

ETUDE D'UNE CHAINE DE MONTAGNES RÉCENTE, LES ALPES

COURS / TP

I. Les marqueurs d'une orogenèse récente → TP1

1. Etude du cadre structural : un découpage selon la lithologie et les accidents tectoniques
2. Les données géophysiques montrent un épaississement crustal lié à une frontière convergente de plaques

II. Les marqueurs d'un domaine océanique disparu et de ses marges → TP2

1. Les vestiges d'une marge passive et d'une mer épicontinentale : paléogéographie de la zone Dauphinoise et de la zone Briançonnaise
2. Les vestiges d'un ancien domaine océanique : paléogéographie de la zone Liguro-piémontaise

III. Les marqueurs d'une subduction océanique puis continentale → TP2

1. Les marqueurs de la subduction océanique
2. Les marqueurs de la subduction continentale : étude de la zone de la Sesia et la Doria Maira

IV Les marqueurs de la collision et l'érosion de la chaîne → TP3

1. Etude des déformations et datation de la collision
2. Les marqueurs d'un métamorphisme MP_MT
3. Etude des dépôts des bassins flexuraux

V. Reconstitution globale de l'histoire des Alpes → TP3

1. les Alpes vu comme un prisme orogénique
2. Aujourd'hui, le paysage alpin est modelé par les glaciations du Quaternaire

Extraits du Programme officiel

ST-J Les grands ensembles géologiques (BCPST 2)	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-J-1 Une chaîne de montagnes	
<p>L'étude sera effectuée sur les Alpes franco-italo-suisses.</p> <p>Une chaîne de montagnes est un édifice structuré dont l'étude et la compréhension nécessitent des observations de terrain et les apports de la géophysique.</p> <p>Elle montre des vestiges de son histoire paléogéographique ainsi que des indices d'épaississement et de raccourcissement.</p> <p>Des complexes ophiolitiques présentent une structuration verticale qui correspond à celle d'une lithosphère océanique.</p> <p>L'intégration des différentes informations permet de reconstituer les grandes étapes de l'histoire géodynamique de la chaîne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter la carte au 1/1 000 000 de la France, les cartes au 1/250 000 d'Annecy et de Gap. - Identifier et exploiter des indices de la déformation actuelle. - Réaliser des schémas structuraux et des coupes sur des cartes au 1/50 000 laissées au choix. - Exploiter le profil ECORS Bresse - Jura - Alpes. - Exploiter la carte des anomalies de Bouguer (ou carte des anomalies gravimétriques). - Identifier et exploiter des vestiges de domaines océaniques ; des témoins de marge passive ; des témoins de subduction ; des témoins de collision : des indices de raccourcissement, de décrochement et d'épaississement. - Exploiter la carte du métamorphisme alpin et la carte tectonique des Alpes. - Utiliser des témoins métamorphiques pour argumenter une diversité de gradients métamorphiques dans les Alpes et le diachronisme des subductions. - Construire, à l'aide de données, l'interprétation de cette chaîne en géométrie prismatique. - Intégrer des informations pour reconstituer des éléments d'histoire d'une chaîne de montagne.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>La connaissance chronostratigraphique des différents événements n'est pas au programme.</i></p> <p><i>L'étude s'appuie essentiellement sur un ensemble de cartes vues en TP : la carte de France au 1/1 000 000, les cartes au 1/250 000 d'Annecy et de Gap, diverses cartes au 1/50 000 laissées au choix, la carte métamorphique des Alpes CCGM, la carte tectonique des Alpes CCGM, la carte des anomalies de Bouguer et le profil ECORS.</i></p>	

Définitions/mots-clés :

Chevauchement : mouvement conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre, selon une surface de contact peu inclinée. Un charriage est un chevauchement de grande amplitude.

Couverture syn-rift : couverture sédimentaire contemporaine d'une phase d'extension. Les sédiments qui se sont déposés sur un socle instable en voie de basculement, présentent une disposition en éventail.

Décrochement : faille verticale séparant deux compartiments qui se sont déplacés horizontalement l'un par rapport à l'autre.

Écaille : ensemble de terrains chevauchant en forme de lame, peu déplacé par rapport à un autre ensemble.

Fenêtre : zone où affleure le substratum de l'unité autochtone, et qui, sur une carte, est complètement entourée par l'unité allochtone charriée

Flysch : turbidite charriée dans une chaîne de montagnes au cours de la convergence.

Klippe : portion d'une unité allochtone charriée puis isolée du corps principal de celle-ci, par le fait de l'érosion.

Molasse : formation sédimentaire détritique contenant notamment de grès et conglomérats, déposée dans des bassins flexuraux en fin d'orogenèse et en discordance sur les couches sous-jacentes.

Nappe de charriage : ensemble de terrains déplacés (**allochtone**) qui recouvre un autre ensemble (**autochtone**) dont il était très éloigné à l'origine. Ces deux ensembles présentent des caractéristiques différentes.

Obduction : chevauchement d'une portion de lithosphère océanique sur une croûte continentale.

Ophiolite : fragment de lithosphère océanique plus ou moins métamorphisée et charriée sur la lithosphère continentale suite à une collision.

Pli-faillle : pli déversé ou couché, c'est-à-dire à plan axial plus ou moins incliné, et dont le flanc inverse est laminé. Le **plan axial** passe par le milieu de la charnière. Le **flanc inverse** est situé sous le plan axial et le flanc normal au-dessus.

Turbidite : couche de sédiments détritiques déposés en une fois et en un temps très court, par un courant de **turbidité**, à la suite d'un écoulement gravitaire de sédiments le long d'une pente sous-marine (ou sous-lacustre).

Mise en contexte :

Les **chaînes de montagnes récentes** sont des **reliefs positifs** qui témoignent de **mouvements de convergences à la frontière de certaines plaques lithosphériques**.

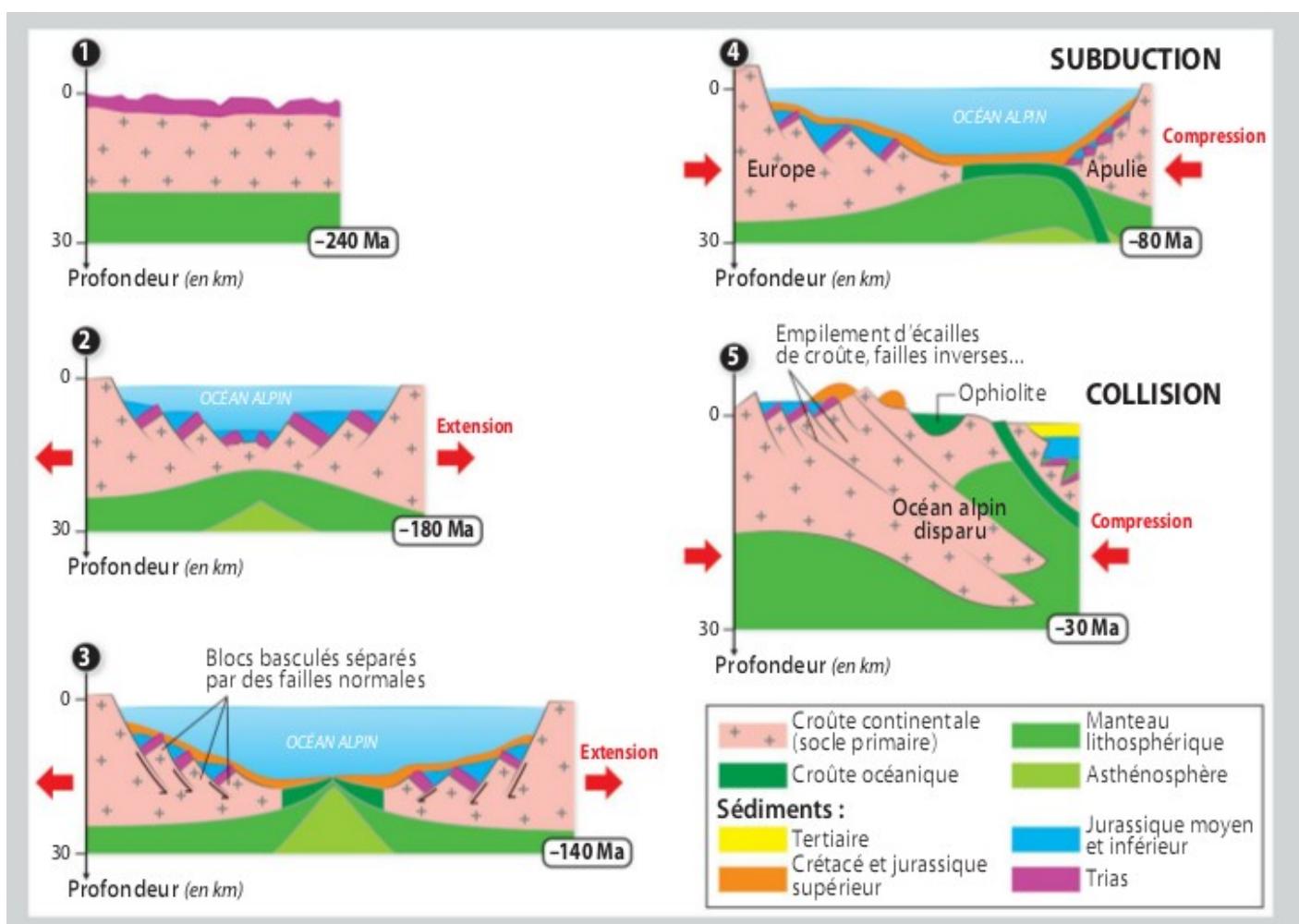
L'**épaississement de la croûte** résulte d'un **raccourcissement et d'un empilement des matériaux lithosphériques**, attestés par un ensemble de structures tectoniques déformant les roches : plis, failles, chevauchements, nappes de charriage.

La **présence de complexes ophiolitiques** formant des sutures au sein des chaînes de montagnes, témoigne de la **fermeture de domaines océaniques**, suivie de la **collision de blocs continentaux** par convergence de plaques lithosphériques.

Les **vestiges de marges passives** témoignent de la fragmentation initiale d'une lithosphère continentale, précédant l'accrétion océanique dont les stades initiaux correspondent à des **riffs continentaux**.

Les Alpes franco-italo-suisses forment une chaîne de montagnes qui constitue un modèle pour la compréhension des orogenèses.

L'**objectif ici est d'apprendre à identifier des indices tectoniques, géophysiques et pétrologiques** à partir d'observations d'échantillons et de carte géologiques aux différentes échelles **afin de reconstituer une partie de l'histoire d'une chaîne de montagnes**.



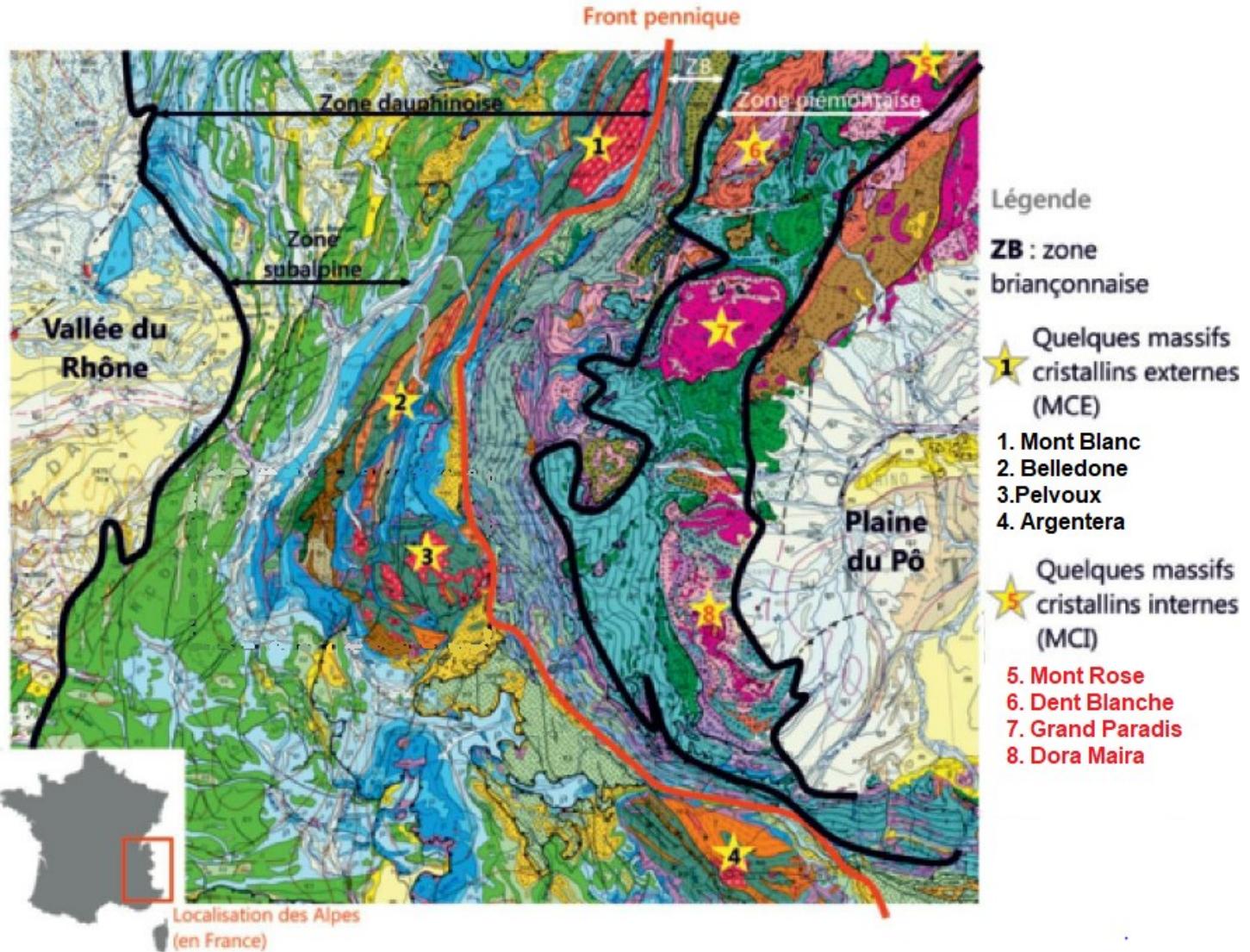
Document 1 : les grandes étapes de l'histoire de l'orogenèse alpine

Cours / TP I : Les Alpes , les marqueurs d'une orogenèse récente

Les Alpes constituent une chaîne récente de montagnes, présentant **plusieurs sommets d'altitudes supérieure à 4000m** (Mont Blanc, Mont Rose, Cervin)

1. Etude du cadre structural, un marquage selon la lithologie et les accidents tectoniques

L'observation de la carte de France montre **3 grands ensembles lithologiques** dans les Alpes :

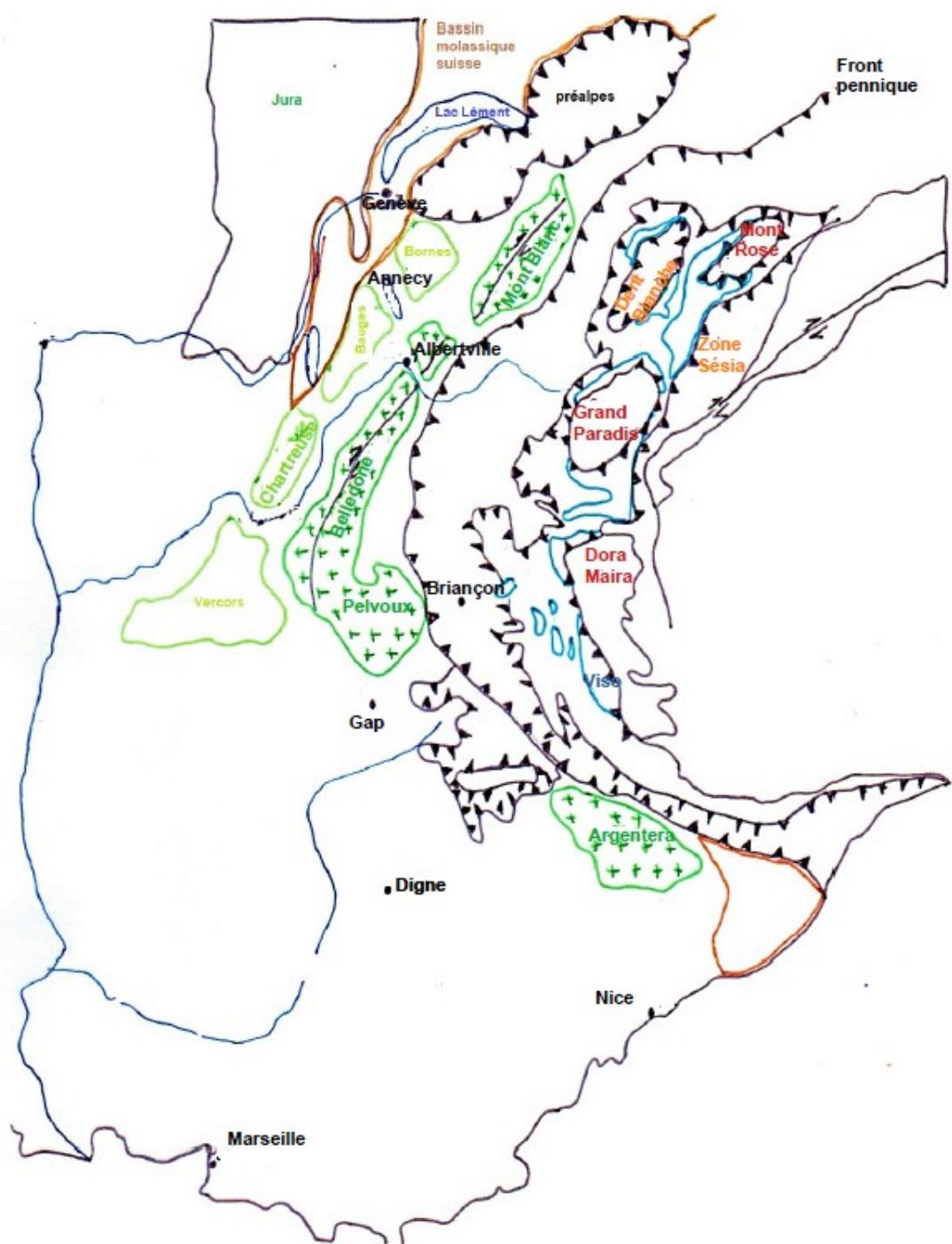


Document 2 : les trois grands ensembles lithologiques des Alpes

Activité 1

→ À partir de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 et en vous aidant d'un calque, réalisez un premier schéma structural faisant ressortir les trois grands ensembles lithologiques.

- 1) Délimitez les 3 secteurs à partir des grandes limites tectoniques visibles sur la carte.
- 2) Dans chaque secteur, distinguez les roches correspondant à des massifs cristallins et les roches sédimentaires.
- 3) Distinguez dans chaque zone parmi les roches sédimentaires, les roches datant du Mésozoïque et celles datant du Cénozoïque.



Cartouche de légendes à utiliser pour le schéma structural :

Zone Dauphinoise	Zone Briançonnaise	Zone Liguro Piémontaise	Zone Austro Alpine
● sédiments mésozoïques	■ socle sédimentaire paléozoïque peu métamorphisé	● massifs cristallins internes (socle métamorphisé HP BT)	■ socle sédimentaire apulien métamorphisé
■ sédiments cénozoïques	■ carbonifère	■ ophiolites (métamorphisme HP-BT)	
● chainons subalpins	■ trias dont gypse (couche savon)	■ schistes lustrés (sédiments océaniques métamorphisés)	
● massifs cristallins externes			
■ flychs			

Déformations :

hevauchement décrochement faille

Synthèse :

- **La zone dauphinoise** : située à l'ouest, elle est caractérisée par des **terrains sédimentaires mésozoïques** déformés ainsi que de la **sédimentation tertiaire dans les bassins molassiques** (bassin molassique suisse et bassins molassiques au sud-est du front pennique). Plus à l'Est, des montagnes comme **Belledonne ou le Mont Blanc** sont constituées de **roches cristallines paléozoïques**, formés initialement lors de l'orogenèse hercynienne : ce sont les **massifs cristallins externes**.
- **La zone briançonnaise** : la **prédominance de terrains carbonifères** reposant sur le **socle protéo et paléozoïque** et recouverts localement par des **sédiments triasiques et jurassiques discontinues** (nombreuses lacunes de sédimentation). Ces **roches sédimentaires** sont **métamorphisées** dans le **faciès schistes verts par endroit**.
- **La zone liguro-piémontaise** : la **couverture mésozoïque** est **métamorphisée** dans le **faciès schistes bleus** et des **ophiolites** chevauchent les **massifs cristallins internes paléozoïques**. Certaines roches métamorphiques sont du **faciès éclogites**.

Un **chevauchement majeur** traverse l'ensemble de la chaîne et **sépare la région externe dauphinoise**, peu à pas métamorphisée, **de la zone interne briançonnaise et liguro-piémontaise** : c'est le **front pennique**. **La partie interne chevauche la partie externe**. Il y a un **empilement d'écaillles d'est en ouest**.

De part et d'autre de la chaîne alpine, on trouve de grands bassins sédimentaires remplis de sédiments détritiques issus de l'érosion des reliefs : ce sont des **bassins flexuraux molassiques**.

Les **massifs carbonatés** constituant la **bordure ouest de la zone dauphinoise** comme le Vercors, le Chartreuse, les Bauges et les Bornes constituent la **zone subalpine**

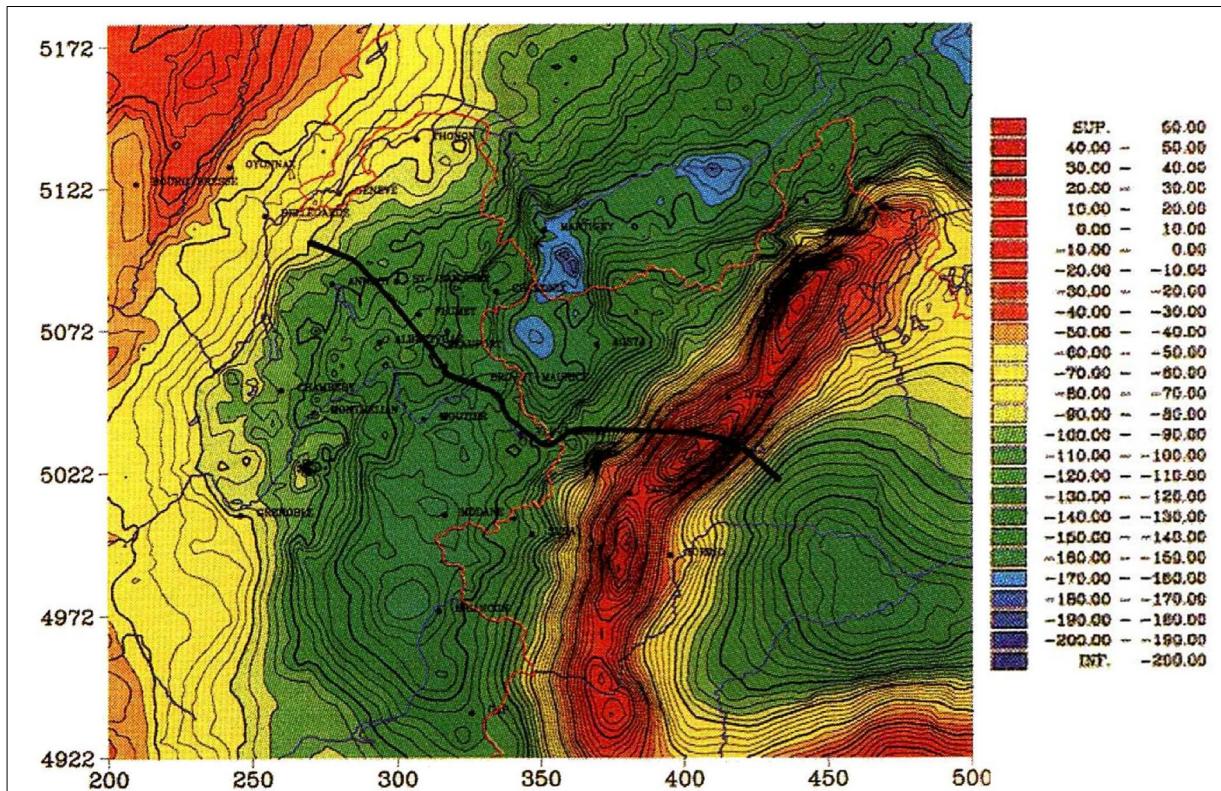
2. Les données géophysiques montrent un épaississement crustal lié à une frontière convergente de plaques

2.1. Les apports de la gravimétrie.

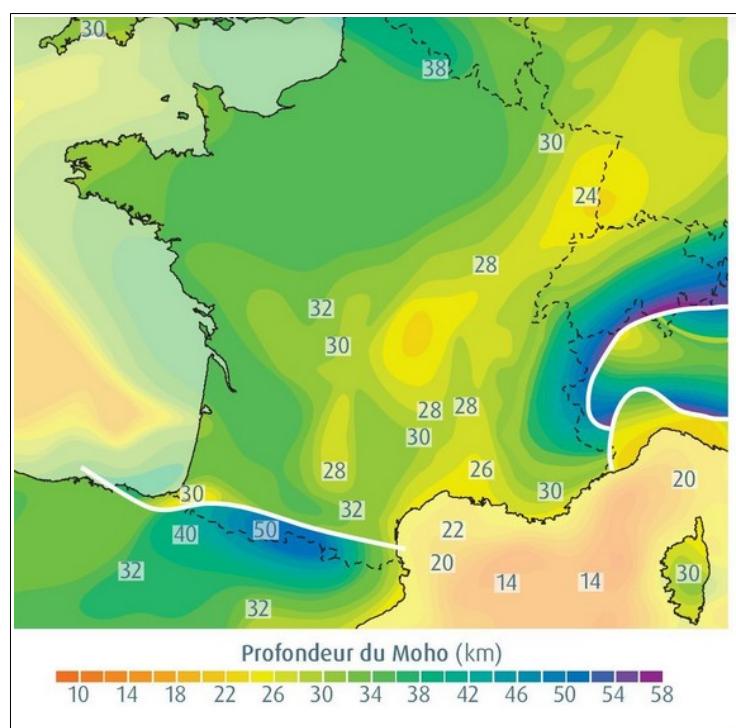
Activité 2 :

→ Analysez et interprétez la carte des anomalies gravimétriques dans la région des Alpes en essayant de nommer les différents secteurs à partir de la carte de France au millionième.

→ Mettez en relation l'analyse de ce document avec le document 4 révélant la profondeur du Moho sur la carte de France



Document 3 : anomalies de Bouguer au niveau des Alpes



Document 4 : profondeur du Moho

⇒ Les anomalies gravimétriques de Bouguer sont très négatives au niveau de la zone Briançonnaise, ce qui témoigne de roches moins denses que prévu en profondeur et donc d'une racine crustale de grande ampleur. Cette racine crustale assure en partie la compensation isostatique du relief (c'est en effet dans cette zone, que se situent les plus hauts sommets des massifs cristallins externes).

Il existe cependant à l'est de la zone liguro-piémontaise une anomalie positive, traduisant un excès de masse et donc la présence du manteau plus haut que prévu.

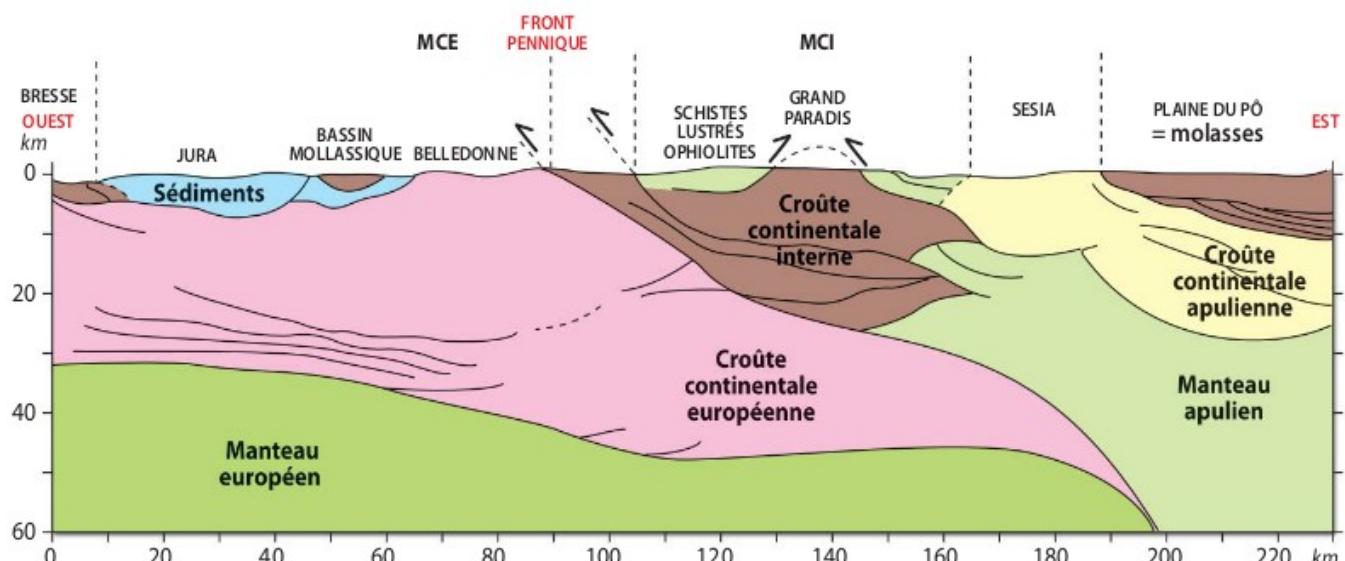
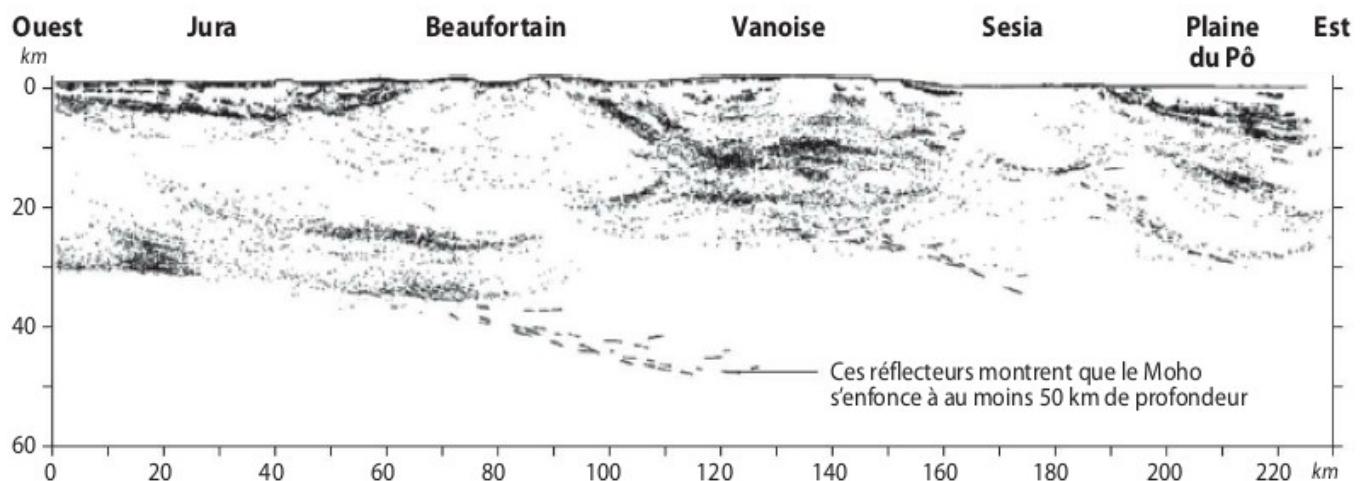
Ces conclusions sont confirmées par la carte de profondeur du Moho

2.2 les apports de la sismologie

Activité 3 :

→ A l'aide d'un calque, recopiez l'interprétation du profil ECORS et superposez le calque sur le profil original afin d'y repérer les différentes unités.

→ Mettez en relation ces informations avec celles apportées par les données gravimétriques.



Document 5 : le profil ECORS Bresse Jura Alpes et son interprétation

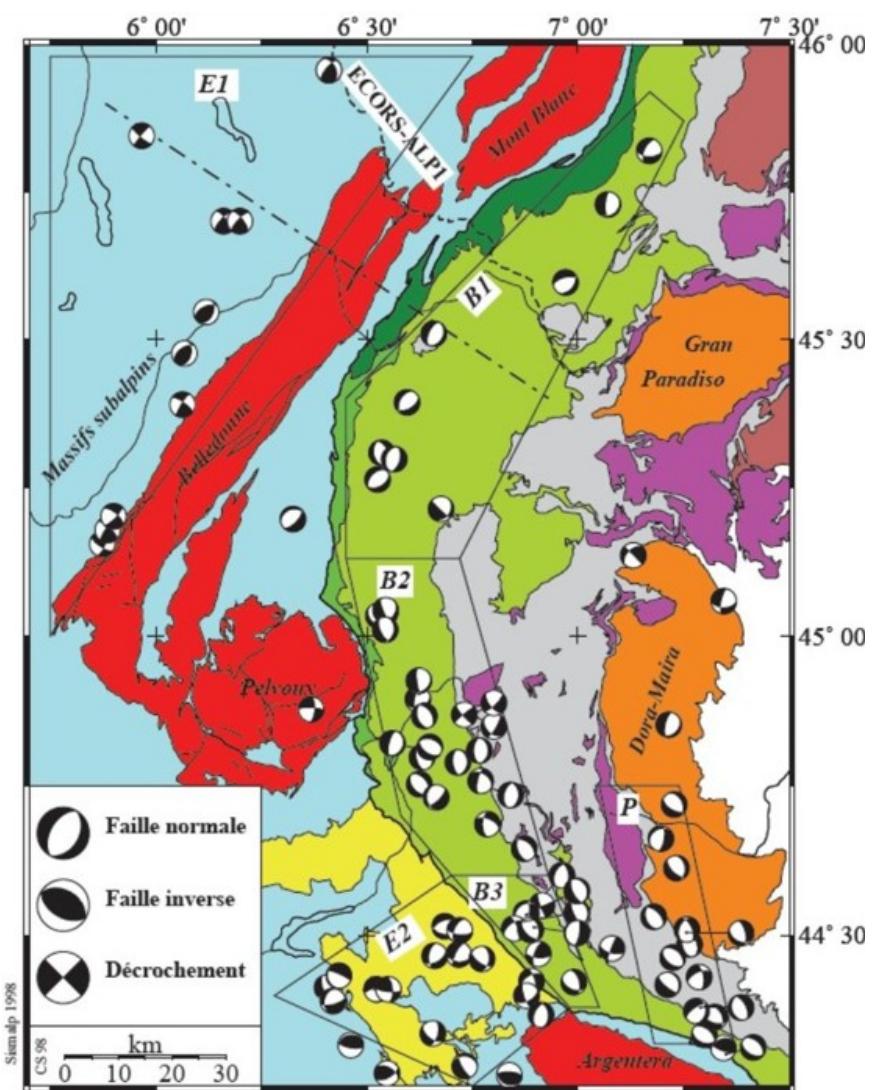
Les **données de sismique réflexion et sismique réfraction** ont permis l'élaboration d'un **profil ECORS** le long des Alpes et ainsi de faire ressortir la **géométrie en écailles** avec les principaux accidents tectoniques. On observe le **plongement actuel de la lithosphère européenne sous les Alpes et sous la lithosphère africaine**.

On voit bien également l'**épaississement crustal** (Moho vers -55 km) ainsi qu'une « lame » de manteau impliquée dans l'**épaississement** qui est donc lithosphérique et pas seulement crustal : **la formation des Alpes est bien un processus à l'échelle lithosphérique**.

En liaison avec le sous-charriage de l'Europe sous l'Afrique, c'est l'**Europe qui supporte le poids de la chaîne** et a subi une **flexure quasi élastique, faisant apparaître une dépression**, réceptacle des produits de l'érosion de la chaîne : le **bassin molassique péri-alpin** : celui-ci est donc une **réponse à une surcharge provoquée par l'épaississement lithosphérique associé à la collision**.

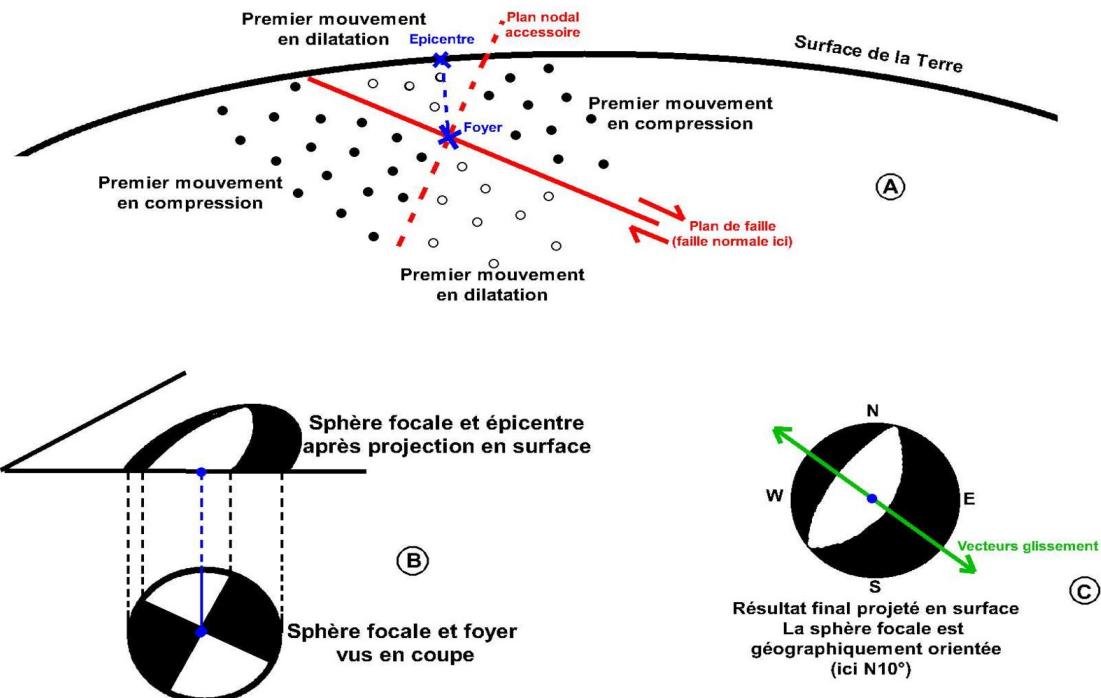
Activité 4 :

- Analysez à présent, les mécanismes au foyer des séismes récents et faites le lien avec les grandes failles observées sur la carte au 1/1 000 000.
- Proposez une interprétation permettant de concilier ces résultats



Carte sismotectonique synthétique regroupant l'ensemble des solutions focales fiables calculées avec les données Sismalp

Document 6 : Mécanismes au foyer de quelques séismes récents enregistrés dans les Alpes.



Document 7 : rappel du principe des mécanismes au foyer

La sismologie montre que les **déformations** sont **très actives** dans les Alpes avec une **différence de mécanismes entre la zone externe et la zone interne** :

- la **zone externe** est caractérisée par des **failles actuellement inverses et décrochantes**
- la **zone interne** possède des jeux en **failles normales traduisant l'effondrement de l'arrière de la chaîne**.

Exercice et travail préparatoire aux TP2 et TP3 : étude de la carte d'Annecy au 1/250 000

→ Réalisez un schéma structural de la carte d'Annecy au 1/250 000 en identifiant les différents ensembles vus précédemment. Repérez bien les différents accidents tectoniques et distinguez les failles normales, les failles inverses, les nappes de charriages, les klippes ou les éventuelles fenêtres et indiquez-les sur le schéma structural.

→ A l'aide de l'étude fine lithologique de la carte et des informations apportées dans la notice, retrouvez:

- 1) les témoins d'un ancien domaine océaniques
- 2) les témoins de l'ancienne marge passive européenne
- 3) des traces de la subduction
- 4) des témoins de la collision : plis et failles, chevauchements, nappes de charriage
- 5) des témoins de glaciations et d'érosions

→ Replacez les zones correspondantes sur le schéma structural réalisé