

Introduction du jeu :

Les élèves piochent, à leur entrée en salle, un papier de couleur et se regroupent par équipe autour d' une enveloppe correspondante.

L' enseignant prend la parole :

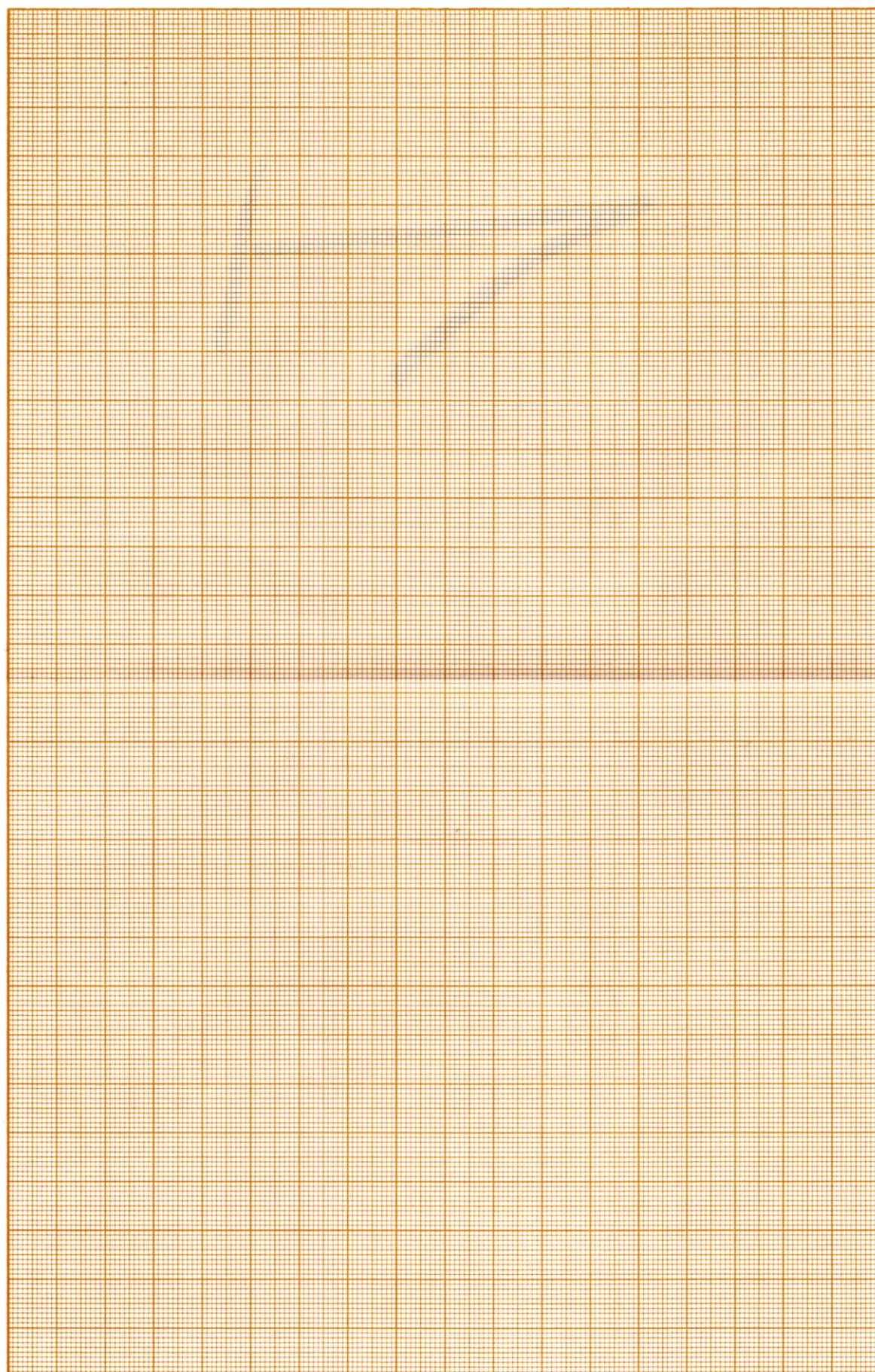
« Nous sommes en novembre 1926. Alfred Wegener doit participer à un symposium organisé par l' A.A.P.G (*American Association of Petroleum Geologists*) à New York. Il va défendre sa théorie concernant la « dérive des continents » (présentée pour la première fois en 1912) selon laquelle les continents seraient « mobiles » et n' auraient pas toujours été à leur place actuelle au cours de l' histoire de la Terre. Si quelques scientifiques soutiennent sa théorie, une opposition à la dérive des continents se développe, avec une virulence surprenante. Son principal détracteur, le géophysicien Harold Jeffreys, sera également présent à New York et semble prêt à tout pour anéantir les arguments de Wegener.

Alors qu' A. Wegener se rendait à New York, son dossier contenant les arguments en faveur de sa théorie a été dérobé. Vous avez été engagés par Wegener pour fouiller le bureau d' H. Jeffreys, qu' il soupçonne être derrière ce vol. Vous avez 1h avant le retour du propriétaire des lieux. Vous devez remettre la main sur les arguments en faveur de la dérive des continents, mais aussi dénicher les contre-arguments que Jeffreys a l' intention d' avancer au cours du symposium.

Le symposium a lieu cet après-midi. Wegener compte sur vous. »

Le chrono est lancé. Les élèves peuvent ouvrir l' enveloppe n° 1.

Contenu de l'enveloppe n° 1 :

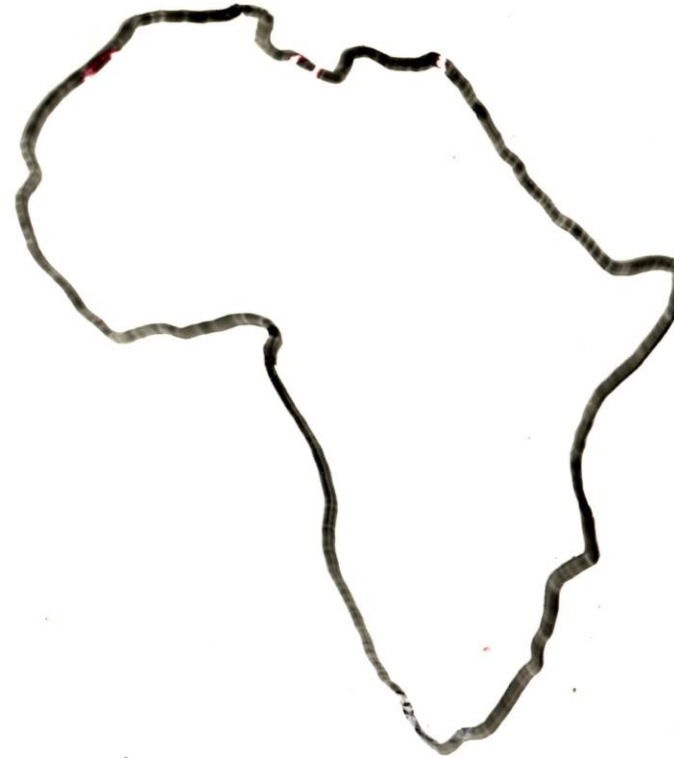


ECHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES

ÈRE	PÉRIODE	EPOQUE	ETAGE	AGE en Ma
TERTIAIRE	QUATERNAIRE	<i>HOLOCÈNE</i>		1,7
		<i>PLÉISTOCÈNE</i>	CALABRIEN	
	NÉOGÈNE	<i>PLIOCÈNE</i>	PLAISANCIEN ZANCLÉEN	5,3
		<i>MIOCÈNE</i>	MESSINIEN TORTONNIEN SERRAVALLIEN LANGHIEN BURDIGALIEN AQUITANIEN	23,5
			CHATTIEN RUPÉLIEN	34
			PRIABONIEN BARTONIEN LUTÉTIEN YPRÉSIEN	53
	PALÉOGÈNE OU NUMMULITIQUE	<i>OLIGOCÈNE</i>	THANÉTIEN MONTIEN DANIEN	65
		<i>EOCÈNE</i>		
		<i>PALÉOCÈNE</i>		
SECONDAIRE	CRÉTACÉ	<i>SUPÉRIEUR</i>	MAESTRICHTIEN CAMPANIEN SANTONIEN CONIACIEN TURONIEN CÉNOMANIEN	96
		<i>INFÉRIEUR</i>	ALBIEN APTIEN BARRÉMIEN HAUTERIVIEN VALANGINIEN BERRIASIEN	135
	JURASSIQUE	<i>MALM</i>	TITHONIEN KIMMÉRIDGIEN OXFORDIEN	154
		<i>DOGGER</i>	CALLOVIEN BATHONIEN BAJOCIEN AALÉNIEN	180
		<i>LIAS</i>	TOARCIEN PLIENSCHACHIEN DOWERIEN CARIXIEN	205
			SINÉMURIEN HETTANGIEN	230
		<i>SUPÉRIEUR</i>	RHÉTIEN NORIEN CARNIEN	240
		<i>MOYEN</i>	LADINIEN ANISIEN	245
	TRIAS	<i>INFÉRIEUR</i>	SCYTHIEN	258
		<i>SUPÉRIEUR</i>	THURINGIEN	295
		<i>INFÉRIEUR</i>	SAXONIEN AUTUNIEN	325
PRIMAIRE	PERMIEN	<i>SILÉSIE</i>	STÉPHANIEN WESTPHALIEN NAMURIEN	360
		<i>DINANTIEN</i>	VISÉEN TOURNAISIEN	410
				435
	CARBONIFÈRE			500
				540
	DÉVONIEN			
	SILURIEN			
	ORDOVICIEN			
	CAMBRIEN			
PRÉCAMBRIEN	ALGONKIEN			2500
	ARCHÉEN			3800

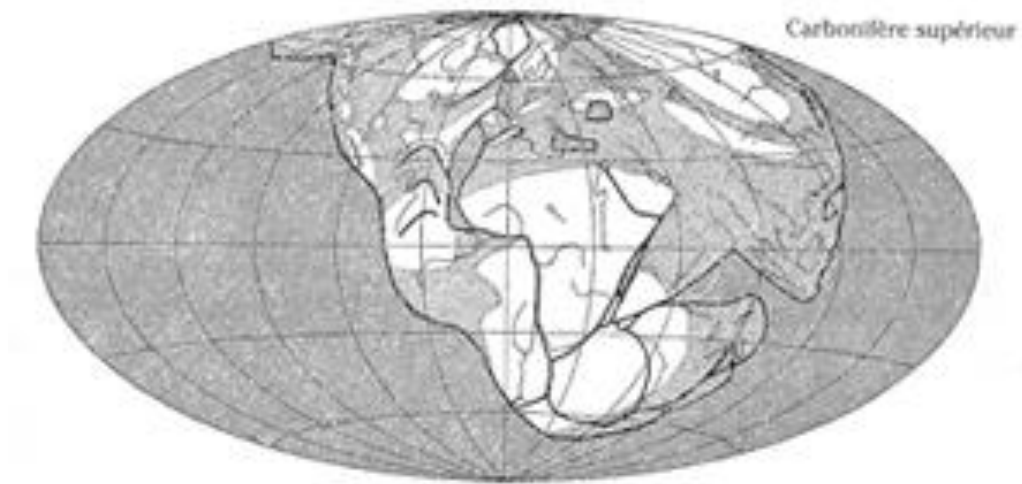
Contenu de l' enveloppe n° 2 :

Imprimé sur un transparent :



Ce qui présente une importance décisive c'est le fait qu'en partant d'un emboîtement des socles, où l'on n'a utilisé que la configuration des côtes, on soit arrivé à une si parfaite adaptation, toutes les formations d'une côte venant se raccorder aux extrémités des formations analogues de la côte opposée. C'est comme si nous cherchions à reconstituer un journal déchiré d'après les contours de ses fragments, pour vérifier ensuite si les lignes se correspondent. S'il en est ainsi, il ne nous reste pas d'autre alternative que d'admettre que les fragments étaient antérieurement réunis de la même manière.

Contenu de l'enveloppe n° 3 :



Astuce pour le professeur : les élèves doivent associer ces documents à l'échelle des temps géologiques pour les remettre dans l'ordre.

La Terre, initialement en fusion, continue à se solidifier et à se contracter. Le refroidissement de la Terre a entraîné une diminution de son volume, donc de sa surface. La contraction provoque en surface des forces de compression qui induisent des plissements de la même façon qu'un fruit abandonné voit sa surface se boursoufler au fur et à mesure de son dessèchement. La contraction provoque l'effondrement de certaines régions (océans) ou, au contraire, la surrection d'autres (chaines de montagnes).

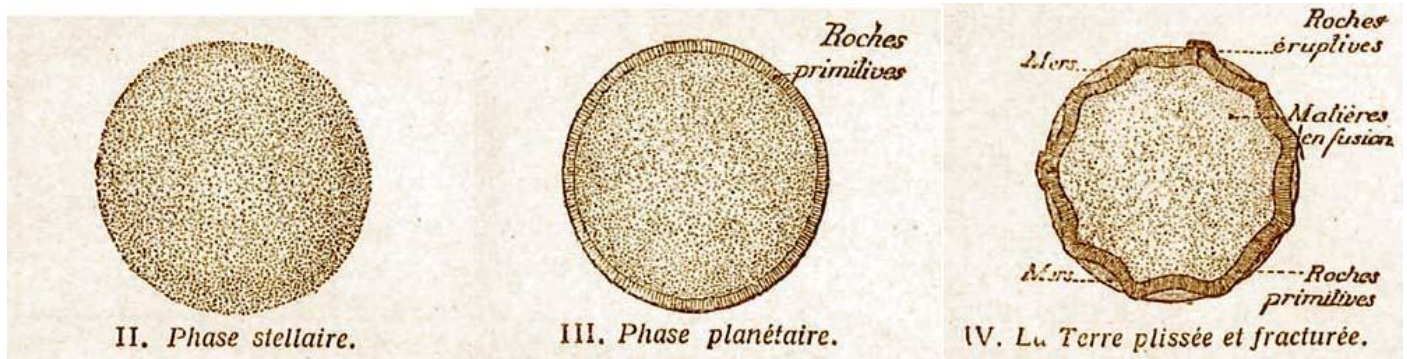


Fig. Contraction et Terre ridée.

Certaines régions aujourd'hui séparées par des océans possédaient une faune fossile commune. La présence de lémuriens à Madagascar, en Inde et à Ceylan faisait que Schaller (1864) regroupait ces pays en un ensemble qu'il nommait Lemuria. Par des comparaisons plus poussées, je prolonge la réunion en imaginant que le Sud et le centre de l'Afrique, Madagascar et l'Inde formaient jadis un continent unique que j'appelle Gondwana. Les continents actuels se sont ensuite individualisés au fur et à mesure que les parties centrales de l'ancien continent s'effondraient pour donner naissance à l'océan Indien. Les mers intérieures et les vastes océans se sont ainsi formés puis agrandis par des affaissements successifs.

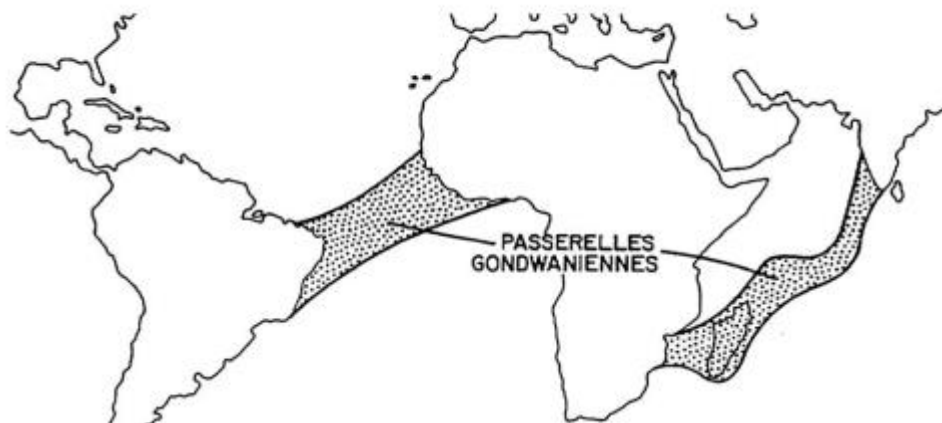
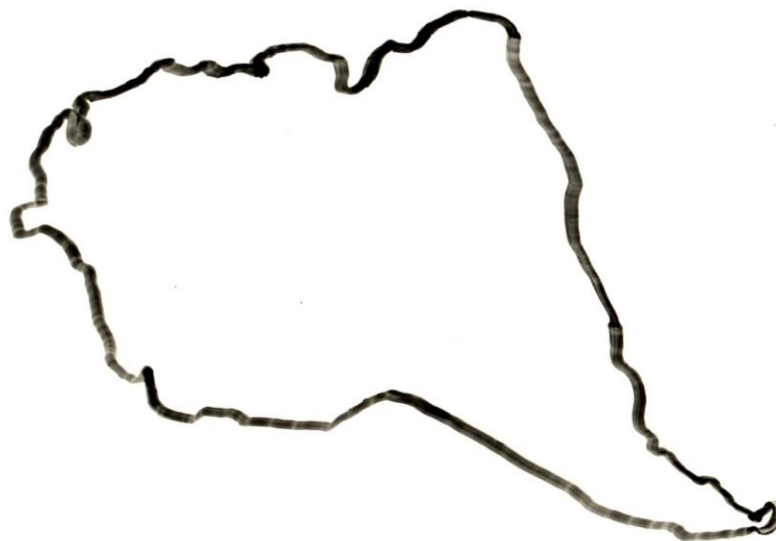


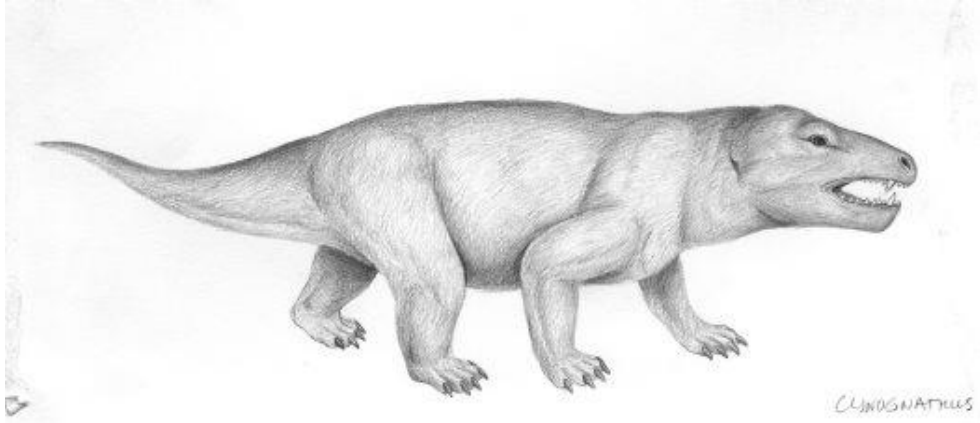
Fig. Les ponts continentaux.

Eduard Suess

Contenu de l' enveloppe n° 5 :

Imprimé sur un transparent :





Cynognathus (genre)

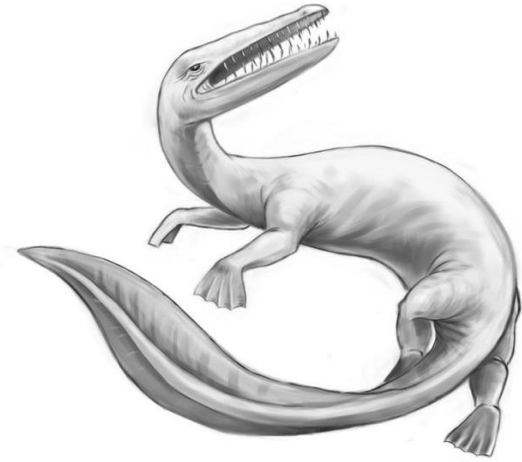
Statut : éteint.

Classification : reptiles mammaliens.

Période : fossile trouvé dans le Trias inférieur et moyen.

Distribution géographique :

Description : *Cynognathus*, dont le nom évoque les « mâchoires de chien », était à peu près de la taille d'un loup, et, comme lui, c'était un **prédateur** actif. Ses membres étaient ramenés sous le corps, ce qui permettait une locomotion rapide et efficace. Sa queue était longue. Son crâne était allongé et percé d'ouvertures pour l'insertion de muscles puissants servant à ouvrir et fermer les mâchoires.



Mesosaurus (genre)

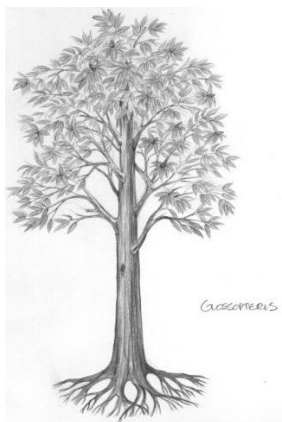
Statut : éteint.

Classification : reptiles.

Période : fossile trouvé dans le Permien inférieur.

Distribution géographique :

Description : *Mesosaurus* avait de longues dents tranchantes. Il avait 31 vertèbres juste avant la queue, on estime qu'il hibernait et pondait probablement ses œufs sur les plages comme les tortues modernes de nos jours. En raison de la forme de ses pieds, il se déplaçait avec grande difficulté sur la terre, mais était un nageur profond qui utilisait sa queue et ses pieds pour se propulser dans l'eau. D'après la structure de ses dents, il s'alimentait de plancton, d'œufs de poisson et de petites larves.



Glossopteris (genre)

Statut : éteint.

Classification : pteridospermatophytes (apparentés aux fougères à graines).

Période : fossile trouvé dans le Permien.

Distribution géographique :

Description : Plante ligneuse qui avait un port de buisson ou d'arbre. Les plus grands spécimens ont pu atteindre 30 m de haut. Les feuilles sont simples, alternes ou distribuées en hélices comme les aigles autour des branches. Elles présentent une nervure centrale bien nette, avec un réseau de nervures secondaires. *Glossopteris* perdait ses feuilles à l'automne (la plupart ont été retrouvées isolées). Les organes reproducteurs mâles et femelles (ovules et étamines) sont disposés sur les feuilles différentes.

Astuce pour le professeur :

Sur la fiche de chaque fossile, les lettres « l », « a », « m », « p », « e », « u », « v » sont mis en valeur afin que les élèves pensent à utiliser une lampe UV se trouvant dans la salle.

Cette lampe UV leur permet de découvrir la distribution géographique des différents fossiles grâce aux coordonnées suivantes écrites à l'encre invisible sur chacune des fiches :

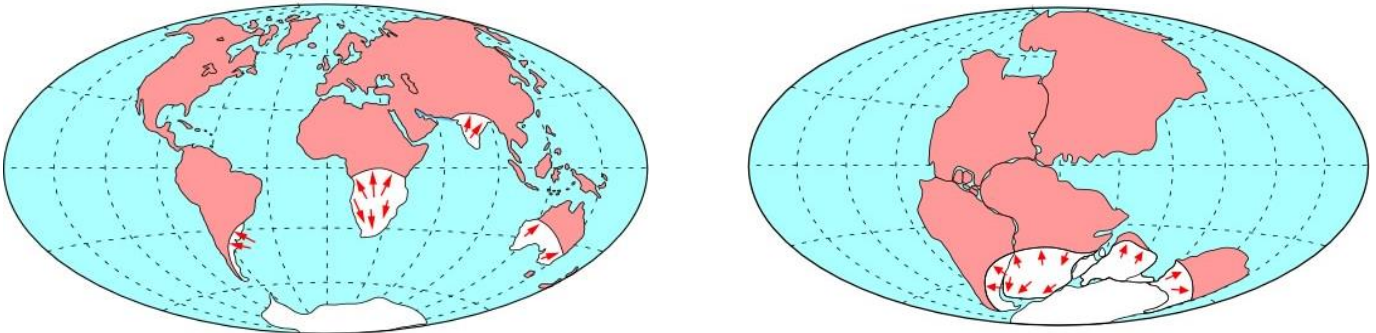
Cynognathus : L8-03

Mesosaurus : S11 - T8

Glossopteris : R10 - T9

Les élèves doivent ensuite superposer les deux transparents (les côtes de l'Afrique et de l'Amérique du sud s'emboîtent) et le papier millimétré afin de localiser les fossiles. Ils constatent alors qu'ils ont été retrouvés à la fois en Afrique et en Amérique du sud.

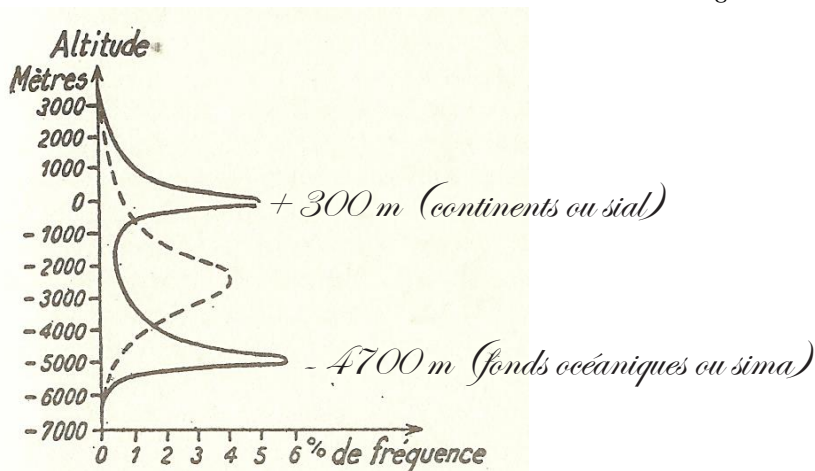
Les traces de la glaciation permo-carbonifère sur les continents actuels (gauche),
et positionnement des continents à cette époque (droite).



→ Sens d'écoulement de la glace.

Ces traces de glaciation constituent une réfutation éclatante de l'hypothèse de l'immobilité des continents. On a considéré jusqu'ici l'invariabilité des positions des socles continentaux comme une vérité, admise a priori, qui n'a pas besoin d'être démontrée. En réalité, elle n'est qu'une simple hypothèse qui doit être vérifiée à l'aide d'observations, et je doute fort que l'on puisse jamais apporter, en Géologie, de justification plus rigoureuse que celle de l'inexactitude de l'hypothèse immobiliste, justification obtenue à l'aide des traces glaciaires permocarbonifère. Nous renonçons à prouver ceci par des citations. Ce que quiconque peut voir n'exige pas l'appui de l'opinion des autres, et avec celui que ne veut pas voir, il n'y a rien à faire.

Des campagnes de mesure de profondeur au moyen de câbles sondes sont menées. La connaissance des profondeurs océaniques sur certains tronçons complète les connaissances topographiques continentales et permet d'aborder la distribution des altitudes à l'échelle du globe.



Les altitudes se répartissent statistiquement selon une coupe bimodale, constituée de deux « pics » (—). Le premier, situé à environ + 300 m au-dessus du niveau de la mer, correspond aux plaines et plateaux qui forment la majorité de la surface des continents ; le second, situé à - 4700 m sous le niveau de la mer, correspond aux fonds abyssaux.

Cette constatation ne peut être expliquée par la théorie de la contraction de la Terre, due à son refroidissement. Si, comme l'expliquent habituellement les géologues, les hauteurs sont dues à des soulèvements et les profondeurs à des affaissements, à partir d'un niveau initial commun (altitude moyenne), il serait alors naturel d'admettre que les fréquences soient d'autant plus petites que l'on s'éloigne du niveau initial. La loi des fréquences devrait être celle d'une courbe de Gauss avec un seul maximum (). Ainsi, la distribution bimodale des altitudes, si elle ne démontre pas la mobilité horizontale des continents, est un argument en défaveur des hypothèses de contraction thermique et d'effondrements de blocs continentaux.

Nous en concluons qu'il doit y avoir eu deux niveaux initiaux de départ et nous sommes conduits, inévitablement, à admettre que les continents et les sols sous-océaniques constituent deux couches distinctes de l'écorce terrestre qui se comportent - en grossissant un peu notre image - comme des icebergs tabulaires et l'eau qui les baigne.

Les continents de sial (ou sal) reposent sur le sima. La couche de sial est d'épaisseur constante (aux montagnes près) mais ne recouvre pas toute la Terre, et le sima affleure au fond des océans. Le sial peut se rompre, et ces morceaux dériver sur le sima à la manière de panneaux de banquise ou d'icebergs tabulaires dérivant sur l'océan. Ce modèle explique la bimodalité des altitudes.

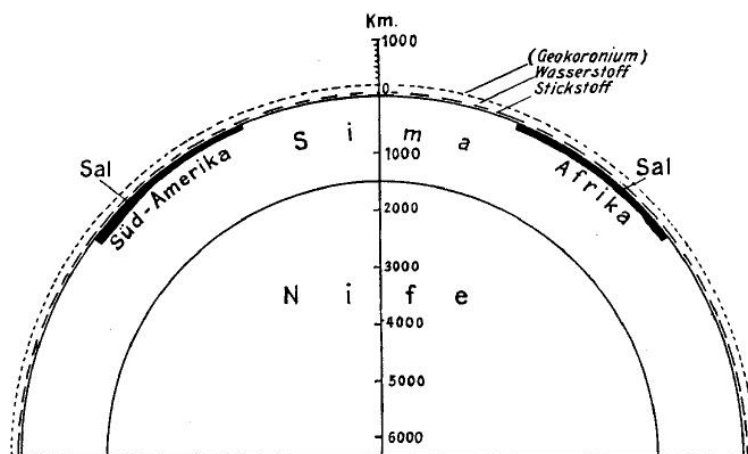


Fig. 2. Schnitt im grössten Kreise durch Südamerika und Afrika, in getrennten Grössenverhältnissen.

Contenu de l' enveloppe n° 7 :

Les études de la propagation des ondes issues des séismes ont permis de comprendre la structure de la Terre profonde. Les travaux de Beno Gutenberg de 1912 ont mis en évidence une discontinuité majeure, c'est-à-dire une surface séparant deux milieux aux vitesses de propagation très différentes à 2900 km de profondeur. Cette discontinuité de Gutenberg représente la limite entre le sima solide et le noyau liquide.

La sismologie a démontré que le globe est entièrement solide jusqu'à une profondeur de 2900 km : comment les continents pourraient-ils se déplacer au sein d'un milieu solide ? Wegener n'est même pas géologue, c'est un climatologue et astronome !

Quelles sont les forces qui déplacent les continents ?

L'intensité des forces supposées par Wegener est bien trop faible, la résistance du sima bien trop forte pour permettre un déplacement appréciable des continents. Wegener affirme qu'une petite force peut non seulement provoquer des mouvements indéfiniment grands, à condition qu'elle dispose d'une durée suffisante, mais encore qu'elle peut surmonter une force plusieurs fois plus importante et agissant dans le sens inverse pendant la même durée. Par exemple, selon la théorie de Wegener, une force minuscule n'aurait pas seulement déplacé l'Amérique par-delà l'Atlantique actuel, mais encore la résistance opposée à ce mouvement par le fond du Pacifique aurait provoqué l'élévation des montagnes Rocheuses. Le frottement des marées sont généralement les forces invoquées par des théories de ce type ; elles sont capables de produire des contraintes de l'ordre de 10^{-6} Pa, alors que pour élever les Rocheuses il faudrait environ 10^8 Pa. (Si la force marée-motrice était assez puissante pour déplacer les continents vers l'Ouest, elle arrêterait la rotation du globe en moins d'un an.)

La supposition selon laquelle la Terre pourrait être déformée indéfiniment par de petites forces à la seule condition que celles-ci agissent longtemps, est donc une supposition très dangereuse, qui peut conduire à des erreurs graves.

Il n'y a par conséquent pas la moindre raison de croire que des déplacements en bloc de continents soient possibles. Une dérive des continents, telle qu'elle a pu être soutenue par A. Wegener et autres, est hors de questions

Harold Jeffreys

Les arguments en faveur de la théorie de Wegener, la dérive des continents :

1. Les premières idées évoquant la mobilité horizontale des continents apparaissent :
A : au milieu du XIX^{ème} siècle.
L : à la fin du XIX^{ème} siècle.
/ : au début du XX^{ème} siècle.
2. Wegener propose que les continents étaient réunis au carbonifère en s' appuyant sur quelques constatations :
/ : les tracés des côtes et la distribution géographique de certains fossiles.
W : les tracés des côtes et la distribution géographique des paléoclimats (climats passés).
L : les tracés des côtes et la distribution géographique de certains fossiles et des paléoclimats (climats passés).
3. La distribution bimodale des altitudes :
U : correspond à une répartition des altitudes terrestres selon deux pics : un à + 300 m (continents) et un à - 4700 m (fonds océaniques).
S : est en accord avec la théorie de la contraction de la Terre sous l' effet de son refroidissement.
C : est une preuve directe de la mobilité horizontale des continents.

Les contre-arguments des opposants à la dérive des continents :

1. A l' époque de Wegener, la majorité de la communauté scientifique est en faveur de la théorie de Suess, qui propose que :
/ : la Terre, en se contractant, reste lisse.
G : la contraction de la Terre, sous l' effet de son refroidissement, est à l' origine de l' effondrement des certaines régions (océans) et de l' élévation de certaines autres (continents).
C : la surface de la Terre n' a pas changé depuis sa formation, les océans et les continents ont toujours existé.
2. Selon les opposants à la théorie de Wegener, la présence, sur des continents différents, de mêmes fossiles, s' explique par :
O : des ponts continentaux aujourd' hui effondrés.
B : le dénie de l' existence de ces fossiles.
D : la traversée des mers et océans à la nage par des animaux terrestres.
3. Selon Jeffreys, le point faible principal de la dérive des continents est :
/ : que Wegener n' est pas géologue.
L : l' absence de moteur, de force suffisante, expliquant le mouvement des continents.
/ : que la force marée-motrice peut arrêter la rotation du globe en moins d' un an.
4. Les études sismiques (études de la propagation des ondes sismiques au sein du globe), au début du XX^{ème} siècle, étaient en contradiction avec la dérive des continents, car :
T : elles ont prouvé que, sous la croûte terrestre, la Terre est un océan de magma liquide.
/ : elles ont prouvé que la quasi-totalité du globe terrestre est à l' état solide.
V : elles ont prouvé que la Terre n' est qu' un bloc rocheux uniforme (une couche).

Astuce pour le professeur : les élèves obtiennent le code d' un cadenas en répondant au QCM.

En ouvrant le cadenas, ils trouvent le mot suivant :

Félicitations ! Grâce à vous, Wegener a pu récupérer l' intégralité de ses arguments en faveur de la dérive des continents, mais aussi se préparer aux contre-arguments des détracteurs de sa théorie.

Malheureusement, suite au symposium organisé par l' A.A.P.G., la dérive des continents est définitivement rejetée par la communauté scientifique de l' époque. Wegener est même attaqué, on parle de manipulation de faits et de pseudo-science. Outre les réfutations apportées par Jeffreys et les études sismiques, il existe sans doute des motifs moins nobles car Wegener ne fait pas réellement partie de la « famille », il est avant tout météorologiste et lui-même ne considérerait sans doute pas la théorie de la dérive des continents comme son œuvre scientifique principale.

Sources des documents : <http://planet-terre.ens-lyon.fr> , *Eléments de géologie*, *Livre de SVT 1S Hachette*, *Wikipédia*.

Si les élèves ne parviennent pas à remplir leur mission en moins d' une heure, ils reçoivent le mot suivant :

Quel dommage ! Vous n' avez pas récupéré toutes les informations à temps.

Malheureusement, suite au symposium organisé par l' A.A.P.G., la dérive des continents est définitivement rejetée par la communauté scientifique de l' époque. Wegener est même attaqué, on parle de manipulation de faits et de pseudo-science. Outre les réfutations apportées par Jeffreys et les études sismiques, il existe sans doute des motifs moins nobles car Wegener ne fait pas réellement partie de la « famille », il est avant tout météorologiste et lui-même ne considérerait sans doute pas la théorie de la dérive des continents comme son œuvre scientifique principale.

Sources des documents : <http://planet-terre.ens-lyon.fr> , *Eléments de géologie*, *Livre de SVT 1S Hachette*, *Wikipédia*.

Pour retrouver les différentes enveloppes dans la salle de classe, les élèves disposent d'indices.

Exemples pour un groupe :

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 1 (sur la table au début du jeu) et permettant de trouver

l'enveloppe n° 2 : *Reste trace ou moulage naturel d'organisme conservé dans des sédiments.*

→ Enveloppe n° 2 à chercher à proximité de fossiles.

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 2 : *Azimut 35° N*

→ Utiliser une boussole à disposition dans la salle pour trouver l'enveloppe n° 3.

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 3 : *Pour m'utiliser, il faut m'associer à une roche carbonatée qui a donné son nom à la période du Crétacé.*

→ Enveloppe n° 4 cachée derrière le tableau.

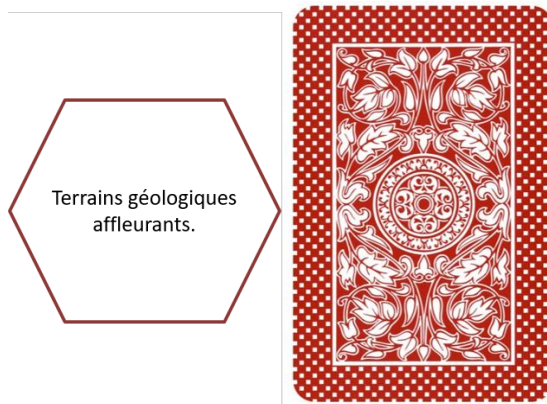
- Indice contenu dans l'enveloppe n° 4 : *3 15 21 12 15 9 18*

→ Enveloppe n° 5 cachée dans le couloir.

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 5 : *Bipède (écrit à l'encre invisible)*

→ Enveloppe n° 6 cachée sur Oscar ou dans la poche du professeur.

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 6 :



→ Enveloppe n° 7 cachée derrière la carte géologique de la France.

- Indice contenu dans l'enveloppe n° 7 :



→ Enveloppe n° 8 contenant le questionnaire cachée dans le livre « Dictionnaire de Géologie ».