

Olympiades des Géosciences 2009

Le sujet comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

On n'est pas prêt de voir le bout du tunnel !

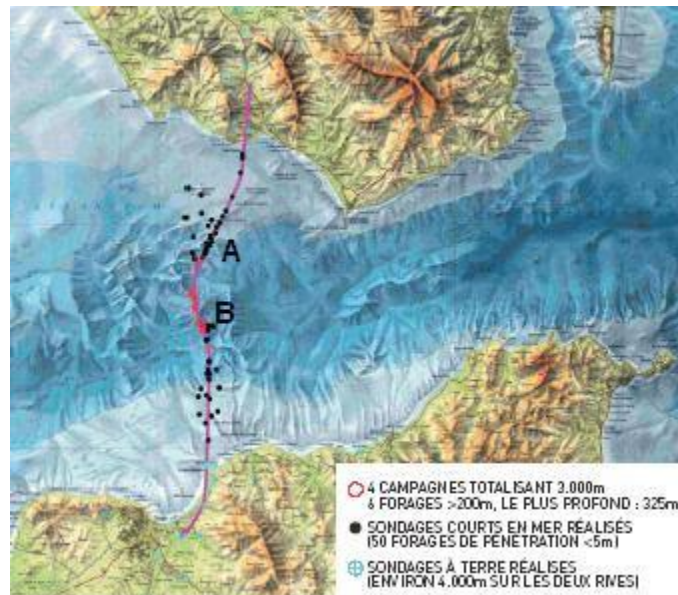
Un projet de construction d'un tunnel reliant le Maroc à l'Espagne sous le détroit de Gibraltar est actuellement à l'étude. Le tracé actuellement retenu passerait dans les couches géologiques situées sous la partie la moins profonde du détroit, appelée « seuil du détroit ». La profondeur atteint à cet endroit environ 300 m (documents 1 et 6). Ce tunnel serait un tunnel ferroviaire comme l'Eurotunnel, d'une longueur totale de 38,7 km, dont 27,7 km de partie sous-marine. Cette zone de communication entre l'Océan Atlantique et la Mer Méditerranée est parcourue par des courants marins de surface et profonds importants.

Document 1 : Localisation des forages sur terre et en mer dans le détroit de Gibraltar.

Le tracé envisagé du tunnel est représenté par la ligne rouge.

A et B : Position des paléochenaux (anciens chenaux remblayés par les sédiments)

Échelle : 1 cm pour 4 km

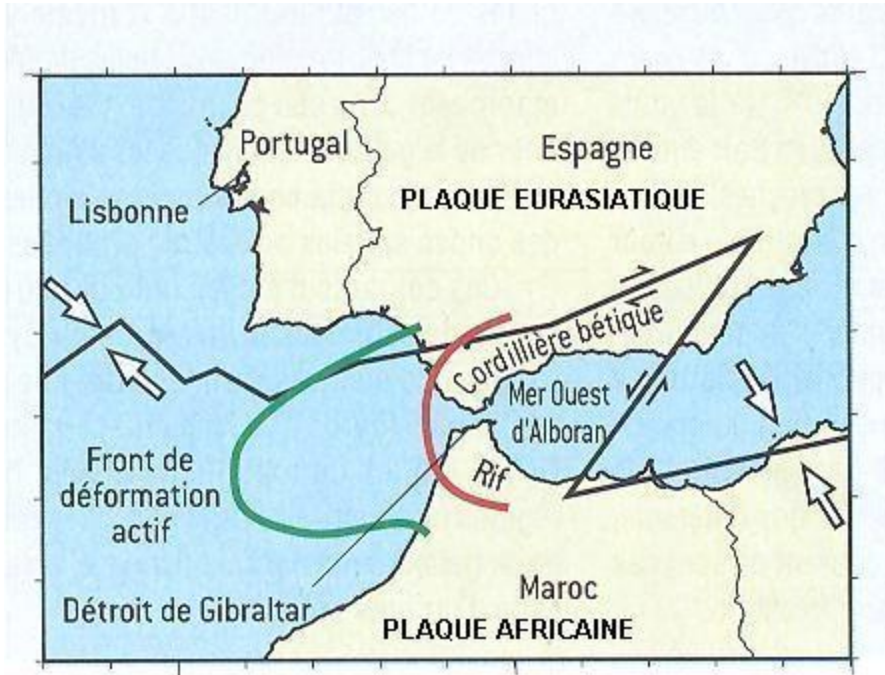


D'après http://www.secegsa.com/telecharger/BROCHURE_FR_Nov07.pdf 12/08

Document 2 : Le contexte tectonique du détroit de Gibraltar

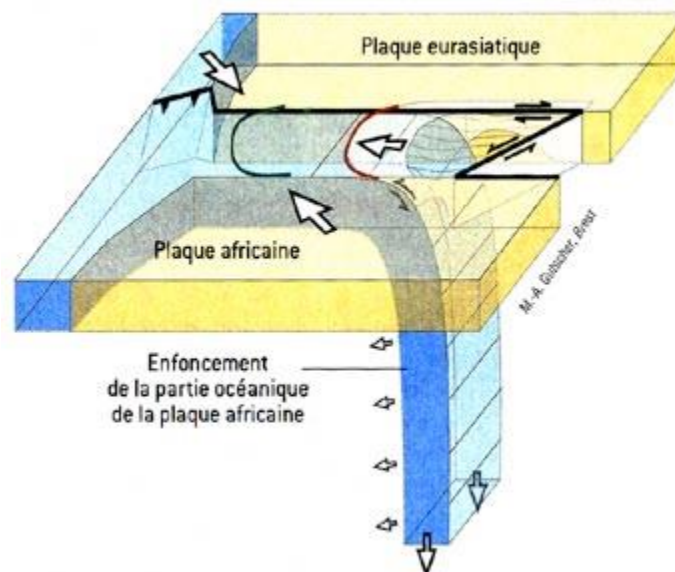
Document 2a : Limites des plaques africaine et eurasiatique au niveau du détroit de Gibraltar

Les flèches indiquent le sens des mouvements des plaques Echelle : 1 cm pour 150 km



Document 2b : Le détroit de Gibraltar : une zone de subduction complexe

- en rouge : la limite supérieure de la plaque plongeante
- en noir : faille de coulissage



D'après "Pour la Science" n° 326.

Document 2c :

La plaque africaine repousse vers le Nord la plaque eurasiatique. De plus, une subduction se produit localement d'Est en Ouest [...]. La partie océanique de la plaque africaine plonge vers l'Est sous le détroit de Gibraltar, jusqu'à 700 km de profondeur. A mesure que la plaque océanique s'enfonce, le plancher recule vers l'Ouest sous l'effet de l'aspiration due à l'enfoncement. [...]

La subduction est active, car le front de déformation (en vert) est actif. Le plissement du prisme d'accrétion constitué par l'accumulation des sédiments repoussés vers l'ouest est confirmé par l'interprétation de profils de sismique-réflexion et de sismique-réfraction, [...]

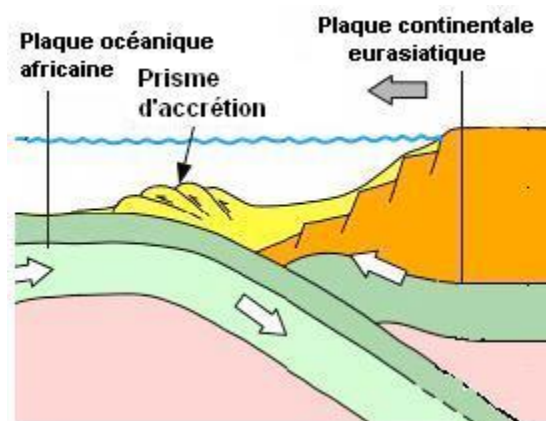
Actuellement, le plan de failles paraît verrouillé, c'est-à-dire que les contraintes s'y accumulent sans que les deux plaques ne bougent l'une par rapport à l'autre. Lorsque de tels systèmes se relâchent, ils produisent de violents séismes. [...]

Ce phénomène de subduction aurait été responsable du tremblement de terre de Lisbonne en Novembre 1755 [...] Ressenti jusqu'en Écosse, c'est le plus fort de l'histoire européenne. Il aurait atteint une magnitude estimée à 8,7 sur l'échelle de Richter ! [...] Des événements sismiques comparables se produiraient tous les 1 000 à 2 000 ans.

D'après « Pour la Science » n° 326

Document 3 : Position d'un prisme d'accrétion

Position d'un prisme d'accrétion (sédiments comprimés dans une zone de subduction) Celui-ci est constitué par des **flyschs** (alternance de sédiments de granulométrie différente de nature calcaires argileux et gréseux).



D'après : <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s1/tectonique.pl.html>

Document 4 : Etudes préliminaires

Document 4a : Creusement d'une galerie de reconnaissance

Afin de mieux connaître les propriétés des formations rocheuses les plus importantes, traversées par le tunnel et d'apprécier l'évolution du comportement des terrains avec la profondeur, trois ouvrages expérimentaux ont été réalisés : il s'agit de deux puits, dont l'un de 300 m de profondeur sous le niveau de la mer, au Maroc et une galerie de reconnaissance de 567m de longueur en Espagne : le tunnel de Tarifa (Documents 4b et 4d).

Actuellement, les tunnels sont creusés par des énormes foreuses appelées tunneliers dont le diamètre est le même que le tunnel à creuser (Document 4c). La seule grosse difficulté que peut rencontrer cette technique de percement est l'impossibilité pour le tunnelier de traverser les roches meubles comme les sables. Seules des roches suffisamment compactes peuvent être traversées.

D'après http://www.ita-aites.org/cms/fileadmin/filemounts/e-news/doc/ITANews11/TUST_OS_2005_gibraltar.pdf 12/08

Document 4 b : Situation géographique du tunnel de Tarifa.



Document 4c : Partie avant du tunnelier utilisé pour broyer les roches.



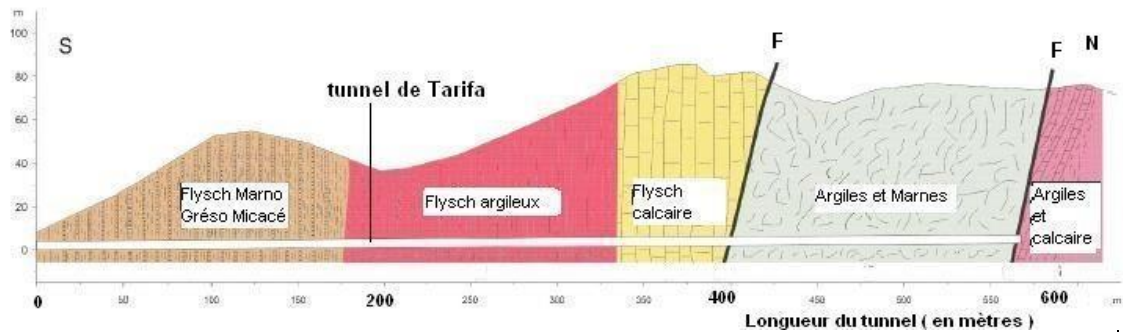
Document 4d : Vue de l'intérieur du tunnel



Document 5 : Coupe géologique de la séquence de flyschs rencontrée lors du percement du tunnel de Tarifa à partir de la rive espagnole.

Coupe géologique de la séquence de flyschs rencontrée lors du percement du tunnel de Tarifa à partir de la rive espagnole.

Des études effectuées dans la zone traversée par le tunnel ont révélé la présence d'une formation de flyschs de plus de 4 km d'épaisseur, qui affleure de façon discontinue au fond de l'océan. Elle est affectée par de nombreuses failles (F). Ces formations sont recoupées par le creusement du tunnel de Tarifa. Cette étude, ainsi que les résultats des nombreux forages et sondages effectués (documents 1 et 6) ont révélé que les flyschs sont constitués de roches de nature argileuse, calcaire et marneuse (Document 6) qui alternent localement avec des bancs de grès à ciment calcaire ou siliceux. Ce sont des roches assez cohérentes et imperméables.



D'après <http://www.secegsa.com/telecharger/brochure-fr.pdf>

Document 6 : Coupe du détroit à l'emplacement des paléochenaux A et B

Au niveau de la zone profonde du seuil du détroit, les études ont révélé la présence de 2 paléochenaux A et B creusés dans les flyschs et perpendiculaires au tracé du tunnel. Ceux-ci sont remplis de matériaux plus récents, d'âge quaternaire :

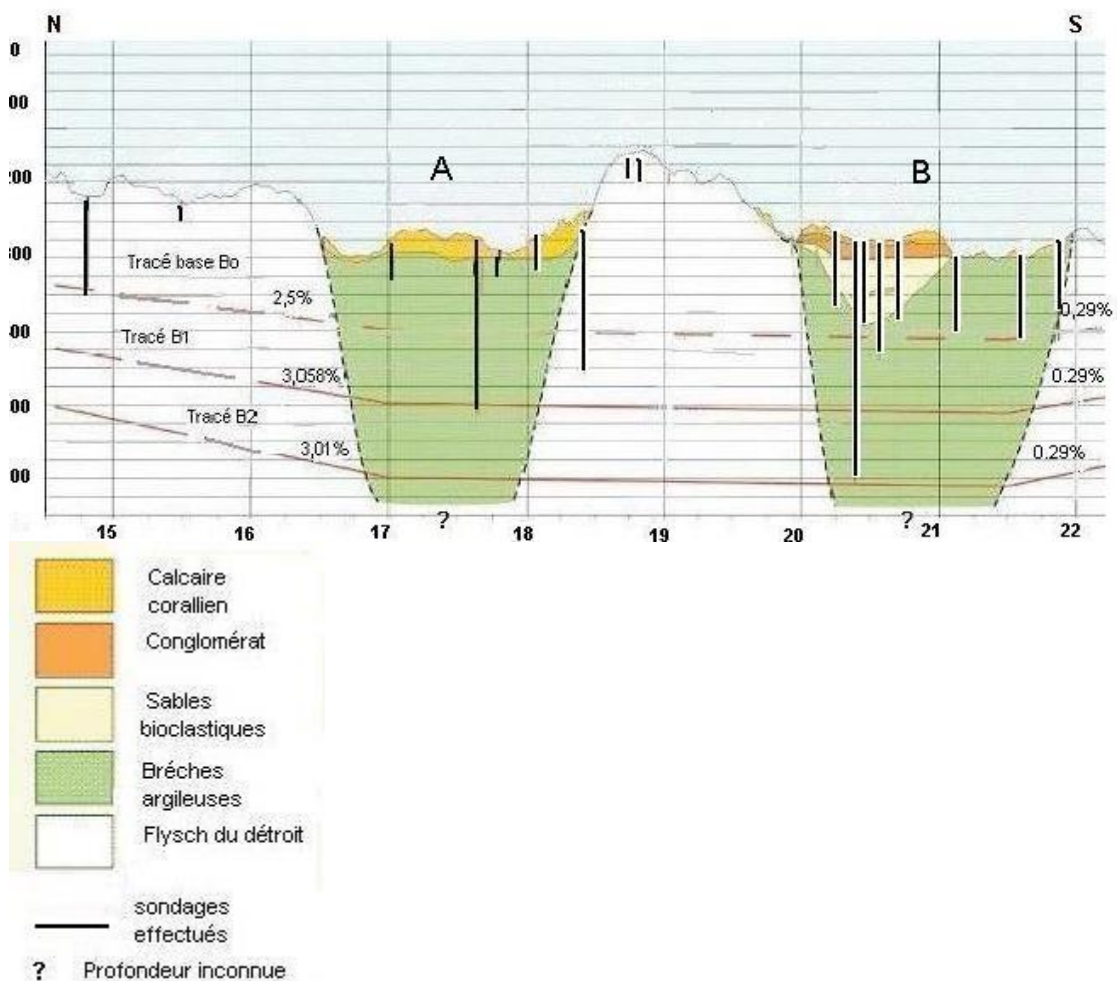
- Des brèches argileuses : il s'agit de fragments de flysch d'origine détritique de taille variable, emballés dans un ciment argileux. Celles-ci sont aussi imperméables que les flyschs plus massifs dans lesquels elles se trouvent, mais sont moins rigides.

- Dans le cas du paléochenal B, ces brèches sont recouvertes de sables bioclastiques (sables contenant des débris de coquilles), puis de conglomérats et de calcaire corallien affleurant sur le fond du détroit.

L'axe des ordonnées indique la profondeur en mètres par rapport au niveau de la mer ; l'échelle verticale du document a été exagérée 5 fois.

L'axe des abscisses indique la distance en kilomètres à partir de la côte espagnole.

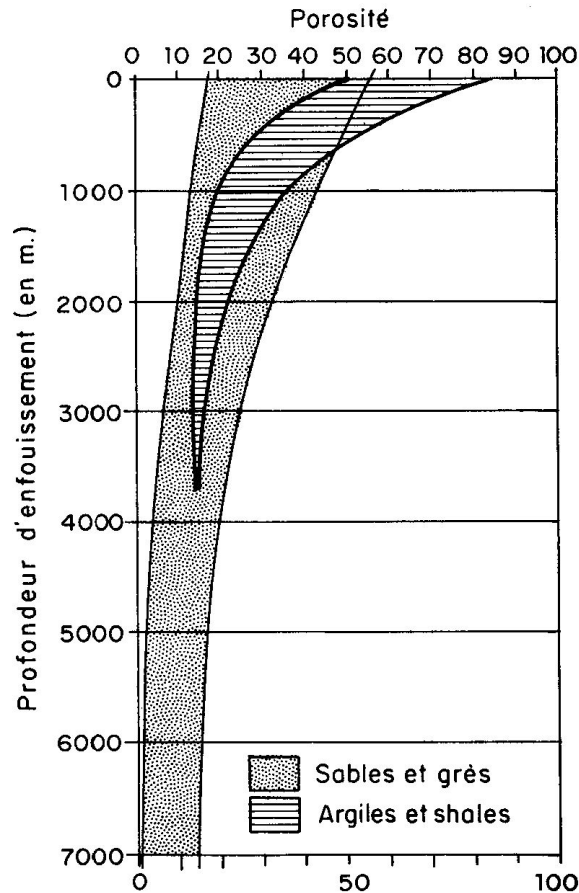
En rouge, sont représentés les différents tracés envisagés du tunnel ; les chiffres notés sur ces tracés indiquent la pente du tunnel.



(D'après http://www.secegsa.com/telecharger/BROCHURE_FR_Nov07.pdf -12/08)

Document 7.

Le degré de compaction d'un matériau peut être apprécié par son taux de porosité ; plus celui-ci est faible, plus la roche est compacte.



Evolution de la porosité(en %) en fonction de la profondeur.
(In Géologie, objets et méthodes. Dercourt et Paquet. Dunod 1990)

Document 8. Contraintes techniques pour le transport ferroviaire

- les **rampes** doivent être les plus faibles possibles afin de faciliter la circulation de rames chargées de fret. Si la déclivité maximale admissible est de 3,5% pour les trains de voyageurs à grande vitesse, elle est limitée à 1,25% pour le transport de fret, autoroute ferroviaire comprise.

Déclivités maximales admissibles pour les lignes ferroviaires selon les vitesses maximales en service. (in document technique réseau ferré de France (Août 2006)

voyageurs (ligne à grande vitesse)

- déclivité de 2,5% - V_{max} 320 km/h
- déclivité de 3,5% - V_{max} 220 km/h

fret et autoroute ferroviaire

- déclivité de 1,25% - V_{max} 140 km/h

Questions :

- 1. A partir de l'étude des documents 1, 2 et 3, répertorier les investigations qui ont été nécessaires pour déterminer le tracé du tunnel de Gibraltar et, pour chacune d'elles, préciser les informations qu'elles apportent à ce projet.**
- 2. En se fondant sur les documents 2, 3, 5 et 6, indiquer les problèmes liés au contexte géologique du détroit de Gibraltar. Dans ces conditions, préciser s'il est possible d'assurer une sécurité optimale du tunnel.**
- 3. En tant qu'ingénieur conseil, déterminer le tracé le plus opportun. À partir des informations extraites dans les documents 7 et 8, justifier ce choix et préciser les restrictions en matière de circulation ferroviaire qu'il convient de mettre en place.**