

TP sur le domaine continental et sa dynamique

Blandine Fino

Depuis trois ans, la réforme du lycée bouleverse les pratiques pédagogiques en SVT et insiste sur le travail par compétences en continuité avec l'enseignement au collège. Les modifications de l'ECE pour le baccalauréat 2013 obligent aussi à laisser plus d'autonomie aux élèves, plus de réflexions sur les manipulations ou expériences à faire. Cet article a pour but de proposer aux enseignants de terminale scientifique deux TP de géologie allant dans ce sens et conformes au B.O. du 13 octobre 2011.

Les indices tectoniques et pétrographiques de l'épaississement crustal

Les Alpes et les Pyrénées sont deux chaînes de montagne du sud de l'Europe. Elles culminent respectivement à plus de 3 000 m d'altitude. Elles renferment des roches magmatiques et métamorphiques, des roches déformées et faillées et correspondent à une chaîne de collision.

Problème

Comment l'étude des paysages et des roches métamorphiques de ces régions permet-elle de montrer un épaississement de la croûte continentale ?

Matériel

- appareil photographique
- logiciel APBG « Alpes »
- microscope polarisant
- des lames minces et des échantillons de micaschistes, de gneiss et de migmatites
- documents : diagramme pression / température + tableau

Capacités testées

Manipuler en utilisant un logiciel et en utilisant un microscope polarisant, extraire des informations, exprimer et exploiter des résultats en utilisant les TICE

► **Mots clés** : nappe de charriage, faille inverse, racine crustale, roche métamorphique, schistosité, marge continentale passive, domaine océanique, subduction, fusion partielle

■ **Blandine Fino** : professeur de SVT au Lycée Édouard Vaillant de Vierzon

Questions

À partir de l'utilisation judicieuse du logiciel Alpes et des divers échantillons proposés, trouvez les indices tectoniques et pétrographiques d'un épaissement de la croûte continentale.

Vous réaliserez un compte-rendu judicieusement agrémenté de photos permettant de répondre au problème posé.

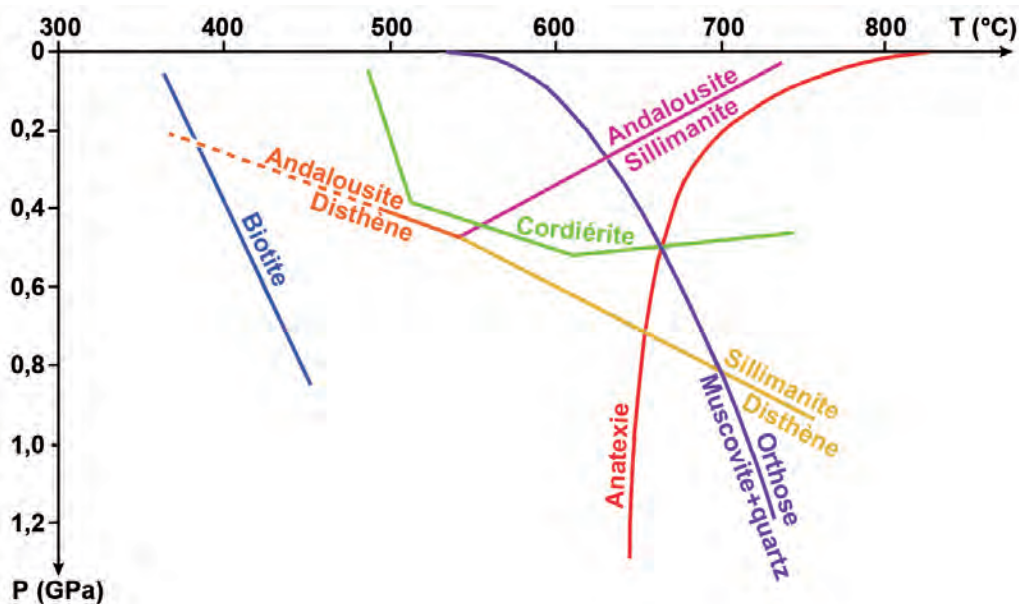
Une aide peut être proposée sous forme de coups de pouce. N'oubliez pas de consulter les définitions et l'échelle des temps du logiciel « Alpes ».

Coup de pouce 1 « Au secours, je suis perdu(e) ; je ne sais pas quelles données exploiter »

Coup de pouce 2 « Je ne sais pas interpréter les paysages »

Coup de pouce 3 « Je ne sais pas comment utiliser le logiciel Alpes »

Documents



1. Diagramme pression / température

Roches	Séricite	Chlorite	Biotite	Quartz	Grenat	Feldspath
R1	X	X				
R2			X	X	X	
R3			X	X		X
Migmatite			X	X		X

2. Tableau récapitulatif des différents minéraux constituant les roches métamorphiques de la zone étudiée

Coup de pouce 1 « Au secours, je suis perdu(e) ; je ne sais pas quelles données exploiter »

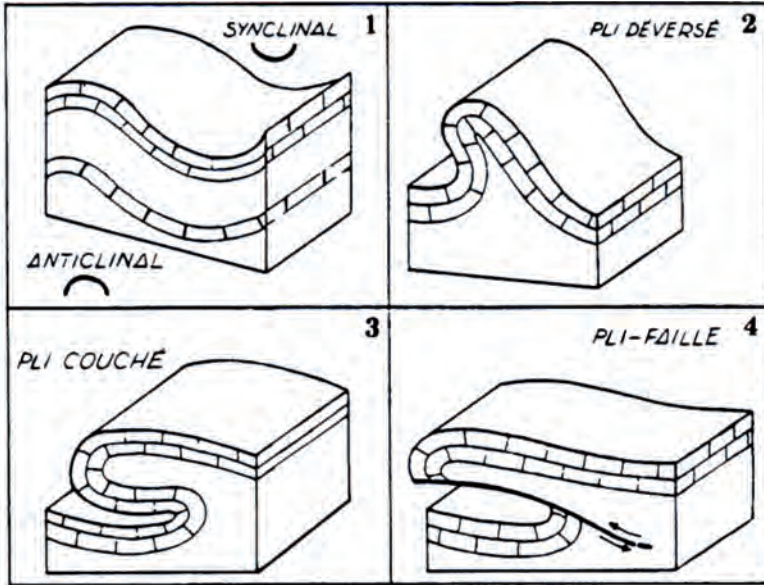
1. Observer au microscope une lame de micaschiste et une lame de gneiss. Les photographier et les légènder. Observer l'alignement des minéraux.
2. Photographier la migmatite à l'œil nu et légènder la photo obtenue.
3. Replacer les 4 roches métamorphiques sur le diagramme pression / température.
4. Montrer comment la présence des roches métamorphiques et des migmatites est la conséquence d'un épaississement important de la croûte continentale dans cette région.
5. Exploiter le logiciel « Alpes » pour trouver des paysages témoins d'un raccourcissement et d'un épaississement.
6. Légènder au moins une photo pour mettre en évidence le raccourcissement ainsi que l'épaississement subis par ces roches.
7. Conclure en répondant au problème posé.

Coup de pouce 3 « Je ne sais pas comment utiliser le logiciel Alpes »

Données du logiciel « Alpes » à exploiter :

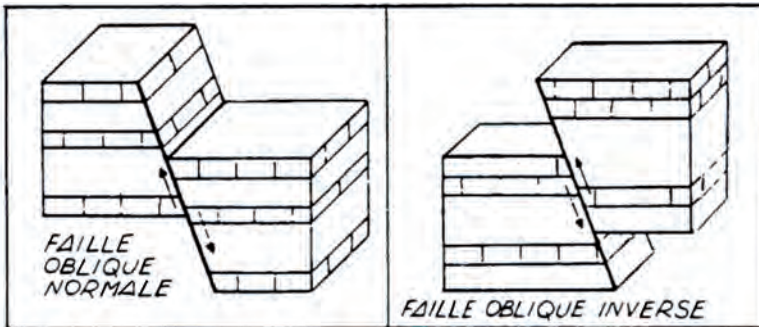
- Paysage / chaîne des Aravis/ chaînon Etoile Charvin
- Paysage / massif de la Chartreuse / falaise du Pas Guignet ou rocher de Ecoutoux
- Paysage / Vercors / rocher de l'Eperrimont
- Paysage / col du Lautaret
- Paysage / rive du lac d'Annecy
- Paysage/massif du Vercors/ rocher de Sassenage

Coup de pouce 2 « Je ne sais pas interpréter les paysages »



Une faille normale témoigne d'une zone de distension

Une faille inverse témoigne d'une zone de compression



3. Quelques exemples de figures témoins de compression donc d'un raccourcissement

Source : guide de lecture des cartes géologiques de la France (éditions du BRGM)

Coup de pouce 4 « Je ne sais pas comment réaliser la modélisation des déformations » pour les plus rapides

Pour les plus rapides : proposer une expérience permettant de modéliser les déformations observées au niveau des roches en cas de compression et de distension

Matériel

- lames de verres permettant de réaliser un petit bac
- farine, chocolat simulant différents types de roches

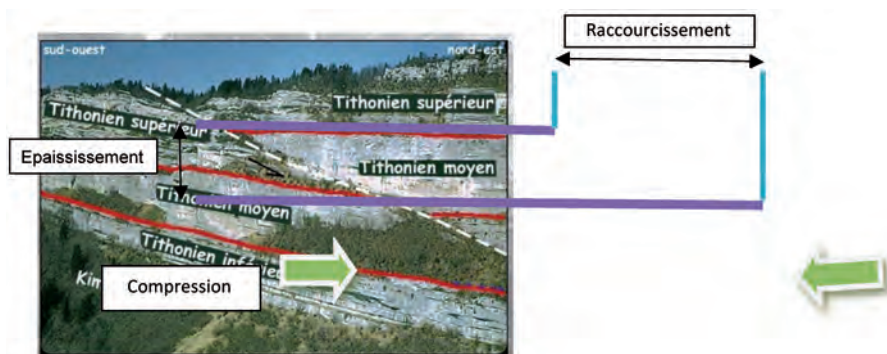
Protocole

- Construire un bac permettant sur un côté de comprimer les roches.
- Alternier chocolat et farine pour visualiser les déformations.
- Jouer sur le tassement des éléments pour simuler des roches ayant des natures différentes.
- Comprimer les éléments de manière à observer les conséquences d'un raccourcissement.
- Prendre en photo les résultats obtenus.

Grille d'évaluation

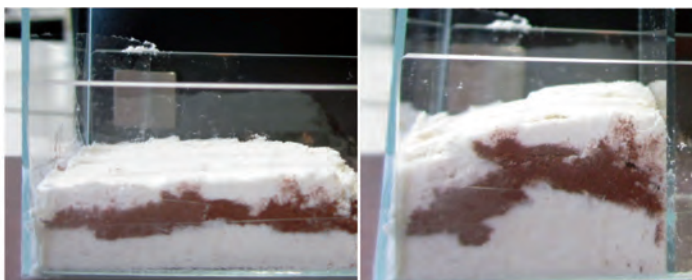
Capacités testées	Critères d'évaluation	Évaluation
1. Manipuler en utilisant un logiciel, en utilisant un microscope	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation judicieuse du logiciel - utilisation de l'échelle des temps pour mettre en évidence les nappes de charriage - consultation des définitions pour identifier les structures - remise en état du matériel à la fin de la séance - utilisation des objectifs dans l'ordre croissant pour le microscope - remise en état du microscope, petit objectif, platine baissée - utilisation du dispositif polarisant, mise au point, réglage des lumières - maîtrise de l'utilisation de l'appareil photo, mémoire vidée et rangement en fin de séance 	
2. Exprimer et exploiter les résultats en utilisant les TICE	<ul style="list-style-type: none"> - titres pertinents - choix des photos pertinentes (1 pli, 1 faille inverse, 1 nappe de charriage dans le logiciel Alpes, un micaschiste ou gneiss au microscope, une migmatite à l'œil nu) - photos judicieusement légendées (flèches montrant la compression, identification du raccourcissement et de l'épaississement sur les photos de paysages) - titre des photos avec source ou outil d'observation et grossissement - zones détaillées à entourer sur les roches - utilisation maîtrisée du traitement de texte, insertion d'images, flèches, légendes, légendes, tableau 	
3. Recenser, extraire des informations	<ul style="list-style-type: none"> - identification exacte de plis, failles inverses, nappes de charriage - lien entre les structures observées, l'empilement, le raccourcissement et l'épaississement - lien entre l'augmentation de la pression, l'aplatissement des minéraux et la schistosité dans un micaschiste (ou gneiss) - lien entre les roches R1, R2, R3, les migmatites, l'augmentation de la pression et/ou la température et l'augmentation de la profondeur (enfouissement) 	

Un exemple de photographie légendée par des élèves

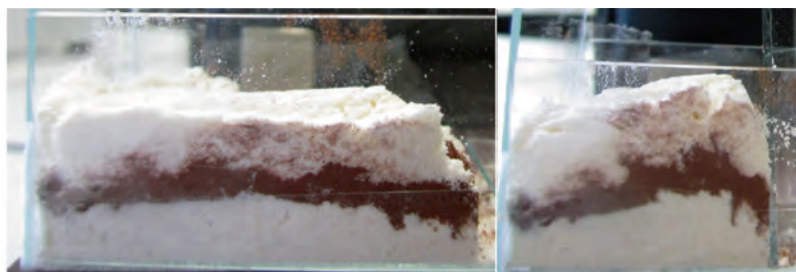


4. Photographie et interprétation d'une zone des Alpes (logiciel APBG Alpes)

Exemples d'expériences permettant de modéliser les déformations observées lors de compressions



5. Modélisation réalisée par les élèves avec des couches de farine et de cacao tassées



6. Modélisation réalisée par les élèves avec des couches de farine et de cacao non tassées

Le contexte de la formation des chaînes de montagnes

Les Alpes culminent à plus de 4 000 m d'altitude. Elles constituent le massif montagneux le plus élevé d'Europe. Elles renferment des roches magmatiques et métamorphiques, des roches déformées et faillées et correspondent à une chaîne de collision.

Problème

En quoi l'étude de ces roches renseigne-t-elle sur la formation de cette chaîne de montagne ?

Capacités testées

Manipuler en utilisant un logiciel, recenser et organiser des informations, communiquer sous forme d'un tableau.

Matériel mis à votre disposition

- échantillons de métagabbro à glaucophane et d'éclogites
- lame mince de métagabbro à glaucophane et d'éclogites
- microscope et dispositif de polarisation
- fiche d'identification des minéraux
- logiciel APBG « Alpes »
- appareil photos ou caméra

Questions

À partir de l'utilisation judicieuse des documents mis à votre disposition, retrouvez dans les Alpes :

- les traces d'anciennes marges continentales passives ;
- les traces d'un domaine océanique disparu ;
- les indices d'une ancienne subduction ;
- les indices d'une collision (voir TP précédent).

Vous représenterez dans un tableau les divers indices trouvés sur le terrain et leur interprétation, en incorporant les documents pertinents du logiciel Alpes et les photos légendées des roches observées au microscope.

Une aide peut être proposée sous forme de coups de pouce. N'oubliez pas de consulter les définitions et l'échelle des temps du logiciel « Alpes ».

Coup de pouce 1 « Au secours, je suis perdu(e) ; je ne sais pas quelles données exploiter »

Coup de pouce 2 « Je ne sais pas comment organiser des données dans un tableau »

Coup de pouce 3 « Je ne sais pas interpréter les paysages »

Coup de pouce 4 « Je ne sais pas utiliser le diagramme pression / température »

Documents

Coup de pouce 1 « Au secours, je suis perdu(e) ; je ne sais pas quelles données exploiter »

Données du logiciel « Alpes » à exploiter :

- Paysage / massif du Taillefer
- Paysage / massif du Chenaillet
- Étude de roches / massif du Chenaillet / metabasaltes, métagabbros, serpentinites, radiolarite
- Étude de roches / massif de Dora Maira / métagranite
- Cartes / zone métamorphique

Coup de pouce 2 « Je ne sais pas comment organiser des données dans un tableau »

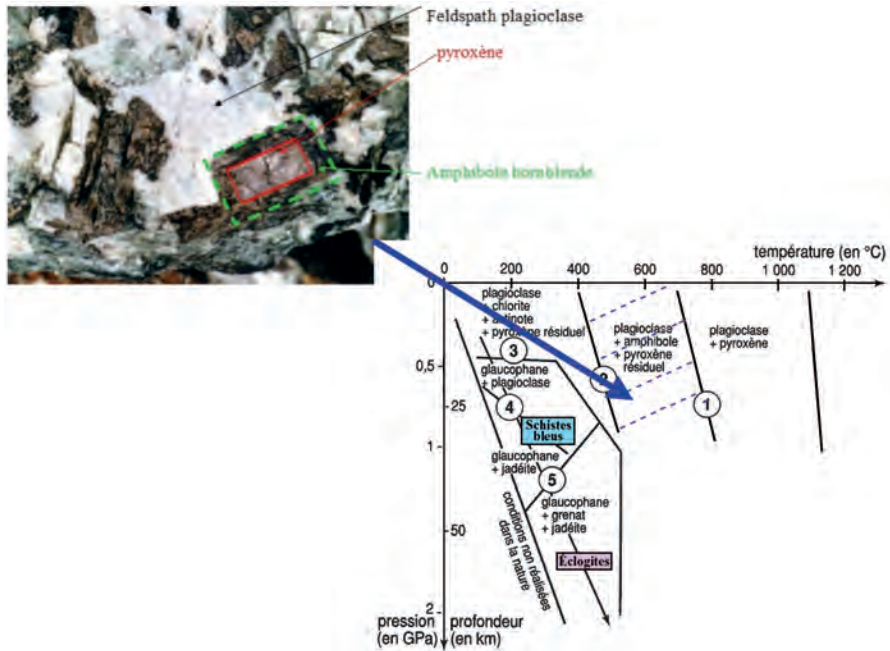
- Présence d'un titre
- Choix des lignes et des colonnes
- Choix des intitulés des lignes et des colonnes

Coup de pouce 3 « Je ne sais pas interpréter les paysages »

Cf : quelques exemples de figures témoins de compression donc d'un raccourcissement (coup de pouce 3 dans le TP 1)

Coup de pouce 4 « Je ne sais pas utiliser le diagramme pression / température »

Lors de la subduction, lorsque les conditions de pression et/ou températures changent, les minéraux constituant les gabbros réagissent entre eux pour former de



7. Diagramme pression / température
(d'après « Faciès du métamorphisme de subduction », Alain Gallien, BDS SVT Dijon)

- Quelques réactions du métamorphisme**
1. Plagioclase + Pyroxène + eau → Amphibole Hornblende verte
 2. Plagioclase + Hornblende + eau → Chlorite + Actinote
 3. Albite + Chlorite + Actinote → Amphibole Glaucophane + eau
 4. Albite → Pyroxène Jadéite + Quartz
 5. Albite + Glaucophane → Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

nouveaux minéraux stables dans les nouvelles conditions de pressions et/ou températures. Dans la réalité, les transformations sont rarement complètes et il reste « des reliques » plus ou moins importantes des minéraux initiaux.

– Il faut lister les minéraux stables dans l'échantillon étudié et rechercher sur le diagramme, les conditions de pressions et de températures pour lesquelles ces associations de minéraux sont stables.

– Par exemple, ce métagabbro montre un cœur de pyroxène. Une auréole d'amphibole (hornblende) se met en place entre le pyroxène et le plagioclase.


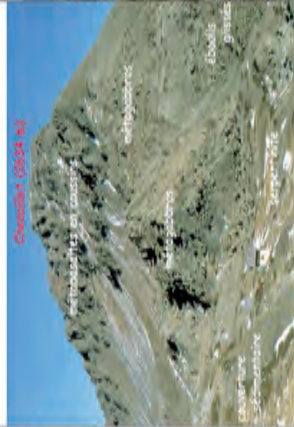
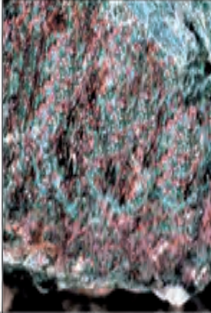
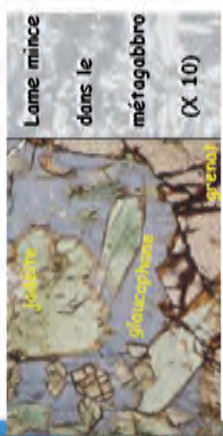
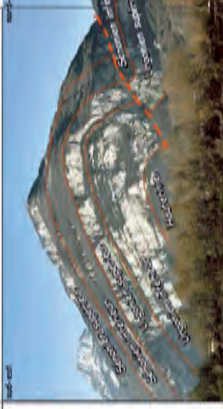
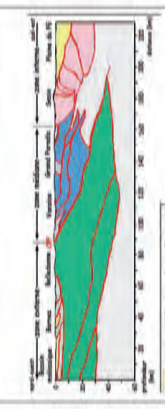
La réaction : plagioclase + pyroxène + eau ⇌ amphibole (hornblende)

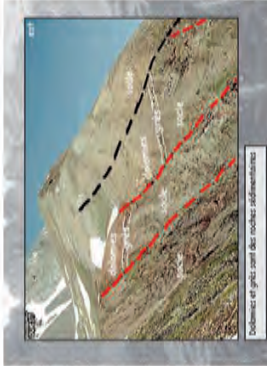
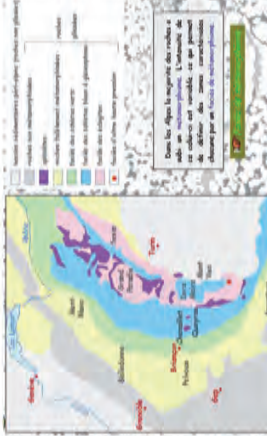

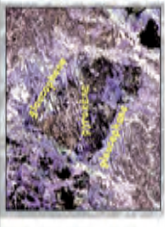

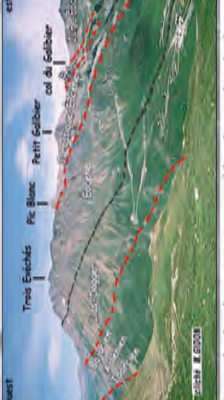
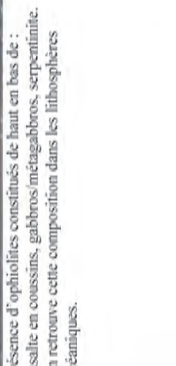
– La hornblende est donc le nouveau minéral stable. Sur le diagramme, ce minéral existe entre 400 et 700° C et pour une pression comprise entre 0 et 5 GPa.

Grille d'évaluation

Capacités testées	Critères d'évaluation	Évaluation
<p>Manipuler en utilisant un logiciel</p> <p>Manipuler en utilisant un microscope</p>	<ul style="list-style-type: none"> - sélection des données exactes - utilisation de la datation - pertinence de la navigation - remise en état du matériel (logiciel + microscope) - réalisation des réglages (éclairage, diaphragme, condenseur...) - utilisation des objectifs (ordre croissant, choix adapté de l'objectif, mise au point) - utilisation du dispositif de polarisation (analyseur, platine tournante) - recherche puis centrage de la région la plus favorable de l'objet (minéraux caractéristiques) 	
<p>Communiquer par un langage approprié sous forme de tableau, sous forme de photos légendées</p>	<ul style="list-style-type: none"> - réalisation de tableaux de comparaison (titre pertinent, choix des lignes et de colonnes, intitulés des lignes et des colonnes, informations dans les cases exactes, faits et interprétations exactes) - réalisation d'une photo légendée (choix pertinent de la zone à photographier, LPNA et PLA suivant les minéraux, présence d'un titre pertinent, de l'outil d'observation et du grossissement, organisation des légendes et exactitude des légendes) 	
<p>Recenser, extraire des informations en étant capable d'esprit critique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - identification des minéraux caractéristiques - positionnement des différentes roches sur le diagramme P/T - identification d'une augmentation de P, basse T, lien avec la subduction - identification des traces d'une ancienne marge passive, d'une ancienne croûte océanique, d'une ancienne subduction - indices d'une ancienne collision vus au chapitre précédent 	

Exemples de tableaux d'élèves réalisés après les deux séances

<p>Photos</p>	<p>Présence d'un ancien domaine océanique</p>  <p>Massif tallefer</p> 	<p>Présence d'une ancienne subduction</p>  <p>Métagabbro écoligite</p> 	<p>Présence d'une collision</p>   <p>Sassemaige et étude sismique</p>	<p>Explications</p>	<p>Les indices qui montrent qu'il y avait une lithosphère océanique sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - failles normales qui prouvent la distension - la couverture sédimentaire, la présence de métagabbros qui appartenaient à l'ancienne lithosphère océanique 	<p>Les indices qui montrent qu'il y a eu subduction sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - du métagabbro écoligite (à 75 km de profondeur) - la présence de glaucophane dans le métagabbro (à une profondeur médiane) 	<p>Les indices qui montrent qu'il y a eu une collision sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la présence de failles inverses qui témoignent d'une zone de compression et la présence d'un pli déversé - épaississement de la croûte continentale
---------------	--	---	---	---------------------	---	--	--

<p>Indices d'un ancien domaine océanique</p>  <p>En rouge, des failles normales, caractéristiques d'un rifting, donc le mont Tailler indique la présence dans les Alpes d'un ancien domaine océanique.</p>	<p>Indices d'une ancienne subduction</p>  <p>Présence de roches métamorphisées : schistes verts, schistes bleus, éclogites...</p> <p>La plaque Europe passe sous la plaque Afrique car on trouve des roches de plus en plus métamorphisées de l'ouest vers l'est.</p>	<p>Indices d'une collision</p>  <p>Faïlle inverse et pit donc zone de compression.</p>
 <p>Schistes bleus (Queyras) formés à faible température et moyenne pression.</p>	 <p>Metagabbro eclogitique (Viso) formés à forte pression et moyenne température.</p> <p>Cela indique une subduction avec des roches qui subissent un métamorphisme au fur et à mesure du plongement de la plaque.</p>	 <p>Nappe de charriage avec superposition de couches éocènes. L'accumulation des couches montrent la naissance de la chaîne de montagne. (épaississement). Il y a aussi un relief négatif : racines crustales.</p>
 <p>Présence d'ophiolites constitués de haut en bas de : basalte en coussins, gabbros métagabbros, serpentinite. On retrouve cette composition dans les lithosphères océaniques.</p>	