

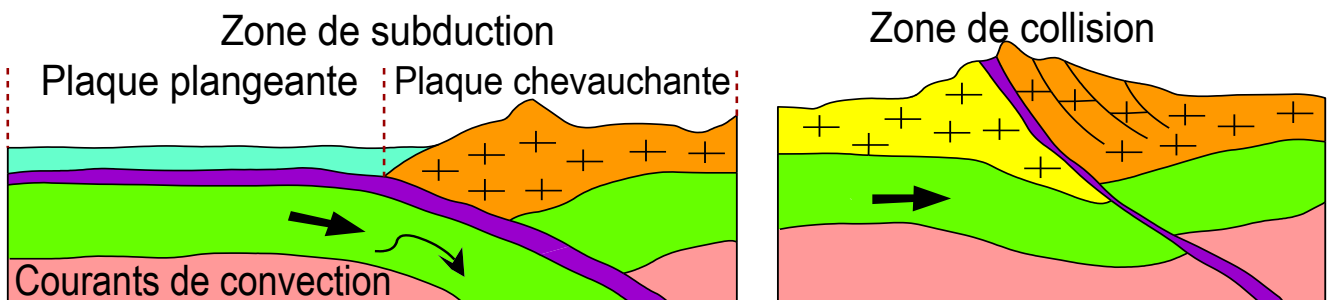


Les phénomènes géologiques accompagnants la formation des chaînes de montagnes et leurs relations avec la tectonique des plaques

2^{ème} année bac Sciences expérimentales
Série sciences physiques et sciences de la vie et de la terre
Section internationale, option langue Française

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ ۖ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ ۚ إِنَّهُ حَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾
سورة النمل الآية (88)

☞ A voir les montagnes, tu les crois immobiles, alors qu'elles défilent comme des nuages. C'est là l'œuvre d'Allah qui a ordonné toutes choses dans les meilleures conditions. Il est parfaitement au courant de tout ce que vous faites ☞ Verset 88 de sourate an namle.



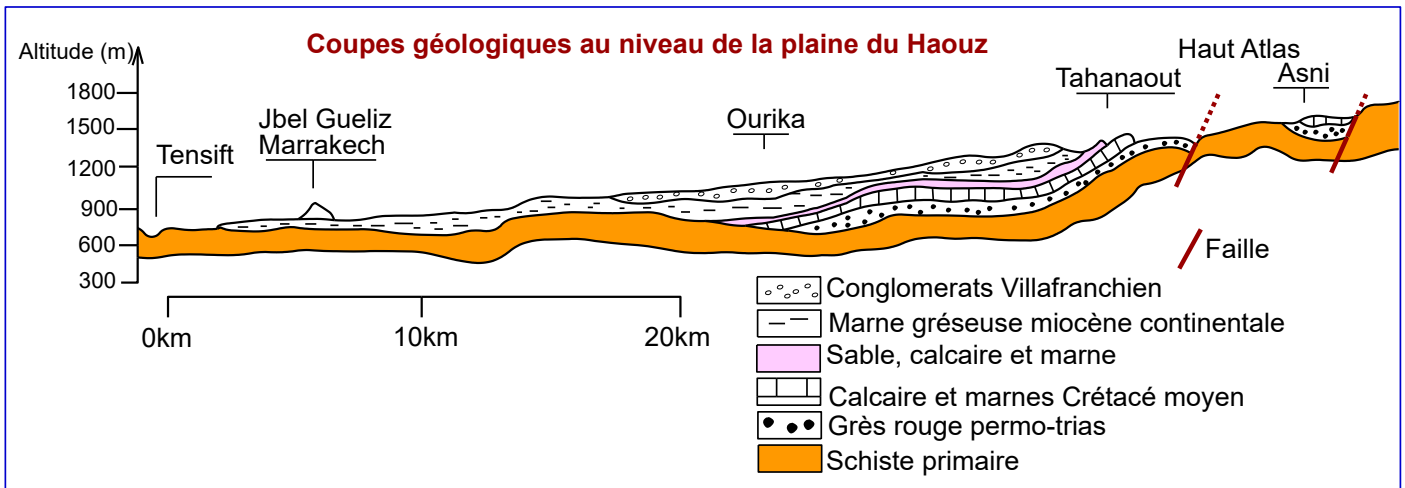
Proposé par : Prof Khadija Zekrite

Nom de l'élève : -----

Année scolaire : 2025/2026

Introduction

Lors d'une promenade au niveau de la région du Haouz (**chaîne montagneuse du haut Atlas du Maroc**), on observe, des paysages impressionnants : sommets élevés, roches plissées, failles visibles, et parfois des fossiles marins retrouvés à plusieurs milliers de mètres d'altitude. Par ailleurs, cette région a connu le 8 Septembre 2023 un séisme intense de magnitude **6,8 à 6,9** sur l'échelle de Richter.



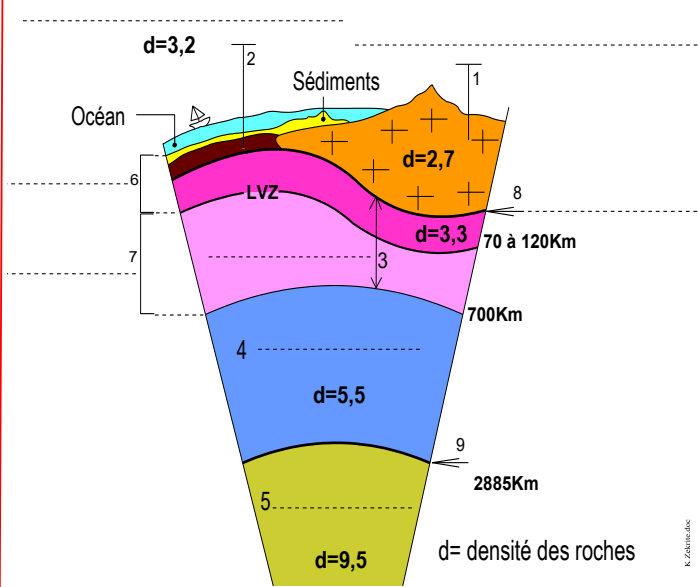
Problématique

Plan de l'unité :

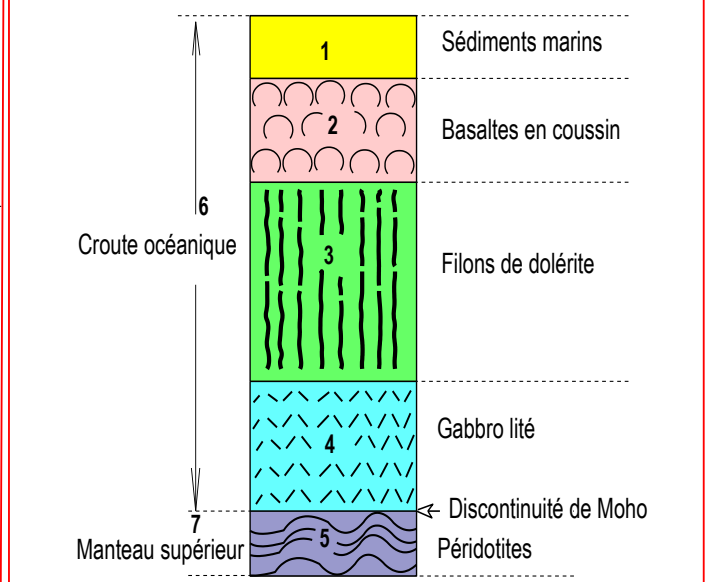
- Se rappeler les acquis antérieurs
- **Chapitre 1** : Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques.
- **Chapitre 2** : Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques.
- **Chapitre 3** : Le granitisme et sa relation avec les roches métamorphiques.



Doc 1: Schéma d'une portion de la structure interne de la terre



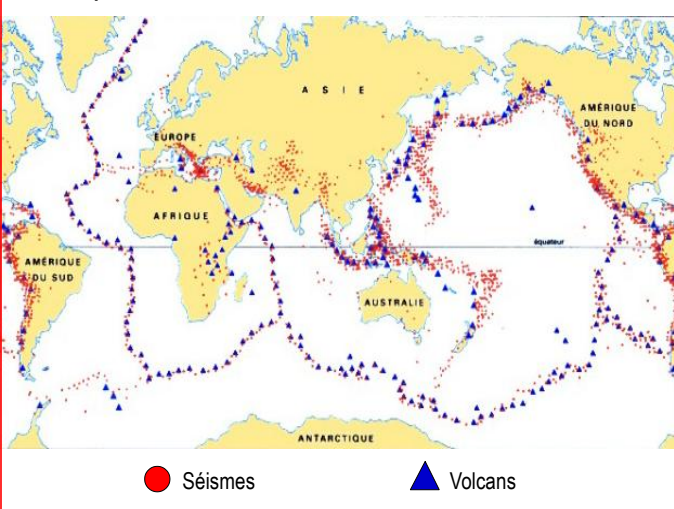
Doc 2: Schéma d'une coupe simplifiée de la lithosphère océanique



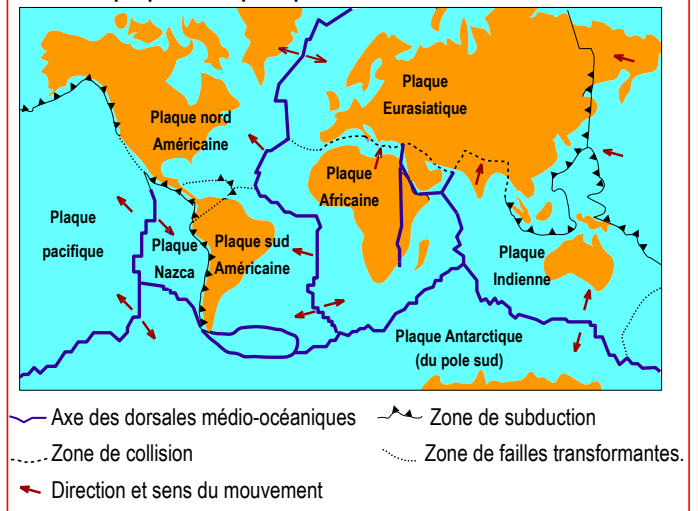
- **Le globe terrestre** est constitué de plusieurs couches de nature pétrographique (rocheuse) et de densité différentes (doc 1). Toutes les couches sont rigides (صلبة), à l'exception du noyau externe qui est liquide, et l'asthénosphère qui est ductile (molle, souple مرنة لدنة).
- **La croute continentale** est la partie superficielle (السطحية) des continents, elle est composée essentiellement de granite. Son épaisseur varie entre 15 km sous les plaines à plus de 70 km sous les montagnes.
- **La croute océanique** constitue le plancher (أرضية) des mers et des océans, elle est de nature basaltique, composée de basalte, de dolérite et du gabbro.
- **La lithosphère** :

III/ Notion de plaque tectonique et théorie des plaques :

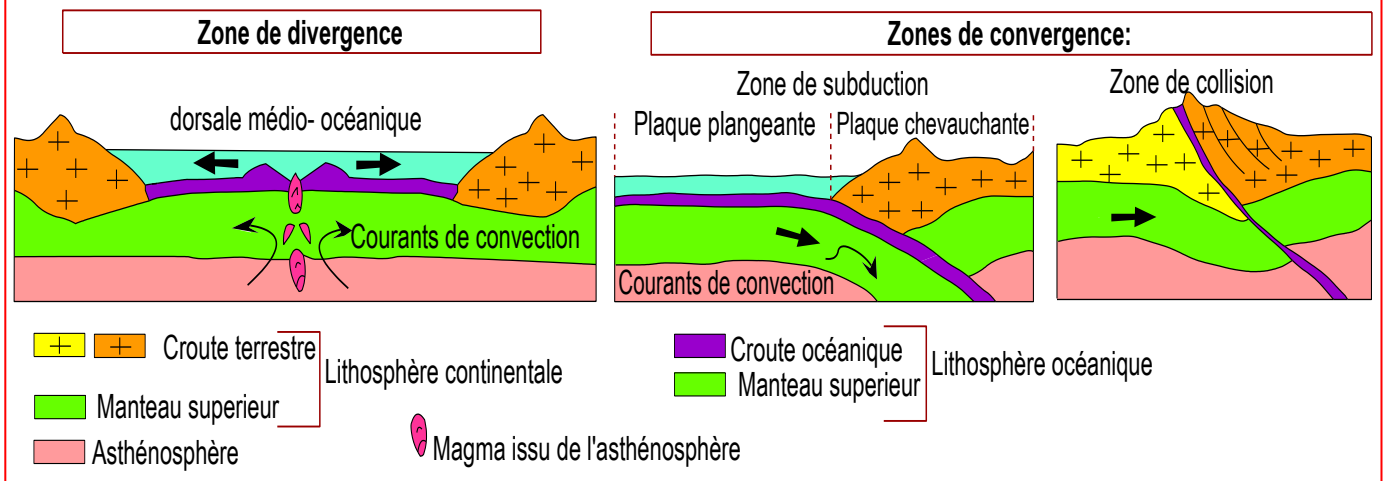
Doc 3: Répartition des séismes et des volcans à l'échelle mondiale



Doc 4: Les plaques lithosphériques et leur mouvement relatif.



Doc 5 Quelques types de contact entre les plaques



● Plaque lithosphérique :

● Les limites entre les plaques peuvent être

● **Des zones de divergence** : مناطق التباعد ce sont les dorsales médio-océaniques où naît une nouvelle croûte océanique, elles sont donc à l'origine de l'expansion des fonds océaniques : اتساع قعر المحيطات.

● **Des zones de convergence** : مناطق التقارب ce sont les zones de subduction, d'obduction et de collision.

● **Des zones de décrochement** (friction) مناطق احتكاك : zones de failles transformantes.

● **Subduction** : الطمر processus par lequel une plaque tectonique océanique (de densité élevée) plonge sous une autre plaque généralement continentale (de faible densité).

● **Collision** : الاصطدام Affrontement et rencontre entre deux masses continentales, accompagné de déformations tectoniques et de formation de relief important تضاريس مهمة.

● **Obduction** : الطفو processus par lequel une plaque tectonique océanique chevauche sur une autre plaque continentale.

● Dans l'asthénosphère, il y'a des mouvements ascendants et descendants صاعدة وهابطة des roches, qui sont dus aux **courants de convection** تيارات الحمل الحراري. Ces mouvements sont dus aux différences de densité causée par des différences de température.

● **L'expansion des fonds océaniques** : اتساع قعر المحيطات L'expansion annuelle des fonds océaniques, ou accréation, est de l'ordre du centimètre (dorsale lente) ou du décimètre (dorsale rapide). Elle résulte de l'écartement des plaques lithosphériques entraînées par les mouvements de convection de l'asthénosphère. Elle provoque un renouvellement permanent des fonds et, en l'absence de subduction, un écartement des blocs continentaux appelé dérive des continents زحزحة القارات.

Mots clef

Forces compressives = forces de convergence (→←) قوى انضغاطية أو تقاربية

Forces de distension = forces de divergence (←→) قوى تمددية أو تباعدية

Pétrographie = science ayant de la description des roches, l'analyse de leurs caractères structuraux, minéralogiques et chimiques, ...

IV/ Les grandes divisions de l'échelle stratigraphique

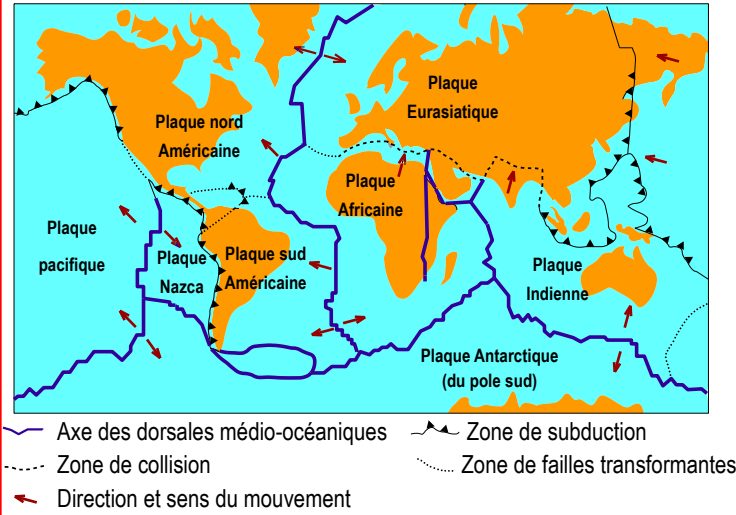
Age (MA) العمر (م س)	Ere الحقب	Système النظام (الدور)
1,75	Quaternaire الحقب الرابع	Quaternaire الرابع
	Tertiaire (cénozoïque) الحقب الثالث	Néogène النيوجين
65		Paléogène الباليوجين
	Secondaire (mésozoïque) الحقب الثاني	Crétacé الطباشيري
		Jurassique الجوراسي
Trias الترياس		
250	Primaire (paléozoïque) الحقب الأول	Permien البيرمي
		Carbonifère التفحمي
		Dévonien الديفوني
		Silurien السيلوري
		Ordovicien الأردوفيسي
		Cambrien الكمبري
540	Précambrien قبل الكمبري	



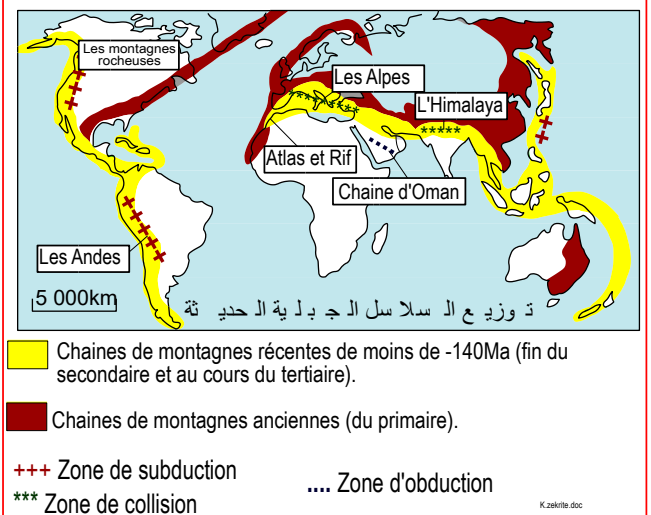
Chapitre 1 : Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques

Documents pour s'interroger.

Doc 1: Les plaques lithosphériques et leur mouvement relatif.



Doc 2: Répartition des chaînes de montagnes à la surface de la terre



→ doc 2 : **Comparer** la localisation des chaînes de montagnes récentes à la répartition des plaques lithosphériques (doc 3). **Que peut-on conclure ?**

→ **Relever** les différentes questions concernant les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques.

Réponses :

→ Les chaînes de montagnes récentes, d'un âge de se localisent principalement au niveau

→ Exemples:

● La chaîne des Andes : s'étend sur les frontières de

● La chaîne d'Oman : s'étend sur les frontières de

● La chaîne de l'Himalaya : s'étend sur les frontières de

→ Conclusion : La formation de ces chaînes est dû

Questions posées

↳ Quelles sont les déformations tectoniques caractéristiques des chaînes de montagnes ?

↳ **Activité 1**

↳ Quelles sont les caractéristiques géologiques des trois types de chaînes de montagnes et quels sont les indices géologiques permettent de reconstituer leur histoire et de les relier aux mouvements des plaques tectoniques ?

↳ **Activité 2, 3 et 4.**

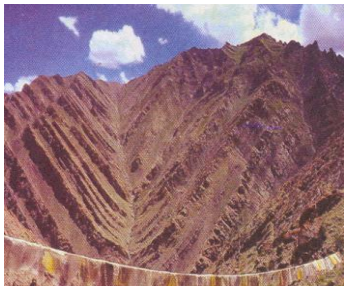
Activité 1 : Les déformations tectoniques qui accompagnent la formation des chaînes de montagnes

Les formations géologiques, au niveau des chaînes de montagnes, se caractérisent par des déformations tectoniques. Ces déformations apparaissent à tous les niveaux, du niveau microscopique jusqu'au niveau des affleurements مستوى الاستسطاح de diverses dimensions.



I/ Les types de déformations dans les chaînes de montagnes

Doc 1: Quelques types de déformations observées dans les chaînes de montagnes



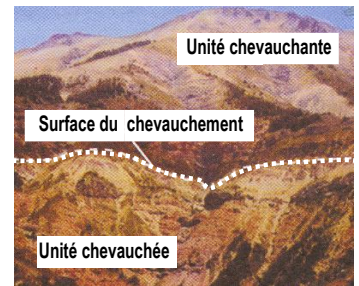
Couches plissées (Himalaya)



Couches traversées par une faille (Alpines)



Pli- faille (Alpines)



Nappe de charriage (Alpines)

↳ **Définir** le terme déformation et **dégager** les types de déformations rencontrées dans les chaînes de montagnes récentes ?

Les déformations tectoniques sont des -----

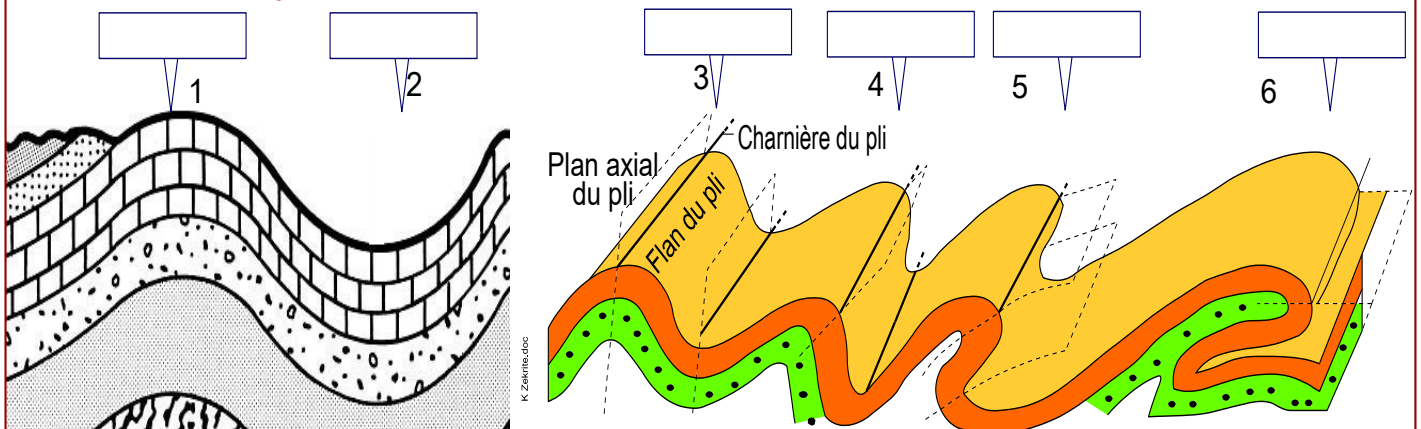
On peut classer les déformations rencontrées dans les chaînes de montagnes en :

- Déformations -----
- Déformations -----
- Déformations -----

Les structures géologiques = Les formes issues des déformations tectoniques.

II/ Les déformations souples continues : les plis

Doc 2: Différents types de plis



↳ Définir le terme plis, par quoi diffèrent les types de plis ? identifier les sur le document.

Réponses :

Les plis sont -----

III/ Les déformations cassantes discontinues : les failles et les décrochements.

Doc 3: Les failles et leurs types

Fig a: les éléments de la faille

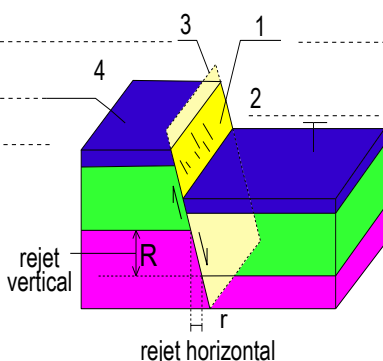
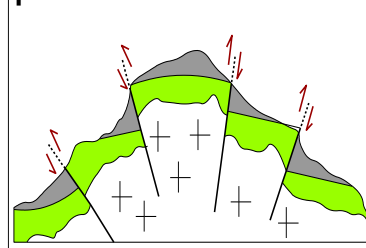


Fig c: les regroupements de failles

combinaison de plusieurs failles inverse



combinaison de plusieurs failles normales

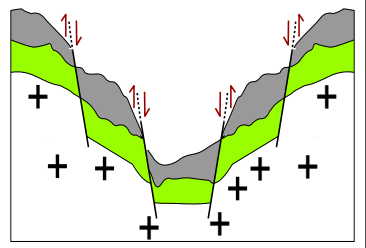
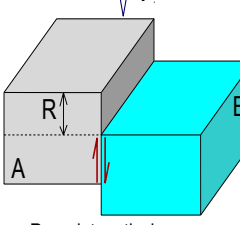


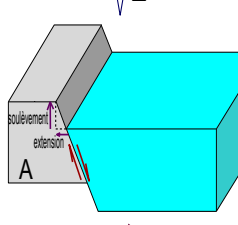
Fig b: les types de failles

1



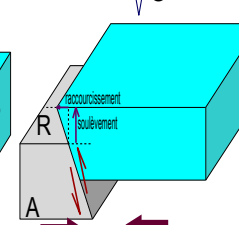
R = rejet vertical

2



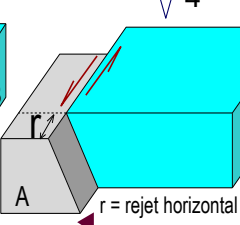
Forges distensives

3



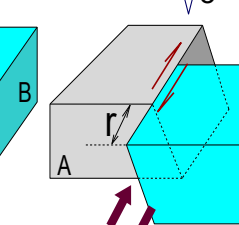
Forges compressives

4



r = rejet horizontal

5



Couissage horizontal

↳ Définir les termes faille et les décrochement, comment identifier une faille normale, une faille inverse et un décrochement ?

Réponses :

Les failles sont des déformations -----

La valeur du décalage s'appelle -----, Suivant le type de mouvement relatif des compartiments de de la faille on distingue :

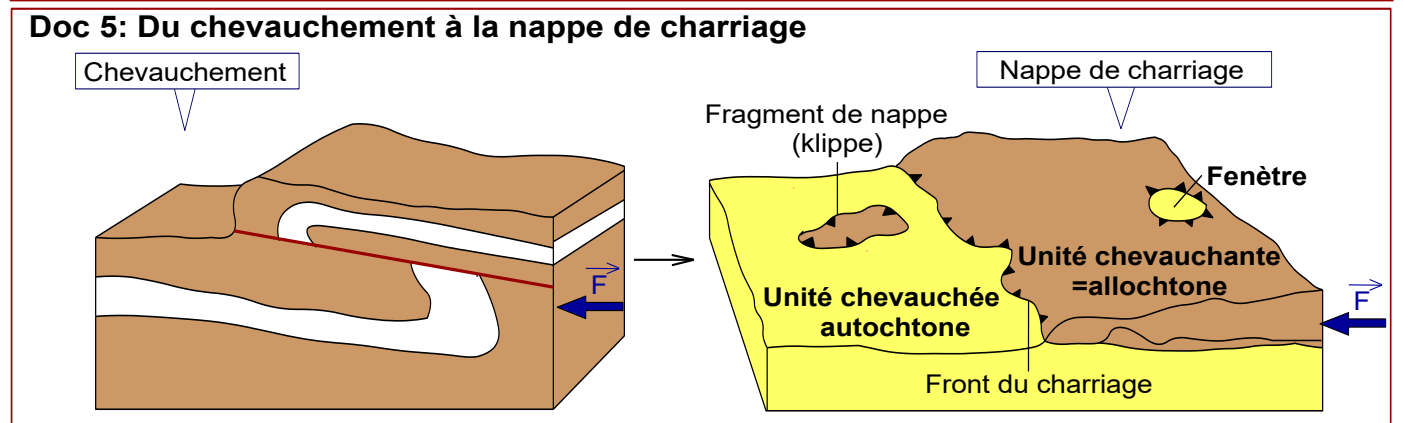
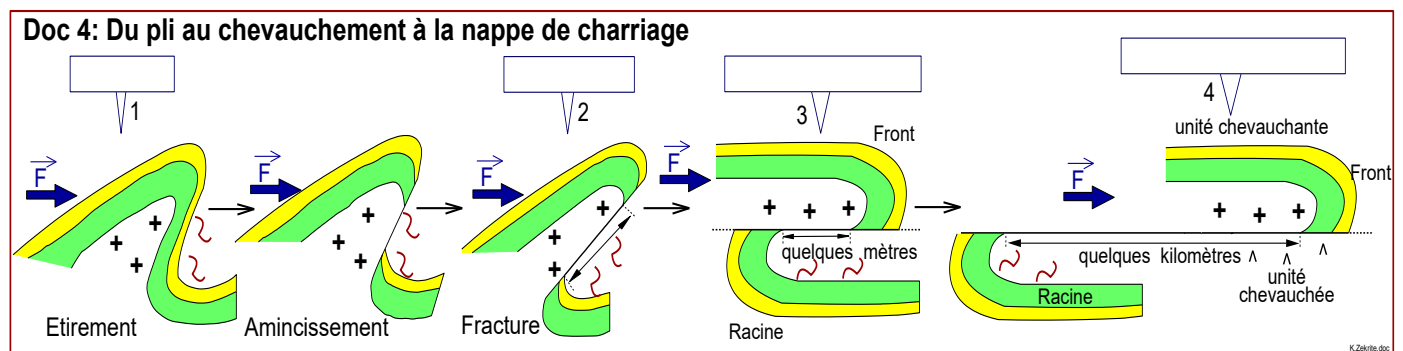
■ **une faille verticale** : correspond à un -----

■ **une faille normale:** faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles normales se forment lorsque deux bloc de roches l'un de l'autre (écartement), en raison d'une تباعد. La combinaison de plusieurs failles normales entraîne un fossé d'effondrement appelé

■ **une faille inverse:** faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles inverses se forment lorsque deux bloc de roches (rapprochement) en raison d'une La combinaison de plusieurs failles inverses entraîne un soulèvement appelé

■ **un décrochement ou faille transformante:**

IV/ Les déformations intermédiaires : chevauchements et nappes de charriages.



↳ Décrire comment un pli peut évoluer en décrochement puis en nappe de charriage, et définir le terme chevauchement et nappe de charriage.

Réponses :

🌸 Suite à des forces

.....

.....

.....

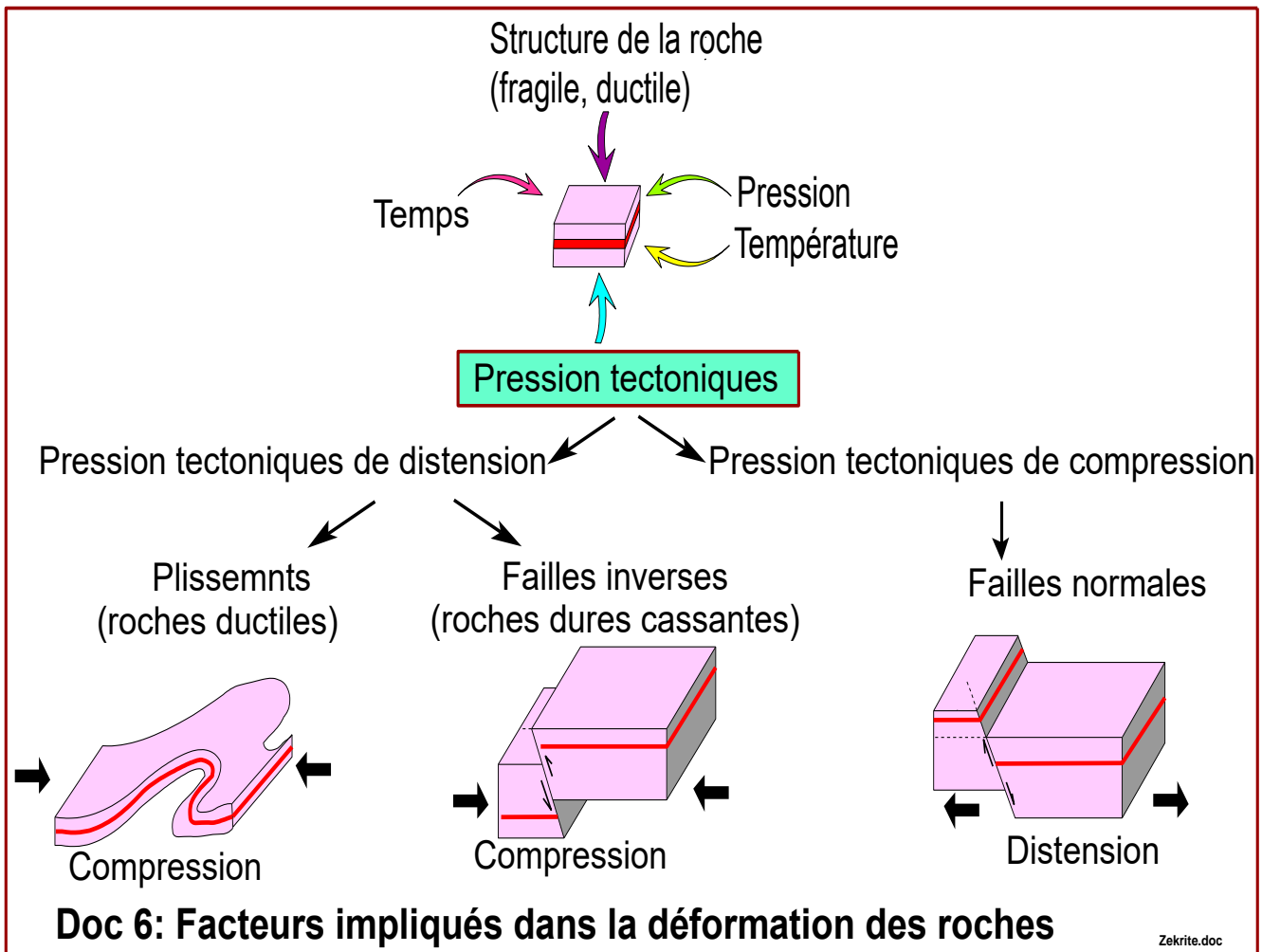
Lorsque la distance de ce déplacement est de quelques mètres on parle d'un Lorsque la distance du déplacement est très importante de l'ordre des kilomètres on parle de

❁ **un chevauchement** : est un déplacement de l'ordre de quelques d'une unité géologique d'une autre suite à des forces

❁ **une nappe de charriage** : ensemble de terrains rocheux (unité chevauchante = allochtone) sur des dizaines de kilomètres et chevauchant راکبة d'autres formations rocheuses, dites

Remarque : Au niveau de la carte et des coupes géologiques, les chevauchements et les nappes de charriages sont représentés par un trait portant des triangles, la tête du triangle est dirigée vers l'unité chevauchante الوحدة الراكبة.

IV/ Les facteurs impliqués dans les déformations Voir doc 6



↳ Décrire les facteurs impliqués dans la déformation des roches

Réponses :

Les déformations des roches dans les frontières des plaques sont associées à des facteurs divers :

■ La composition de la roche : Certaines roches sont cassantes de nature (le calcaire, le gré, le granite), d'autres plutôt plastiques (les roches argileuses).

■ La pression et la température :

.....

.....

.....

■ Le temps

■ Les mouvements tectoniques :

➤ Les failles inverse et les plissements affectent les couches lithosphériques soumises à

➤ Les failles normales affectent les roches soumises à des forces de

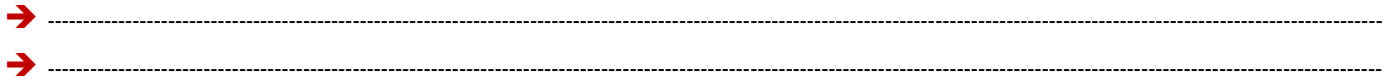
Ce type de failles se rencontre dans les zones divergentes de la lithosphère (dorsale océanique), ils apparaissent aussi lors de la phase post orogénique après l'arrêt des forces compressives.

Orogenèse = formation des chaînes de montagnes.

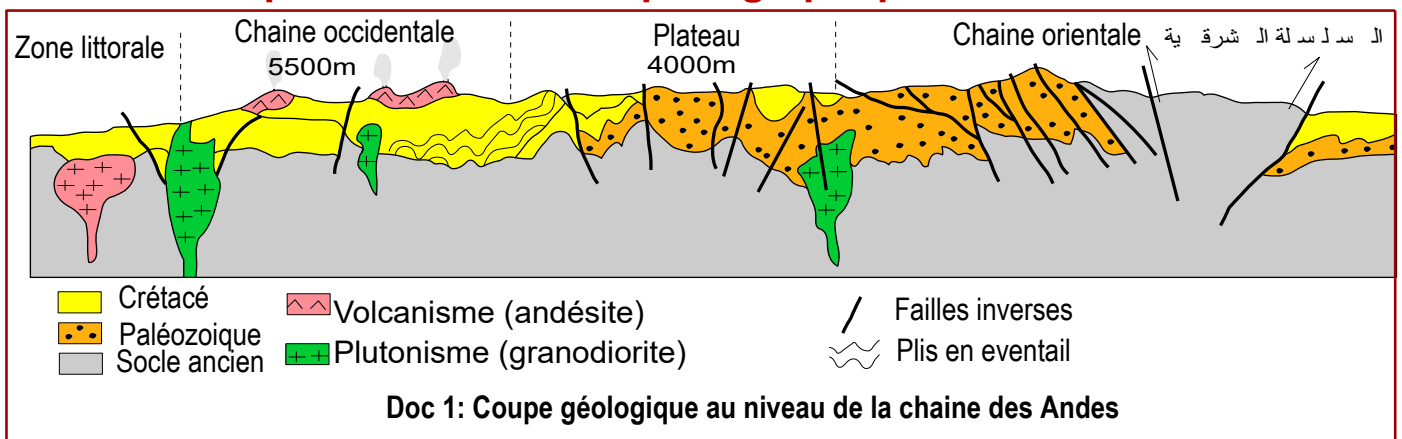


Activité 2 : Les chaînes de subduction et leur relation avec la tectonique des plaques

La subduction est le processus par lequel une plaque lithosphérique océanique plonge sous une autre plaque généralement moins dense. La cordillère (سلسلة) des Andes qui s'étend (تمتد) sur près de 8000km la côte pacifique de l'Amérique du sud est l'exemple le plus significatif de chaînes de subduction.



I/ Caractéristiques structurales et pétrographiques des Andes



Doc 2: Roches caractéristiques des chaînes de subduction

Fig a: Andésite



Fig b: Lame mince d'andésite

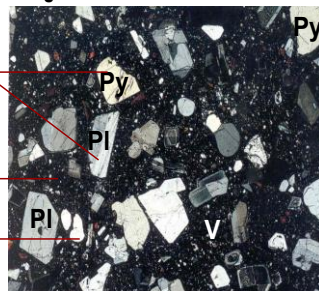
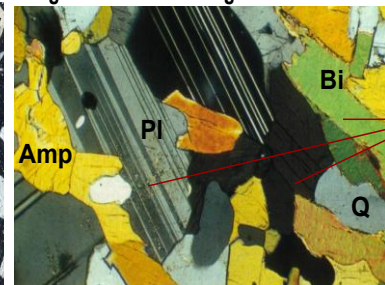


Fig c: Lame mince de granodiorite



Doc 3 : La structure des roches magmatiques

La structure (ou texture) d'une roche = l'arrangement des minéraux entre eux.

Une roche à structure grenue = roche composée de phénocristaux (grains visible à l'œil nu, de taille supérieur à 1 mm) non orientés. Les roches à structure grenue indiquent que le refroidissement du magma qui leur a donné naissance était lent, il s'est réalisé en profondeur, ce sont donc des roches plutoniques.

Une roche à structure microlitique = roche formée de phénocristaux et de microlites (petits bâtonnets millimétriques), noyés غارقة dans une pâte non cristallisée appelée le verre. Les phénocristaux cristallisent lentement en profondeur dans la chambre magmatique, les microlites se forment au cours de la montée du magma, alors que le verre se forme par refroidissement rapide lorsque le magma arrive en surface. Les roches à structure microlitique sont donc d'origine volcanique

① Doc 1, **déterminer** les propriétés structurales et pétrographiques caractérisant la chaîne des Andes.

② Doc 2 et 3, **décrire** les roches magmatiques caractéristiques des Andes et déterminer leur structure et l'endroit de leur refroidissement.

Réponses :

① La coupe géologique des Andes présente des propriétés structurales et pétrographique suivantes :

⚙ **Caractéristiques structurales** (les déformations tectoniques): représentées essentiellement par des, indicateurs que la zone est le siège d'une

⚙ **Caractéristiques pétrographiques** (nature des roches) : essentiellement des roches

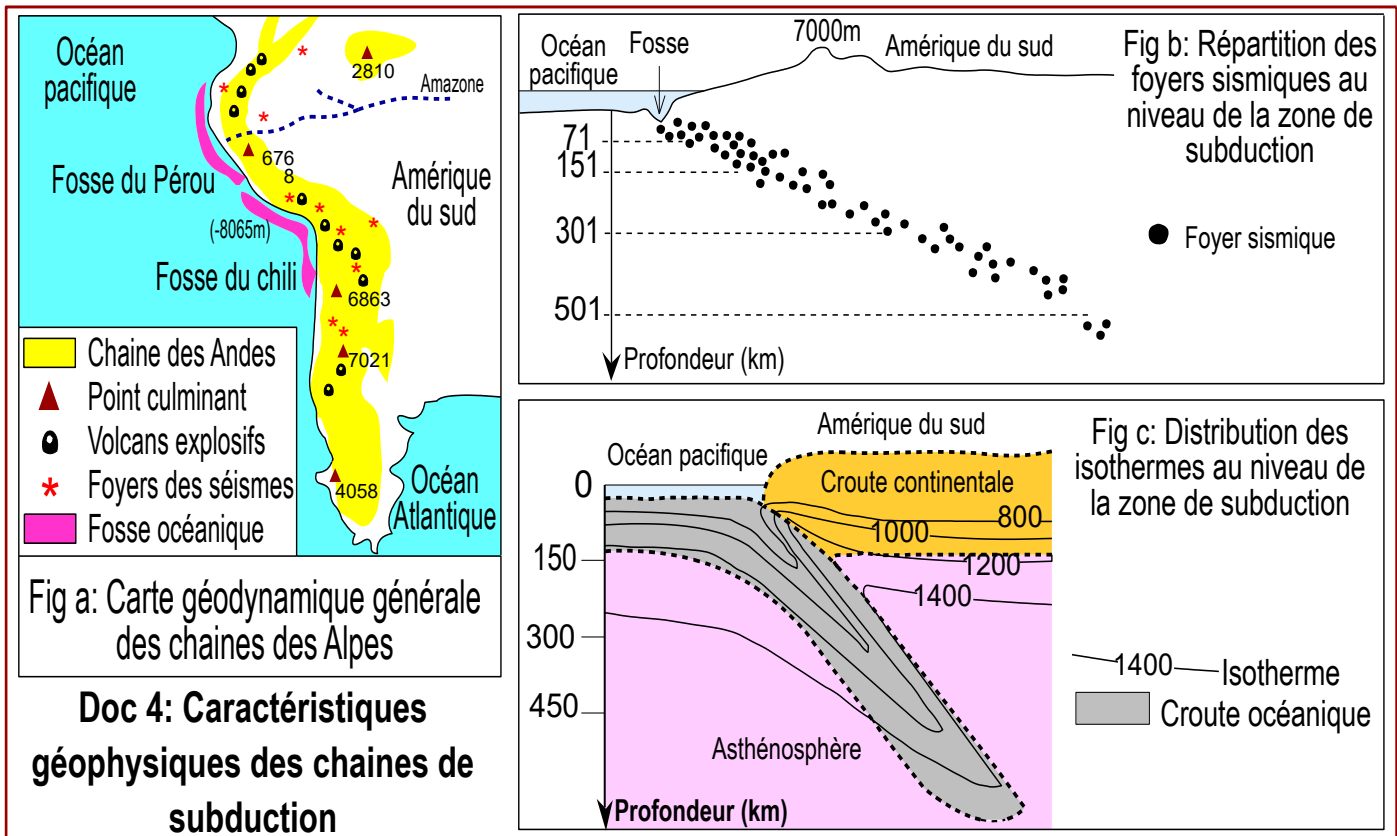
② **Caractéristiques des roches magmatiques des Andes :**

⚙ **L'andésite :** -----

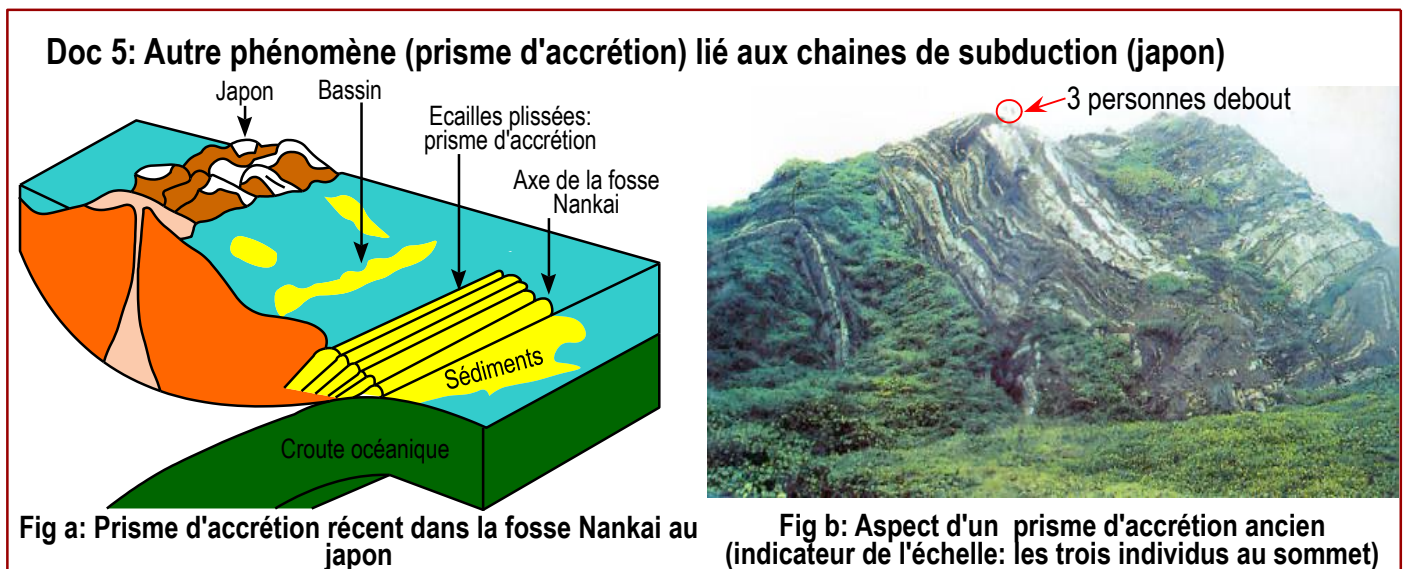
⚙ **La granodiorite :** -----

III/ Caractéristiques géophysiques des chaines de subduction

Doc 4 et 5



Isotherme : Ligne imaginaire passant par les points du globe où la température moyenne est la même.
Foyer d'un séisme ou hypocentre : le point où prend naissance la rupture à l'origine du séisme.



❶ Doc 4 et 5, **déduire** les caractéristiques géologiques et géophysiques des chaînes de subduction.

❷ **Montrer** que les caractéristiques sismique, géothermiques et le prisme d'accrétion sont en relation avec la tectonique des plaques.

Réponses :

❶ **Les caractéristiques géologiques et géophysiques des chaînes de subduction :**

❁ Les Andes sont situées dans la zone de confrontation (تجابه) entre la plaque du Pacifique et la plaque sud-américaine. La marge ouest de cette chaîne, qualifiée par **active** est caractérisée par des activités géologiques particulières, notamment:

❁ La cordillère السلسلة de subduction au niveau du Japon montre un ensemble de couches sédimentaires océaniques en écaillles accolées de grande altitude formé au niveau de la fosse océanique et qu'on nomme : **prisme d'accrétion** موشور التضخم.

Remarque :

- Un **arc volcanique** قوس بركاني est un ensemble de volcans s'alignant selon une courbe. Ils naissent de la subduction d'une plaque océanique sous une plaque continentale ou sous une autre plaque océanique. Dans le cas d'une subduction intra-océanique, les volcans forment des îles groupées en **un archipel** (أرخبيل).
- Sous les fosses océaniques, on note une anomalie thermique négative.
- Sous les arcs volcaniques, on note une anomalie thermique positive

❁ Relation entre les caractéristiques géophysiques et la tectonique des plaques :

Les caractéristiques géophysiques sont la conséquence de la subduction :

■ **L'activité sismique :**

■ **L'anomalie thermique négative :**



■ **Le prisme d'accrétion :**

III/ Conditions de formation du magma andésitique

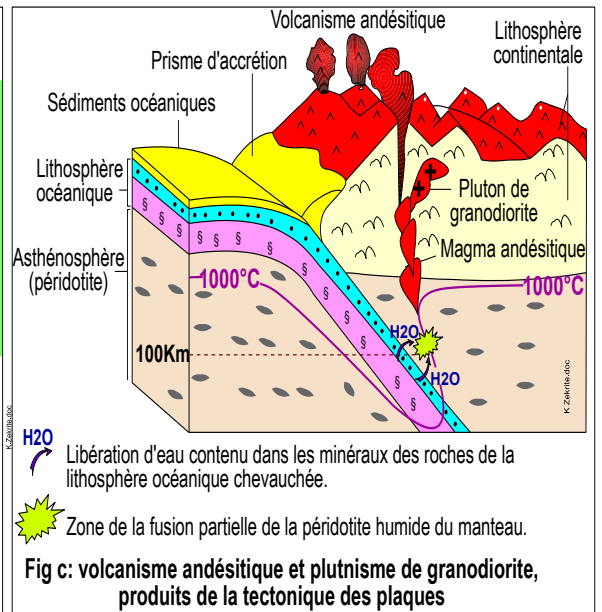
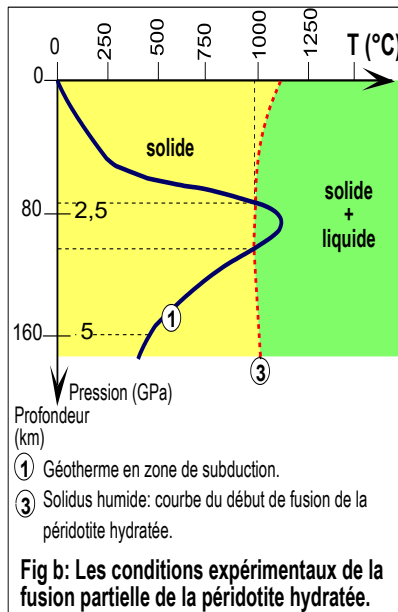
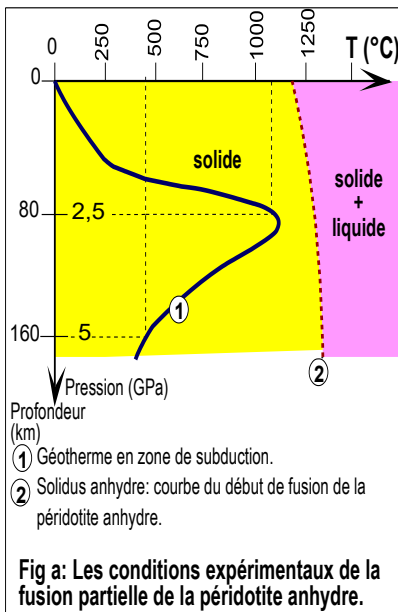
Doc 6 : Conditions de formation du magma andésitique dans les zones de subduction :

Des expériences de fusion partielle **انصهار جزئي** réalisées sur la péridotite (roche du manteau) anhydre (sec) et humide, tout en variant les conditions de température et de pression ont donné les résultats présentés sur le graphique (a) et (b). Les mêmes graphiques présentent le géotherme au niveau des zones de subduction.

Un géotherme = courbe du gradient géothermique = une courbe de la variation de température en fonction de la profondeur.

La figure (c) représente un schéma montrant la relation entre la subduction et la formation du magma andésitique caractéristique de ces bordures.

La courbe solidus : sépare le domaine partiellement fondu du domaine solide.



① Fig (a) et (b) : **Comparer** les résultats de la fusion expérimentale de la péridotite dans les deux états sec et hydraté. **Déduire** la condition possible de la fusion partielle de la péridotite dans les zones de subduction et les valeurs de profondeur et de température correspondante.

② En se basant sur les données précédentes et sur le schéma de la figure (c), **montrer** que le volcanisme andésitique et le plutonisme est en relation avec la tectonique des plaques (la subduction).

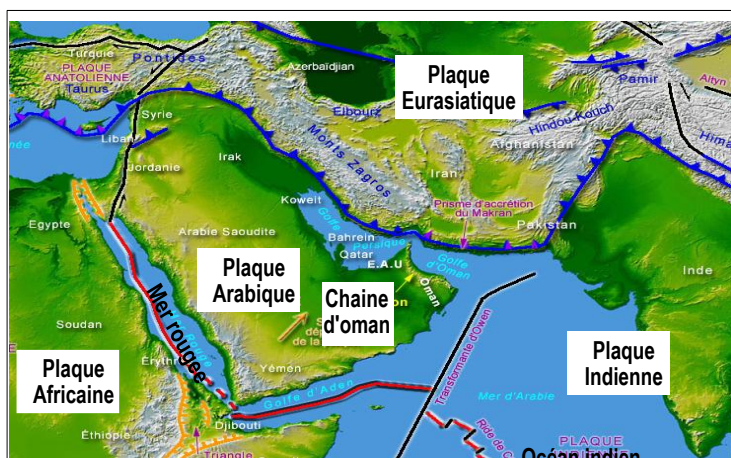
Activité 3 : Les chaînes d'obduction et leur relation avec la tectonique des plaques

L'obduction الطفو est le chevauchement d'une croûte océanique plus dense sur une plaque continentale, sous l'effet de forces tectoniques compressives. Les chaînes d'Oman constituent l'exemple type de ce type de chaînes.

-
-

I/ Caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne d'Oman

Doc 1 : Chaîne d'Oman, situation et caractéristiques



▲ Fig a: Situation de la chaîne d'obduction d'Oman

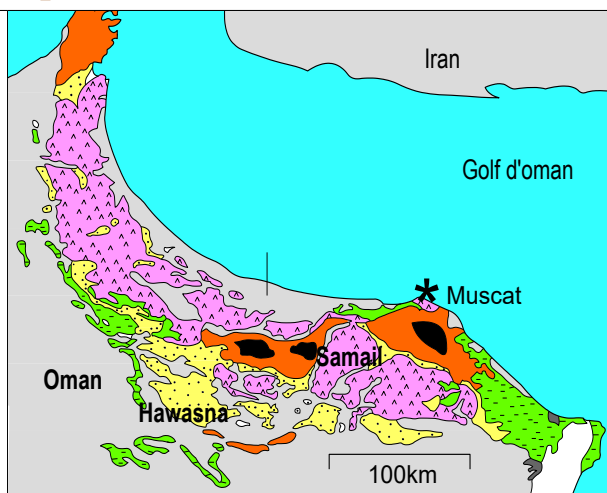


Fig b: Carte géologique simplifiée de la chaîne d'Oman

- sédiments (crétacé - tertiaire)
- Socle précambrien
- ▲ Ophiolite de Samail (nappe de charriage de samail).
- Sédiments marins chevauchants (nappe de Hawasna)
- Unités chevauchées (permien, crétacé)

Fig (d) : La chaîne d'Oman est le plus grand affleurement des ophiolites dans le monde. Cet affleurement se présente sous forme de roches allochtones (مغتربة), sur une longueur qui dépasse 500km et une largeur de 80 à 100km, son épaisseur atteint 15km, dont 8km constituée de péridotite.

- 1 Fig (a) et (b) : **Situer** la chaîne d'Oman et **relever** quelques caractéristiques structurales et pétrographiques de cette chaîne.
- 2 Fig (b) et (c) et (d) : **Quelles** sont les informations apportées par la présence de l'ophiolite dans la chaîne d'Oman.

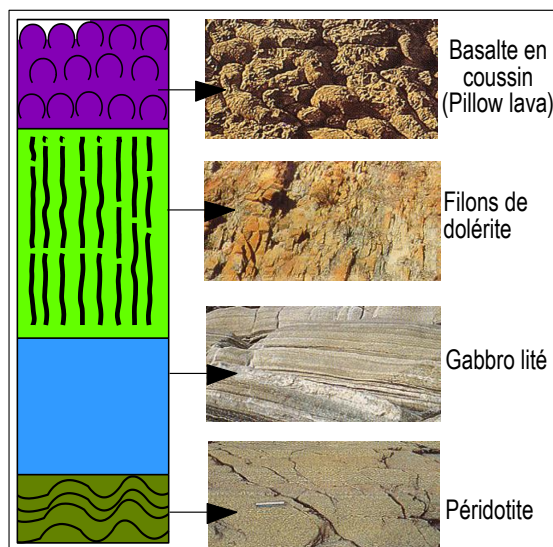


Fig c: Roches composant les ophiolites

Réponses :

① - La chaîne d'Oman est située au sud-est de la péninsule arabique (شبه الجزيرة العربية) au nord de Sultanat Oman, elle s'étend sur les bordures du golf Oman.

- Les caractéristiques structurales -----

- Les caractéristiques pétrographiques : -----

② C'est quoi l'ophiolite ? -----

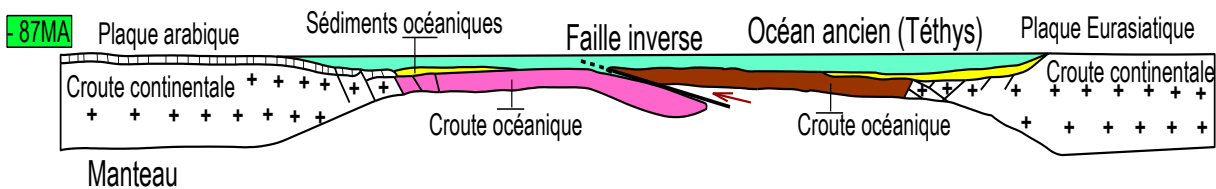
Quels sont les renseignements apportés par l'existence de l'ophiolite ? -----

III/ Etapes de formation de la chaîne d'Oman

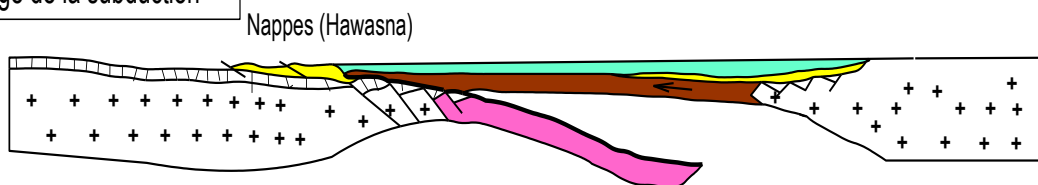
Doc 2 : Les étapes de formation de la chaîne d'Oman

Compte tenu des caractéristiques structurales et rocheuses actuelles des montagnes d'Oman, on a pu restaurer (استعادة) l'histoire géologique de la région. Les schémas suivants résument les étapes majeures de cette histoire.

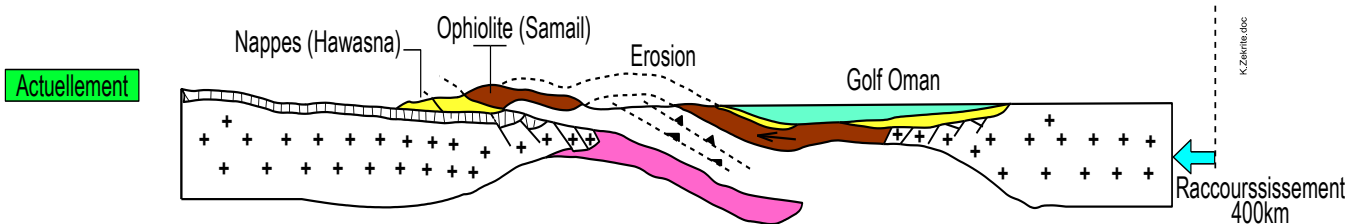
Etape 1: Subduction intra-océanique



Etape 2: Blocage de la subduction



Etape 3: obduction



Schémas retraçant l'histoire géologique compressive ayant conduit à une obduction et aux ophiolites d'Oman



Activité 4 : Les chaînes de collision et leur relation avec la tectonique des plaques

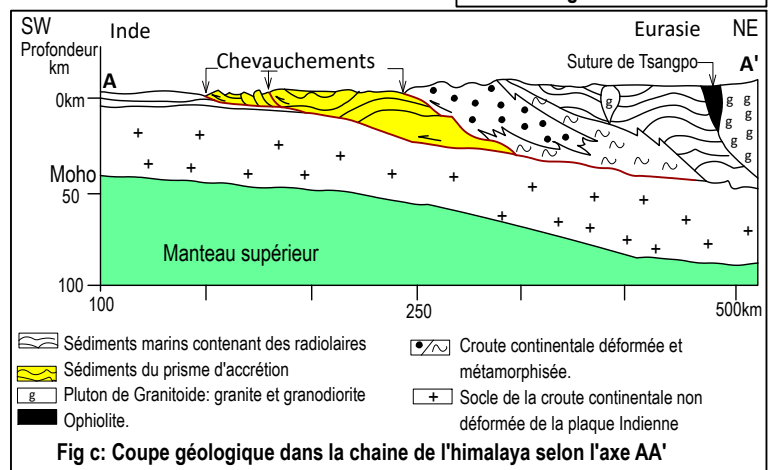
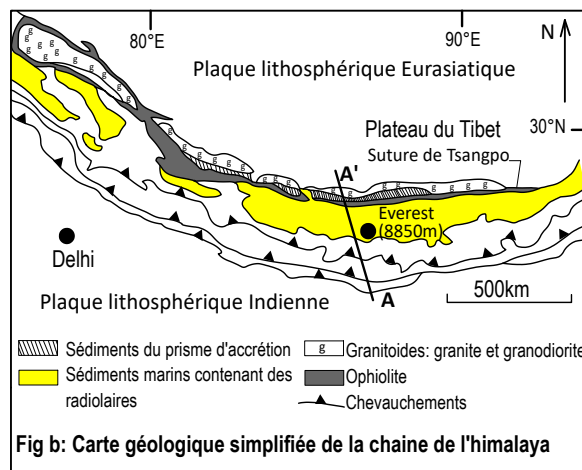
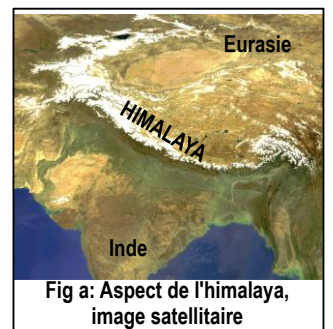
La convergence des plaques lithosphériques aboutit à la collision de deux masses continentales, et par conséquent la formation de chaînes de collision. L'himalaya, les alpes et la chaîne du rif au Maroc constituent des exemples de chaînes de montagnes de ce type.

-
-

I/ Caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne de l'Himalaya

Doc 1 : Caractéristiques de la chaîne de l'Himalaya

- ↪ Fig a : **situer** la chaîne de l'Himalaya
- ↪ Fig b et c : **Déterminer** les caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne de l'Himalaya. **Que peut-on déduire** quant aux événements géologiques qu'a connu cette chaîne ?



Réponses :

↪ L'Himalaya est un ensemble de chaînes de montagnes intracontinentaux. L'Himalaya sépare le continent Indien du plateau tibétain هضبة التبت dans le Sud de l'Asie. Cette chaîne contient le sommet le plus haut au monde : le mont Everest (8850m).

↪ D'après la carte et la coupe géologique réalisées dans l'himalaya ,

■ Les caractéristiques structurales sont :

-
-

■ Les caractéristiques pétrographiques :

↪ Conclusions :

II/ Etapes de la formation de la chaîne de l'Himalaya

Doc 2 : Mouvement de l'Inde vers le nord depuis (-71MA)

L'Inde, avant (-100MA) était accolée au continent australe, qui comprenait également l'Afrique, l'Australie et l'Antarctique.

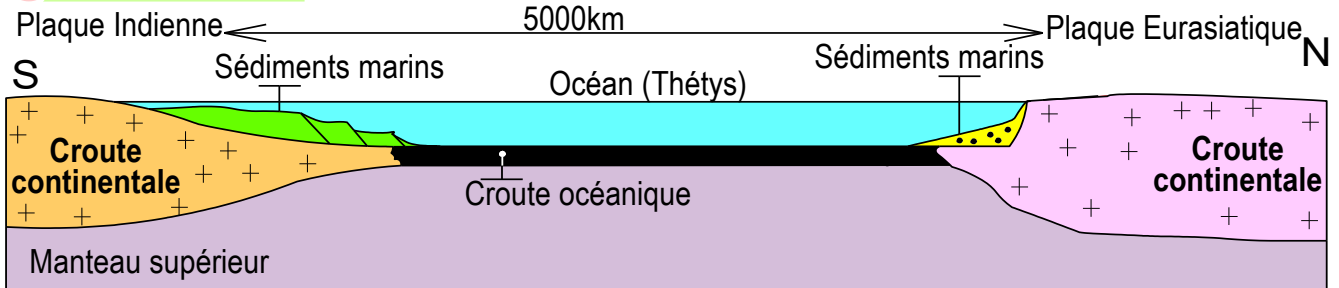
La figure suivante retrace le mouvement de ce Continent depuis (-71 MA)



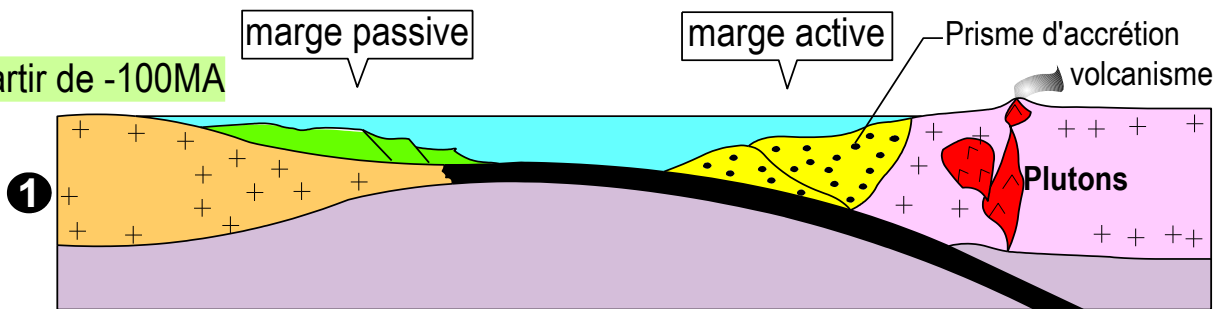
Doc 3 : Model explicatif de formation de la chaîne de l'Himalaya

La formation de la chaîne himalayenne est une longue histoire qui commence sous la mer, il y a plus de 250 millions d'années (Ma). A cette époque, l'unique continent de la planète Terre, la **Pangée**, se fractionne en deux masses continentales, l'Eurasie au nord et le Gondwana au sud. Ces deux blocs étaient séparés par la mer **Téthys**. La figure suivante retrace l'histoire géologique de cette chaîne.

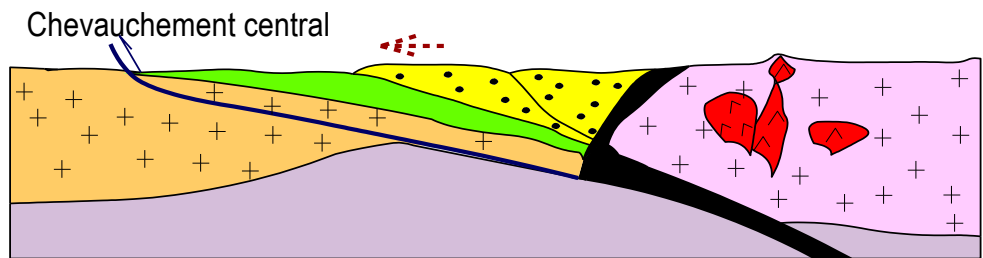
1 Avant -100MA



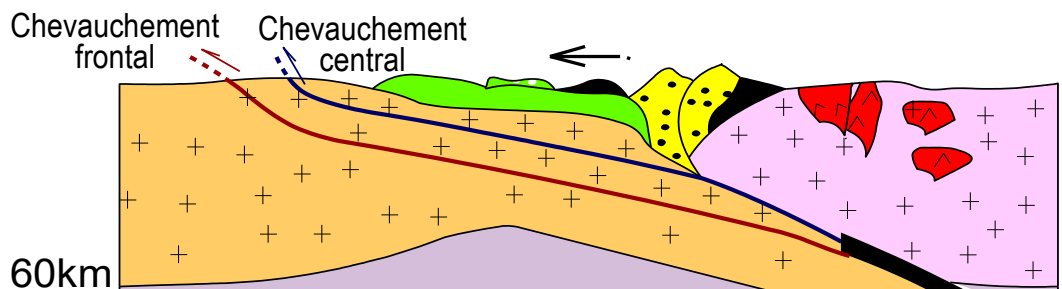
2 A partir de -100MA



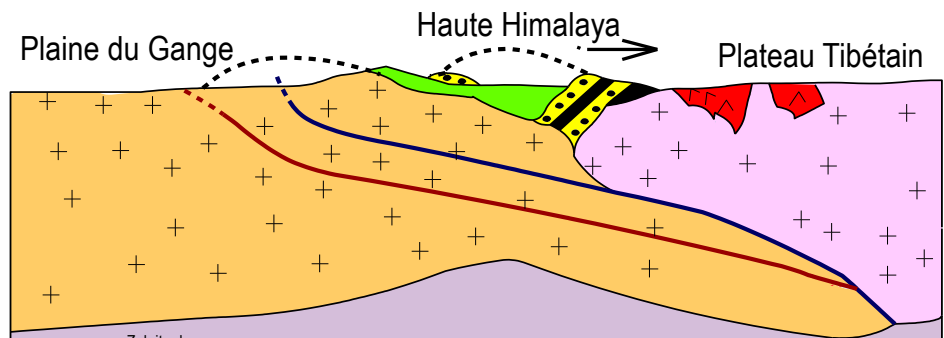
3 -50MA



4



5 Actuellement



Document 2 et 3, résumez les étapes de formation de la chaîne de l'Himalaya.

Chapitre 2 : Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

Les roches métamorphiques affleurent (تستسطح) au niveau des zones qui correspondent aux parties profondes des chaînes de montagnes (récentes et ancienne), En effet ces roches sont arrivées en surface, suite à l'érosion qui affecte les parties superficielles des chaînes. Ces roches sont donc des témoins des conditions physiques qui régnaient au niveau de la lithosphère au moment de la formation de la chaîne de montagne.

Problématique :

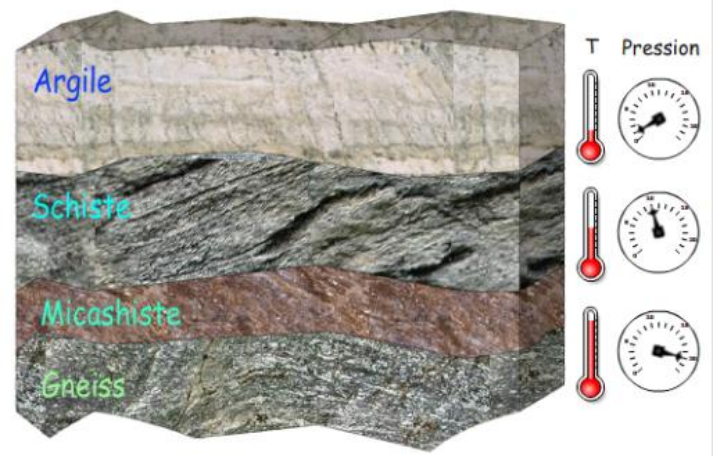


Plan du chapitre :

- **Activité 1** : Caractéristiques structurales et minéralogiques des roches métamorphiques.
- **Activité 2** : Facteurs responsables de la formation des roches métamorphiques.
- **Activité 3** : Notion de minéral indicateur, de séquence et de faciès métamorphique
- **Activité 4** : Types de métamorphismes et leurs relations avec la tectonique des plaques.



Affleurement de roches métamorphiques
Dans la chaîne des Alpes

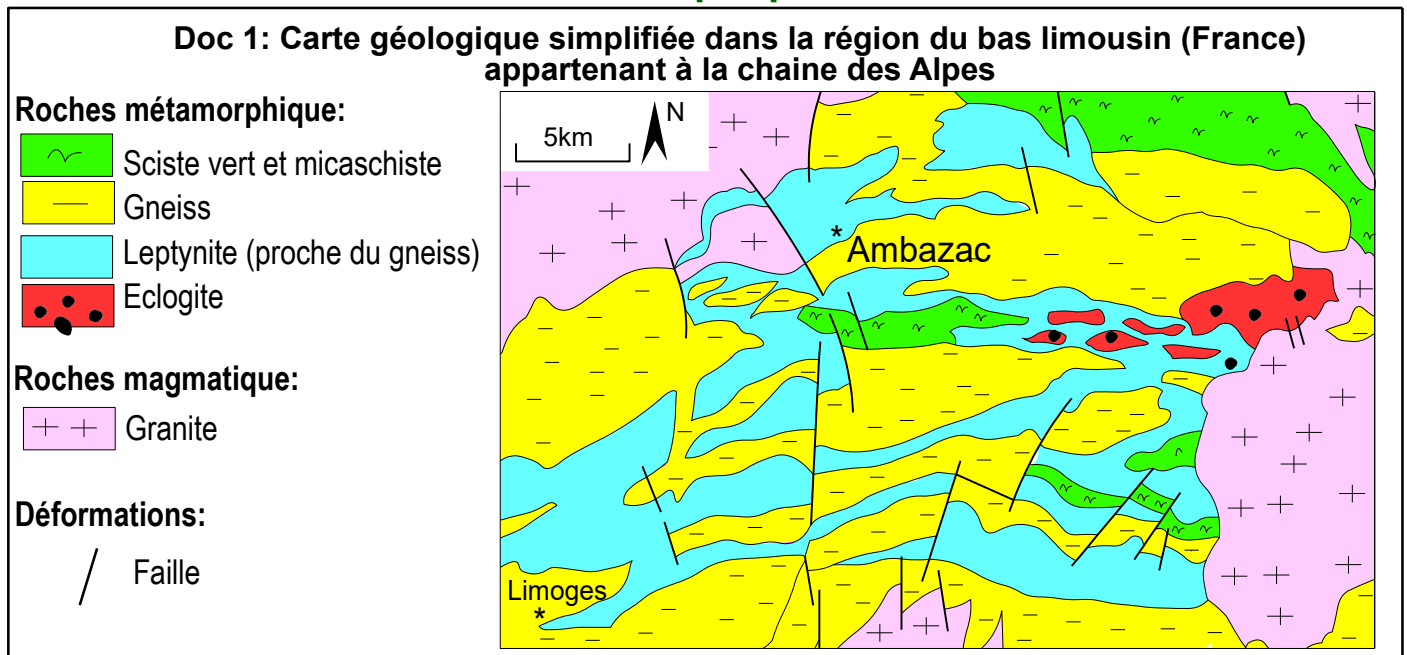


La roche métamorphique garde en mémoire
les conditions physiques qu'elle a vécue.

Activité 1 : Caractéristiques structurales et minéralogiques des roches métamorphiques dans les zones de collision et de subduction

I/ Roches métamorphiques témoignant une collision :

1/ Affleurement des roches métamorphiques dans le bas Limousin



↳ Décrire la répartition des roches métamorphique dans cette partie des Alpes Françaises.

Réponses :

● Les roches métamorphiques les plus rencontrées dans cette chaîne de collision sont : -----

● Ces roches métamorphiques sont liées à des roches -----

2/ Caractéristiques structurales, minéralogiques et chimiques

Doc 2

Doc 2 : Caractéristiques des roches métamorphiques des zones de collision

Des études de terrain ont montré que les trois roches métamorphiques : schiste, micaschiste et gneiss rencontrés dans les zones de collision, existent dans des terrains à sédiments argileux. Pour savoir s'il y a une relation probable entre ces roches métamorphiques et les roches sédimentaires, on propose l'étude minéralogique, structurale et chimique de ces roches.

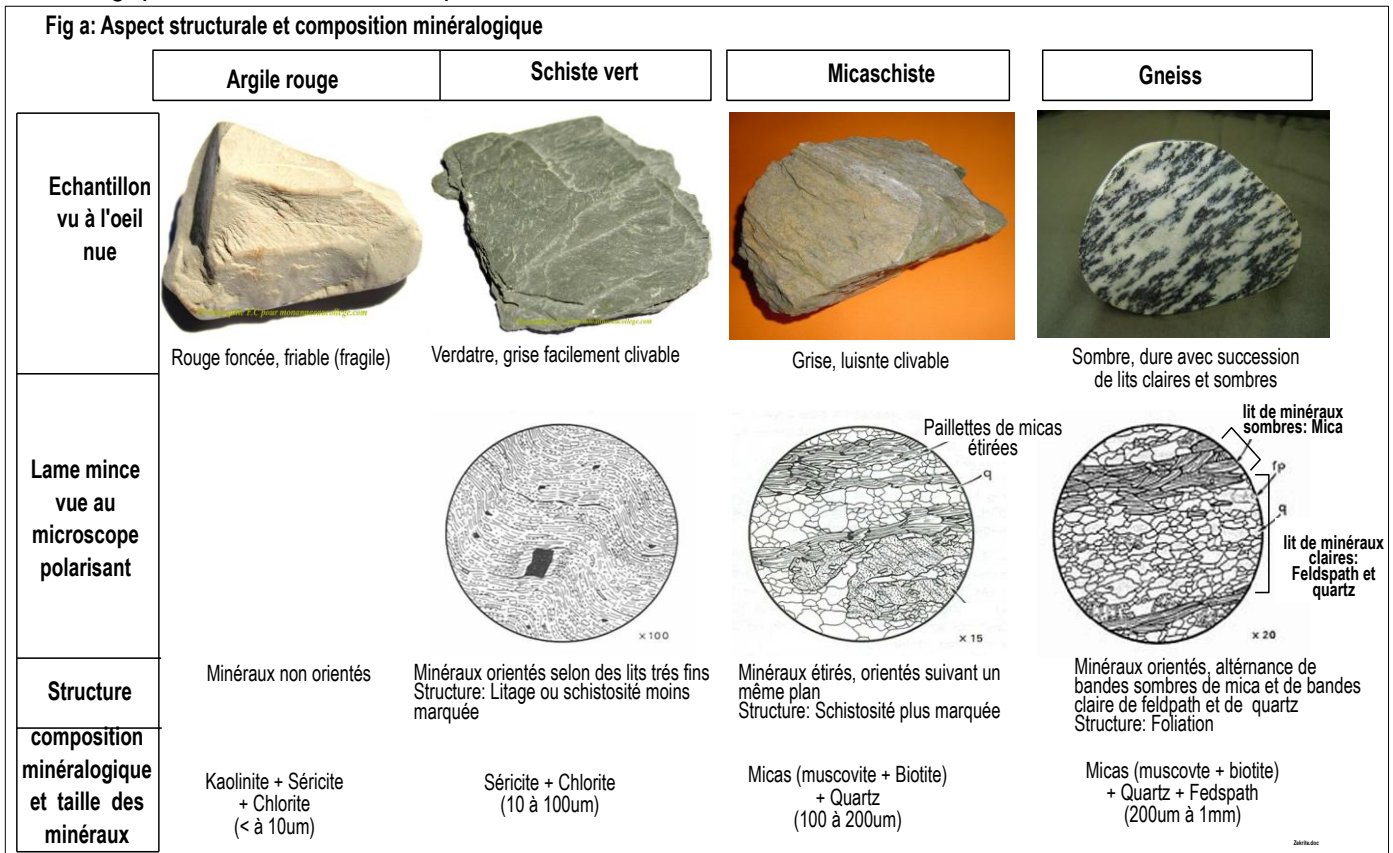
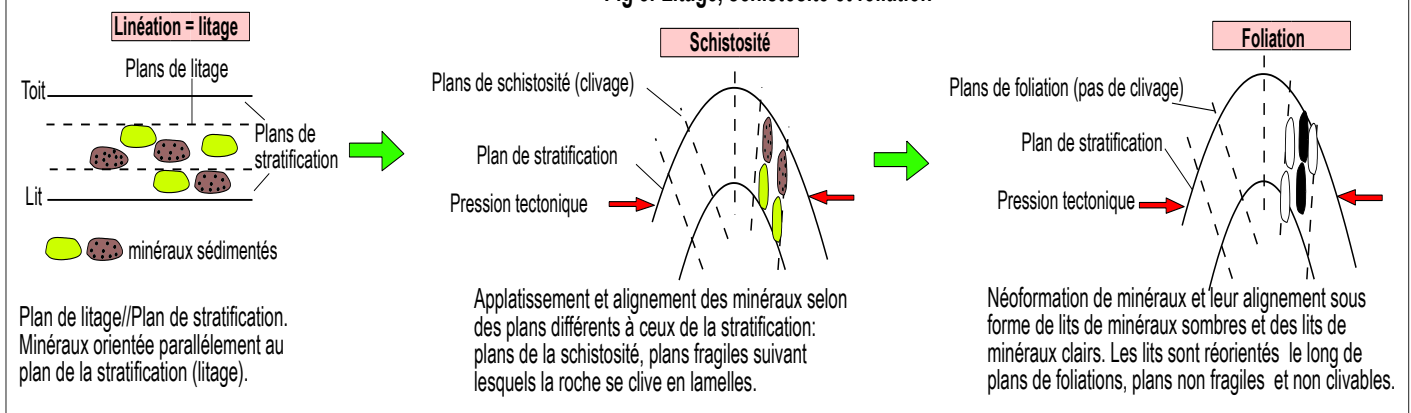


Fig (b) : Composition chimique

	Silice SiO ₂	Alumine Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
Argile	58,2%	20,9%	2,8%	0,85%	0,55%	2,45%	4,1%	7%
Schiste	60,2%	20,9%	2,8%	0,85%	0,55%	2,45%	4,1%	4,05%
Micaschiste	60,9%	19,1%	1,2%	1,4%	1,7%	2,1%	3,7%	3,05%
Gneiss	68,7%	16,2%	0,7%	1,3%	1,8%	3,8%	3%	1,4%

Fig c: Litage, schistosité et foliation



1 Observez ces différentes roches (à l'œil nu et avec la loupe à main) et **identifiez** leurs caractéristiques. **Complétez vos observations** en utilisant les données de la figure (a).

- ② Fig (a) et (c), **définir** les structures : schistosité et foliation, à l'œil nu et à l'échelle microscopique (lame mince).
- ③ Fig (a) et (b), **comparez** les caractéristiques structurales, la composition minéralogique et chimique des roches métamorphiques avec les roches argileuses. **Que peut-on conclure** quant à l'origine des roches métamorphiques (schiste, micaschiste et gneiss) rencontrés dans les zones de collision.

Réponses :

② La schistosité et la foliation sont deux structures caractéristiques des roches métamorphiques :

🌿 La schistosité :

- A l'œil nu, la schistosité correspond à -----

- En lame mince, la schistosité représente -----

🌿 La foliation :

- A l'œil nu, la foliation représente -----

- En lame mince, la foliation représente -----

③ Comparaison structurale, minéralogique et chimique des roches métamorphiques avec la roche argileuse :

🌿 Comparaison structurale et minéralogique : En allant de la roche argileuse au gneiss passant par le schiste et le micaschiste, la structure et la composition minéralogique des roches changent :

🌿 Comparaison chimique : Les schistes, les micaschistes et le gneiss -----

🌿 Conclusion :

Puisque les roches métamorphiques des zones de collision (schiste, micaschiste et gneiss) ont la même composition chimique que celle des roches sédimentaires argileuses, on peut conclure que ces roches métamorphiques dérivent l'une de l'autre et toutes de la même roche mère : l'argile. La différence structurale et minéralogique entre elles revient au degrés de transformation (métamorphisme) qu'à subit chacune d'elle.

II/ Roches métamorphiques témoignant une subduction :

Doc 3 : Caractéristiques des roches métamorphiques des zones de subduction

Les zones de subductions actuelles sont caractérisées par des conditions favorables à la formation de roches métamorphiques, mais il est difficile de les observer et de les étudier parce qu'ils se trouvent en profondeur, pour surmonter cette difficulté, on étudie les roches métamorphiques qui affleurent dans les anciens domaines de subduction.

Fig a: Carte géologique simplifiée de la région de Dora maira (les alpes) montrant des roches métamorphiques liées à une subduction ancienne

- 7 Bassins sédimentaires
- Limites du domaine plissé
- 6 Roches non métamorphiques
- 5 Roches peu métamorphisées
- 4 Schistes verts (méta-gabbro)
- 3 schistes bleus
- 2 Ophiolite (Gabbro et basalte)
- 1 Eclogites

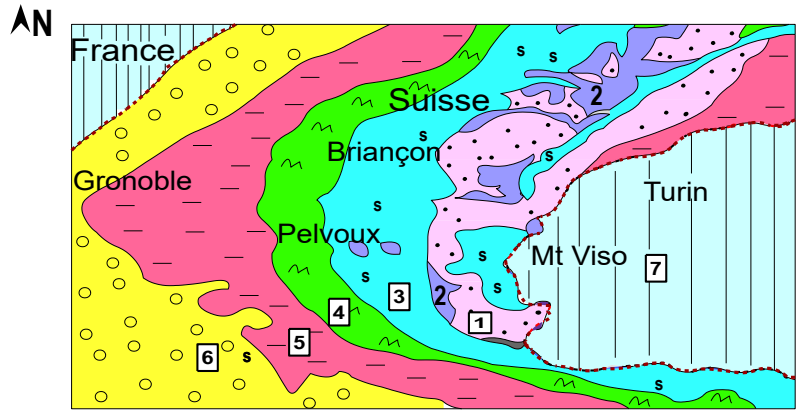


Fig b: composition minéralogique du gabbro et des roches métamorphiques caractérisant les zones de subduction

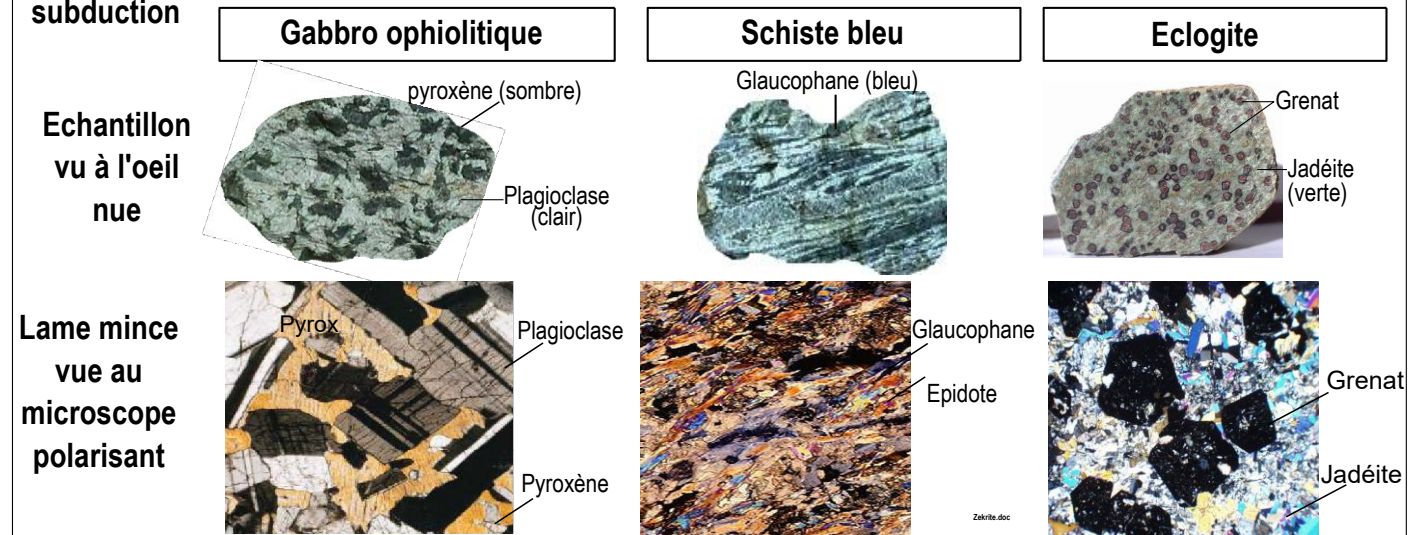


Fig (c) : Composition chimique du basalte, gabbro, schiste bleu et de l'éclogite

	Silice SiO ₂	Alumine Al ₂ O ₃	FeO, MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Basalte	50%	15%	18,4%	11,5%	2,7%	0,1%
Gabbro	50%	17,8%	16,2%	12%	2,8%	0,2%
Schiste bleu et éclogite	47,1%	14,2%	23,5%	10%	2,2%	0,4%

1 Fig a : **Décrire** la répartition des roches métamorphiques dans cette partie des Alpes qui témoigne une ancienne subduction.

2 Fig b : **Que peut-on conclure** de la comparaison de la composition minéralogique et la structure du gabbro et de chacune des roches métamorphiques témoignant une zone de subduction

3 Fig (b) et (c), **comparer** la composition chimique des roches métamorphiques avec les roches ophiolitiques. **Que peut-on conclure** quant à l'origine des roches métamorphiques (schiste bleu, éclogite) rencontrés dans les zones de subduction.

Réponses :

❶ Description de la répartition des roches métamorphiques dans cette partie des Alpes :

❷ Composition minéralogique, structure et conclusion:

- Le gabbro est constitué de ----- sa structure est -----
- Le schiste bleu est constitué de -----, il présente une structure -----
- L'éclogite est caractérisée par -----

Conclusion : la composition minéralogique et structurale de ces trois roches est -----

❸ Comparaison de la composition chimique :

La composition chimique du schiste bleu et de l'éclogite -----

↪ Conclusion :

Le schiste bleu et l'éclogite (et aussi le schiste vert) sont des roches métamorphiques

Bilan de l'activité 1

- Les roches métamorphiques des zones de collision dérivent de la transformation des roches sédimentaires (l'argile) de la croûte terrestre.
- Les roches métamorphiques des zones de subduction dérivent de la transformation des roches magmatiques (gabbro et basalte) de la croûte océanique.
- Le métamorphisme réside dans une transformation minéralogique et structurale sans transformation de la composition chimique.

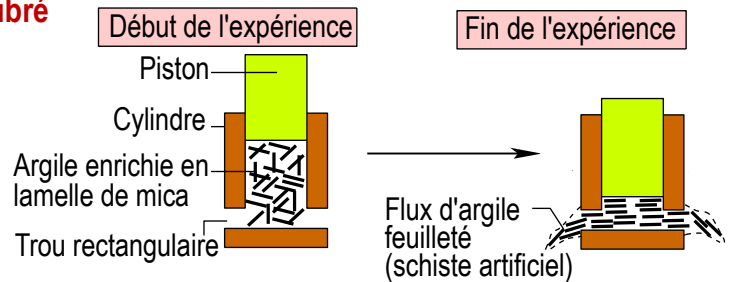
Activité 2 : Les facteurs qui interviennent dans le phénomène du métamorphisme

Les roches métamorphiques dérivent de roches préexistantes (sédimentaires ou magmatiques), leur situation dans les zones profondes des chaînes de montagnes montre qu'ils subissent des contraintes tectoniques compressives.



Doc 1 : Action de la pression : expérience de Daubré

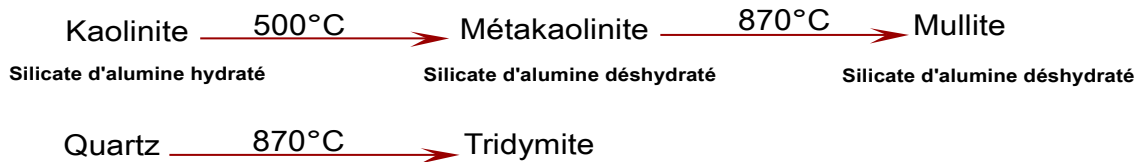
Dans un cylindre à piston et avec des ouvertures rectangulaires à sa base, un mélange d'argile et de lamelles de mica est soumis à une haute pression appliquée par le piston
Le schéma ci-contre résume cette expérience et ses résultats.



Doc 2 : Action de la température

✳ La fabrication des briques et des produits de poterie exige une température supérieure à 200°C, afin de transformer la pâte argileuse en argile cuite, cette dernière ne reprend jamais sa plasticité si on ajoute de l'eau.

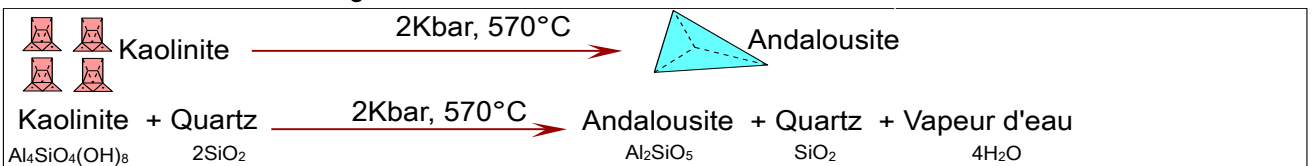
✳ Lorsqu'on chauffe un mélange d'argile (dont la kaolinite est le minéral essentiel) et du quartz, on note les transformations suivantes



Remarque : Ces transformations sont **irréversibles**

Doc 3: Expérience de Winkler: Action simultanée de la température et de la pression.

Winkler a fait subir à une roche argileuse des variations progressives des deux facteurs ; pression et température et a noté les changements suivants:



Doc 4: Variation des conditions de métamorphisme dans la nature

Fig a: Variation de la température

- La température augmente avec la profondeur, cette augmentation est appelée : **gradient géothermique**.
- Ce gradient diffère selon le **cadre géodynamique**, il est de 5°C/km à 10°C/km dans les anciens massifs continentaux et dans les zones de subduction, de 30°C/km dans les frontières de collision. Mais il peut atteindre 50°C/Km à 100°C/km au niveaux des dorsales océaniques.
- Ce gradient traduit le **flux thermique terrestre dirigé de la profondeur vers la surface** et qui provient de la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les roches.

Fig b: Variation de la pression

Les roches de la lithosphère sont soumises en profondeur à une pression qui est, la somme de trois types de pression:

- Pression tectonique qui résulte de la dynamique des plaques.
- Pression des couches sus-jacentes qui résulte du poids des couches de dessus, elle augmente avec la profondeur.
- Pression des fluides interstitiels : Il s'agit essentiellement de la pression du CO₂ et de la vapeur d'eau qui se trouvent entre les minéraux des roches en profondeur.

- 1 Doc 1 : **Décrire** les résultats de l'expérience de Daubrée et **établir la relation** entre cette expérience et la schistosité caractérisant les roches métamorphiques
- 2 Doc 2 : **Précisez** l'action de la température sur les minéraux.
- 3 Doc 3 : **Expliquez** la différence de composition minéralogique observée entre les roches métamorphiques.
- 4 **Résumez** les causes de variation des conditions de métamorphisme dans la nature.
- 5 **Définir** le phénomène de métamorphisme.

Réponses :

1 Description des résultats de l'expérience de Daubrée et la relation entre cette expérience et la schistosité caractérisant les roches métamorphiques :

■ La pression élevée, -----

■ La schistosité caractéristique des roches métamorphiques est la conséquence -----

2 Action de la température sur les minéraux.



③ Explication de la différence de composition minéralogique entre les roches métamorphiques :

■ Lorsque les minéraux d'une roche sont portés à l'action combinée de la température et de la pression, -----

■ La différence minéralogique observée lorsqu'on passe d'une roche métamorphique à une autre s'explique par -----

④ Les causes de variation des conditions de métamorphisme dans la nature :

La pression et la température sont les deux facteurs essentiels qui contrôlent le type et le degré de métamorphisme dans la nature, ces deux facteurs varient selon :

⑤ Définition du métamorphisme

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 : la pression et la température.

Activité 3 : Notion de minéral indicateur, de séquence et de faciès métamorphique

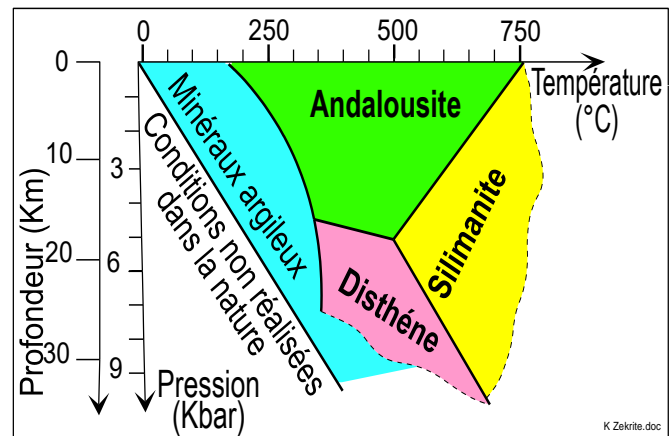
Les roches métamorphiques résultent de la transformation, à l'état solide, de roches mères sous l'action de la pression et de la température. Lors du métamorphisme, des minéraux apparaissent et d'autres disparaissent suivant les conditions de pression et de température.

→ -----

I/ Notion de minéral indicateur et de domaine de stabilité :

Doc 1 : Domaine de stabilité des silicates d'alumine

L'andalousite, le disthène et la sillimanite sont trois silicates d'alumine de même formule globale (Al_2SiO_5). Les travaux expérimentaux de Richardson ont montré que chacun de ces trois formes n'apparaît et ne se maintient que dans des conditions de température et de pression nettement définies. Les lignes droites sur le diagramme pression/température représentent les limites du champ de stabilité de chaque minéral.



- ❶ **Dégager** les domaines de stabilité de pression et de température de chaque minéral des silicates d'alumine, **déduire** pour chaque minéral les conditions qu'il caractérise. (Rédiger vos réponses sous forme d'un tableau).
- ❷ **Déterminer** les conditions de pression et de température convenable pour l'apparition des trois silicates d'alumine ensemble dans une roche.
- ❸ **Définir** : champ de stabilité d'un minéral, minéral indicateur (index) et déterminer l'importance des minéraux indicateurs.

Réponses :

❶ **Les domaines de stabilité de pression et de température de chaque minéral des silicates d'alumine et les conditions qu'il caractérise : (tableau).**

Minéraux (silicates d'alumine)	Champs de stabilité pour :		conclusion
	La température (°C)	La pression (Kbar)	
Andalousite			
Sillimanite			
Disthène			

② Les conditions de pression et de température convenable pour l'apparition des trois silicates d'alumine dans une roche :

P = ----- Profondeur = ----- T = -----

③ Définitions :

⚙ Le champ (ou le domaine) de stabilité d'un minéral : -----

⚙ Un minéral indicateur (=index) : -----

⚙ La présence d'un minéral index dans une roche métamorphique permet -----

III/ Notion de séquence et de faciès métamorphique :

Doc 2 : Quelques séquences métamorphiques

		----- Métamorphisme croissant ----->
Séquences	Roches initiales	Roches métamorphiques
Pélitique	Pélite ou argile	Schiste → micaschiste → gneiss → leptynite
Carbonatée	Calcaire ou dolomie	Calcschiste → marbre (الرخام) → cipolin
Basique	Gabbro ou basalte	Schiste vert → schiste bleu → éclogite

Doc 3 : Faciès métamorphique

- Afin de déterminer les pressions et les températures correspondants à la stabilité des minéraux indicateurs, Escola a soumis le basalte à des conditions de pression et de température variables. L'association d'un ensemble de minéraux indicateurs en fonction de la pression et de la température détermine des domaines bien précis appelés faciès de métamorphisme.
- Les différents faciès prennent le nom des roches métamorphiques résultants de la transformation du basalte dans les différentes conditions de pression et de température.
- Si on applique les mêmes conditions de pression et de température correspondant à un faciès déterminé sur une autre roche, on obtient un autre ensemble minéralogique, l'argile par exemple, se transforme, dans le faciès de schiste bleu en micaschiste à glaucophane et se transforme, dans le faciès des amphibolites en micaschiste à disthène ou à sillimanite.

Activité 4 : Types de métamorphismes et leurs relations avec la tectonique des plaques

Le métamorphisme est un phénomène minéralogique provoqué par la pression et la température, en plus du facteur tectonique. Il existe donc un lien spatio-temporel étroit entre le métamorphisme et la formation des chaînes de montagnes.

→ -----

→ -----

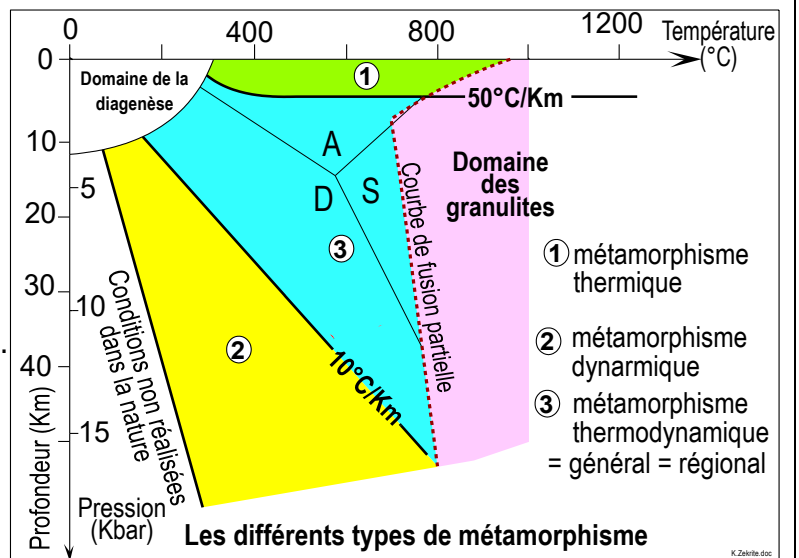
I/ Les types de métamorphismes en relation avec les types de chaînes de montagnes

Doc 1 : Les types de métamorphisme

Winkler a établi une subdivision qui détermine les différents types de métamorphisme en fonction de l'effet de la pression et de la température. La figure ci-contre montre cette division.

En utilisant cette figure :

- ① **Délimiter** le domaine du métamorphisme.
- ② **Déterminer**, ce qui caractérise chaque type de métamorphisme, **quels sont** les zones de la lithosphère favorables au développement de chacun de ces trois types de métamorphismes.



Réponses :

① Le domaine du métamorphisme est encadré par -----

② Les types de métamorphismes :

Selon l'importance de la température et de la pression, on distingue trois types de métamorphismes :

✿ Le métamorphisme -----

Le métamorphisme

Le métamorphisme

II/ Le métamorphisme dynamique des zones de subduction

Doc 2 : Le trajet d'une roche de la lithosphère océanique au cours de la subduction

A partir de l'exploitation des observations de terrain, des données chimiques, des observations microscopiques, on peut reconstituer le déplacement de la roche dans les domaines de pression et de température en fonction du temps, c'est le trajet P, T, t. La figure (a) reconstitue le trajet P, T, t d'une roche magmatique (le gabbro) dès sa naissance au niveau de la dorsale médio-océanique jusqu'à son enfouissement dans une zone de subduction. La figure (b) propose un modèle spatial explicatif de ce trajet.

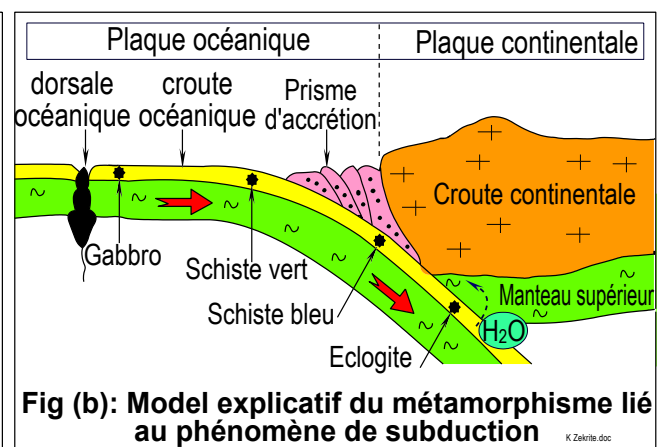
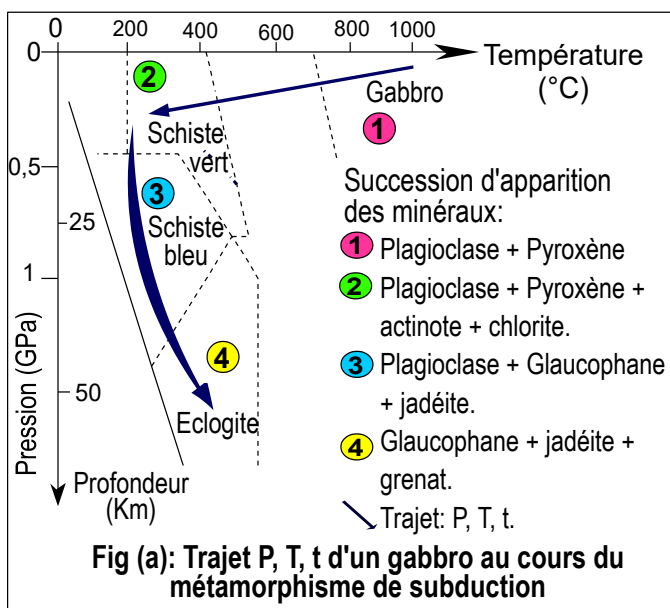


Fig (c): Deux réactions minéralogiques au cours du métamorphisme dynamique des roches de la lithosphère océanique:
 Plagioclase + Chlorite + Actinote → Glaucophane + eau
 Plagioclase + Glaucophane → Grenat + Jadéite + eau

GPa = gigapascal 1GPa = 10⁹Pa

- Figures (a), (b) et (c), **décrire et expliquer** les transformations subies par le gabbro dans les frontières de subduction.
- Fig (a) : **Déterminer** la série métamorphique caractéristique de la subduction.
- Rappeler** l'effet de l'eau libérée au cours des réactions minéralogiques des roches de la lithosphère océanique sur la péridotite du manteau de la plaque chevauchante. **Que peut-on en déduire ?**

Bilan de l'activité 4

Types de métamorphisme	Métamorphisme dynamique	Métamorphisme thermodynamique (= général = régionale)	Métamorphisme thermique ou de contact
Caractéristiques			Basse pression et haute température
Zones caractéristiques par ce type de métamorphisme			Zone de subduction et zone de collision (autours des magmas)
Série métamorphique			Argile → schistes → cornéenne



Chapitre 3 : La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

Les granites représentent la majorité des roches qui constituent la croûte continentale à la surface de la terre. Les observations de terrain montrent souvent un lien géographique entre les roches granitiques et les roches métamorphiques.



Questions :

■ -----

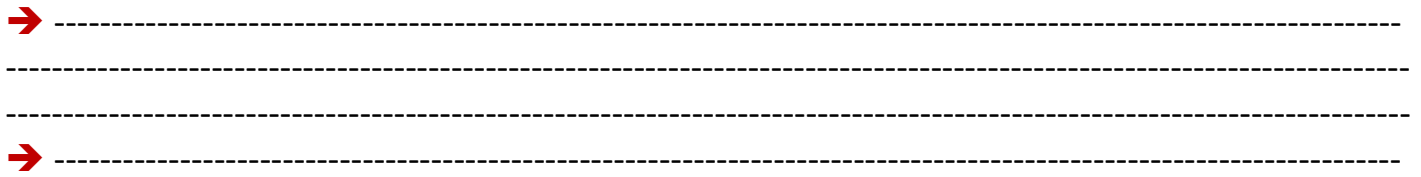
■ -----

Plan du chapitre :

- **Activité 1 :** Le granite d'anatexie et le granite intrusif et leur relation respective avec le métamorphisme régional et le métamorphisme de contact
- **Activité 2 :** La granitisation et sa relation avec la tectonique des plaques

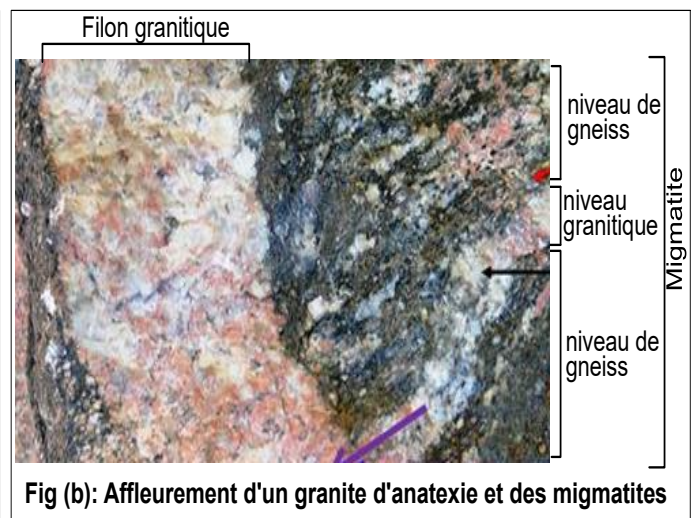
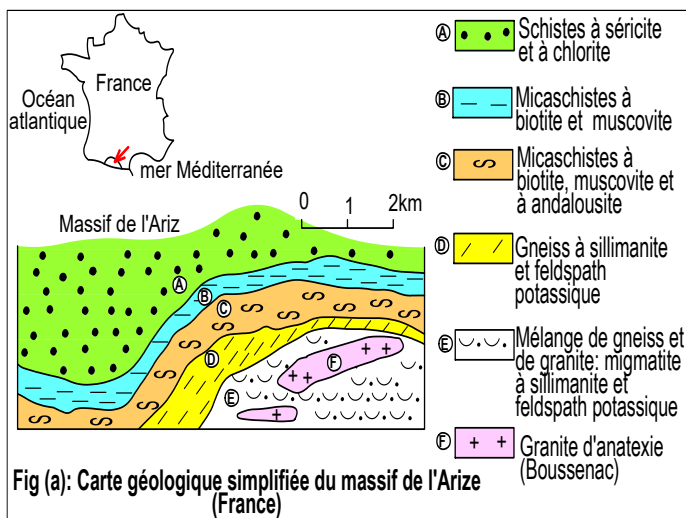
Activité 1 : Le granite d'anatexie et le granite intrusif et leur relation respective avec le métamorphisme régional et le métamorphisme de contact

On identifie deux types de granites : le granite d'anatexie et le granite intrusif :

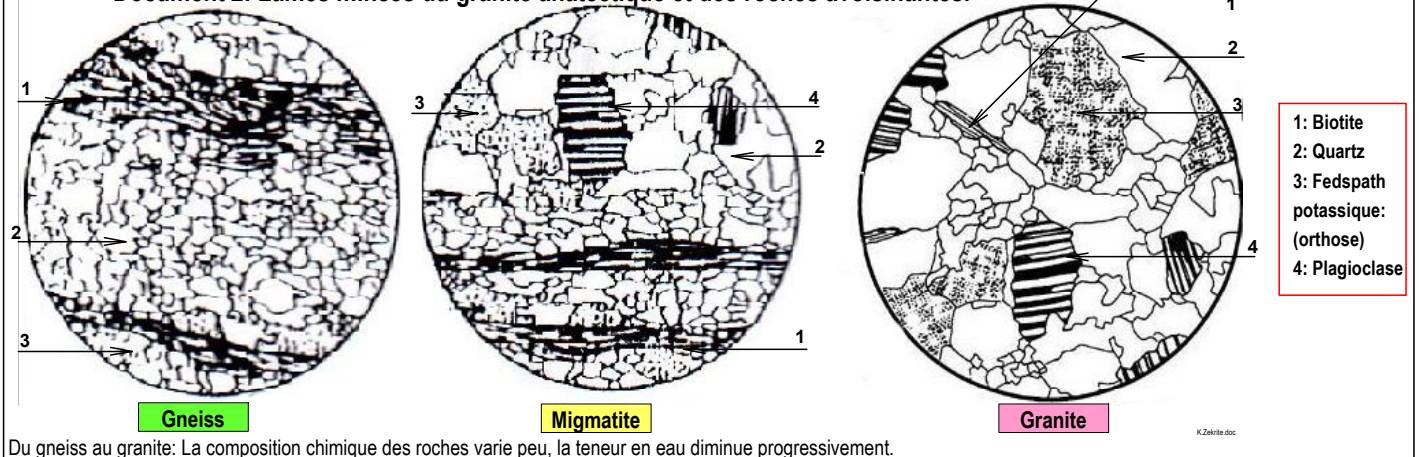


I/ Le granite d'anatexie et sa relation avec le métamorphisme régional :

Doc 1 : Exemple : granite d'anatexie dans le Massif de l'Arize, au Sud de Saint-Girons dans le département de l'Ariège, en France.



Document 2: Lames minces du granite anatectique et des roches avoisinantes.



❶ Doc 1 : **Décrire comment** apparaît le granite d'anatexie au niveau de la carte géologique et de l'affleurement.

❷ Doc 2 : **Identifier**, la structure de ces roches, **quelles informations peut-on tirer** de ces types de structures ?

❸ **Que peut-on déduire** de cette étude quant à l'origine du granite d'anatexie ?

II/ Le granite intrusif et sa relation avec le métamorphisme thermique :

Doc 2 : Exemple : Granite intrusif de Zaër زعير (près de Rabat)

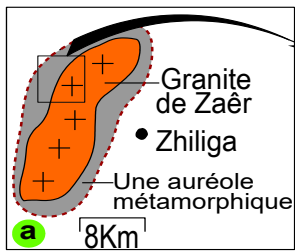
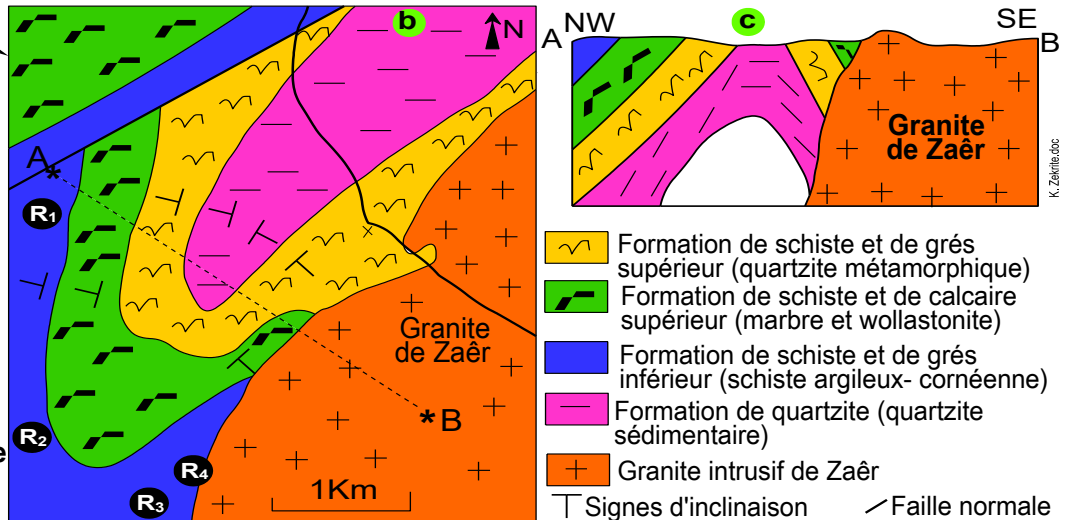


Fig (a): Situation de la région.

Fig (b): Carte géologique simplifiée d'une partie du massif de Zaër.

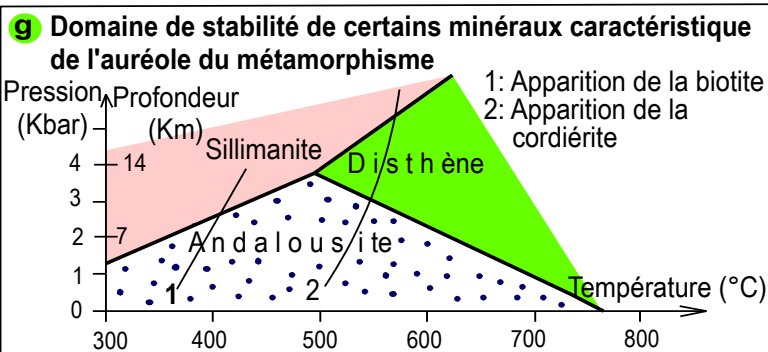
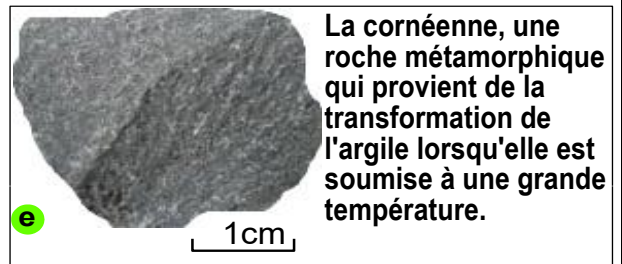
Fig (c): Coupe géologique selon le segment AB.



1 En utilisant les données des fig (a, b et c) **dégager** les principales caractéristiques du granite intrusif.

Dans le but de connaître le type de métamorphisme qui forme la ceinture autour du granite, une étude a été réalisée sur 4 échantillons (R₁, R₂, R₃ et R₄) appartenant à la formation du schiste et du grès inférieur (dont l'emplacement est indiqué sur la fig b). Les figures (d, e et f) résument l'étude pétrographique de ces échantillons. La figure (g) représente un diagramme de stabilité de certains minéraux caractéristiques de ces roches.

Roche	Minéraux	Structure
R ₁ : Schiste argileux	Séricite, chlorite	Minéraux de petite taille orientés
R ₂ : Schiste	Biotite, andalousite	
R ₃ : Cornéenne	Andalousite, biotite, Cordiérite	Minéraux de grande taille non orientés
R ₄ : Enclaves de cornéenne dans du granite		



2 Fig (d, e, f) : **décrire** les modifications que montre les roches en s'approchant du massif granitique de Zaër.

3 Figure (c) et (d), **hachurer ou colorier** sur le diagramme les zones (conditions P/T) correspondantes aux roches R₂ et R₃. **Déterminer** les valeurs approximatives de pression et de température auxquelles ont été portées ces roches R₂ et R₃. **Comment varient** les facteurs de métamorphisme en se dirigeant de la roche R₂ à R₃.

4 **Montrer** que le métamorphisme autour du granite est de type thermique, **justifier**, pourquoi on qualifie ce métamorphisme par métamorphisme de contact.

5 **Etablir** la relation entre le granite de Zaër et l'auréole de métamorphisme.

Réponses :

① Au niveau de la carte et de la coupe géologique, le granite de Zaêr:

- Se présente sous forme -----

- Présente des limites -----, la zone de contact du granite avec les roches métamorphiques adjacentes -----

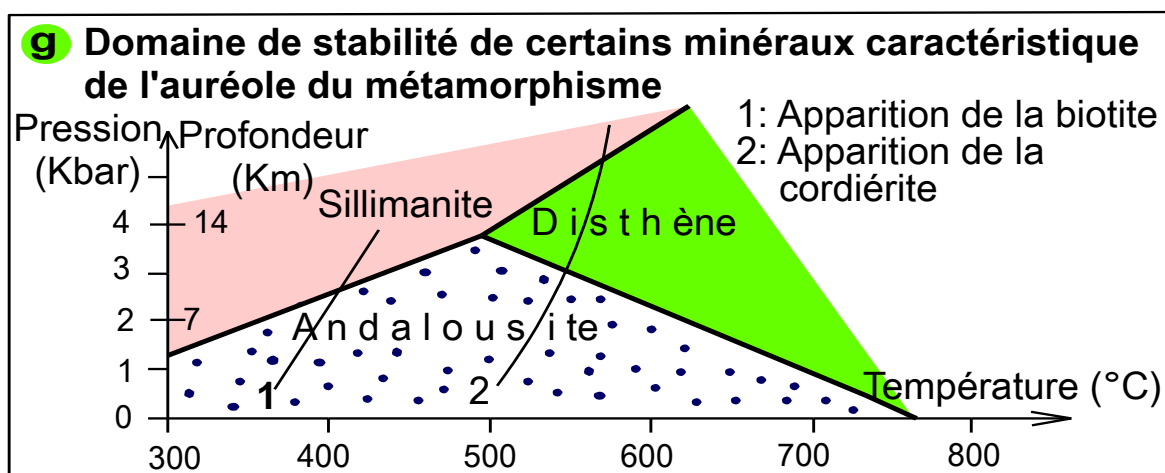
- Se présente dans une position ----- avec les couches avoisinantes, il n'est pas affecté par -----, mais il recoupe les formations plissées (l'anticlinal) comme un intrus qui a digéré et a occupé la place du flan SE de l'anticlinal, ce qui indique que le granite de Zaêr -----

- Entouré d'une -----

- Entouré d'une faille normale.

② En s'approchant du granite intrusif de Zaêr, on note :

③ ↪ L'emplacement des roches R₂ et R₃ sur le graphique pression- température :



- Le schiste R₂ contient -----

➤ La cornéenne R₃ renferme -----

↪ Valeurs de pression et température qu'a subi les roches R₂ et R₃ :

Roche	Pression	Température
R ₂ : Schiste à biotite et andalousite		
R ₃ : Cornéenne à biotite andalousite et cordiérite		

↪ Evolution des facteurs de métamorphisme en se dirigeant de la roche R₂ à R₃ :
Lorsqu'on passe de la roche R₂ à R₃ (donc en s'approchant du granite), on note une

④ Les témoins qui indiquent que le métamorphisme autour du granite est de type thermique et justification de la nomination « métamorphisme de contact ».

↪ L'absence d'orientation des minéraux dans les roches hautement métamorphisées, indique que ces roches -----

↪ La présence de la cornéenne, faciès caractéristique du métamorphisme -----

↪ Les assemblages minéralogiques des roches R₂ et R₃ témoignent que ces roches ont subi -----

Ces indices prouvent que le métamorphisme de l'auréole est de type -----

⑤ La relation entre le granite de Zaër et l'auréole de métamorphisme.

III/ Comparaison entre le granite intrusif le granite d'anatexie :

	Granite d'anatexie	Granite intrusif
L'étendue		
Les limites		
Roches avoisinantes		
Relation avec le métamorphisme		



Activité 2 : La granitisation et sa relation avec la tectonique des plaques

Le granite, roche magmatique, résulte du refroidissement d'un magma acide en profondeur, sa liaison avec les roches métamorphiques impose sa relation avec la formation des chaînes de montagnes.



Doc 1 : Fusion partielle expérimentale des roches argileuses

Trois roches argileuses A, B et C sont soumises à une pression de 2kbar (c'est la même pression régnant à une profondeur de 7 à 8km) et une température comprise entre 700 et 800°C. A partir d'une température voisine de 700°C, les roches métamorphiques issues des roches argileuses, subissent une fusion partielle, un liquide appelé liquide anatectique apparaît et donne après refroidissement une roche granitique, ce phénomène est appelé anatexie. Le tableau ci-dessous précise la composition minéralogique des roches argileuses d'origine et de la roche granitique résultante du refroidissement du liquide anatectique, ainsi que la température du début de fusion.

Minéraux	Composition des roches argileuses (%)		
	A	B	C
Quartz	15	20	24
Illite	35	70	60
Kaolinite	50	10	10
Divers	0	0	06
T° anatectique	695°C	725°C	715°C

Minéraux	Composition de la roche anatectique (%)
Quartz	42
Feldspath potassique	50
plagioclase	08

Doc 2 : Conditions d'anatexie dans le globe terrestre

La fusion partielle est facilement atteinte dans les conditions du géotherme de collision.

La courbe d'anatexie indique les conditions au-delà desquelles les roches commencent à fondre en produisant un magma de composition granitique. Les migmatites sont des roches, qui dans un diagramme pression température, se situent entre le solidus et le liquidus.

La courbe du solidus : sépare le domaine partiellement fondu du domaine solide.

La courbe du liquidus : sépare le domaine purement liquide du domaine partiellement fondu (liquide + cristaux).

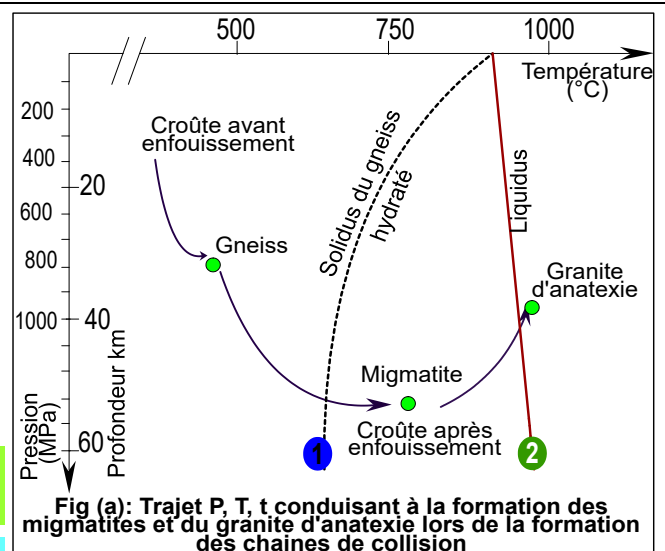


Fig (a): Trajet P, T, t conduisant à la formation des migmatites et du granite d'anatexie lors de la formation des chaînes de collision

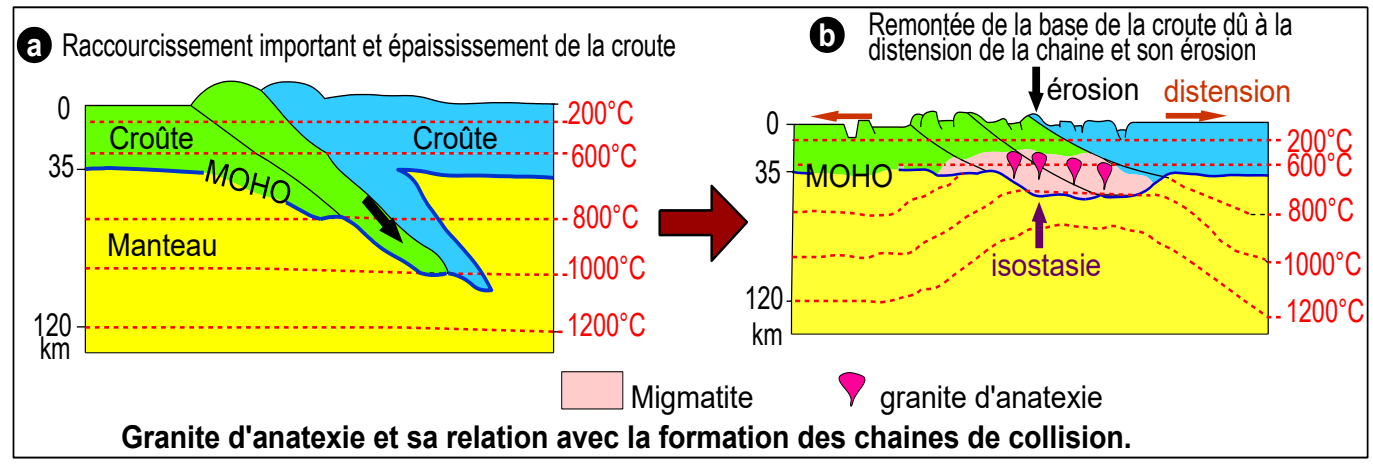
① **Analyser** l'expérience du doc 1. Définir les termes suivants : liquide anatectique, température anatectique et anatexie.

② Doc 2 et 3, **établir la relation** entre les chaînes de collision et le phénomène d'anatexie.

③ **Réaliser** un schéma global explicatif de la formation du granite d'anatexie et le granite intrusif et leur relation avec le métamorphisme avoisinant.

Doc 3 : Formation des granites dans les chaînes de Collision

Dans les chaînes de collision, les roches enfouies sont soumises à une forte pression et température. A la fin de la formation de la chaîne, les forces compressives s'arrêtent, la distension post-orogénique et l'érosion, font remonter ces roches vers la surface, leur pression diminue, mais leur température reste élevée. Ces conditions conduisent à la fusion partielle ou totale des roches et la formation du magma anatectique. Ce magma peut se refroidir sur place donnant naissance à un granite d'anatexie lié aux migmatites ou migrer près de la surface sans y arriver pour donner le granite intrusif



Réponses :

① Sous l'effet de la pression et surtout de la température élevée, les roches argileuses fondent partiellement, ce qui engendre un liquide anatectique de composition chimique stable, quelle que soit la roche mère d'origine, et qui donne, après son refroidissement des roches granitiques.

Liquide anatectique : -----

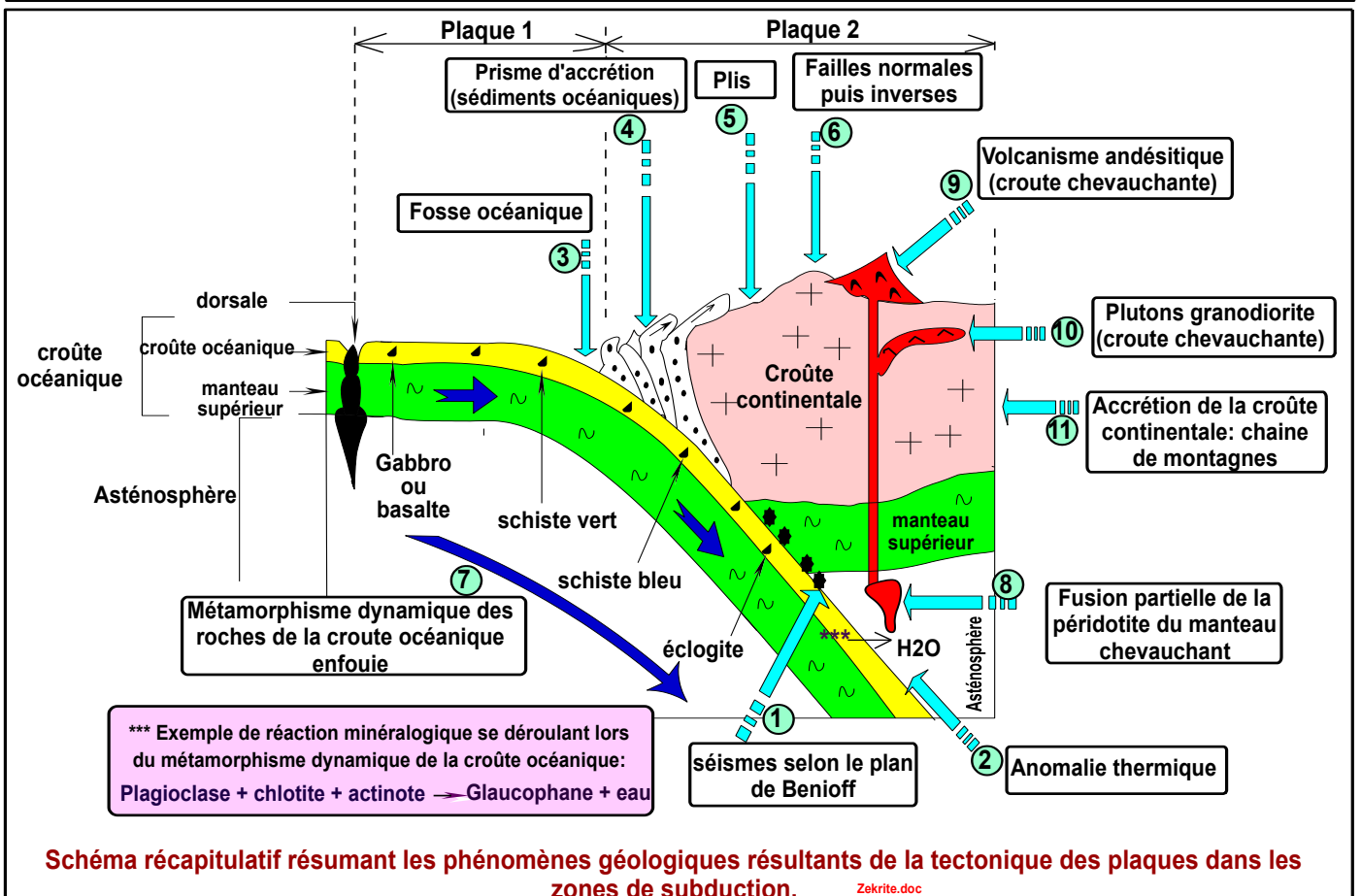
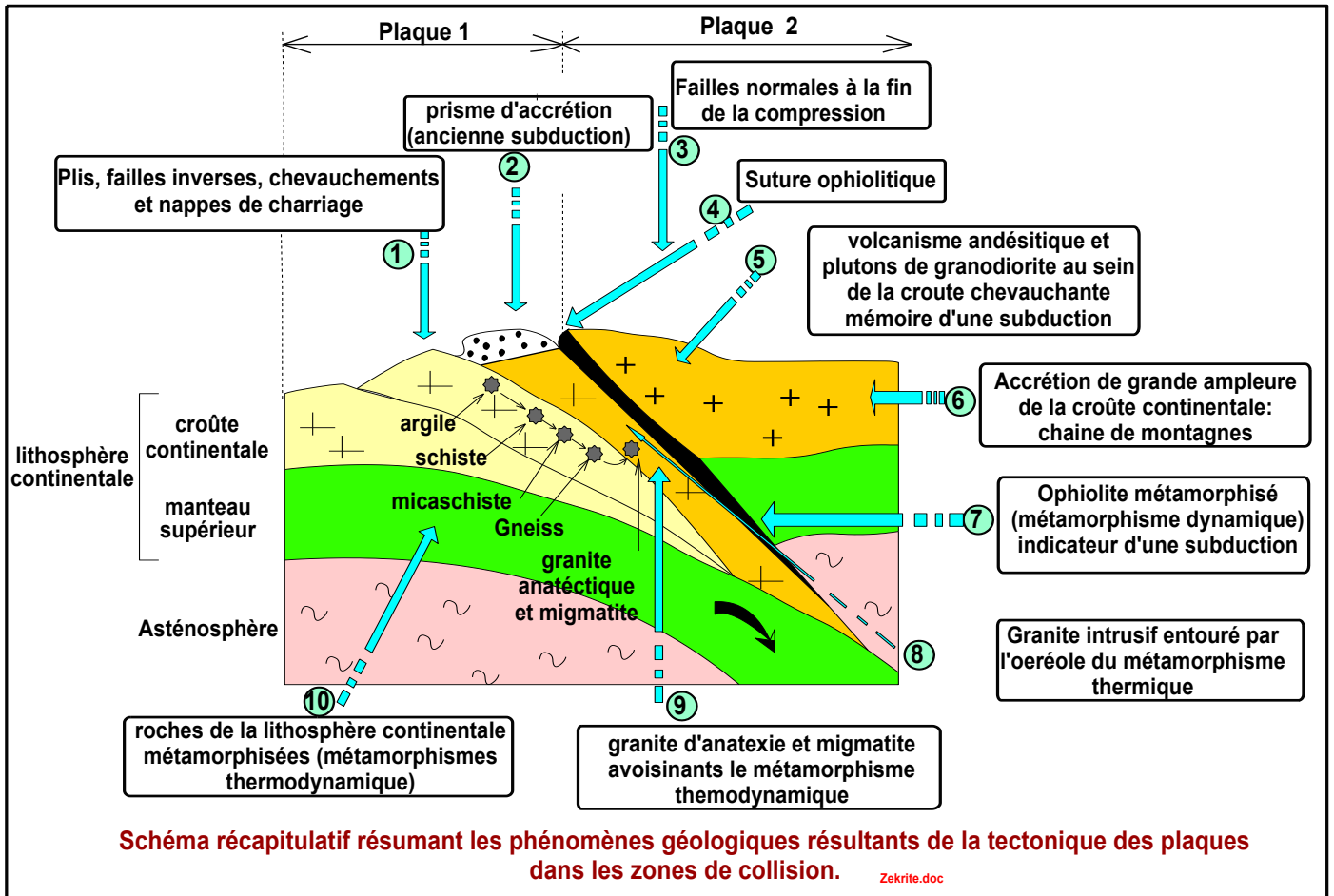
Température anatectique : -----

Anatexie : -----

② La relation entre les chaînes de collision et le phénomène d'anatexie :

🌱 La collision entre deux masses continentales amène des roches de la croûte continentale à des profondeurs de l'ordre de 50 à 70 km où elles subissent une pression et une température élevées. Ces roches se transforment dans le cadre du métamorphisme régional en roches métamorphiques dont le gneiss constitue le degré le plus poussé.

Schéma récapitulatif



Quelques définitions, concernant l'unité 4 : phénomènes géologiques accompagnants la formation des chaînes de montagne.

Andésite : roche volcanique, grise, poreuse de structure microlitique, constituée de cristaux de différentes tailles : des phénocristaux (cristaux de grande taille) et des microlites (cristaux microscopiques) noyés dans une pâte vitreuse (du verre).

Chevauchement : est un déplacement horizontal de l'ordre de quelques mètres d'une unité géologique au-dessus d'une autre suite à des forces compressives inégales.

Orogenèse = formation des chaînes de montagnes.

Collision : Affrontement (تجابه) et rencontre entre deux masses continentales, accompagné de déformations tectoniques et de formation de relief important.

Courants de convection تيارات الحمل الحراري : des mouvements ascendants et descendants de la matière rocheuses qui ont lieu dans l'asthénosphère, ils sont dus aux différences de température donc aux différences de densité en divers points de la masse.

Cristallisation : Processus par lequel, au cours de la montée du magma, se forment des corps solides organisés et de tailles différents (cristaux) en fonction de la vitesse de diminution de la température.

Croute continentale : la partie superficielle des continents, elle est composée essentiellement de granite. Son épaisseur varie entre 15 km sous les plaines à plus de 70 km sous les montagnes.

Croute océanique constitue le plancher des mers et des océans, elle est de nature basaltique, composée de basalte, de dolérite et gabbro.

Décrochement ou faille transformante: correspondent à un coulissage horizontal des deux bloc sans déplacement vertical.

Déformation : en géologie, elle décrit les changements de forme, d'orientation ou de position d'un corps (roche, portion de la croûte terrestre) soumis à des contraintes. Lorsque ce corps est une roche, la déformation concerne essentiellement la transformation géométrique qui affecte l'aspect, la texture ou les propriétés de cette roche.

Domaine de stabilité : Ensemble de conditions de pression et de température dans lesquelles se forme un minéral et reste stable.

Expansion des fonds océaniques : appelée aussi modèle du tapis roulant ou plus couramment expansion océanique, est un modèle scientifique élaboré en 1962 par le géologue américain Harry Hess, et qui explique la genèse de la croûte océanique et sa dynamique. Hess, s'appuyant sur de nouvelles données scientifiques (cartes des fonds océaniques avec mise en évidence des rifts et fosses océaniques, flux de chaleur et cartes de l'âge du plancher océanique), propose que la croûte océanique, créée au niveau des dorsales par des courants ascendants et enfouie au niveau des fosses océaniques par des courants descendants (phénomène de subsidence), est continuellement recyclée alors que la croûte continentale, à cause de sa légèreté, dérive à la surface de la Terre. Ce modèle théorique a été constitué à partir du concept de dérive des continents زحزحة القارات développé au début du XXe siècle par Alfred Wegener dont l'hypothèse argumentée n'avait pas reçu un accueil favorable de la communauté scientifique. De manière erronée, Wegener

fait des blocs continentaux le moteur de la dérive des continents alors qu'ils perdent ce rôle au profit des océans selon Hess. Pour ce dernier, les continents sont incorporés dans la croûte terrestre comme des morceaux de bois dans la banquise (جليد) et sont entraînés passivement au gré des ouvertures et fermetures des océans.

Faille inverse: faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers le haut par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles inverses se forment lorsque deux blocs de roches sont poussés l'un vers l'autre (rapprochement) en raison d'une compression. La combinaison de plusieurs failles inverses entraîne un soulèvement appelé **Horst**.

Faille normale: faille le long de laquelle les roches au-dessus du plan de faille se déplacent vers le bas par rapport aux roches sous le plan de faille. Les failles normales se forment lorsque deux blocs de roches s'éloignent l'un de l'autre (écartement), en raison d'une distension. La combinaison de plusieurs failles normales entraîne un fossé d'effondrement appelé **Grabben**.

Faille verticale : correspondent à un mouvement vertical des deux blocs déplacés sans déplacement horizontal.

Flux géothermique (flux de chaleur) : Quantité d'énergie thermique (chaleur) dissipée par unité de surface terrestre et par unité de temps.

Foliation : structure de certaines roches métamorphiques, caractérisée par l'existence de lits de minéraux, donnant l'aspect de bandes à la roche, par succession de lits à contenu minéralogique différent.

Gradient géothermique : Variation de la température selon la profondeur au sein de la terre. Elle varie selon les régions. Au niveau de la partie superficielle de la croûte, le gradient géothermique est de 30°C/km

Géotherme est une courbe de la variation de température en fonction de la profondeur. Elle exprime le gradient de température entre la surface et une certaine profondeur

Ophiolite : un complexe de roches appartenant à une portion de lithosphère océanique ancienne, charriée sur un continent lors d'un phénomène de collision (convergence) de deux plaques lithosphériques par obduction.

Granodiorite : roche plutonique, de structure grenue formée de grands cristaux soudés sans pâte vitreuse.

Isotherme : Courbe, ligne imaginaire passant par les points du globe où la température moyenne est la même.

Foyer d'un séisme ou hypocentre : le point où prend naissance la rupture à l'origine du séisme.

Lithosphère : couche superficielle rigide de la terre scindée (fragmentée) en plaques et composée par la croûte (continentale ou océanique) et de la partie rigide du manteau supérieur. L'épaisseur de la lithosphère continentale est supérieure à 30km alors que l'épaisseur de la lithosphère océanique varie de 6 à 10km.

LVZ : Low Velocity Zone = zone à faibles vitesses : est la zone du manteau supérieur terrestre au travers de laquelle les ondes sismiques se propagent à faible vitesse du fait que la péridotite, roche du manteau, est en état de fusion partielle. Cette zone délimite la lithosphère sus-jacente de l'asthénosphère sous-jacente.



Minéral indicateur : minéral stable dans des conditions de pression et de température données correspondant aux conditions de sa formation, ce qui permet la détermination des conditions de genèse de la roche qui la renferme.

Nappe de charriage : ensemble de strates rocheuses déplacés sous l'action des forces tectoniques compressives sur des dizaines de kilomètres et chevauchant d'autres formations rocheuses. L'unité déplacée est appelée unité chevauchante = allochtone, l'unité chevauchée est dite autochtone).

Obduction : processus par lequel une plaque tectonique océanique chevauche sur une autre plaque continentale.

Plaque lithosphérique : est un bloc rigide et stable de la lithosphère terrestre limité par des frontières actives caractérisées par un séisme et un volcanisme important. Les plaques sont en mouvement les unes par rapport aux autres sur l'asthénosphère, c'est la théorie de la tectonique des plaques نظرية تكتونية الصفائح.

Prisme d'accrétion موشور التضخم : un ensemble de couches sédimentaires océaniques en écailles accolées de grande altitude formé au niveau de la fosse océanique. Ils résultent d'un rabotage كشط partiel des sédiments déposés sur la croûte océanique par la plaque chevauchante pendant l'enfouissement de la plaque océanique. Ces produits n'existent que dans les zones où l'accumulation est importante.

Roches magmatiques : ou roches éruptives, se forment quand un magma se refroidit et se solidifie. Il existe deux familles de roches magmatiques qui se forment dans des circonstances différentes: Quand le magma remonte à la surface de la terre lors d'une éruption volcanique, sa solidification donne naissance à des **roches volcaniques**. La plus répandue est le basalte, une roche sombre, mate, dure, compacte et peu cristallisée. Mais, si le magma n'atteint pas la surface terrestre : il se cristallise en profondeur au sein de poches pouvant mesurer plusieurs dizaines de kilomètres. Au fil des millénaires, la cristallisation des magmas engendre des **roches plutoniques**. La plus répandue est le granite.

Roches métamorphiques : qualifient les roches (sédimentaires ou magmatiques) qui ont subi des transformations (structurales et minéralogiques) à l'état solide du fait d'une élévation de la température et/ou de la pression.

Roches sédimentaires : roches qui se forment à la surface de la terre (roches exogènes) par accumulation de dépôts. Ils proviennent de la succession de 4 étapes : l'érosion, le transport, la sédimentation et la diagenèse. Ils se déposent le plus souvent en couches ou lits superposés, appelés strates. Ils renferment parfois des fossiles.

Schistosité : caractéristique de roches clivables selon des plans parallèles et fragiles.

Séquence métamorphique : Ensemble de roches métamorphiques issues d'une même roche d'origine ayant subi des degrés de métamorphisme croissants.

Silicate d'alumine : silicate multiforme, dont les unités tétraédriques (à 4 facettes), (SiO₄) sont liées par des atomes d'aluminium ; (Al₂SiO₅), et donnant, par conséquent, selon les conditions de pression et de température, des minéraux indiquant les conditions thermodynamiques, dominantes au moment de leur formation.

Solidus : courbe expérimentale montrant les conditions de pression et de température dans lesquelles un mélange de minéraux ou de roches passe de l'état liquide ou semi - liquide à l'état totalement solide.

Les plis : sont des déformations souples et continues des couches rocheuses sous forme d'ondulations en saillie (anticlinal) ou en creux (synclinal). La position du plan axial et le pendage des flans définissent différents types de plis : pli droit, déjeté, déversé ou couché.

Subduction : processus par lequel une plaque tectonique océanique (de densité élevée) plonge sous une autre plaque généralement continentale de faible densité, ou sous une autre plaque océanique : Subduction intra-océanique :

Zones de divergence : ce sont les dorsales médio-océaniques où naît une nouvelle croûte océanique, elles sont donc à l'origine de l'expansion des fonds océaniques : اتساع قعر المحيطات.

Zones de convergence : ce sont les zones de subduction, d'obduction et de collision.

Zones de décrochement (friction) : zones de failles transformantes مناطق احتكاك: فوالق محولة.