



Activité 7 - Zones de convergence et collision

On veut expliquer comment les montagnes se forment.

Nous avons vu que les zones de subduction au niveau des fosses océaniques pouvaient produire des reliefs volcaniques importants, par glissement d'une plaque lithosphérique océanique sous une plaque adjacente avançant dans le sens opposé. Cependant tous les reliefs ne se forment pas de la même manière. En effet, ils peuvent se former par collision, convergence de deux plaques lithosphériques continentales, donnant ainsi naissance à une chaîne de montagnes. Les plus célèbres étant la chaîne alpine en France et himalayenne en Inde, possédant des structures comparables. La tomographie permet d'examiner les profondeurs des montagnes, cependant une autre méthode permet cela, la gravimétrie. Il s'agit de la mesure et de l'étude de la pesanteur.

Quels sont les effets de la collision sur les affleurements de massifs montagneux, ainsi que sur les structures profondes des massifs montagneux ? **B**

au moins 2 milliards (voir bilan A4)

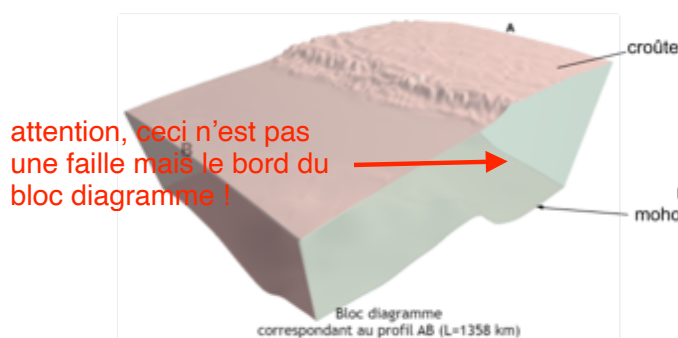
La surface de la terre, fractionnée en plaques tectoniques en mouvement depuis des millions d'années, ?? et les différentes dynamiques de la lithosphère ont donné lieu à de nouveaux paysages observables aux limites des plaques : volcans, montagnes, etc. Par exemple, il y a une vingtaine de millions d'années, la "collision" entre les plaques indienne et eurasiennne a provoqué la création de l'ensemble de chaîne de montagnes nommé Himalaya, aussi connue sous le nom de "toit du monde". En effet, l'élévation de l'Himalaya et du plateau tibétain est le résultat du déplacement, toujours actuel, de la plaque indienne. En comparaison, la chaîne européenne alpine présente des origines similaires et le même type de structures. Par conséquent, on peut se demander comment (démontrer et)*mettre en évidence les effets de ce phénomène de collision sur les affleurements de massifs montagneux.

On prend cette fois-ci l'exemple de montagnes des Alpes. La structure géologique visible dans la falaise de Saint-Clément, est un pli "en genou", il s'agit d'une déformation ductile (et non cassante) d'une roche. Quant à la structure géologique de la falaise du Pas-Guiguet, il s'agit d'une faille inverse, due à des contraintes en compression, le roche produit une élévation des terrains ainsi qu'une réduction de leur surface. Pour celle de la falaise du Prazon on peut voir un pli et un chevauchement, le pli "en genou" est bien visible dans les strates situées au-dessus de la surface de chevauchement. Ces trois structures tectoniques sont produites par un mouvement convergent, dû à des contraintes en compression, et produit des failles inverses, une élévation des terrains ainsi qu'une réduction de leur surface. En conclusion, on peut remarquer plusieurs effets sur les affleurements de massifs montagneux dû à la collision. Elle peut causer un épaississement vertical et un raccourcissement horizontal sous la forme de failles inversées, de plis, de chevauchements ou encore de nappes de charriage. définition ? **TB**

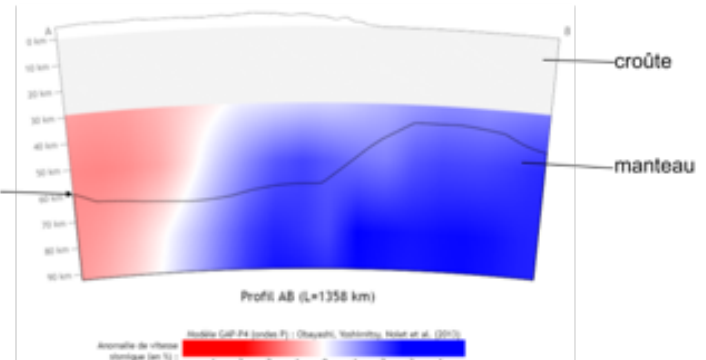
Après avoir rendu compte des indices géologiques, nous allons nous pencher sur les indices géophysiques, et cette fois-ci découvrir les effets de la collision sur les structures profondes des massifs montagneux. On va donc étudier (et chercher à comprendre)*la profondeur du Moho et les anomalies de vitesse, en utilisant la méthode de la tomographie sismique afin d'ausculter les profondeurs des montagnes. On réalise une coupe entre l'Inde et l'Himalaya en affichant les structures géologiques et l'activité tectonique, puis on ajoute les données de la tomographie sismique.

Coupe en 3D entre l'Inde et l'Himalaya

vous avez inversé le sens AB dans les deux coupes, ce qui est un peu perturbant !



Coupe en 2D entre l'Inde et l'Himalaya



* on ne « démontre et on ne « comprend » pas un fait (on observe, le décrit, etc.) mais une hypothèse, une théorie...

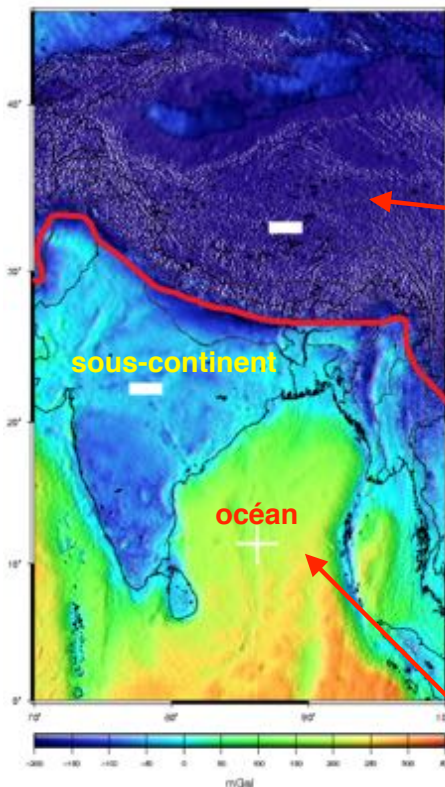


non ! (voir remarque sur la coupe 3D)

de quel type ?

Sur la coupe en 3D entre l'Inde et l'Himalaya, on peut voir une unité chevauchante et une unité chevauchée. On sait que dans le cas d'une **anomalie** négative, les ondes sismiques ralentissent lorsqu'elles traversent des zones plus chaudes et plus ductiles. Et à l'inverse, dans le cas d'une anomalie positive, les ondes sismiques accélèrent quand elles traversent une zone plus froide et moins ductile. A l'aide de la coupe en 2D du même endroit avec les données de la tomographie sismique, on constate que l'unité chevauchante est une zone avec des anomalies de vitesse négatives tandis que l'unité chevauchée est une zone à anomalies positives. Ainsi on en déduit que la plaque chevauchante est plus ductile et a une température élevée, et que la plaque chevauchée est moins ductile et a une température basse. **B**

Carte des anomalies gravimétriques de la région de l'Himalaya.



Partie en bleue : - (anomalie négative)

Partir en vert/orange : + (anomalie positive)

Ici, on a une carte des anomalies gravimétriques de la région de l'Himalaya. La gravimétrie étudie les variations du champ de gravité afin d'en déduire la répartition des masses. On remarque sur cette carte que la plaque continentale est une zone à anomalie gravimétrique négative, c'est-à-dire qu'il y a un déficit de la masse par rapport à la moyenne du globe. Alors, il y un enfoncement de la lithosphère dans l'asthénosphère car celle-ci est moins dense que l'asthénosphère, on dit qu'il s'agit d'une "racine crustale". Sur la plaque océanique, on a une zone à anomalie gravimétrique positive démontrant un excès de la masse par rapport à la moyenne du globe. Contrairement à la plaque continentale, on peut dire que l'asthénosphère remonte car elle a une densité plus élevée que la lithosphère.

il y en a deux !

En se concentrant sur la chaîne himalayenne, on observe également un contraste entre l'Himalaya et l'Inde, la plaque au niveau de l'Himalaya est plus profonde que celle au niveau de l'Inde. En effet, l'écart d'anomalie gravimétrique est d'environ 175 mGal.

la plaque lithosphérique indienne est mixte (elle porte le sous-continent indien et une partie de l'océan)

Après avoir étudié les effets de la collision sur une montagne en surface et en profondeur nous pouvons mettre en lien les indices géologiques et géophysiques collectés afin de répondre à la problématique. On cherche donc à démontrer et à établir à l'aide de différentes méthodes scientifiques la formation d'une montagne ainsi que ces caractéristiques. A l'aide de l'observation de certaines montagnes, on a tout d'abord pu relever les indices géologiques. En effet, la collision étant responsable de la création de montagnes, on constate un impact de cette dernière en premier lieu sur les affleurements. On a pu constater sur la façade de montagnes la présence de structures tectoniques caractéristiques, engendrées par la compression. Elles peuvent se distinguer et varier selon la durée et la force de la compression, mais également selon les caractéristiques des roches que ce soit la température, la composition ou la profondeur à laquelle elles se trouvent. On relève ainsi les plis (et pli-faïlle) et les failles inverses caractérisées toutes deux, malgré leurs aspects légèrement distincts, par un épaississement vertical et une réduction de la surface de la plaque continentale, ainsi que les chevauchements qui correspondent au recouvrement d'un terrain par l'intermédiaire d'une surface peu inclinée. Et enfin, on relève les nappes de charriage qui sont constituées par une unité chevauchante et une unité chevauchée, elles-mêmes mises en évidence par le front de charriage. Ces nappes peuvent être définies par un chevauchement d'une dizaine de kilomètres, très vaste.

TTB



La modélisation permet subséquemment de montrer et d'expliquer de quoi ces quatre structures géologiques observées résultent. On conclut que ces déformations tectoniques sont la conséquence de contraintes compressives importantes, et plus précisément du mouvement de convergence correspondant au rapprochement de deux plaques ; et qu'elles s'accompagnent d'un raccourcissement de la croûte en partie compensé par son épaissement.

En second lieu, on peut compléter ces observations par les données de la tomographie sismique et des anomalies gravimétriques afin de comprendre cette fois-ci l'effet de la collision sur les structures profondes des massifs montagneux. On collecte les indices géophysiques permettant de répondre à la problématique. Tout d'abord, à l'aide de la méthode de la tomographie sismique on a pu déduire la présence d'une plaque chevauchante est plus ductile et de température élevée, et une plaque chevauchée est moins ductile et de température basse. Dans notre cas particulier de l'Himalaya, il s'agit de la subduction de la plaque indienne sous la plaque européenne, c'est-à-dire l'enfoncement d'une partie d'une plaque lithosphérique dans le manteau asthénosphérique.

Cependant, les blocs continentaux étant de même densité, la subduction de l'un sous l'autre ne peut pas se dérouler. Elle est arrêtée par ces blocs continentaux entrant alors en collision, et engendrant par conséquent une réduction de surface de la croûte continentale. C'est la convergence de deux plaques lithosphériques continentales. Il va donc en résulter la création ^{sans heurt} d'un relief : la chaîne de montagnes, avec des déformations importantes des croûtes continentales concernées. Ce processus de formation de chaînes de montagnes s'appelle l'orogénèse. **TB**

Par ailleurs, la tomographie sismique nous indique que la collision s'accompagne d'un enfoncement de la croûte et donc du Moho.

Une autre méthode que nous avons utilisé est la gravimétrie, l'étude des variations du champ de gravité dans le but de déduire la répartition des masses. ~~On peut constater que plus les plaques sont profondes, moins elles sont denses, et inversement, moins les plaques sont profondes, plus elles sont denses.~~ On peut alors en déduire la présence d'une racine crustale, l'enfoncement de la lithosphère dans l'asthénosphère.

On peut conclure que les structures caractéristiques d'une montagne de collision sont bien les suivantes : une lithosphère épaisse formant une "racine" dans l'asthénosphère, une formation de relief positif, c'est-à-dire une orogénèse, et enfin une subduction.

Pour conclure, la mise en relation des indices géologiques et géophysiques permettent d'attester que dans les chaînes de montagnes, l'épaisseur de la croûte, et donc de la lithosphère, résulte d'un épaissement lié à un raccourcissement et un empilement des roches. Une montagne est donc la conséquence de la convergence, des contraintes compressives importantes. La croûte s'en trouve raccourcie ce qui est en partie compensé par son épaissement. De ce fait, la collision a des effets sur l'affleurement des montagnes ainsi que sur les structures profondes des massifs montagneux. Nous pouvons donc prendre l'exemple des Alpes et de l'Himalaya qui répondent à ces caractéristiques.

On peut se demander après avoir étudié le processus de création d'une chaîne de montagne, comment cette dernière et si cette dernière est vouée à disparaître. Quels sont les phénomènes expliquant la disparition d'une chaîne de montagnes ? **TB**

spoiler : l'érosion commence dès que la montagne commence à se former...

c'est en règle générale l'inverse : si c'est un cas particulier, il faut le signaler !