînes de montagnes s'étirant sur plus de 2 400 km de long et large de 250 à 400 km, qui sépare le sous-continent indien du plateau tibétain dans le sud de l'Asie (fig a). Elle couvre une aire d'environ 600 000 km<sup>2</sup>.

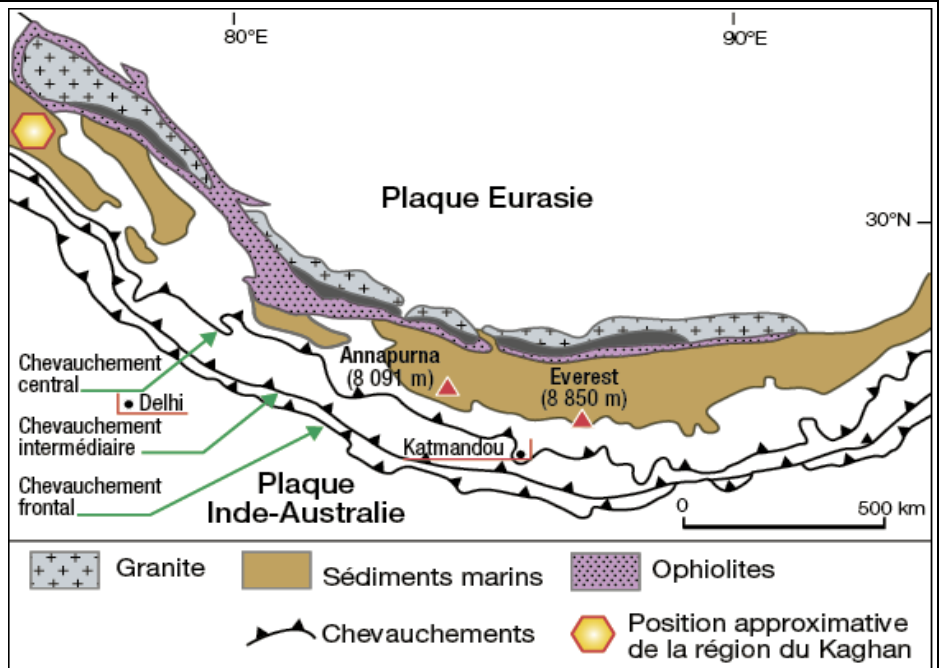
L'Himalaya abrite 14 sommets de plus de 8000 m d'altitude dont l'Everest qui culmine à 8 850 m.



#### Fig b : Carte géologique simplifiée de la région himalayenne

Décrivez la localisation de l'Himalaya ainsi que ces caractéristiques morphologiques.

#### Réponses :



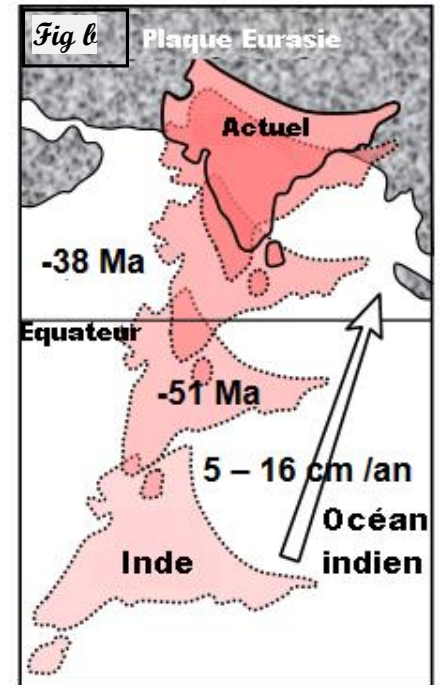
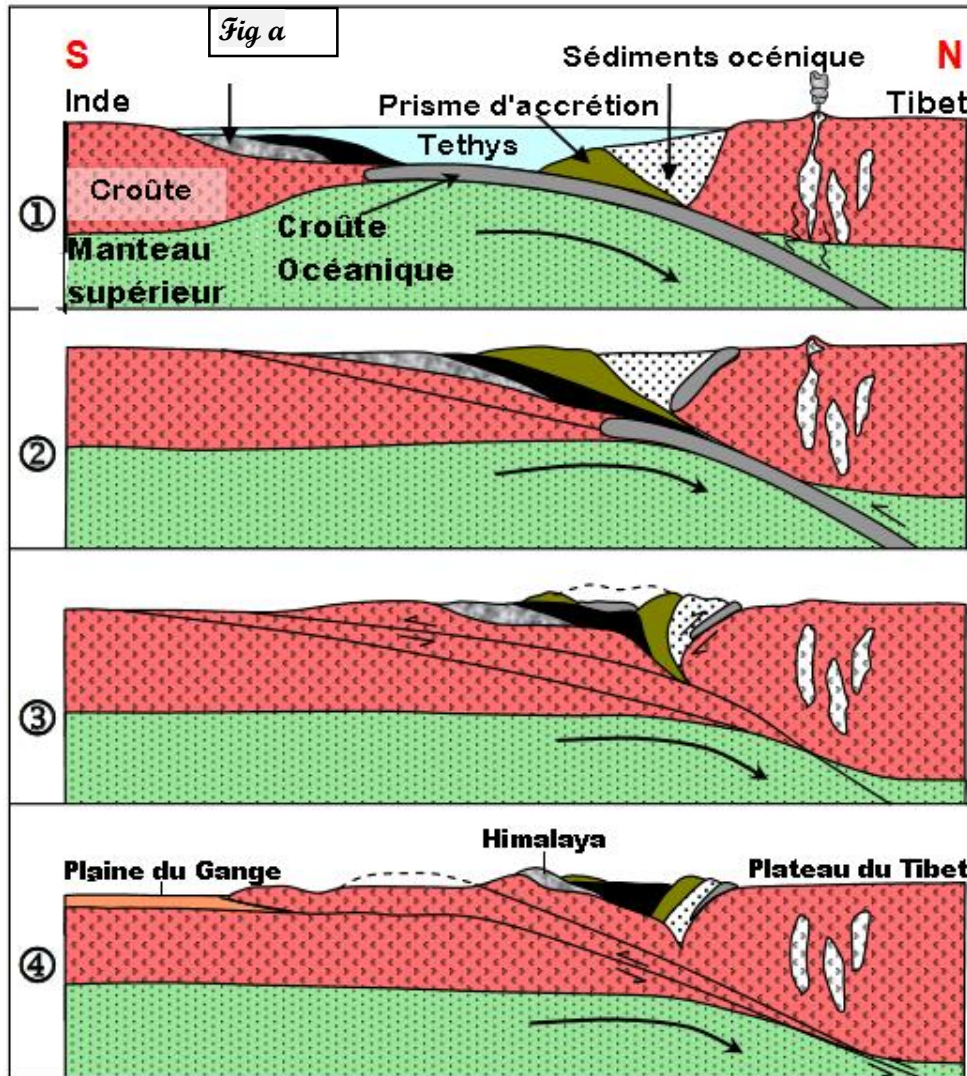




## 2- Les étapes de formation des chaînes de collision et leur relation avec la tectonique des plaques :

### a. Etapes de formation :

**Doc 24 :** La chaîne de l'Himalaya renferme des sédiments marins et des structures tectoniques indicatrices de grandes compressions. Le document suivant présente un modèle explicatif de la formation de cette chaîne de montagnes



Apartir de ces analyses précédentes et des données des fig (a) et (b) ; décrire la genèse de la chaîne de montagnes de l'Himalaya ?

*Réponses*