

1. Intégration dans les programmes

L'hypothèse d'une expansion océanique et sa confrontation à des constats nouveaux

Au début des années 1960, les découvertes de la topographie océanique et des variations du flux thermique permettent d'imaginer une expansion océanique par accréation de matériau remontant à l'axe des dorsales, conséquence d'une convection profonde.

La mise en évidence de bandes d'anomalies

magnétiques symétriques par rapport à l'axe des dorsales océaniques, corrélables avec les phénomènes d'inversion des pôles magnétiques (connus depuis le début du siècle), permet d'éprouver cette hypothèse et de calculer des vitesses d'expansion.

Comprendre comment la convergence des observations océanographiques avec les mesures de flux thermique a permis d'avancer l'hypothèse d'une expansion océanique réactualisant l'idée d'une dérive des continents.

Comprendre comment la corrélation entre les anomalies magnétiques découvertes sur le plancher océanique et la connaissance plus ancienne de l'existence d'inversion des pôles magnétiques confirma l'hypothèse de l'expansion océanique. Calculer des taux d'expansion.

Le renforcement du modèle par son efficacité prédictive

Le modèle prévoit que la croûte océanique est d'autant plus vieille qu'on s'éloigne de la dorsale. Les âges des sédiments en contact avec le plancher océanique (programme de forage sous-marins JOIDES) confirment cette prédiction et les vitesses prévues par le modèle de la tectonique des plaques.

Le modèle prévoit des vitesses de déplacements des plaques (d'après le paléomagnétisme et les alignements de volcans intraplaques). Avec l'utilisation des techniques de positionnement par satellites (GPS), à la fin du XXème siècle, les mouvements des plaques deviennent directement observables et leurs vitesses sont confirmées.

Saisir et exploiter des informations sur cartes. Concevoir, réaliser et exploiter un modèle analogique. Réaliser des mesures sur le terrain pour comprendre le principe du GPS. Saisir et exploiter des données sur des logiciels.

2. Objectif général

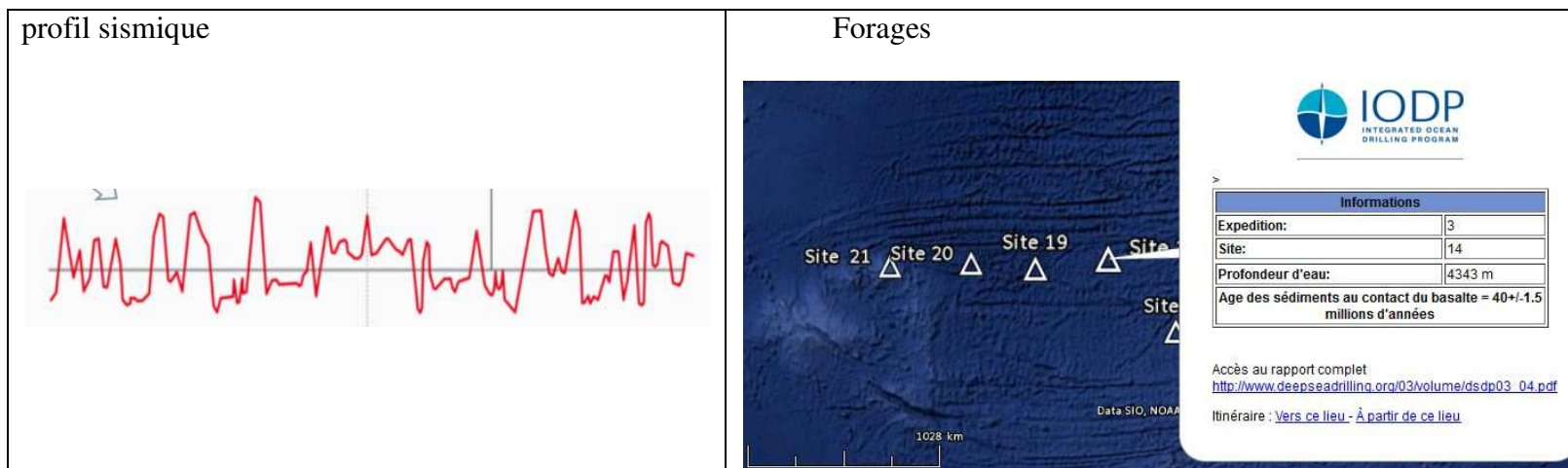
La compréhension du phénomène « expansion océanique » ne pose pas véritablement problème car elle est déjà connue implicitement des élèves : *les océans « s'ouvrent » car de nouveaux basaltes apparaissent au niveau de la dorsale et repoussent les basaltes plus anciens de chaque côté.*

Le problème est ailleurs : dans cette partie de programme, les élèves vont devoir analyser de nombreux documents de mesures réalisées dans les années 60 et traités *in fine* sous forme de **cartes originales**.

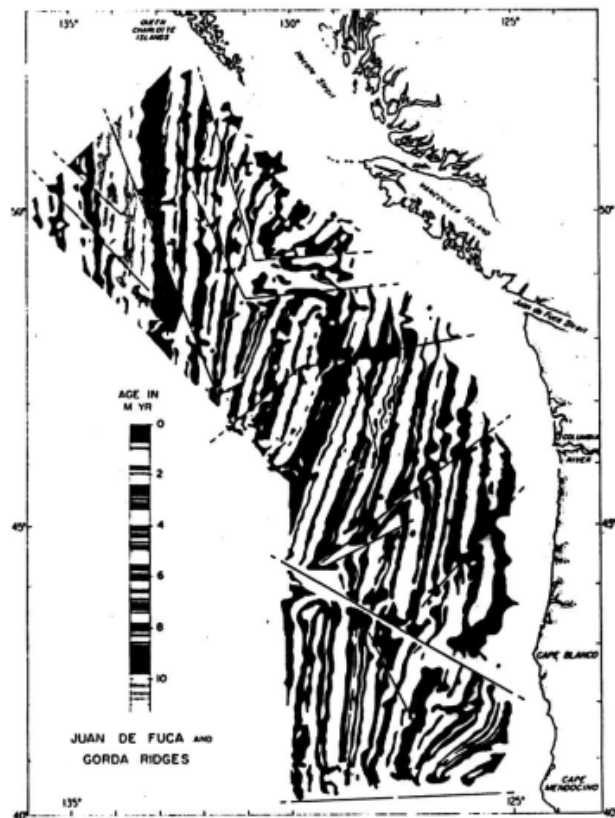
- Carte du type *peau de zèbre* dans le 1^{er} cas
- Carte de l'âge des sédiments océaniques en contact avec les basaltes dans le second cas
-

Or, ces documents posent inévitablement des problèmes de vision dans l'espace et dans le temps à certains élèves.

En effet, on commence par des mesures en ligne :

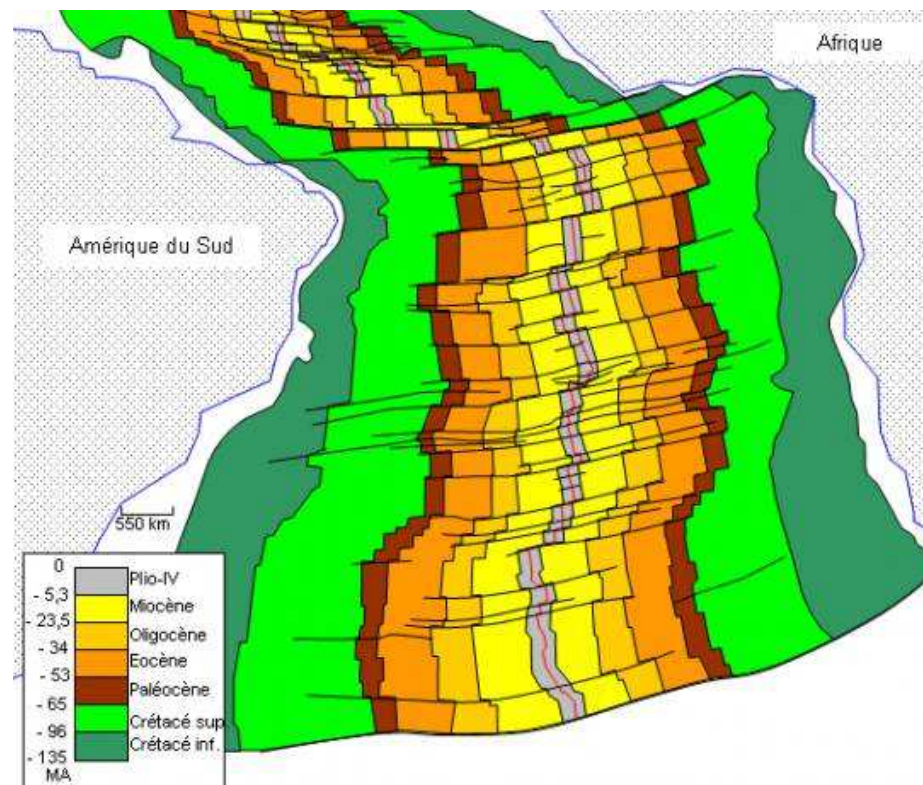


Les mesures paléomagnétiques sont synthétisées sur un plan, lisible en 2D : c'est la *peau de zèbre*



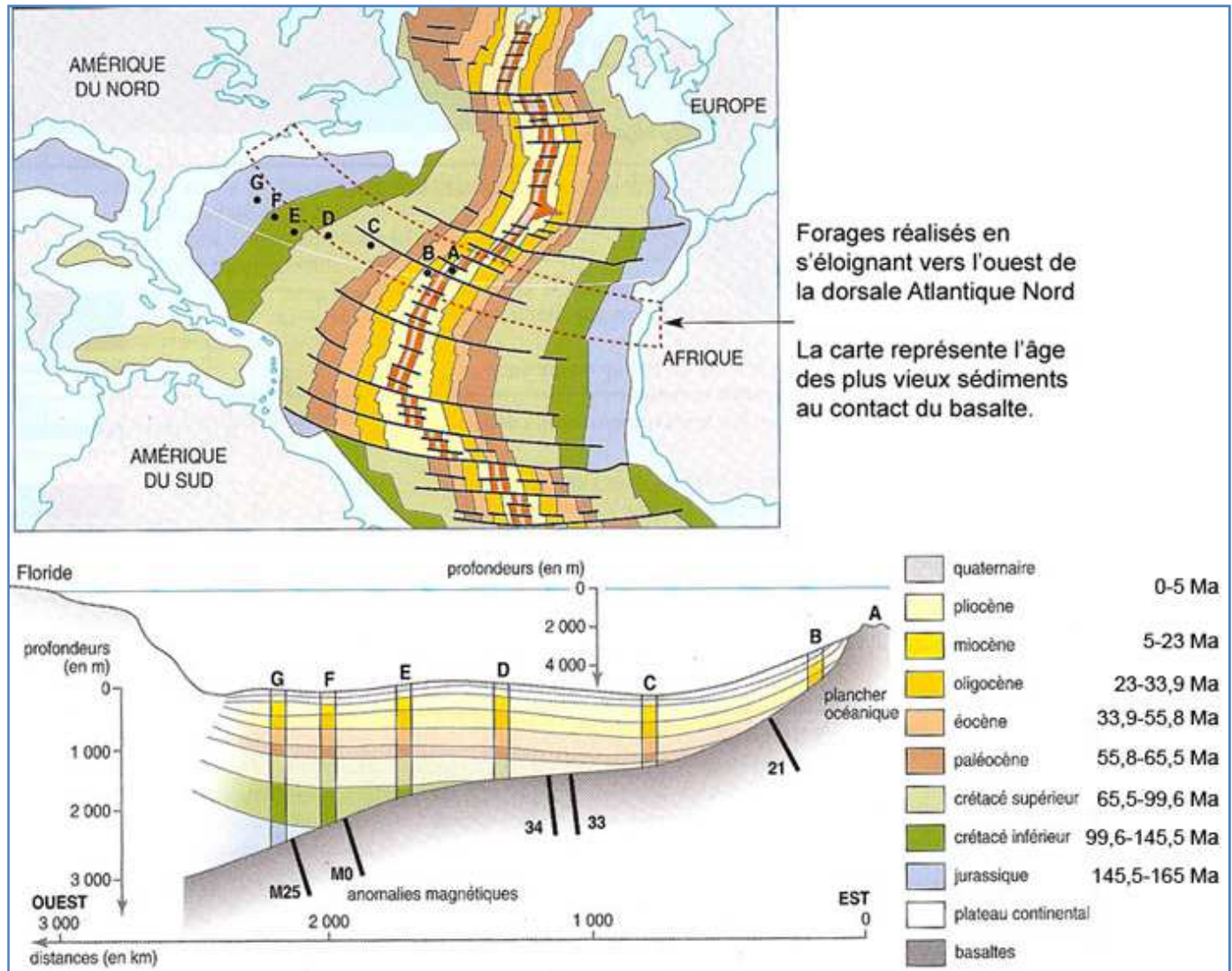
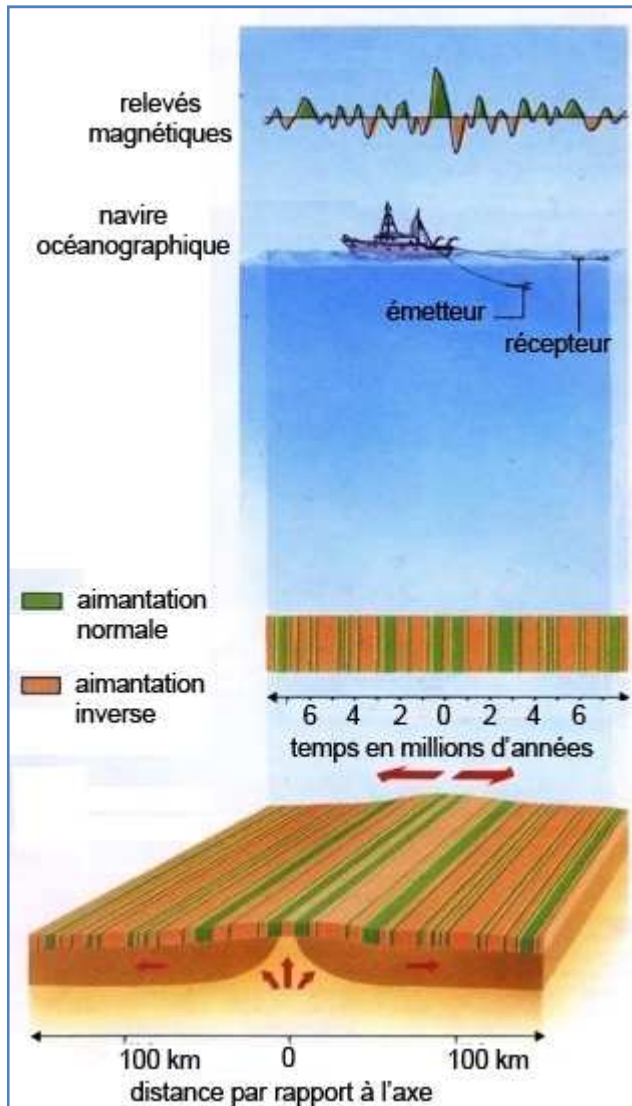
La datation est peu évidente car elle ne se déduit de l'échelle paléomagnétique que si l'on considère que les basaltes situés au niveau de la dorsale sont récents (ce qui devient tautologique pour l'élève)

Les résultats de carottage sont synthétisées sur une carte présentant l'âge des sédiments au contact des basaltes. Elle ne se comprend qu'en 3D (nécessitant le passage par une coupe).



Dans ce cas, la datation est simple (code couleur et légende fournie).

Ces deux documents illustrent bien le passage des différents niveaux de lecture :



Activités proposées :

Pour faciliter la compréhension de ces documents, les activités sur la maquette proposent de mettre l'élève dans des situations de mesure et de traitement de données proches (bien que très simplifiées) de celles rencontrées par les chercheurs des années 60 :

1. Réaliser un profil magnétique, le traduire sous forme d'une bande d'inversions magnétiques puis associer l'ensemble des données sous la forme d'une carte
2. Réaliser une série de forages, en déduire la disposition des couches sédimentaires en profondeur (coupe transversale) et traduire les résultats sous la forme d'une carte pertinente.

Une fois ces activités réalisées, la bonne compréhension des cartes et profils permet de passer plus facilement à l'interprétation des résultats et au calcul de vitesse d'expansion.

Activité 1 : la validation de l'hypothèse d'une expansion océanique par les inversions paléomagnétiques.

Au préalable, l'enseignant aura présenté les propriétés magnétiques des roches magmatiques ainsi que les inversions du pôle magnétique terrestre (périodes normales et inverses)

En quoi le modèle permet-il de valider l'hypothèse d'une expansion océanique ?

Il s'agit de comprendre :

- comment on obtient un profil magnétique
- comment on passe du profil magnétique à la *peau de zèbre*



Une fois ces deux étapes réalisées, on pourra amener l'élève à raisonner sur la peau de zèbre et à déduire les deux arguments qui valident l'hypothèse de l'expansion

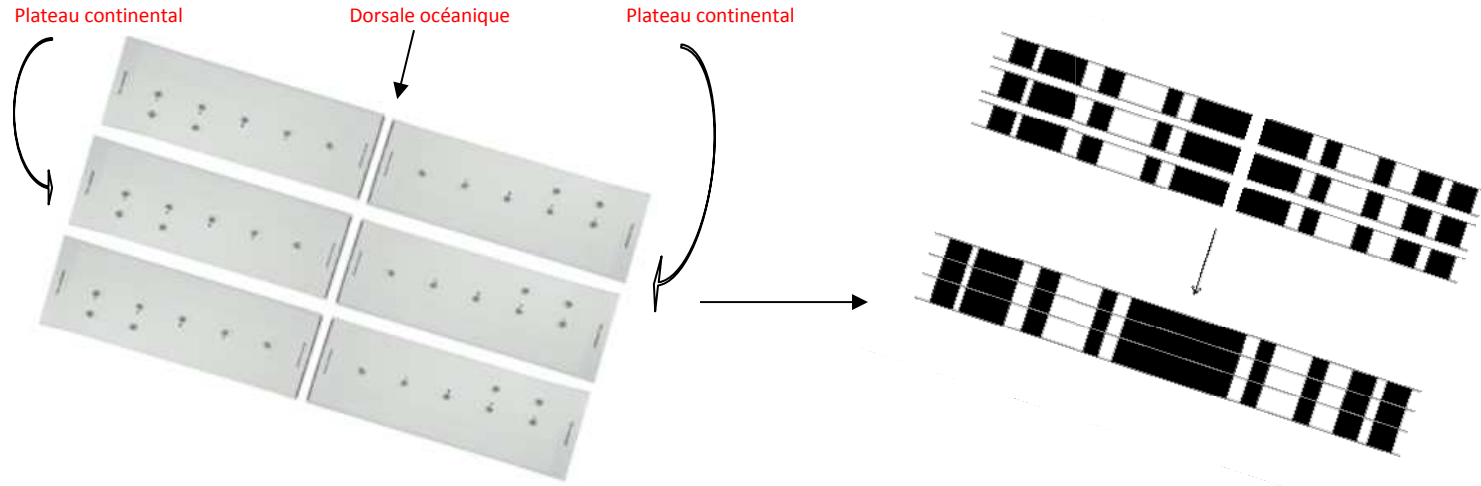
- La disposition parallèle et symétrique des anomalies par rapport à l'axe de la dorsale
- L'augmentation régulière de l'âge des basaltes quand on s'éloigne de la dorsale

Notions développées	Activités																														
Valeur moyenne du champ magnétique terrestre actuel	Calibrage du teslamètre (en s'éloignant un peu de la maquette)																														
Profil magnétique	<p>Mesure de l'écart entre la valeur moyenne du champ magnétique et la valeur du champ magnétique au-dessus des basaltes avec le teslamètre.</p> <p><i>Attention à mesurer précisément le long de la ligne sur la maquette. Les élèves doivent tracer les points à mesurer avant de commencer (au crayon, tous les cm le long de la ligne).</i></p> <p>Réalisation, sur tableur, du graphique « intensité du champ magnétique en fonction de la distance à la dorsale ». L'axe des x représente la valeur du champ moyen.</p> <div data-bbox="546 564 1816 1155" style="text-align: center;"> <p>Variation du champ magnétique des basaltes par rapport au champ moyen (en milliTesla) sur le profil</p> </div>																														
Anomalies positives et négatives (sur un profil)	<p>Grandeurs obtenues variables mais soit supérieures, soit inférieures à la valeur du champ moyen.</p> <p>Traduction du graphique $mT = f(D)$ en bandes d'anomalies magnétiques (noires et blanches).</p> <div data-bbox="875 1294 1778 1406" style="text-align: center;"> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>G</td> <td>H</td> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> <td>P</td> <td>C</td> <td>R</td> <td>S</td> <td>T</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> <td style="background-color: black;"></td> <td style="background-color: white;"></td> </tr> </table> </div>		G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	C	R	S	T															
	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	C	R	S	T																	

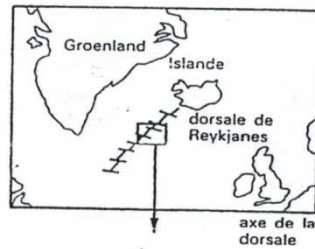
Passage de n profils à la « peau de zèbre »

Association des résultats des différents binômes (côté différent de la dorsale, zone latérales).

Il peut y avoir de grandes variations dans les mesures effectuées en fonction de l'expérimentateur. Dans ce cas, le n profils 'peau de zèbre' ne sera pas cohérent. Insister sur le fait que les mesures réelles varient beaucoup moins, il s'agit ici d'une simulation pour assurer la compréhension.



Datation des basaltes océaniques



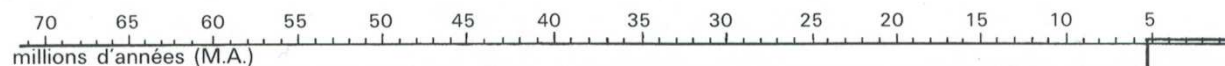
Confrontation des élèves à des mesures réelles : profil et *peau de zèbre* réalisés au niveau d'une dorsale (ex : Reykjanes) répartition symétrique et parallèle des anomalies de part et d'autre de la dorsale.

En cumulant toutes les mesures réalisées de part et d'autre de la dorsale, on obtient cette image appelée « peau de zèbre ».

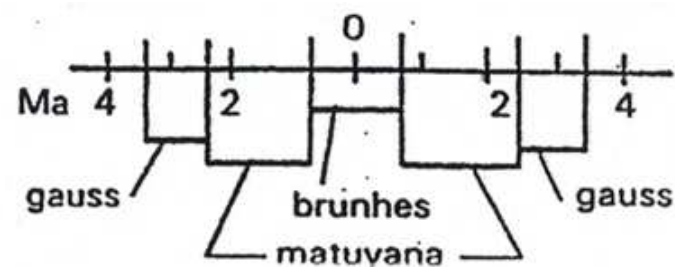
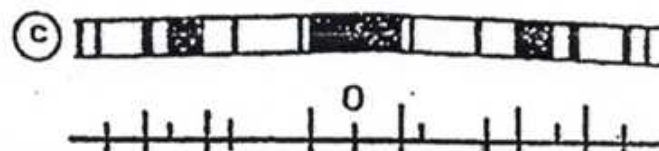
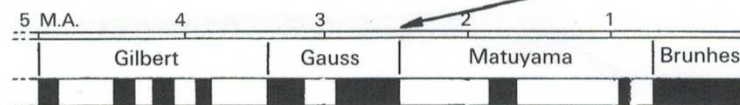
En quoi cet enregistrement est-il un début de preuve de l'expansion océanique ?

Quelle autre donnée faudrait-il pour valider l'hypothèse de l'expansion ? Proposez une méthode pour l'obtenir.

La disposition parallèle et symétrique des inversions de part et d'autre de la dorsale va dans le sens d'une expansion mais il faudrait pouvoir montrer que l'âge des basaltes augmente quand on s'éloigne de la dorsale pour valider complètement cette idée. Les basaltes situés au niveau de la dorsale présentent bien la polarité actuelle (période normale). A partir de l'échelle des inversions magnétiques, on doit pouvoir dater les basaltes..

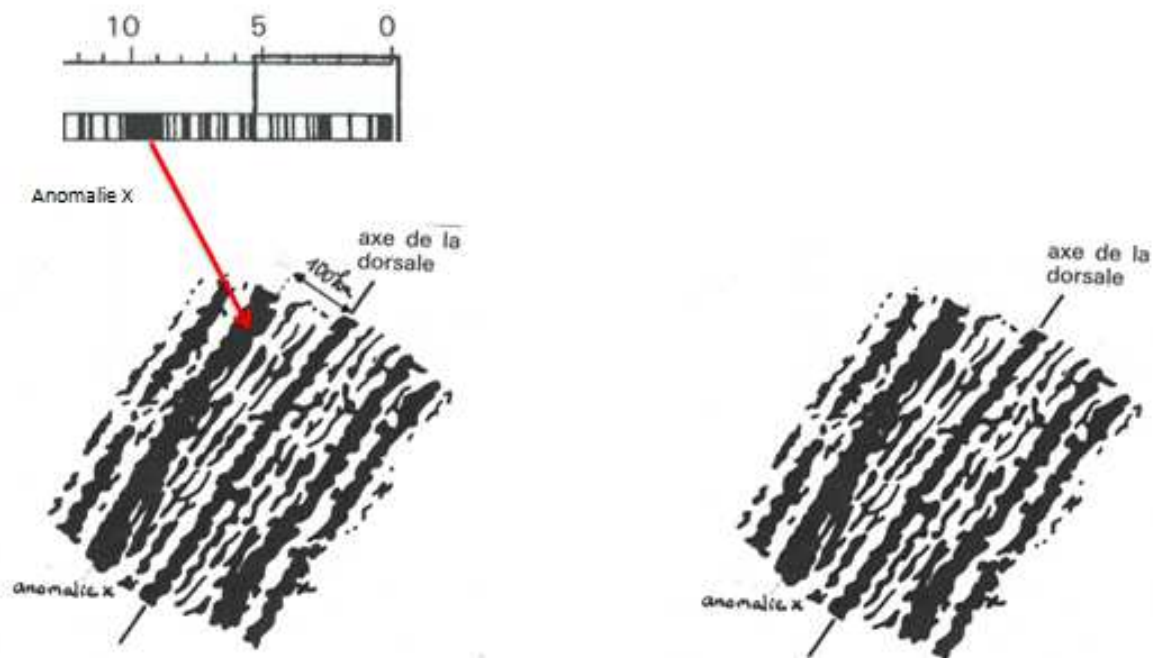


En noir, les périodes de champ magnétique normal, en blanc celles de champ magnétique inverse



Confirmation : l'âge des basaltes augmente de manière régulière quand on s'éloigne de la dorsale.

On peut, une fois l'hypothèse de l'expansion validée, estimer la vitesse d'expansion de l'océan.

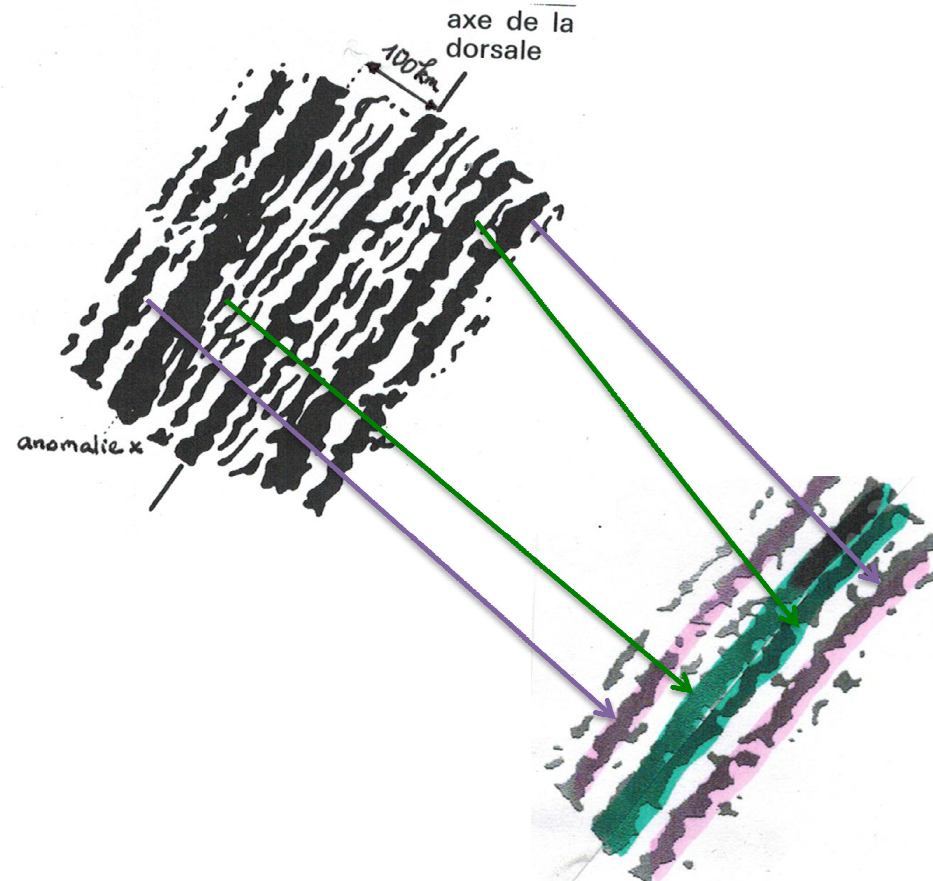


1/ A partir de ces données,
calculez la vitesse d'expansion de
l'Atlantique Nord (en cm/an).

2/ Découpez le second document
pour reconstituer la dorsale il y a 9
Ma (anomalie « x »).

$$1/ v = d/t = 200/9 = 2,2 \text{ cm/an}$$

2/

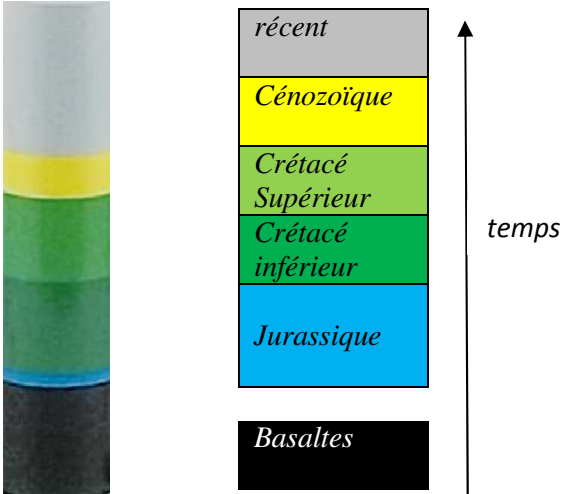

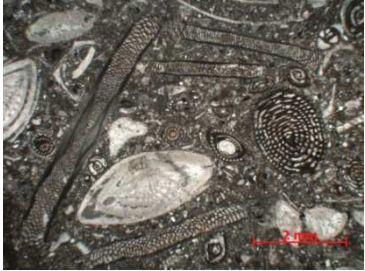


La portion supprimée correspond aux basaltes formés depuis 9 Ma.

Activité 2 : la confirmation de l'expansion océanique par les âges des sédiments en contact avec le plancher océanique.

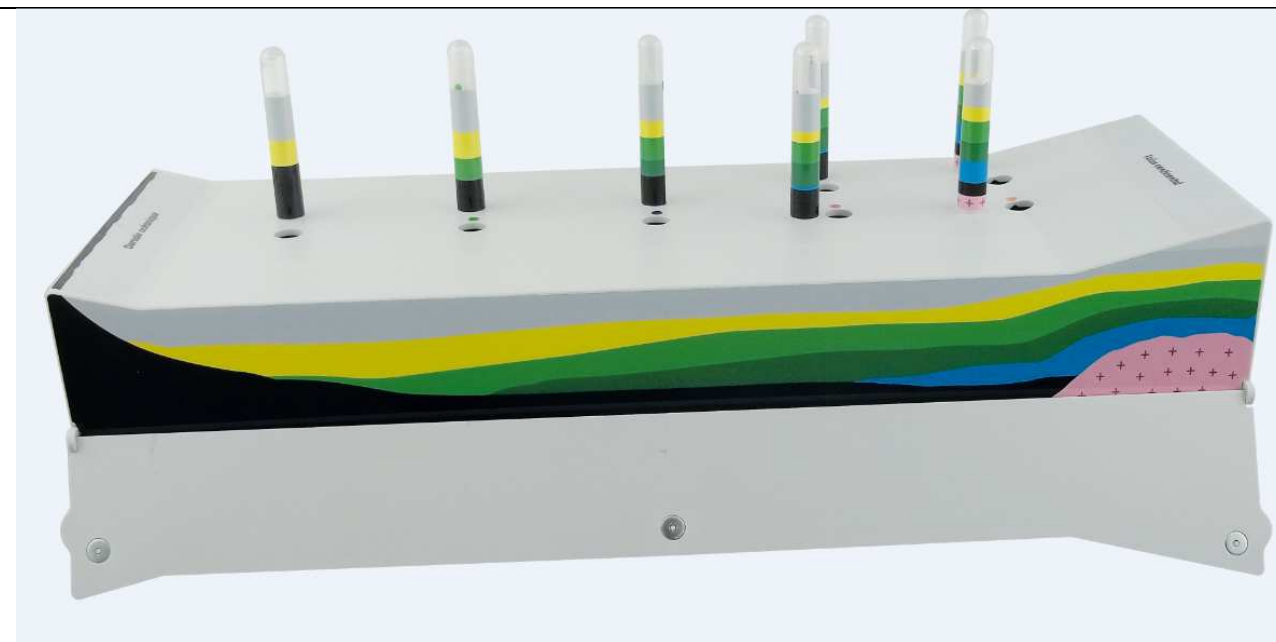
A. Tâche complexe : En quoi la maquette permet-elle de valider l'hypothèse d'une expansion océanique ?

Vous réaliserez une coupe transversale de la croûte océanique (sédiments et basaltes) puis vous montrerez en quoi ces résultats valident l'hypothèse d'une expansion océanique

 <p><i>On fournit à l'élève une légende avec la correspondance entre couleur de la couche et âge.</i></p>	
	<p>On peut compléter cette activité par l'observation d'une lame mince de calcaire avec microfossiles (type calcaire à nummulites)</p>

Les résultats de forages permettent à l'élève de construire une coupe transversale le long d'un axe continent/dorsale.

En basculant le volet de facade, il pourra faire son auto-correction.



Constats :

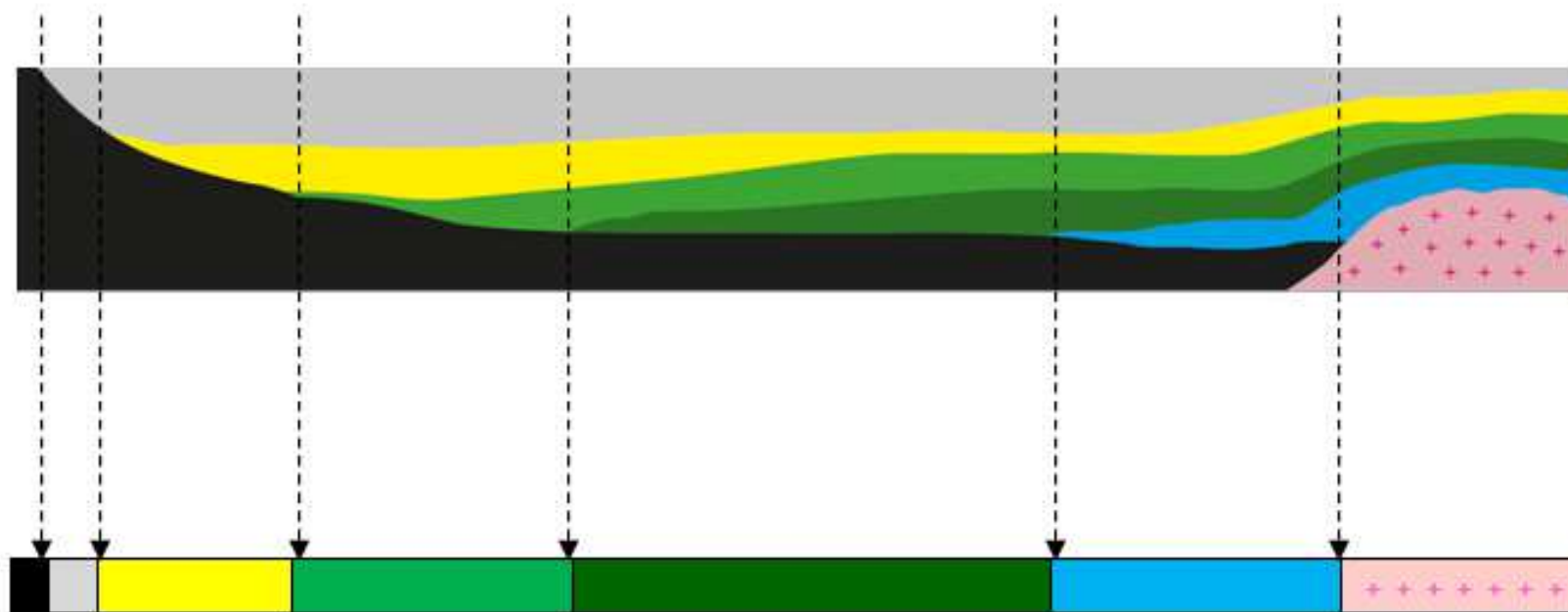
Plus on s'éloigne de l'axe de la dorsale et plus les terrains sédimentaires déposés sur les basaltes sont âgés, ceci de façon symétrique / axe de la dorsale

Mouvement de divergence -> expansion océanique confirmée

Les forages montrent que l'épaisseur de sédiments augmente en s'éloignant de la dorsale, ce qui conforte l'hypothèse de l'expansion

De la coupe à la carte

1/ Proposez une carte géologique de la maquette traduisant de manière pertinente la disposition des couches sédimentaires en profondeur.

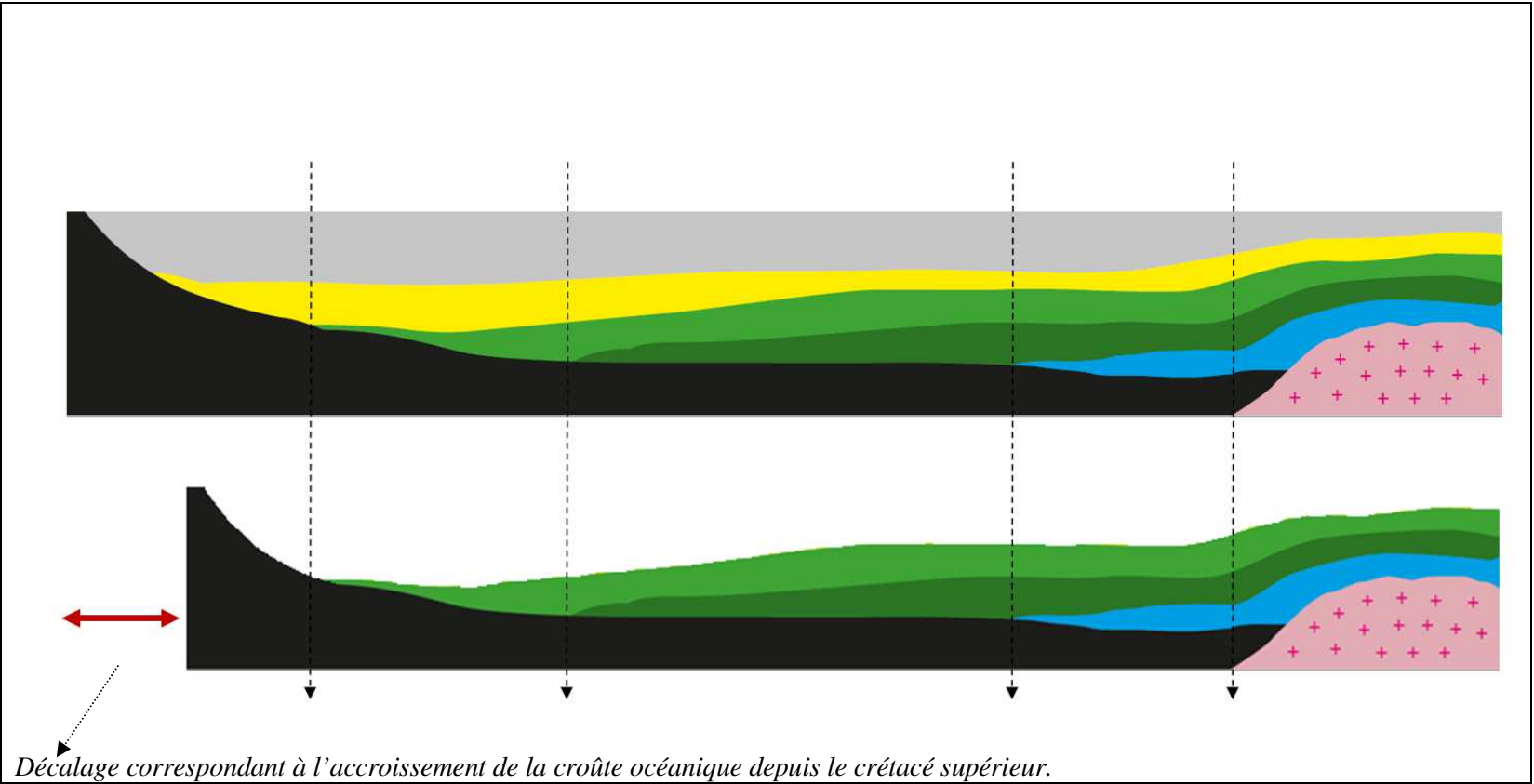


On représente la couche la plus profonde, au contact des basaltes. L'âge des basaltes est donc le même que celui de la couche sus-jacente.

De la carte à la vitesse d'expansion

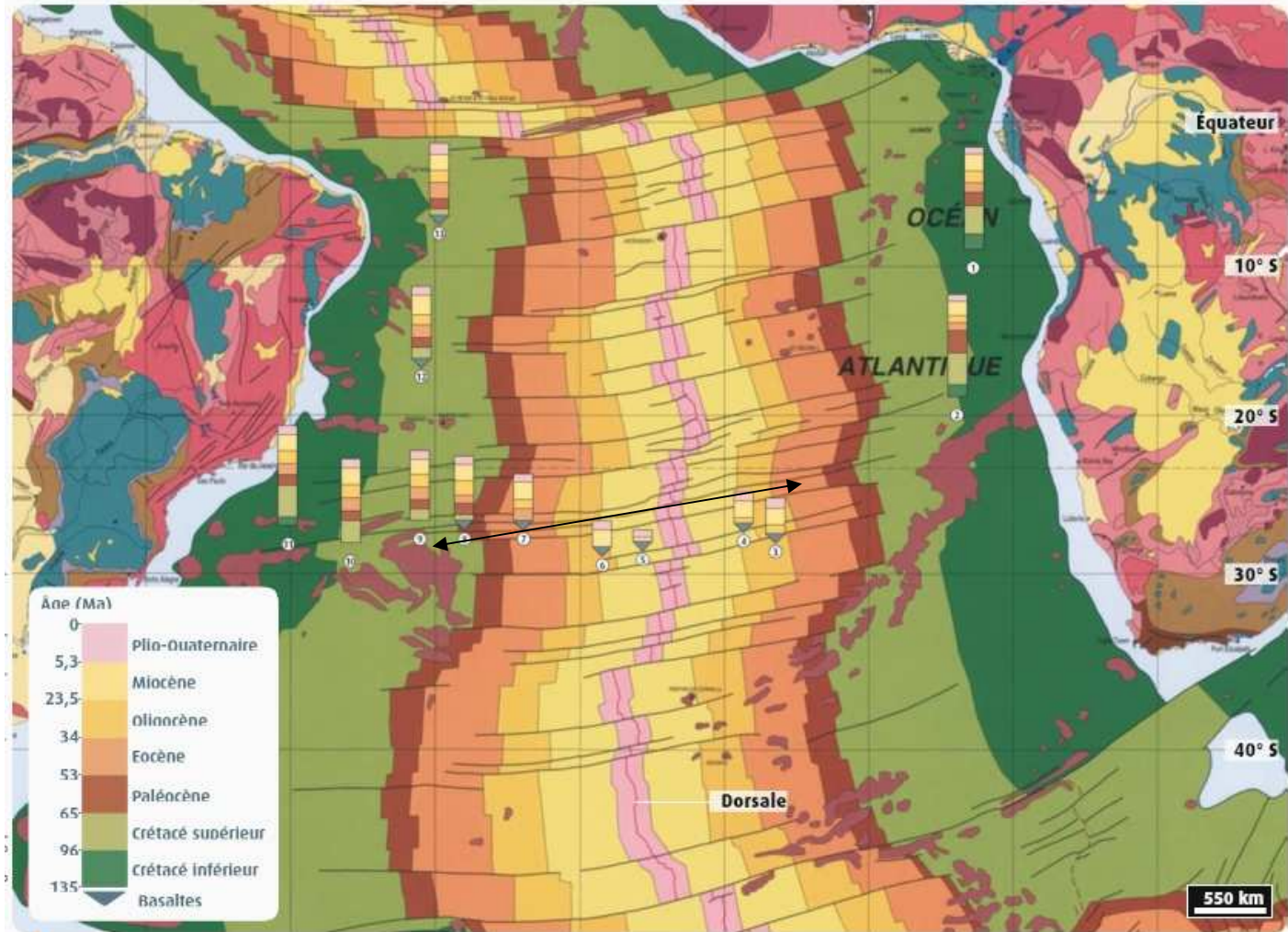
1/ Réaliser une coupe de la dorsale au cours du Crétacé supérieur à la même échelle et les mêmes couleurs que précédemment .

Les sédiments du tertiaire et de l'actuel n'existaient pas.



2/ A partir de cette carte des sédiments, calculez la vitesse d'expansion de l'Atlantique sud à 30° de latitude sud

On peut faire le calcul à partir des données à la limite Crétacé supérieur/Paléocène soit 65 Ma.



4 Les sédiments des fonds marins de l'Atlantique Sud. L'âge des sédiments en contact avec les basaltes de la croûte océanique est représenté. Les carottes sédimentaires correspondent aux endroits où les forages ont été effectués. La corrélation entre l'âge des basaltes déduit des anomalies magnétiques (voir p. 100-101) et l'âge des sédiments à leur contact est excellente.

Figure 1 : extrait du manuel Belin, p. 119