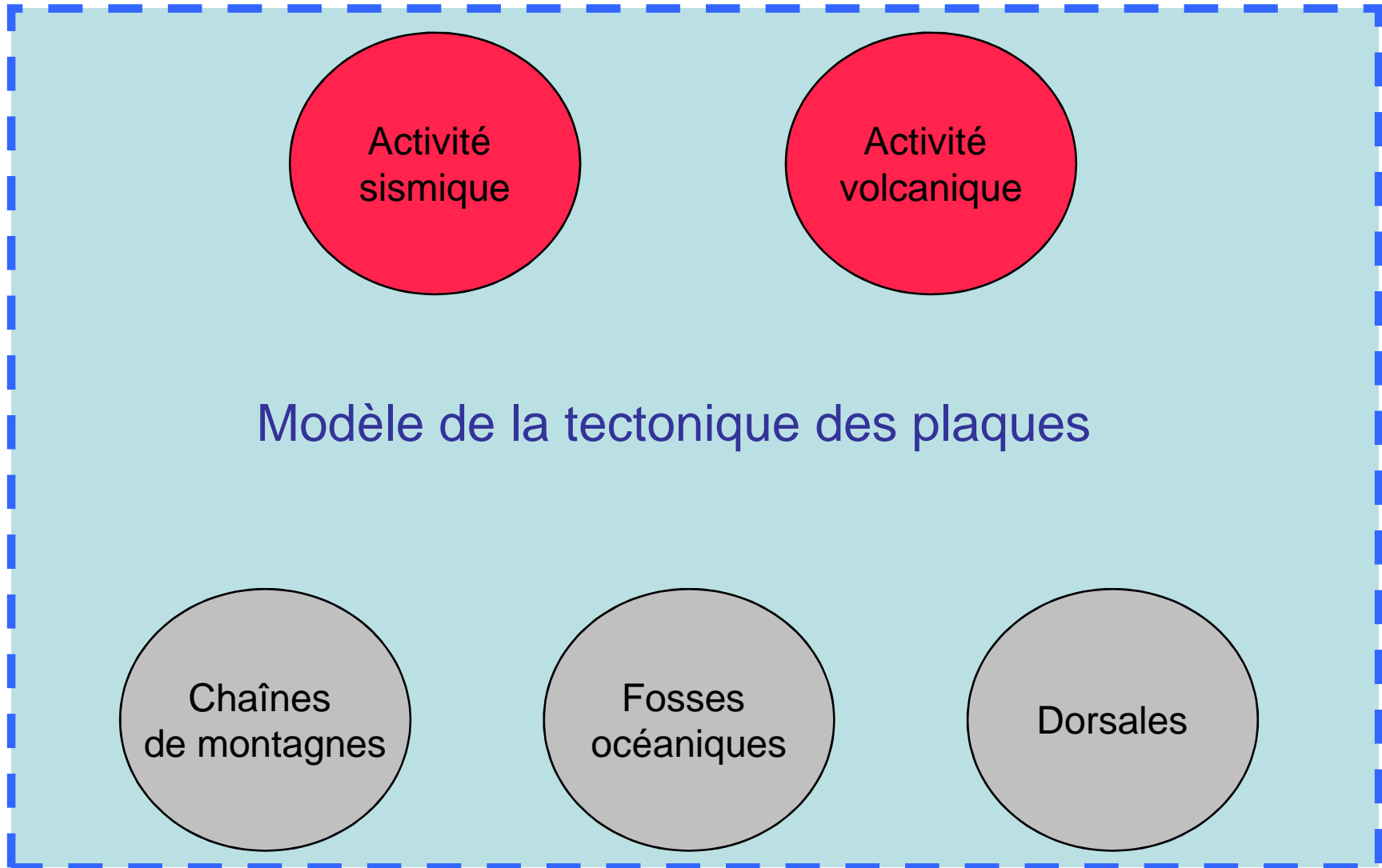
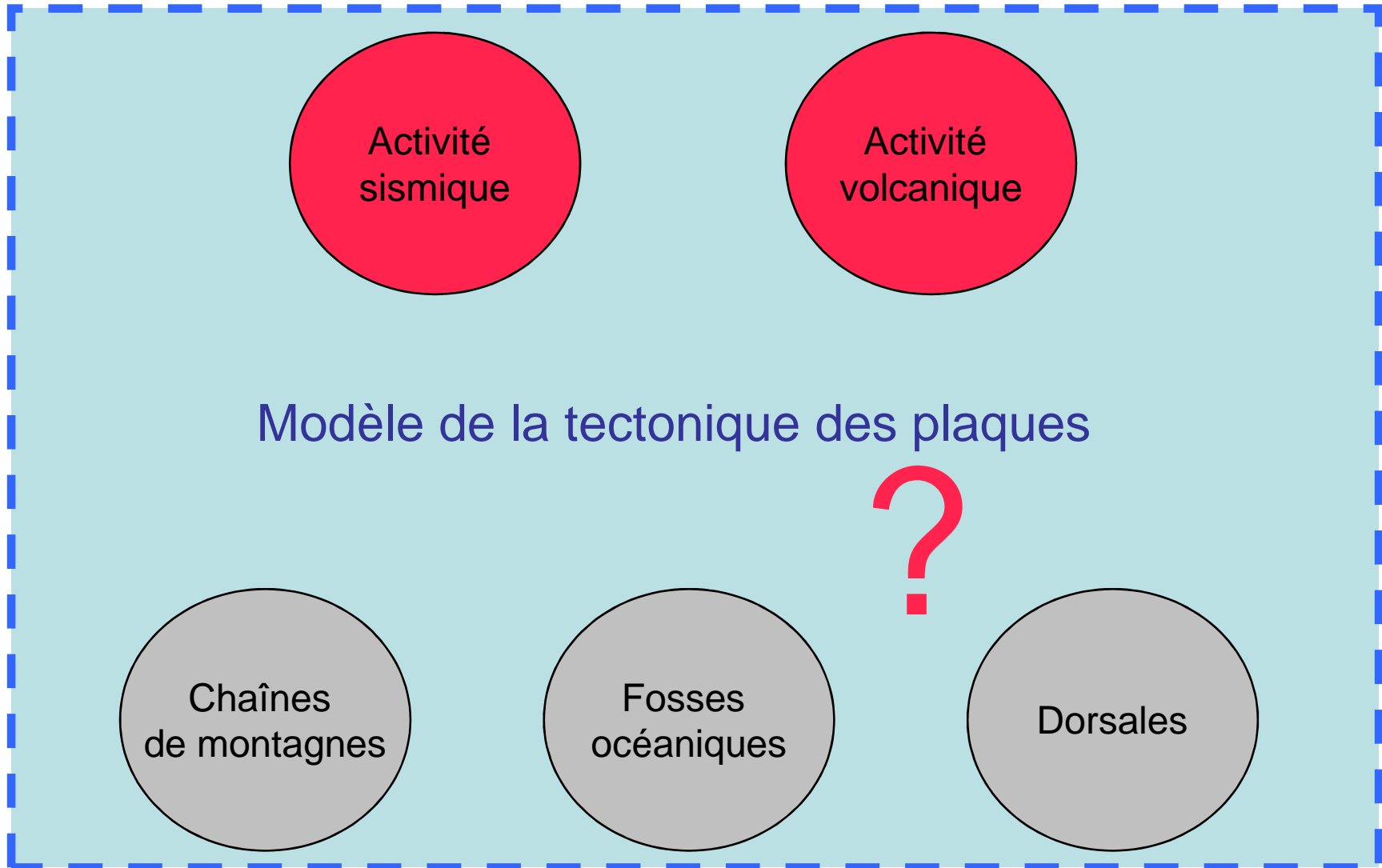


Aujourd'hui



Début 20ème siècle....



Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

I. Les années 1920 : Wegener et la dérive des continents.

Cf activité 17

A. Les continents et les océans avant Wegener

Théorie fixiste

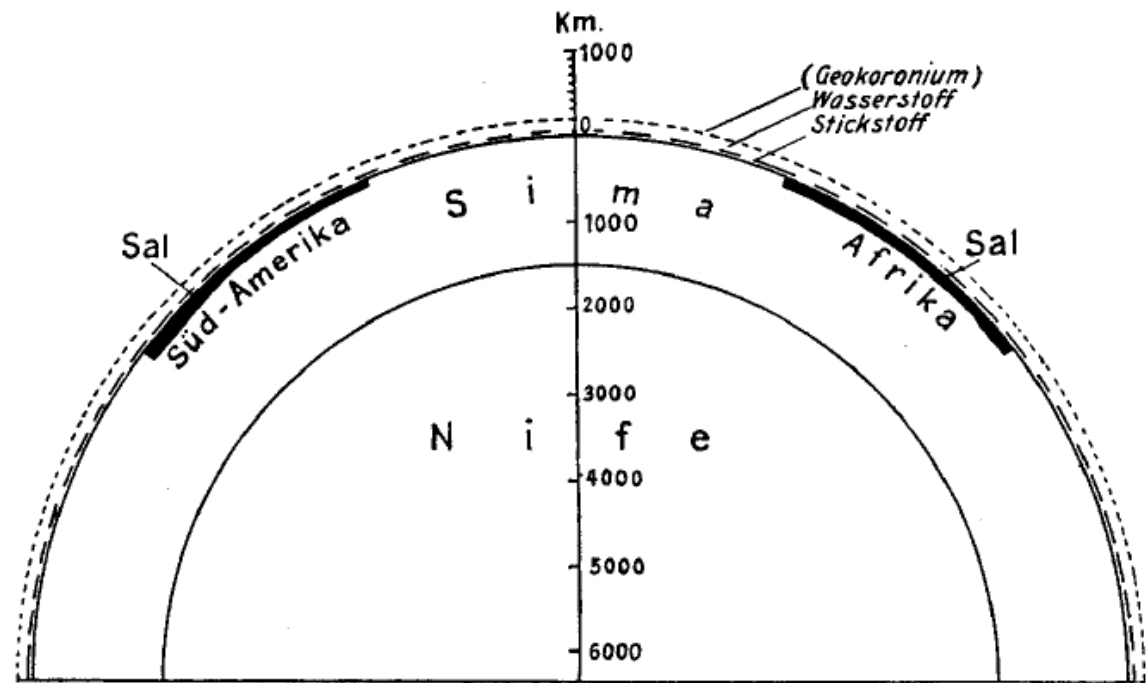
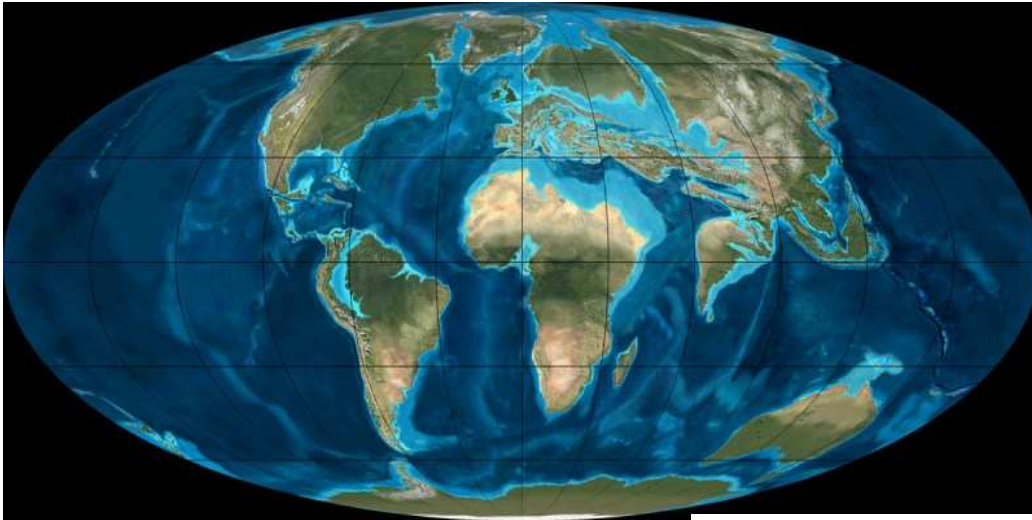
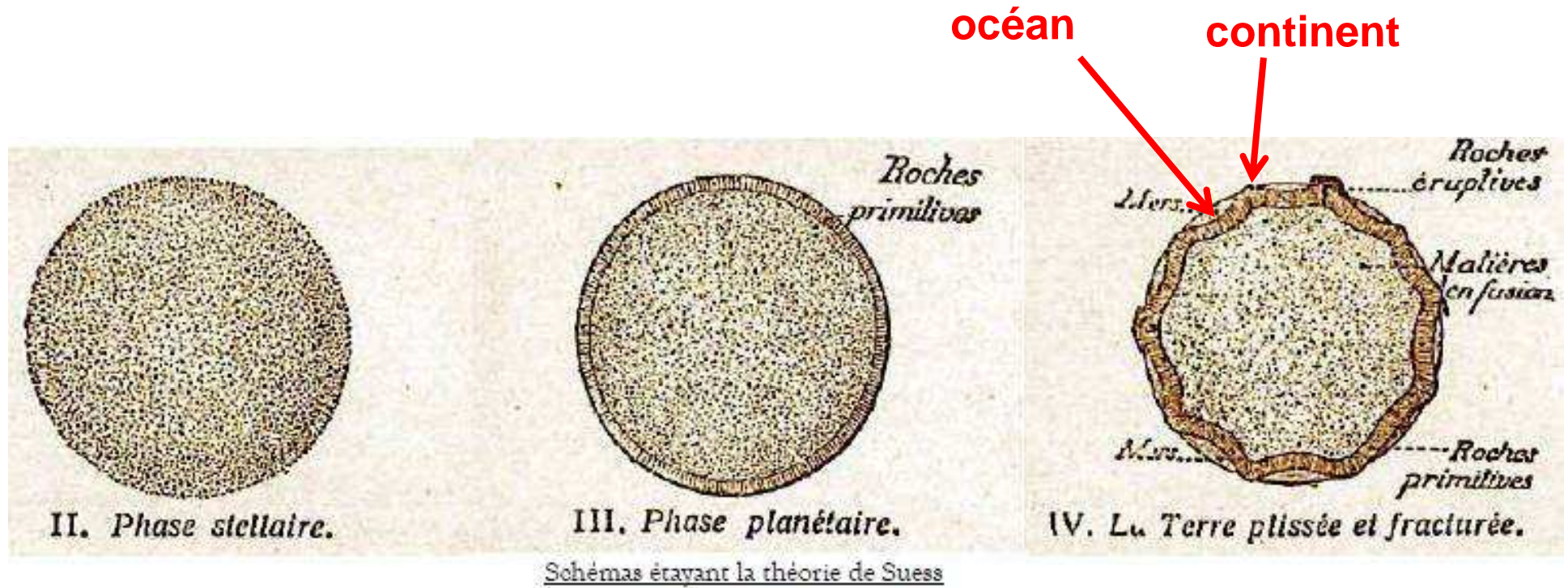


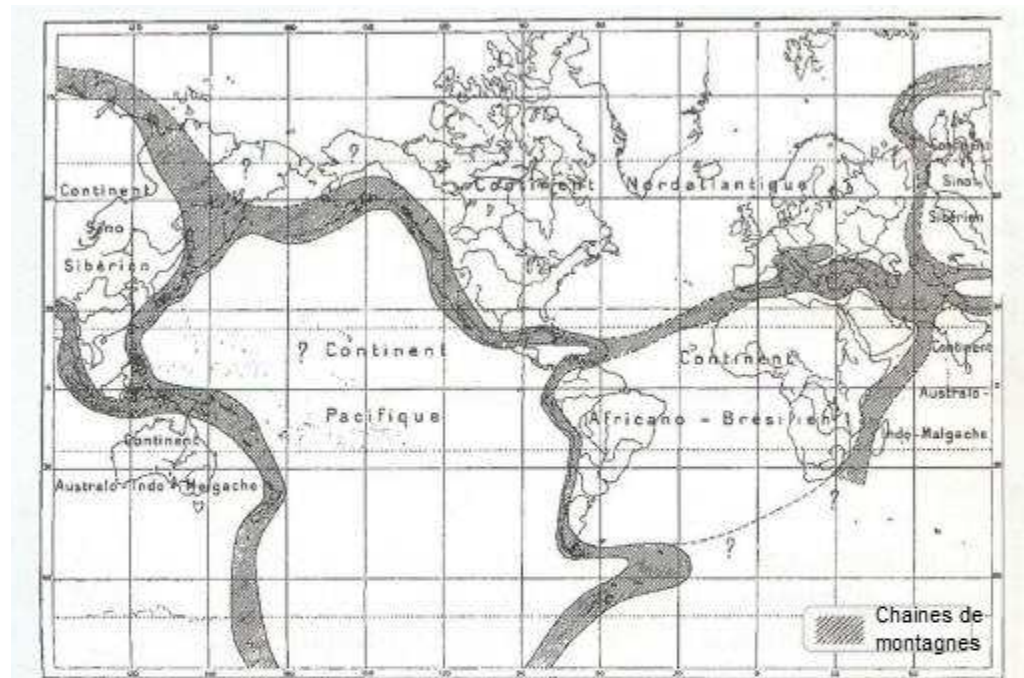
Fig. 2. Schnitt im grössten Kreise durch Südamerika und Afrika, in getrennten Grössenverhältnissen.

La théorie de Suess

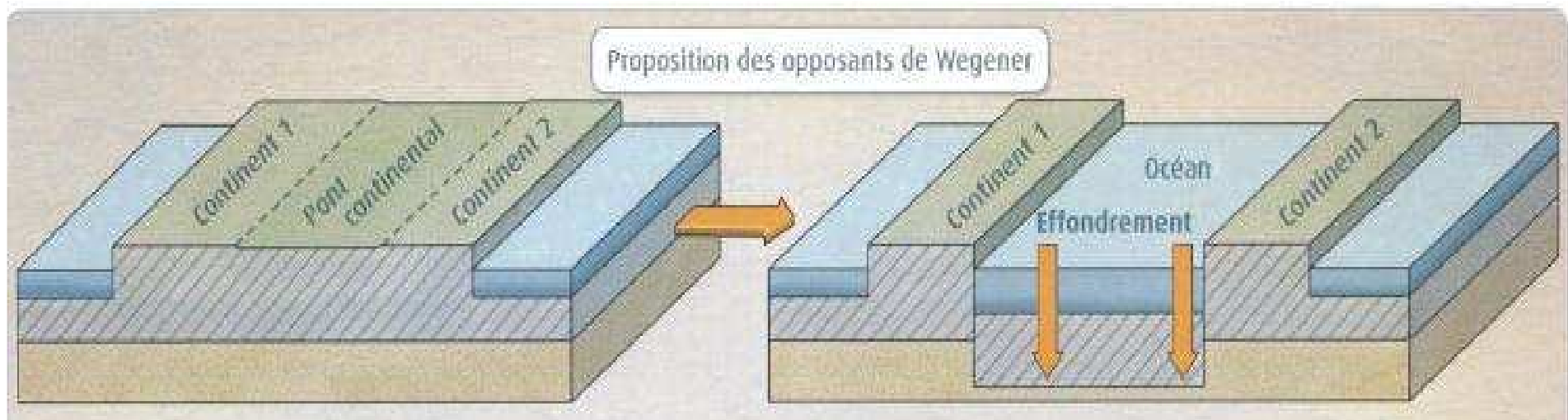


Refroidissement => contraction thermique
=> plissement

Les « ponts continentaux » d'Emile Haug



Les ponts continentaux selon Émile Haug en 1900.



Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

I. Les années 1920 : Wegener et la dérive des continents.

A. Les continents et les océans avant Wegener

B. Les arguments utilisés par Wegener et la théorie de la dérive des continents

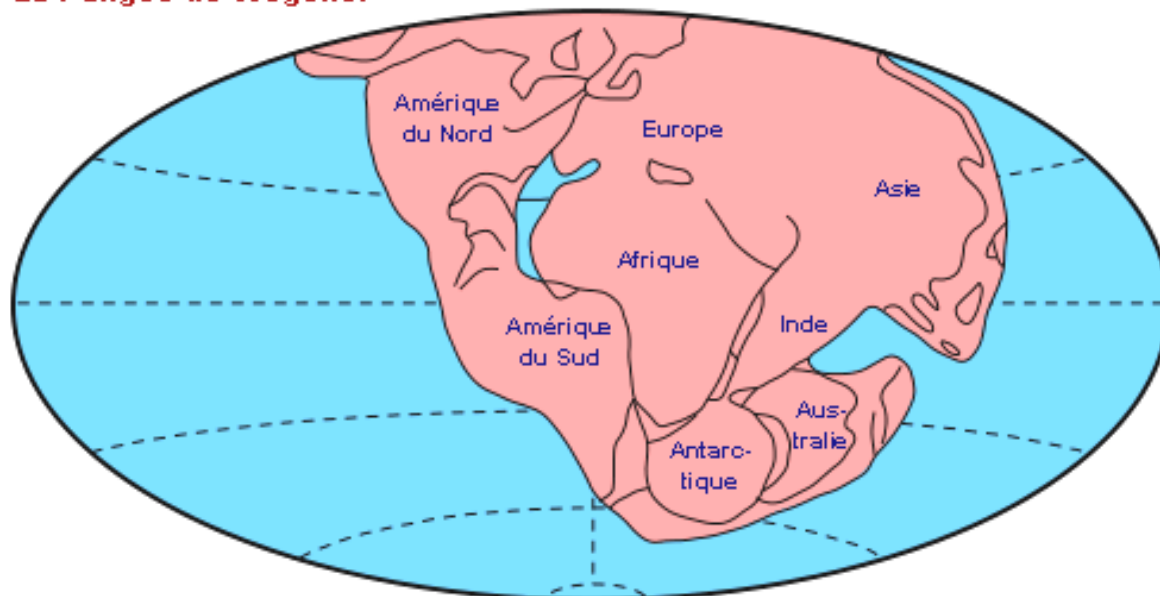


Des arguments géographiques

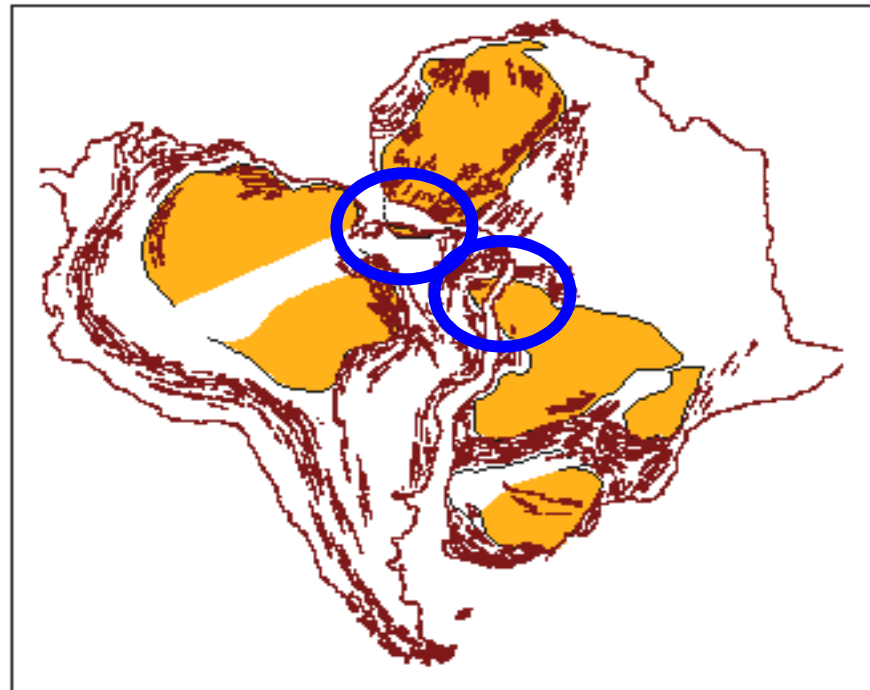
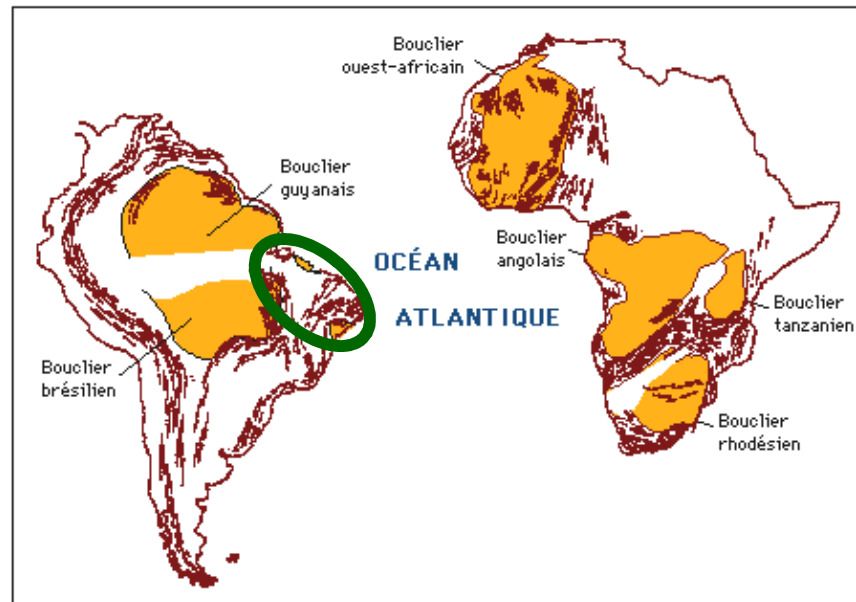
Position actuelle des continents



La Pangée de Wegener

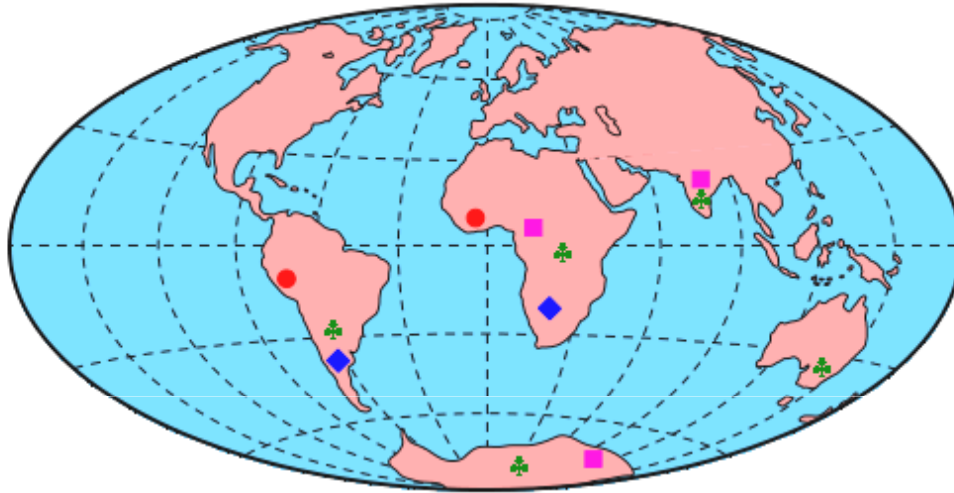


Des arguments géologiques

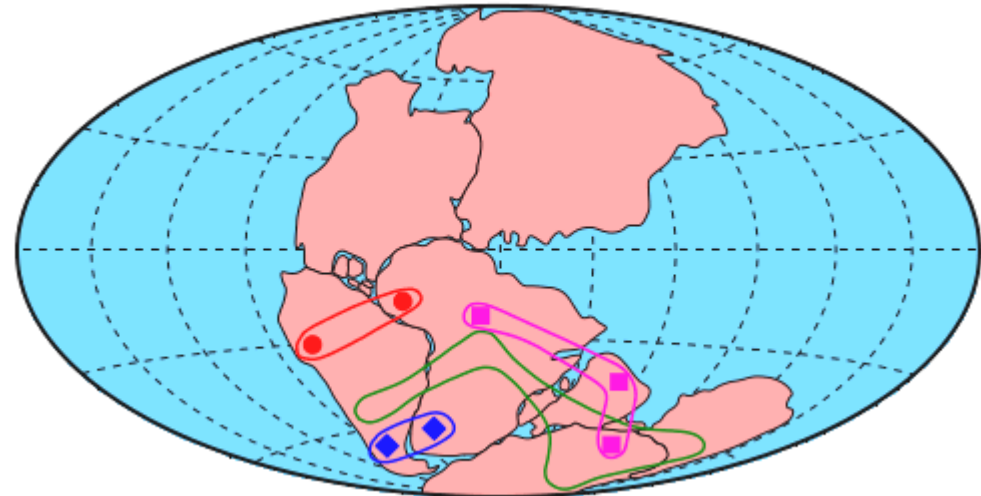


Des arguments paléontologiques

- **Cynognathus**: reptile prédateur terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ◆ **Mesosaurus**: petit reptile de lacs d'eau douce, il y a 260 Ma
- **Lystrosaurus**: reptile terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ♣ **Glossopteris**: plante terrestre d'il y a 240 Ma



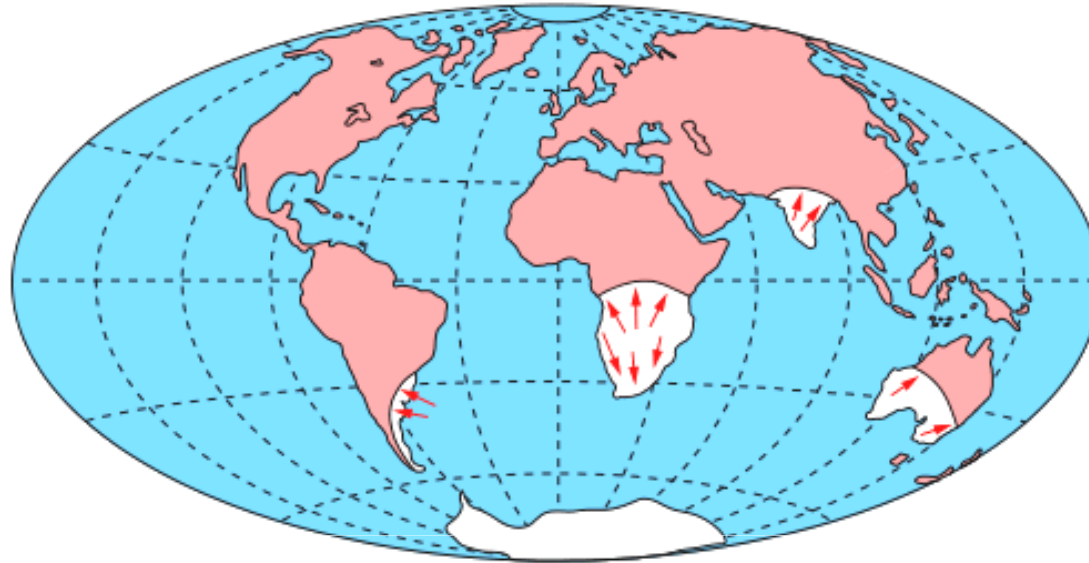
La solution de Wegener



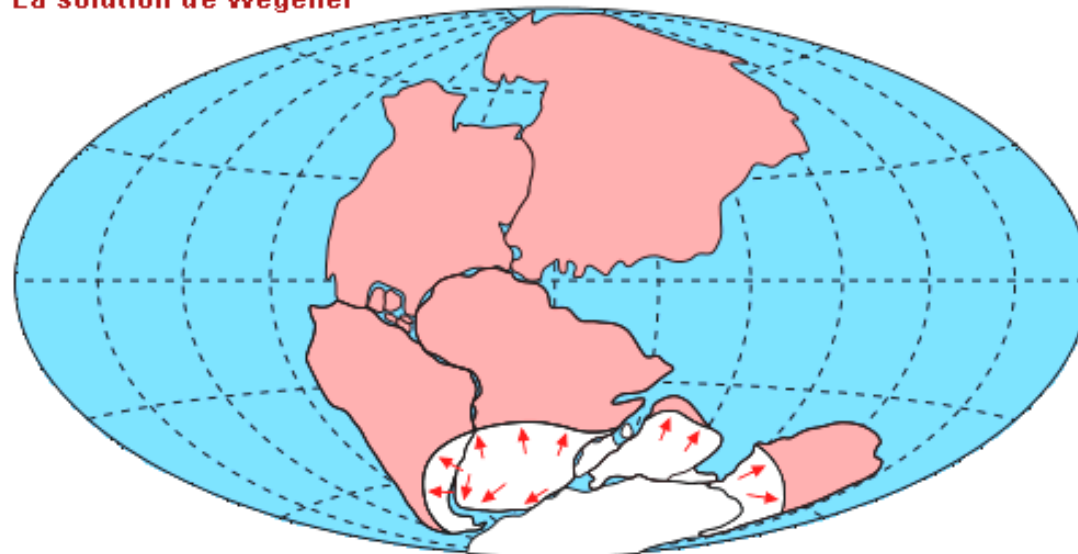
Des arguments climatiques



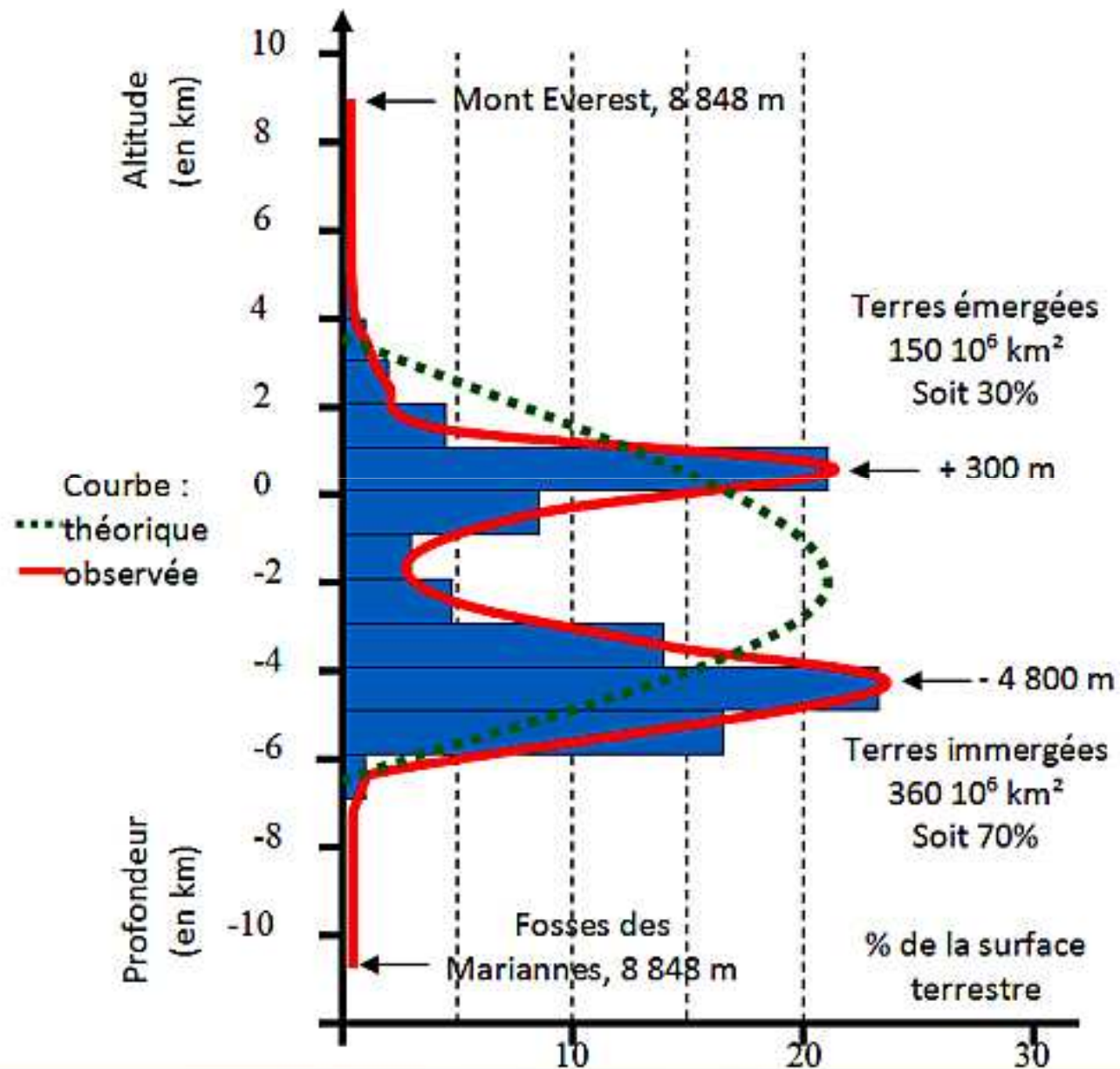
→ sens d'écoulement de la glace



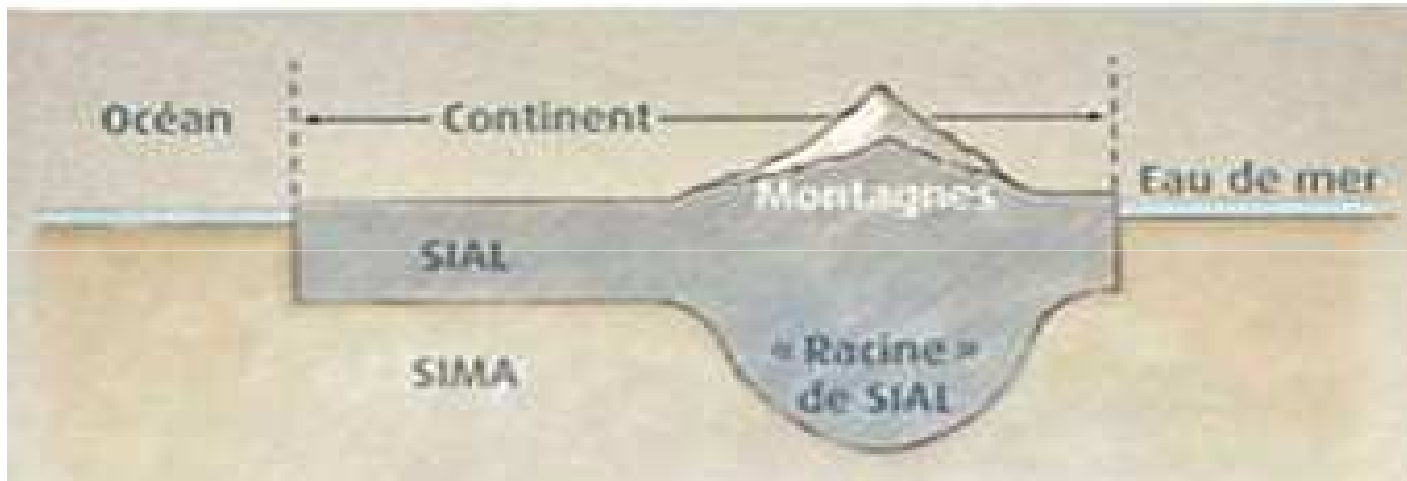
La solution de Wegener



Des arguments altimétriques



La distinction océan/continent selon Wegener



Ecrits d'Alfred Wegener

« *Mais où donc est la vérité ? La terre ne peut avoir eu, à un moment, qu'une seule face. Y avait-il à l'époque des ponts, ou bien les continents étaient-ils séparés comme de nos jours par de larges océans ? Il est impossible d'écarter la nécessité de l'existence des anciennes jonctions terrestres, si nous ne voulons pas renoncer complètement à comprendre le développement de la vie sur le globe, et il est également impossible de se dérober aux arguments contraires à l'existence des continents intermédiaires émis par les partisans de la loi de la permanence. Il n'y a évidemment qu'une issue : **Les hypothèses admises comme évidentes doivent être viciées par des erreurs cachées** »*

Ecrits d'Alfred Wegener

« Si nous prenons comme base la théorie des translations, nous répondons à toutes les exigences justifiées, tant à celles de la loi des anciennes liaisons continentales qu'à celles de la permanence. Nous n'avons qu'à énoncer ces lois comme il suit : Ponts continentaux ? Oui, non pas grâce à des continents intermédiaires affaissés, mais à des socles continentaux jadis contigus. Permanence ? Oui, pas de chaque continent ou océan pris individuellement, mais permanence de la surface océanique totale et de la surface continentale totales prises en bloc »

(Alfred Wegener, La genèse des continents et des océans , 1928 ; réédition, Paris, C. Bourgois, 1990, p.21)

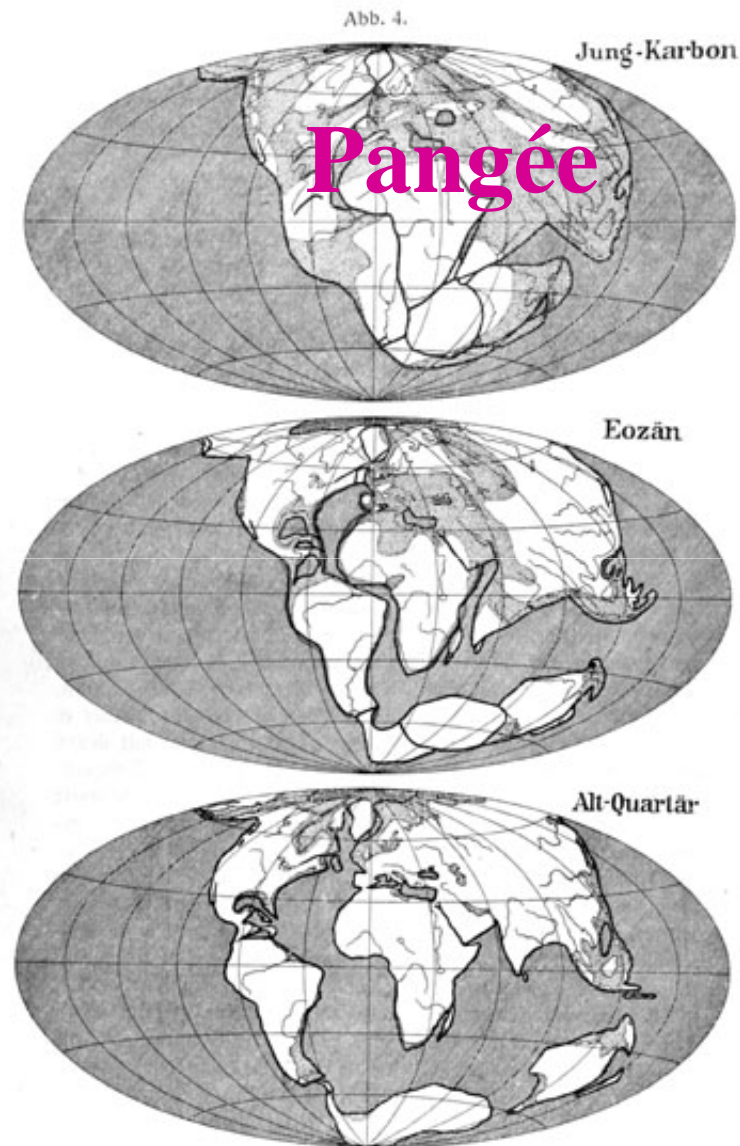
La « dérive des continents » de Wegener



Alfred Wegener

Fragmentation du
« super continent »
et « dérive des
continents »

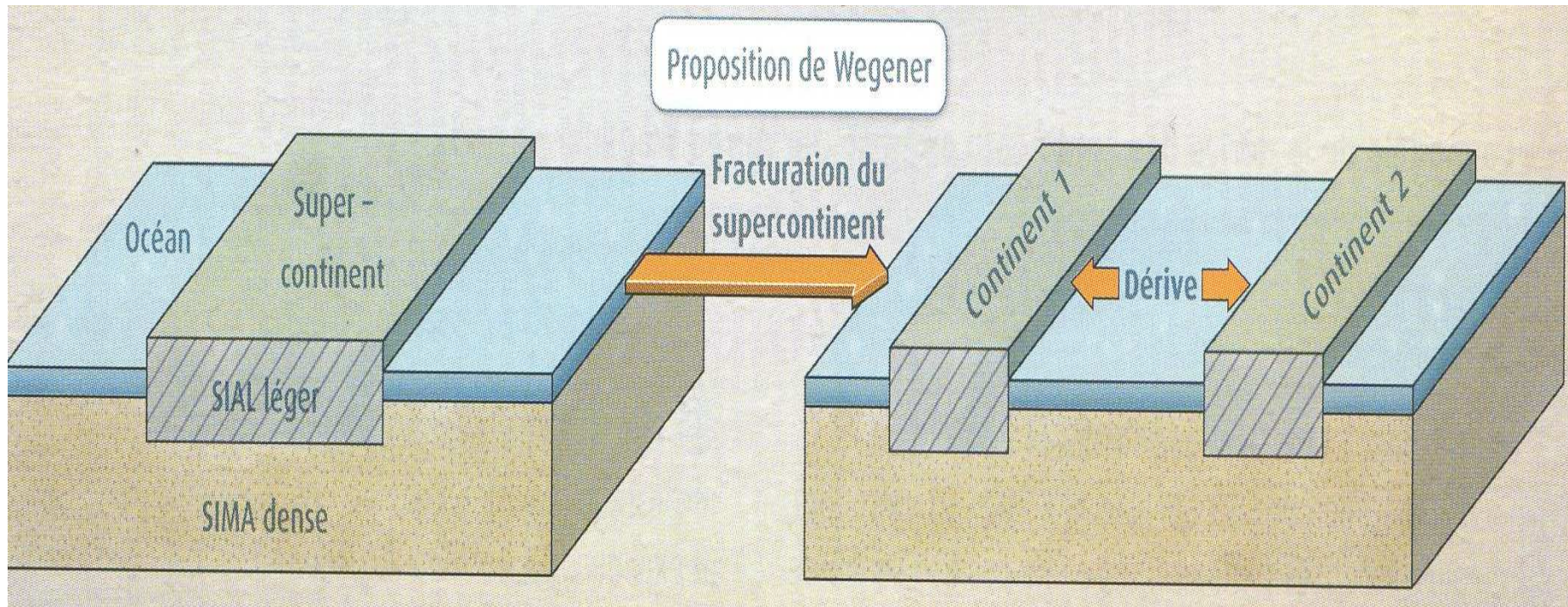
245 MA



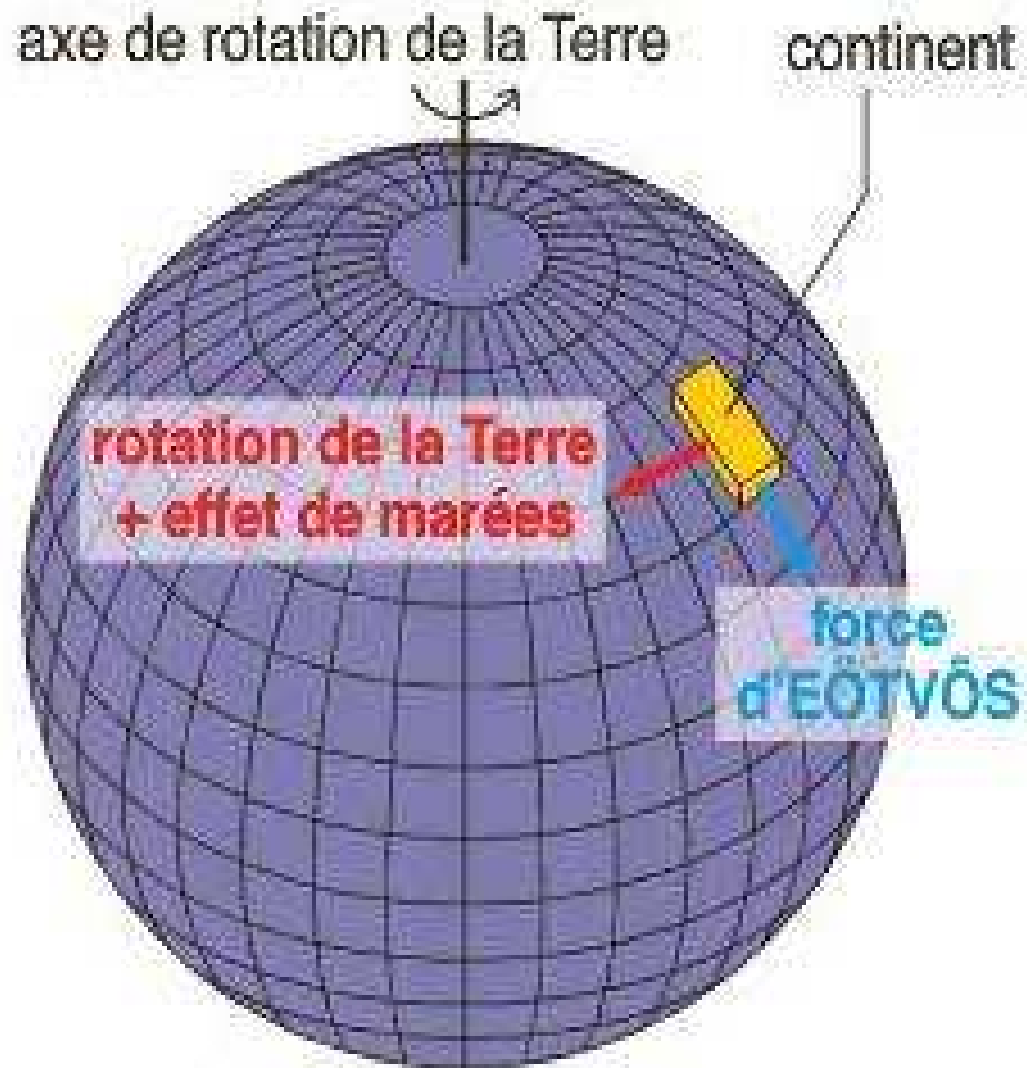
Rekonstruktionen der Erdkarte nach der Verschiebungstheorie für drei Zeiten.

Schraffiert: Tiefsee; punktiert: Flachsee; heutige Konturen und Flüsse nur zum Erkennen. Gradnetz willkürlich (das heutige von Afrika).

La fragmentation du « supercontinent »



Le « moteur » proposé par Wegener



Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

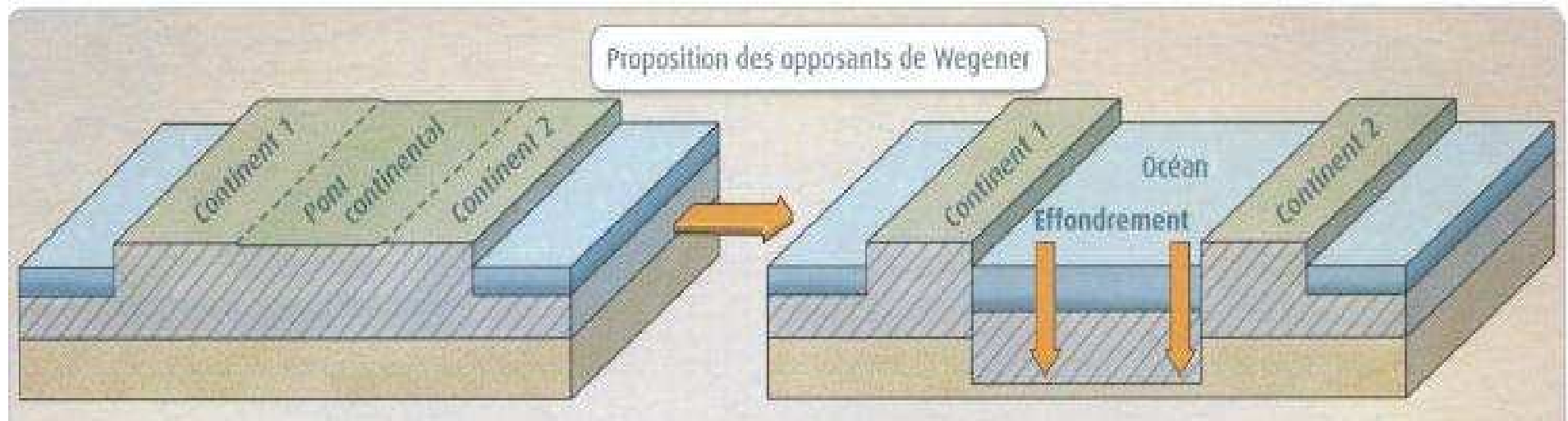
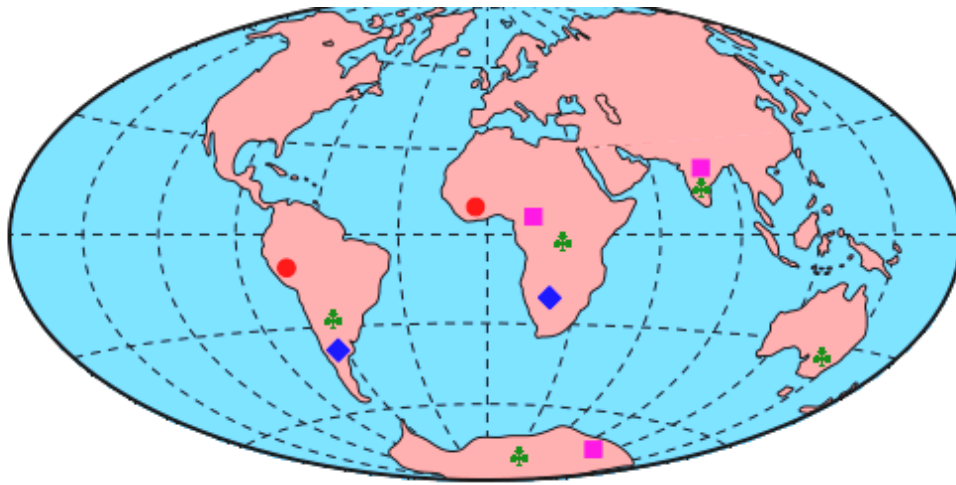
I. Les années 1920 : Wegener et la dérive des continents.

A. Les continents et les océans avant Wegener

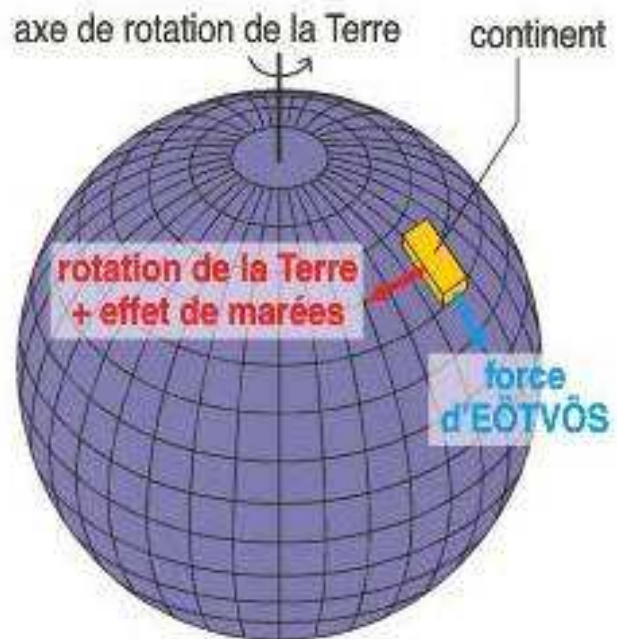
B. Les arguments utilisés par Wegener et la théorie de la dérive des continents

C. Le rejet de la théorie par la communauté scientifique

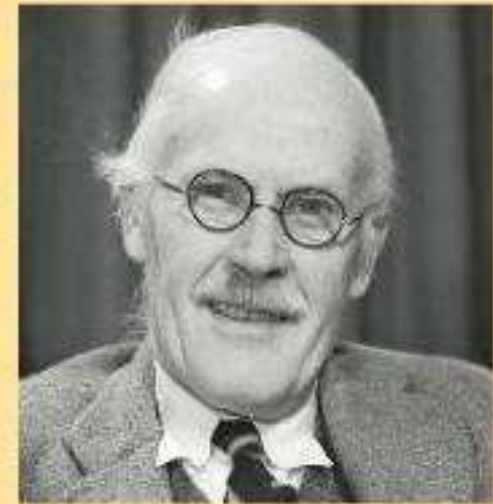
Les « ponts continentaux » d'Emile Haug



Rejet de la théorie par Harold Jeffrey (1924)

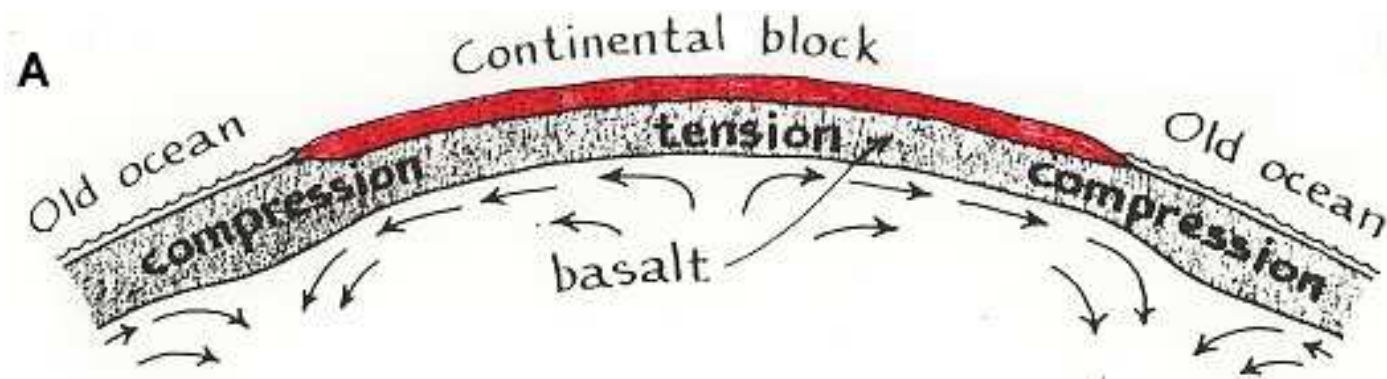


«... la supposition selon laquelle la Terre pourrait être déformée indéfiniment par de petites forces à la seule condition que celles-ci agissent longtemps, est donc une supposition très dangereuse, qui peut conduire à des erreurs graves. [...] Une dérive séculaire des continents, telle qu'elle a pu être soutenue par A. Wegener et autres, est hors de question. »

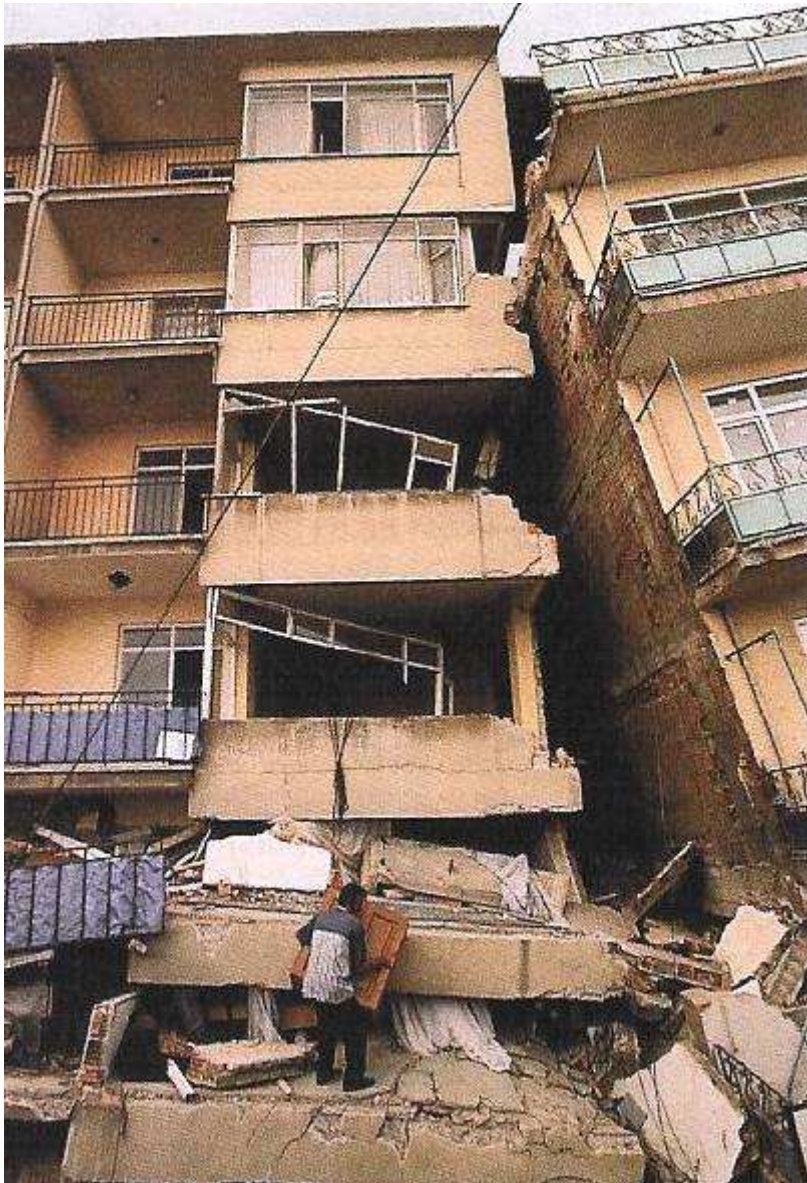


D'après Harold Jeffreys.

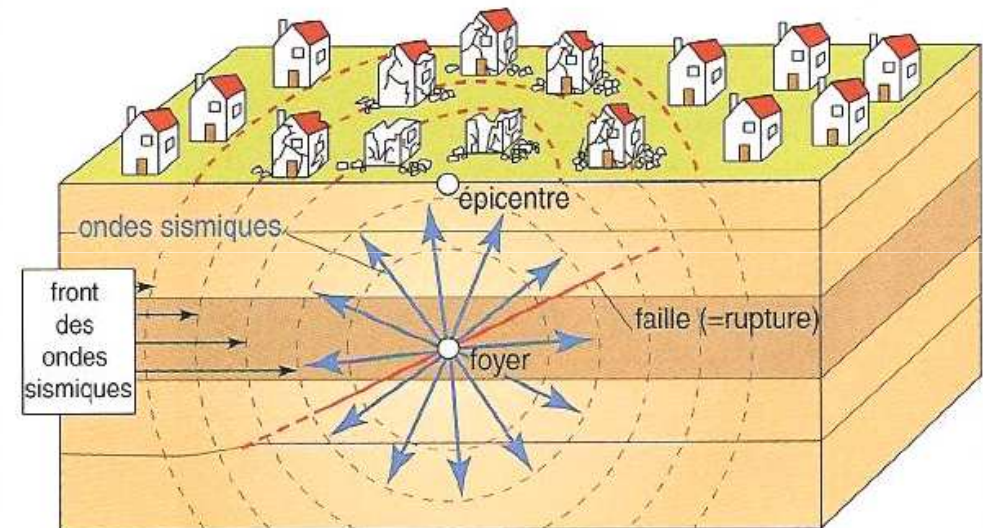
Un partisan malgré tout : « Holmes »



Les ondes sismiques

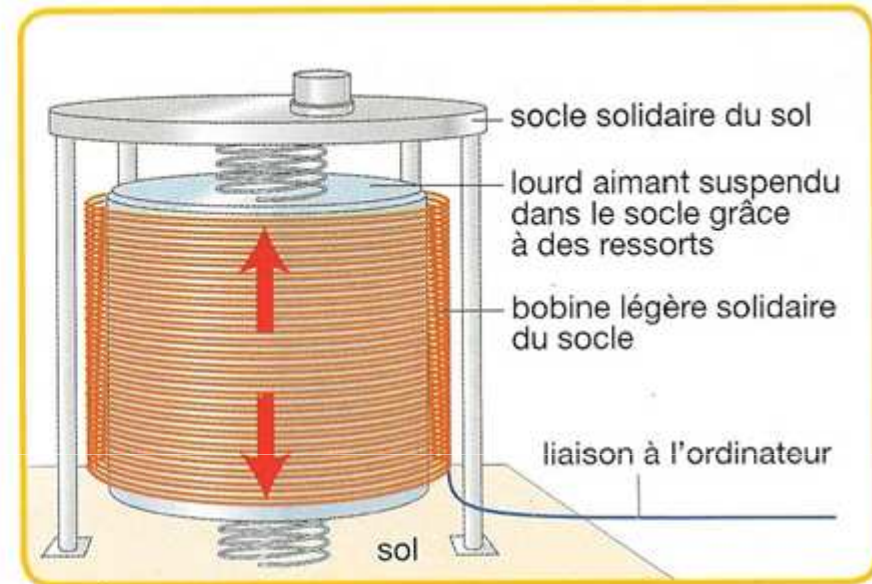


Effets en surface d'un séisme destructeur



Les foyers des séismes sont situés entre 1 et 700 km de profondeur, le plus souvent à moins de 30 km. Rappel : rayon de la Terre = 6 400 km.

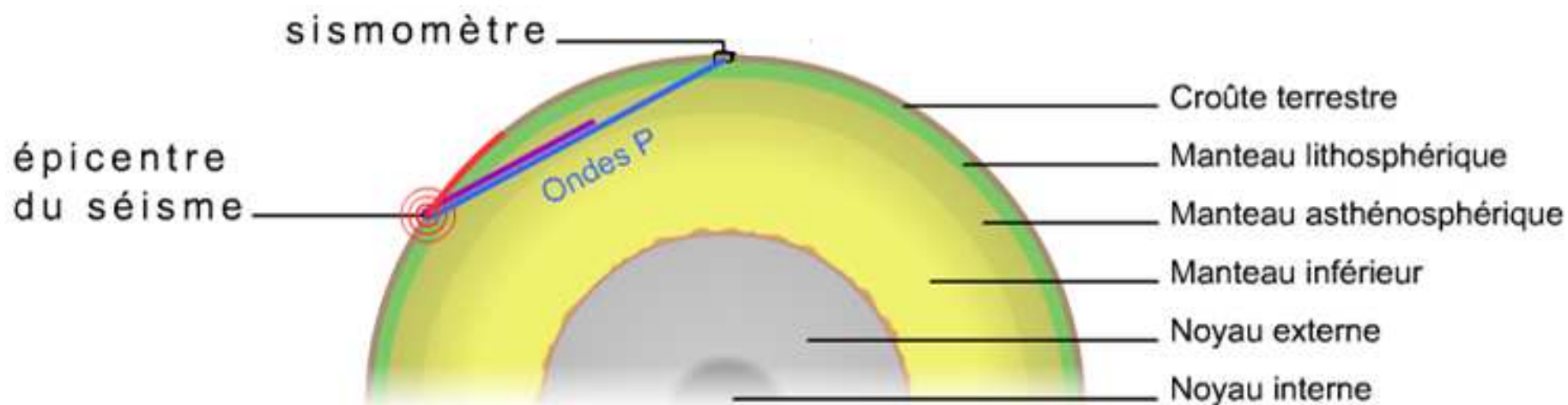
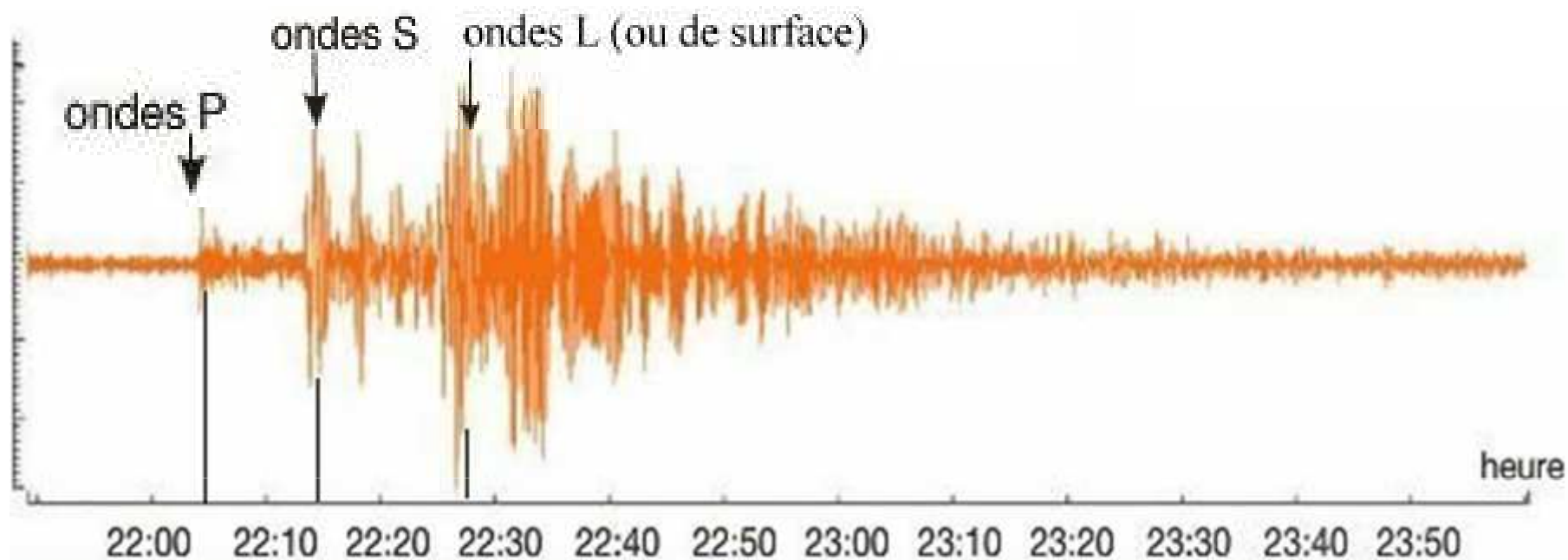
Principe du sismomètre



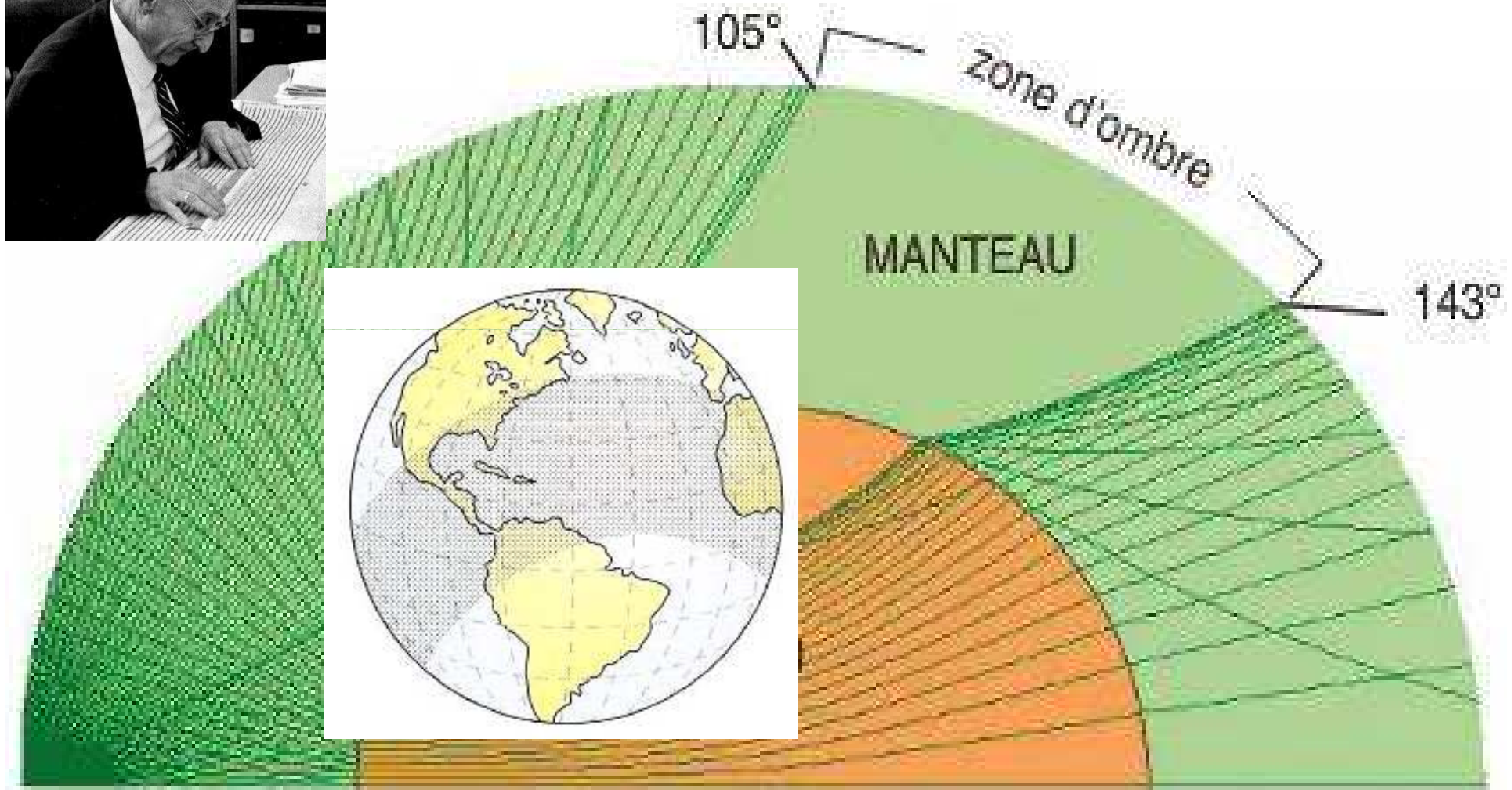
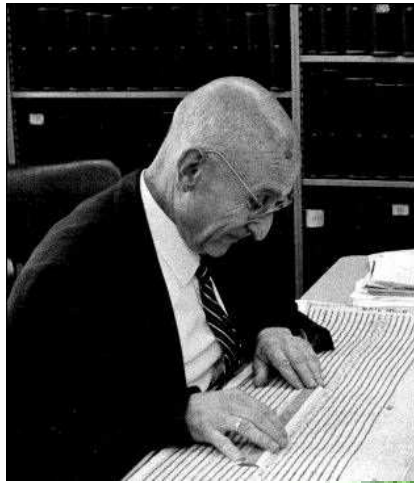
Principe d'un sismomètre.

Quand des vibrations arrivent au sismomètre, la bobine légère, solidaire du socle, suit ces vibrations. L'aimant, plus lourd, bouge plus lentement que la bobine. Les mouvements relatifs de la bobine et de l'aimant génèrent de faibles courants électriques proportionnels aux vibrations. Ces signaux sont envoyés vers un ordinateur où ils sont traduits sous forme de graphique appelé sismogramme.

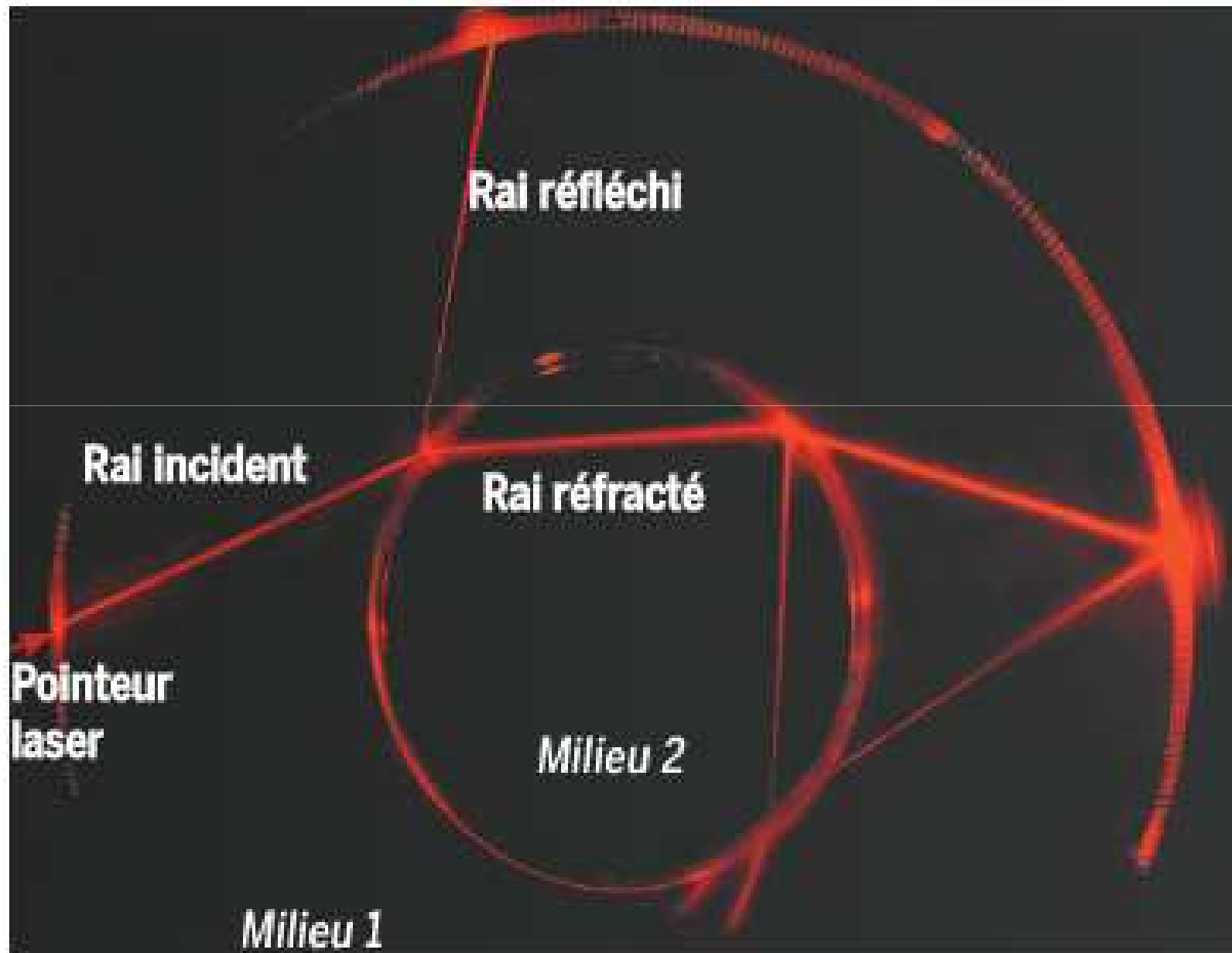
3 types d'ondes sismiques



La zone d'ombre de Beno Gutenberg



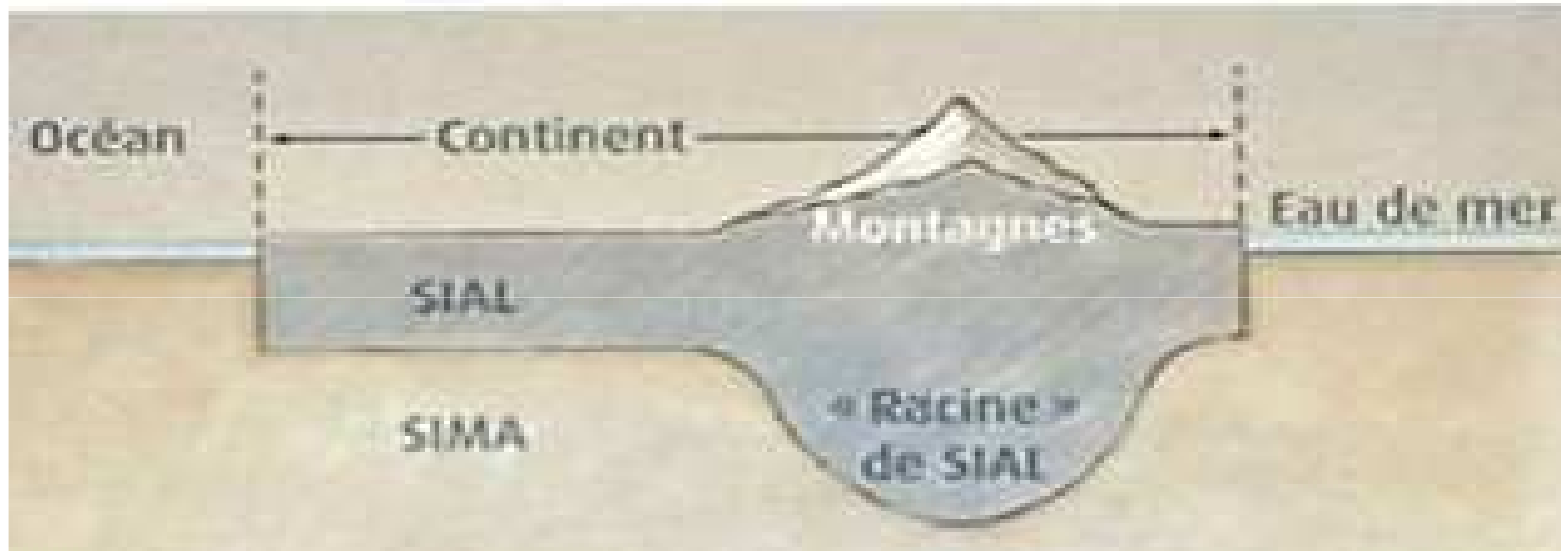
Modélisation pour comprendre le comportement des ondes sismiques à l'intérieur du globe.



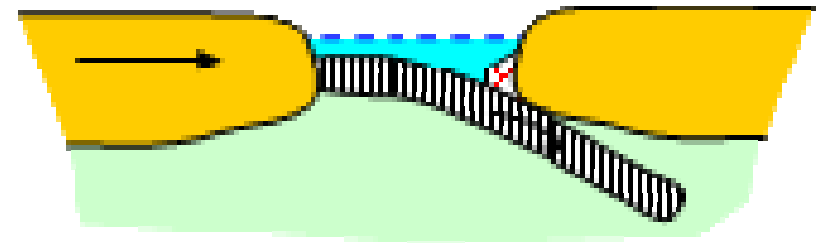
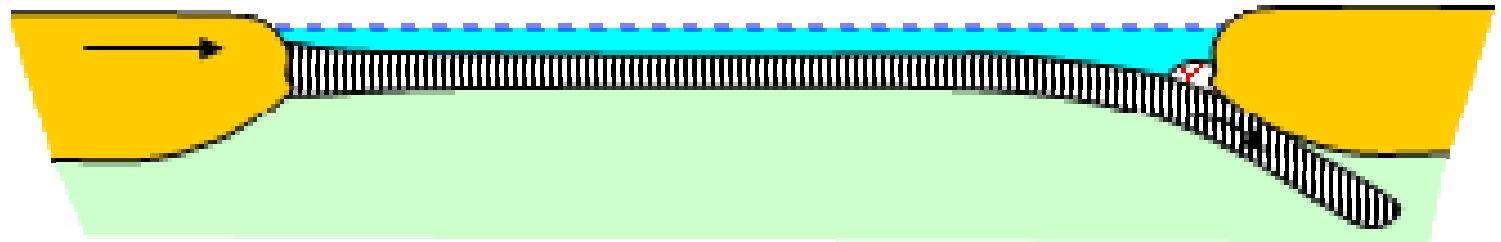
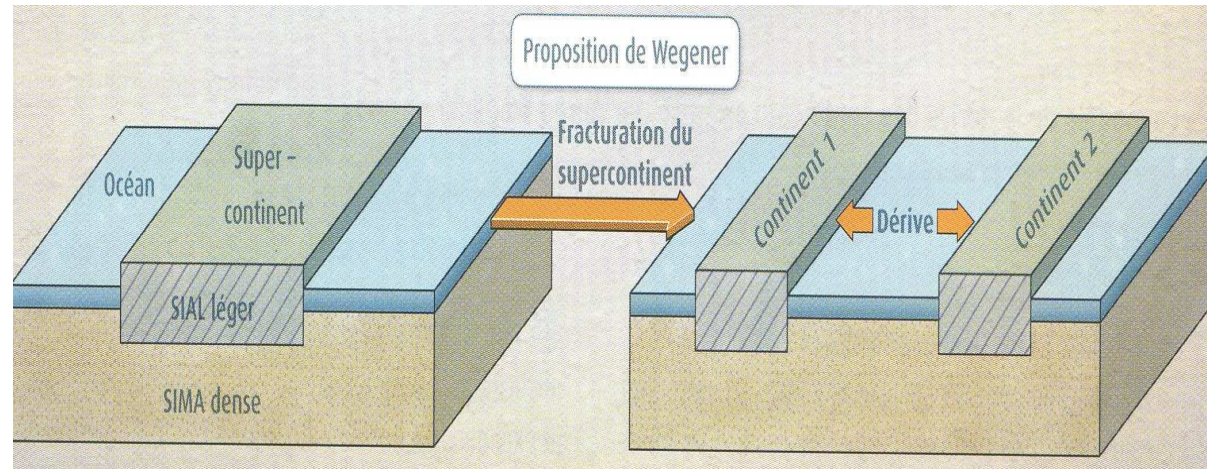
Le rejet de la théorie de Wegener

- « Un continent en mouvement est aussi étrange pour nous que l'était une Terre en mouvement pour nos ancêtres, et nous pouvons être aussi fourvoyés qu'eux » (Lake, *Wegener's Hypothesis of the Continental Drift*, *Geographical Journal*, 61, 179-194, 1923).
- « Si nous croyons l'hypothèse de Wegener, nous devons oublier tout ce que nous avons appris dans les soixante-dix dernières années et retourner sur les bancs de l'école » (R. T. Chamberlin, *Some of the objection to Wegener's Theory*, in W. A. van Waterschoot van Der Gracht, *Theory of continental drift : a symposium*, Tulsa, American Association of the Petroleum Geologists, 1928, p.87).

Confrontation de la théorie de Wegener aux connaissances actuelles



Confrontation de la théorie de Wegener aux connaissances actuelles



Confrontation de la théorie de Wegener aux connaissances actuelles

« Pour dévoiler les états antérieurs du globe, **toutes les sciences** s'occupant des problèmes de la terre doivent être mises à contribution et ce n'est que par **la réunion de tous les indices fournis** par elles que l'on peut obtenir la vérité ; mais cette idée ne paraît toujours pas être suffisamment répandue parmi les chercheurs. [...]

Ce n'est qu'en réunissant les données de toutes les sciences qui se rapportent à l'étude du globe que nous pourrions espérer obtenir **la « vérité »**, c'est-à-dire **l'image qui systématise de la meilleure façon la totalité des faits connus** et qui peut, par conséquent, prétendre être la plus probable. Et, même dans ce cas, **nous devons nous attendre à ce qu'elle soit modifiée, à tout moment, par toute nouvelle découverte, quelle que soit la science qui l'ait permise »**

(Alfred Wegener, *La genèse des continents et des océans*, Préface , 1928 ; réédition, Paris, C. Bourgeois, 1990, p.XIII-XIV).

QCM d'évaluation

1. La théorie de la dérive des continents

- a. est une théorie mobiliste proposée par A. Wegener au début du 20^{ème} siècle
- b. a été acceptée d'emblée par la communauté scientifique
- c. s'appelle aussi la théorie des ponts continentaux

QCM d'évaluation

2. Wegener pensait que les continents

- a. étaient fixes et que les mers se formaient par effondrement des ponts continentaux
- b. étaient mobiles verticalement
- c. provenaient d'un continent unique, la pangée

QCM d'évaluation

- 3. Pour conforter son hypothèse Wegener utilise**
- a. la complémentarité des côtes**
 - b. la distribution géographique des paléoclimats**
 - c. la distribution des fleuves**
 - d. la distribution de certains fossiles**

QCM d'évaluation

4. Les ondes sismiques

- a. ne se propagent qu'à la surface du globe
- b. ont des vitesses de propagation qui dépendent des propriétés physiques des matériaux
- c. de type S se propagent dans tous les matériaux du globe
- d. de type P traversent toutes les couches profondes de la Terre

QCM d'évaluation

- 5. La théorie de Wegener a été rejetée parce que**
- a. le moteur de la dérive des continents n'était pas concluant**
 - b. les arguments de Wegener n'étaient pas satisfaisants**
 - c. les géologues ne pouvaient imaginer un milieu solide en mouvement**

Exercice d'évaluation

Jeffreys fut l'un des plus fervents opposants à Wegener. Jeffreys, comme Wegener, admettait l'existence de couches concentriques composant la Terre (Sial, Sima et Nife). Sial et Sima étant solides (comme l'attestait l'étude des ondes sismiques), Jeffereys rejetait fermement l'idée d'une mobilité des continents. Wegener répondait qu'un même matériau peut avoir deux comportements différents. La glace par exemple s'écoule dans un glacier mais casse sous un coup de marteau.

1. Que représentent aujourd'hui Sial et Sima?
2. Comment Wegener explique-t-il le mouvement d'un matériau solide?

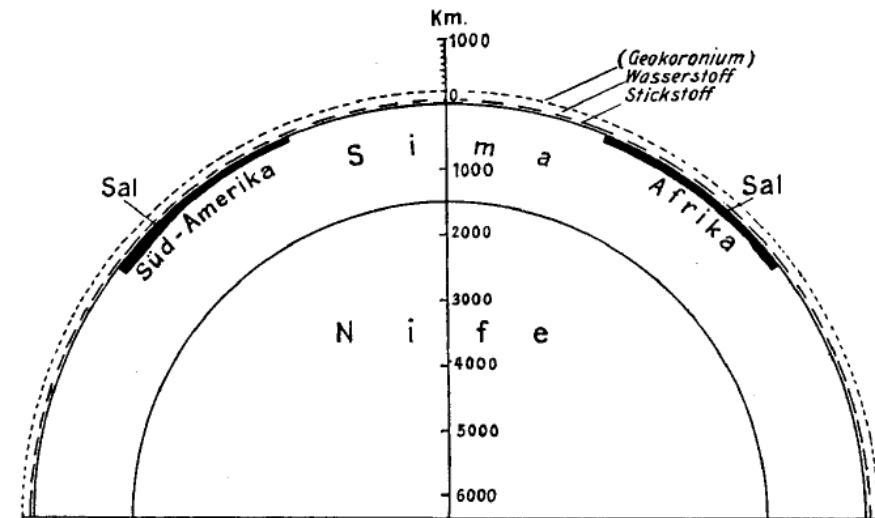


Fig. 2. Schnitt im grössten Kreise durch Südamerika und Afrika, in getrennten Grössenverhältnissen.

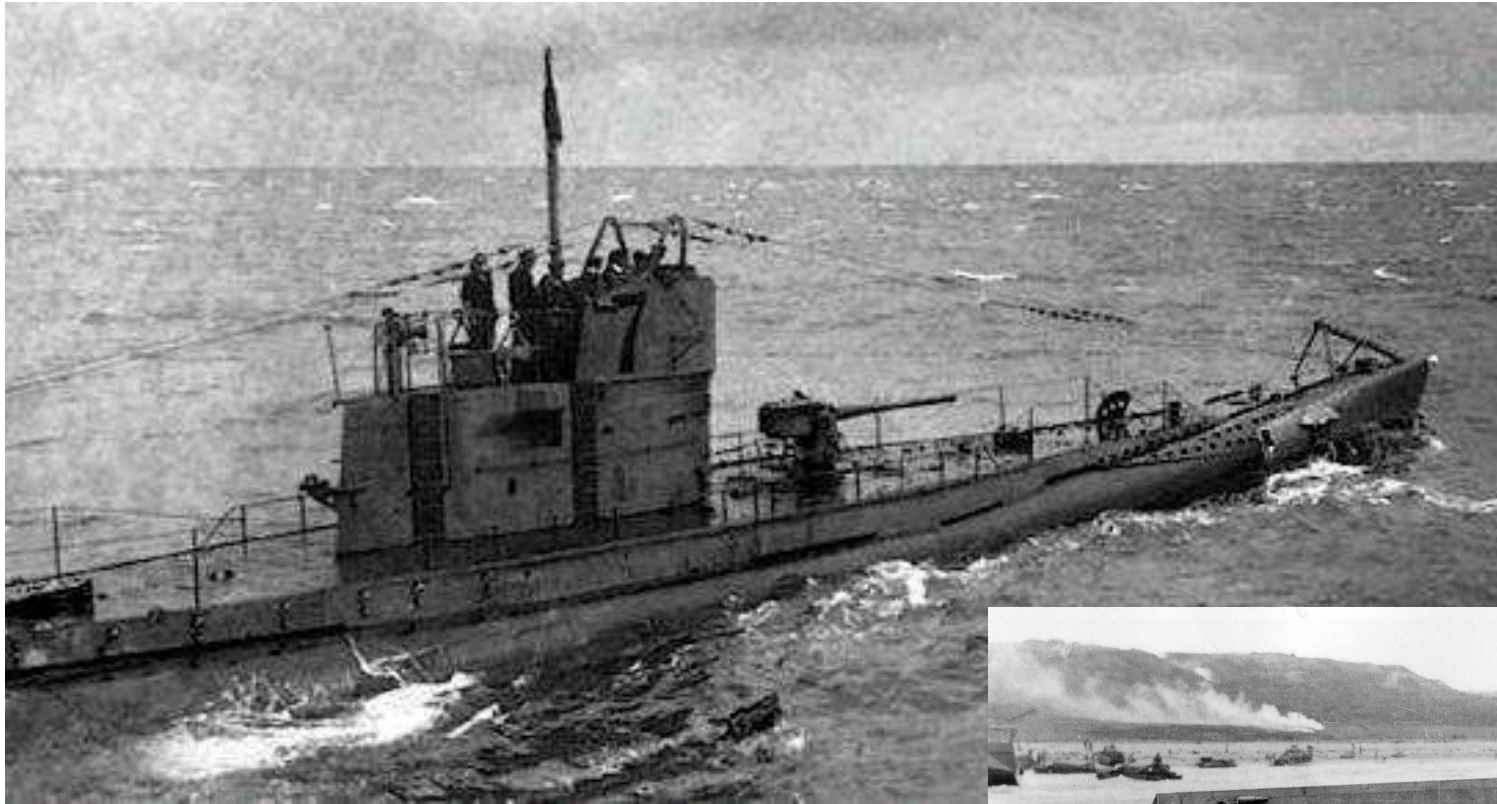
Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

I. Début 20ème siècle, Wegener et la dérive des continents.

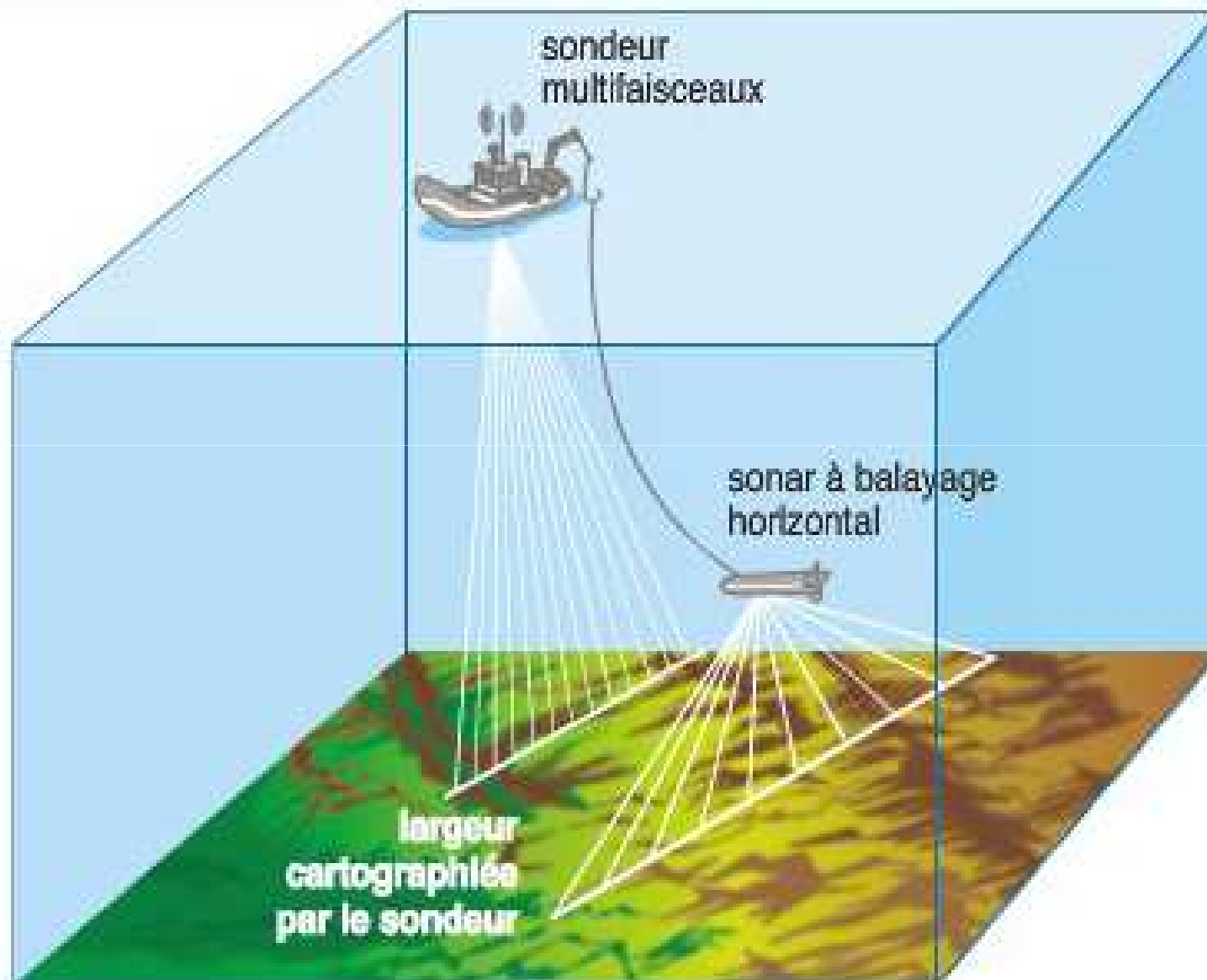
II. Les années 60 : l'élaboration du modèle à partir de faits réels

A) L'élaboration du modèle de Hess

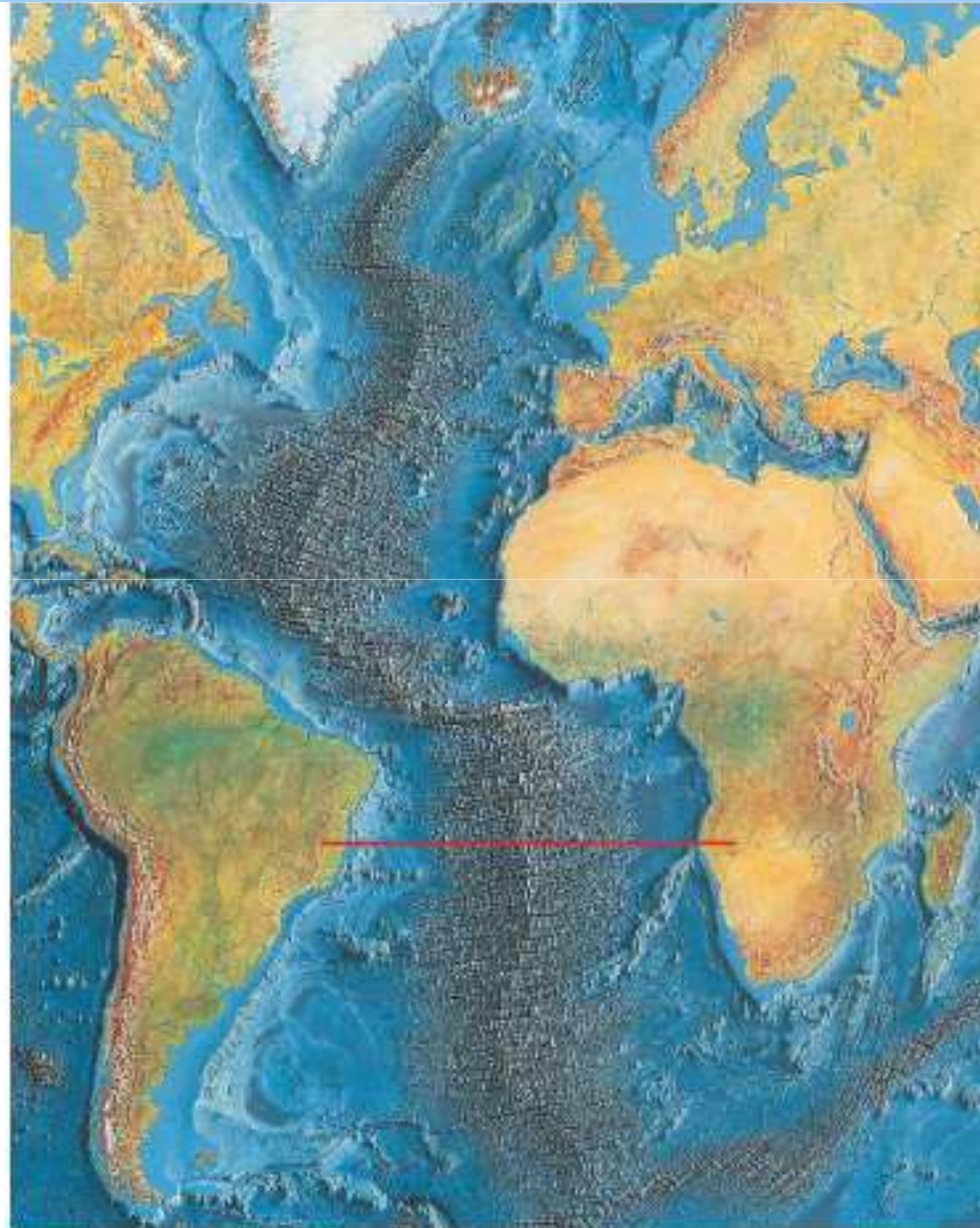
La seconde guerre mondiale



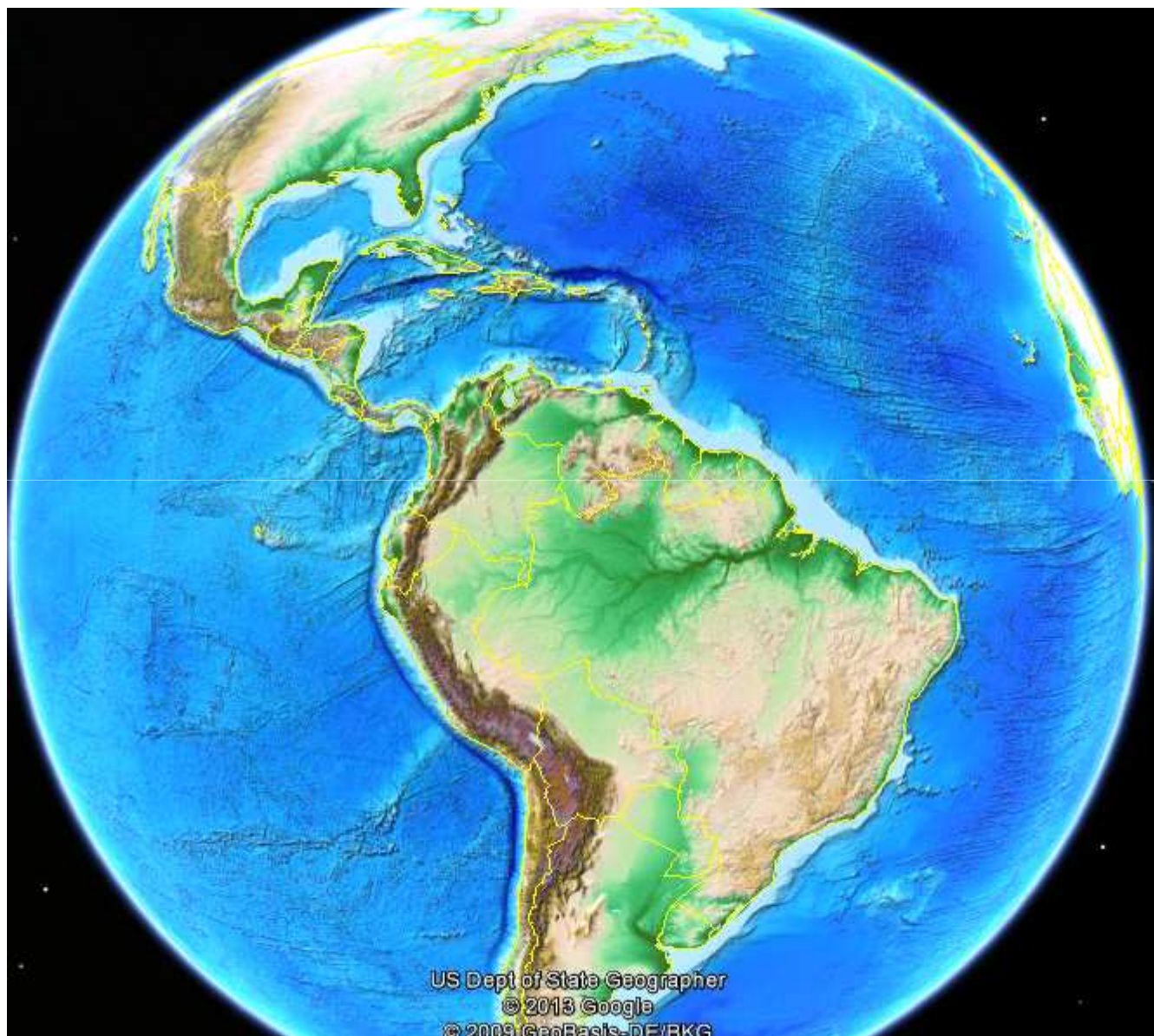
Relevés topographiques des fonds océaniques



Découverte des reliefs des fonds océaniques



Découverte des reliefs des fonds océaniques



1960 : L'hypothèse de Hess

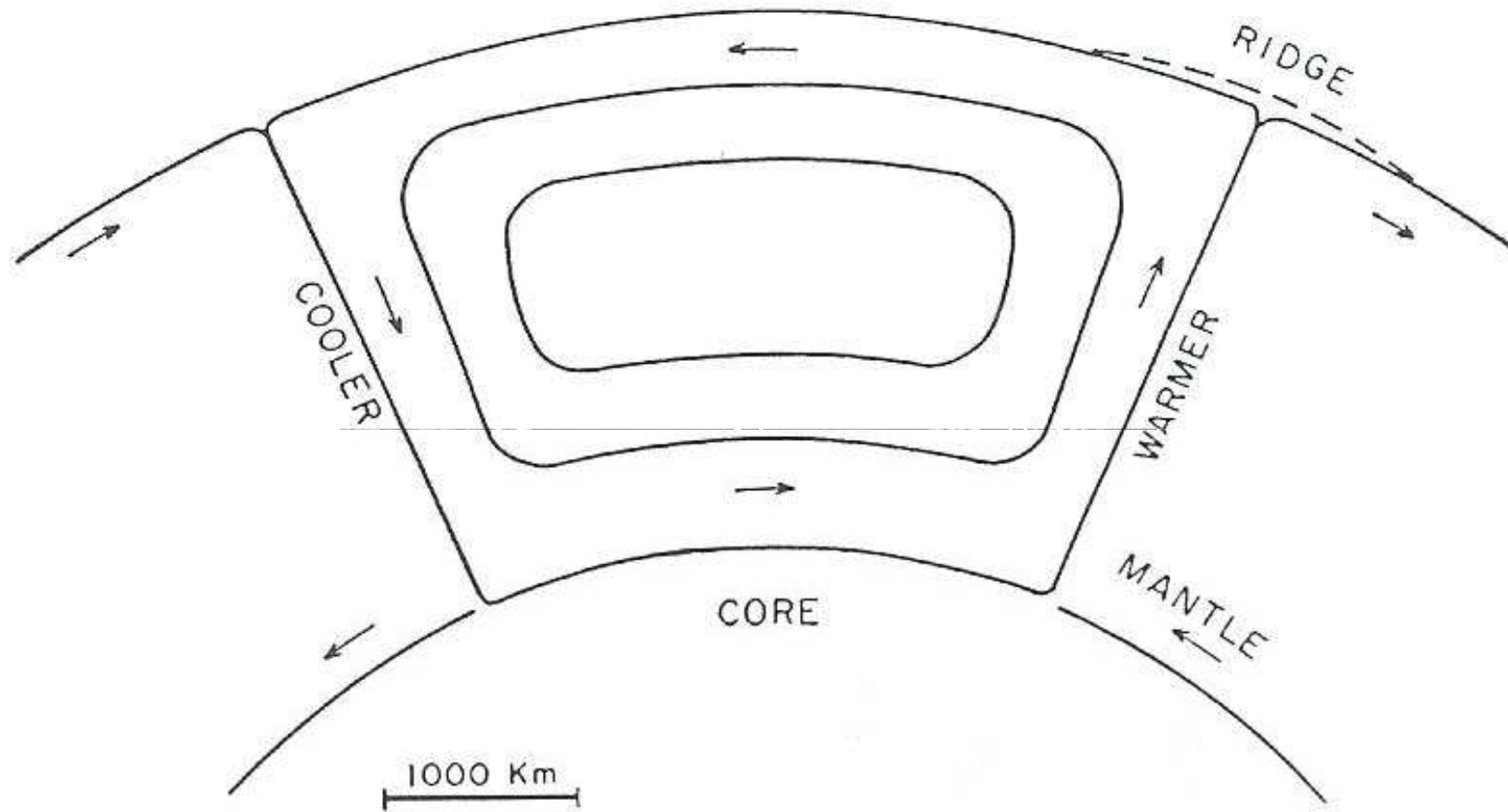
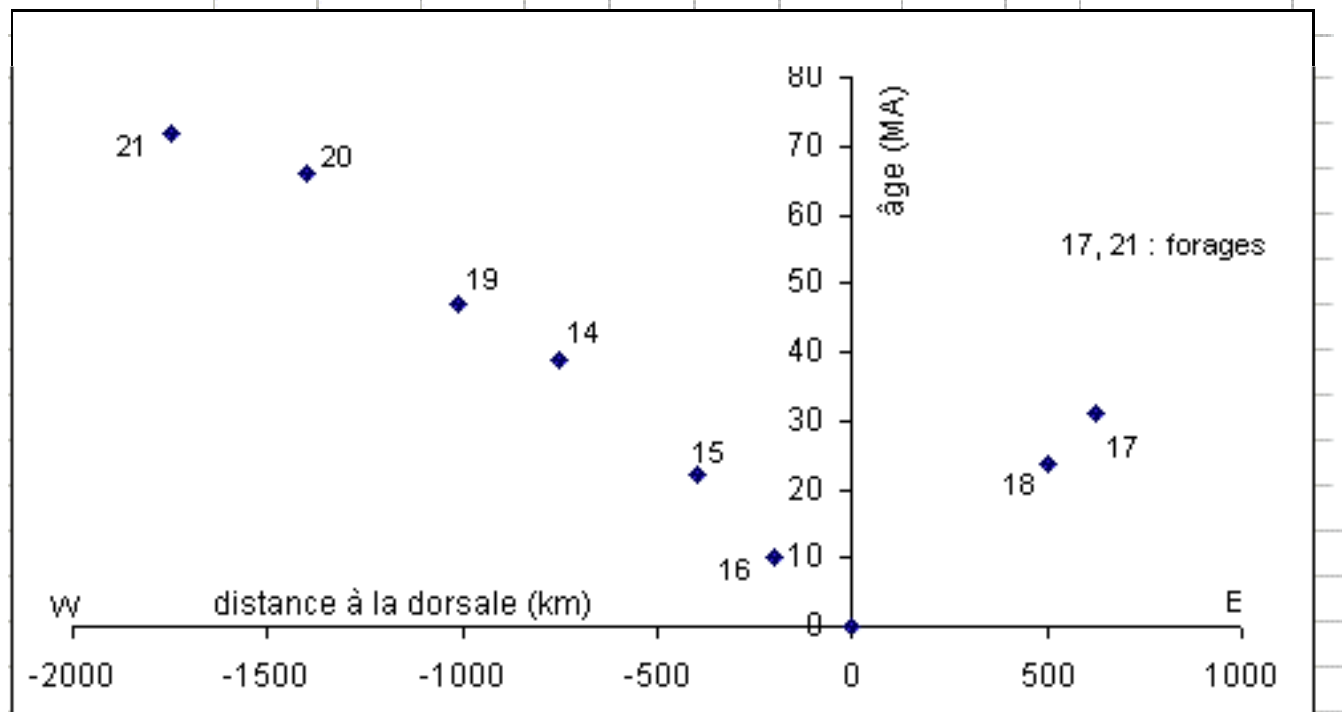
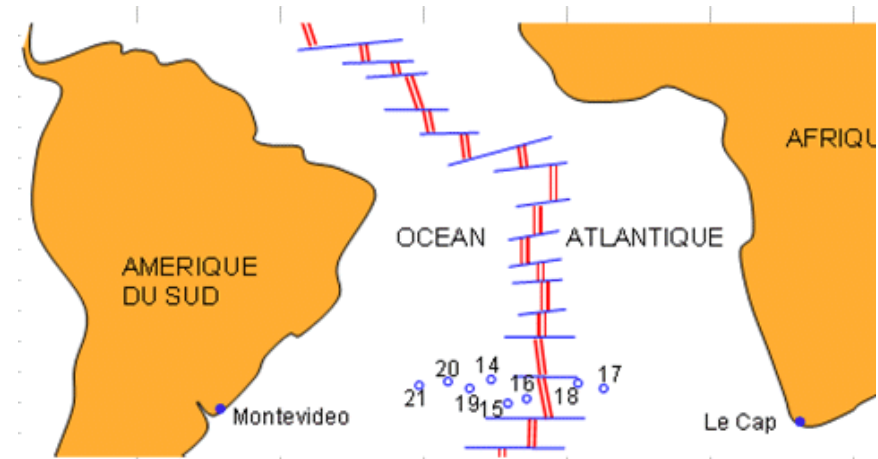
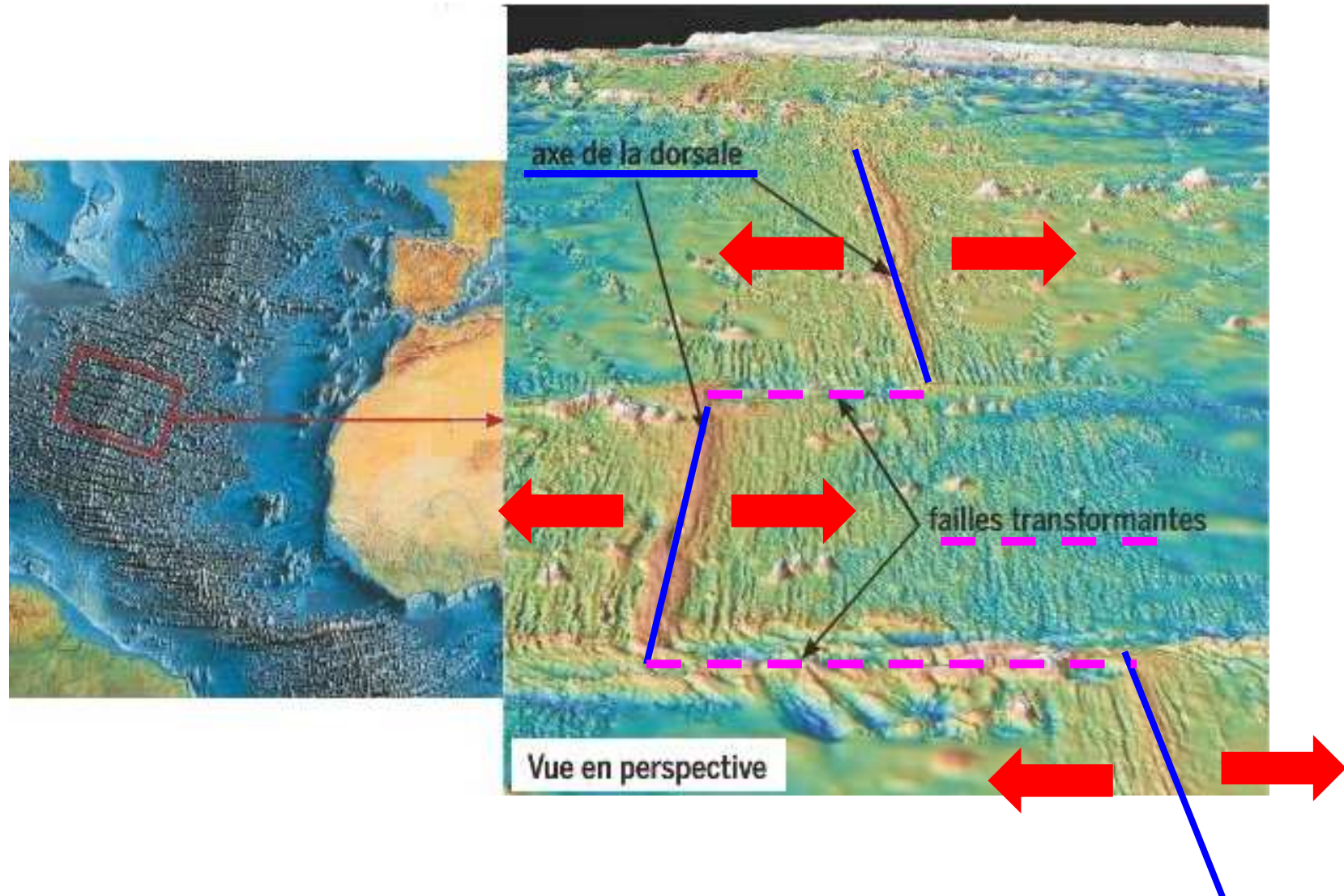


Figure 8. Possible geometry of a mantle convection cell

Un modèle confirmé par les données de forage



La découverte des failles transformantes



Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

I. Début 20ème siècle, Wegener et la dérive des continents.

II. Les années 60 : l'élaboration du modèle à partir de faits réels

A) L'élaboration du modèle de Hess

B) L'élaboration du modèle de la tectonique des plaques

Le modèle de Morgan

100

W. JASON MORGAN

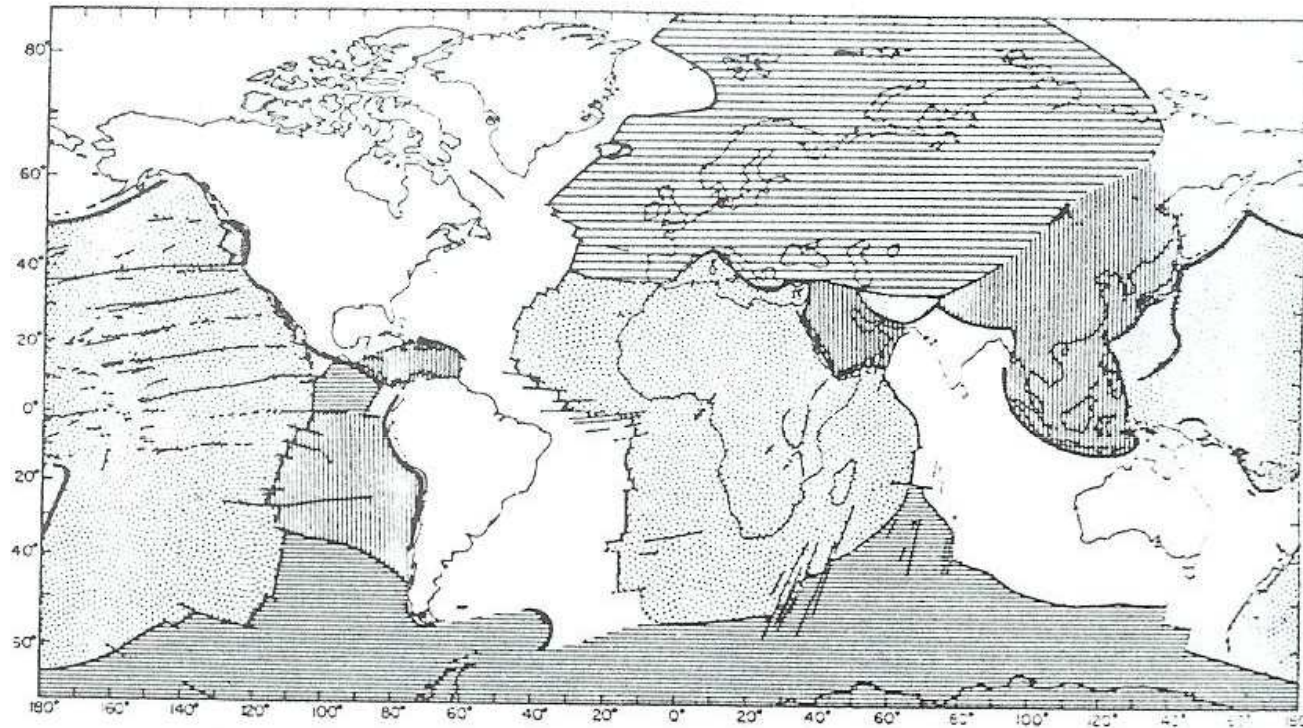


Fig. 1. The crust is divided into units that move as rigid blocks. The boundaries between blocks are rises, trenches (or young fold mountains), and faults. The boundaries drawn in Asia are tentative, and additional sub-blocks may be required. (Figure is based on *Sykes's* [1968b] map of the ridge system with additional features from *Heezen and Tharp's* [1965] tectonic map.)

Le modèle de Morgan

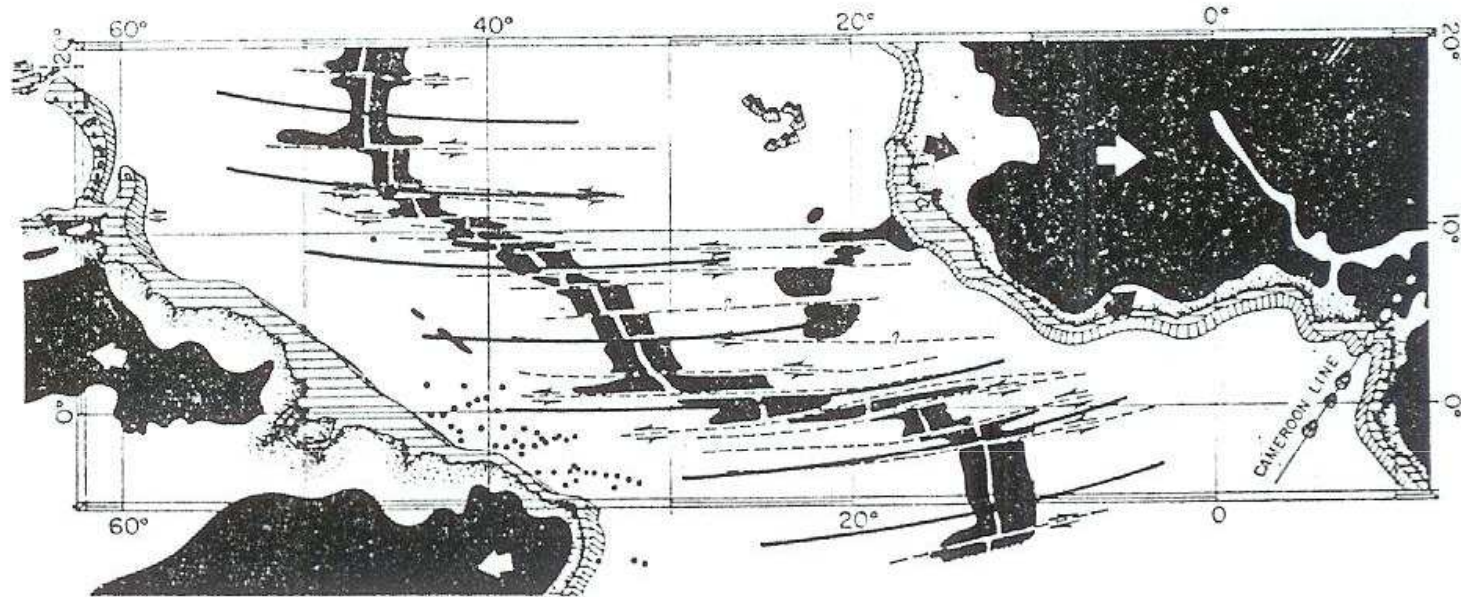
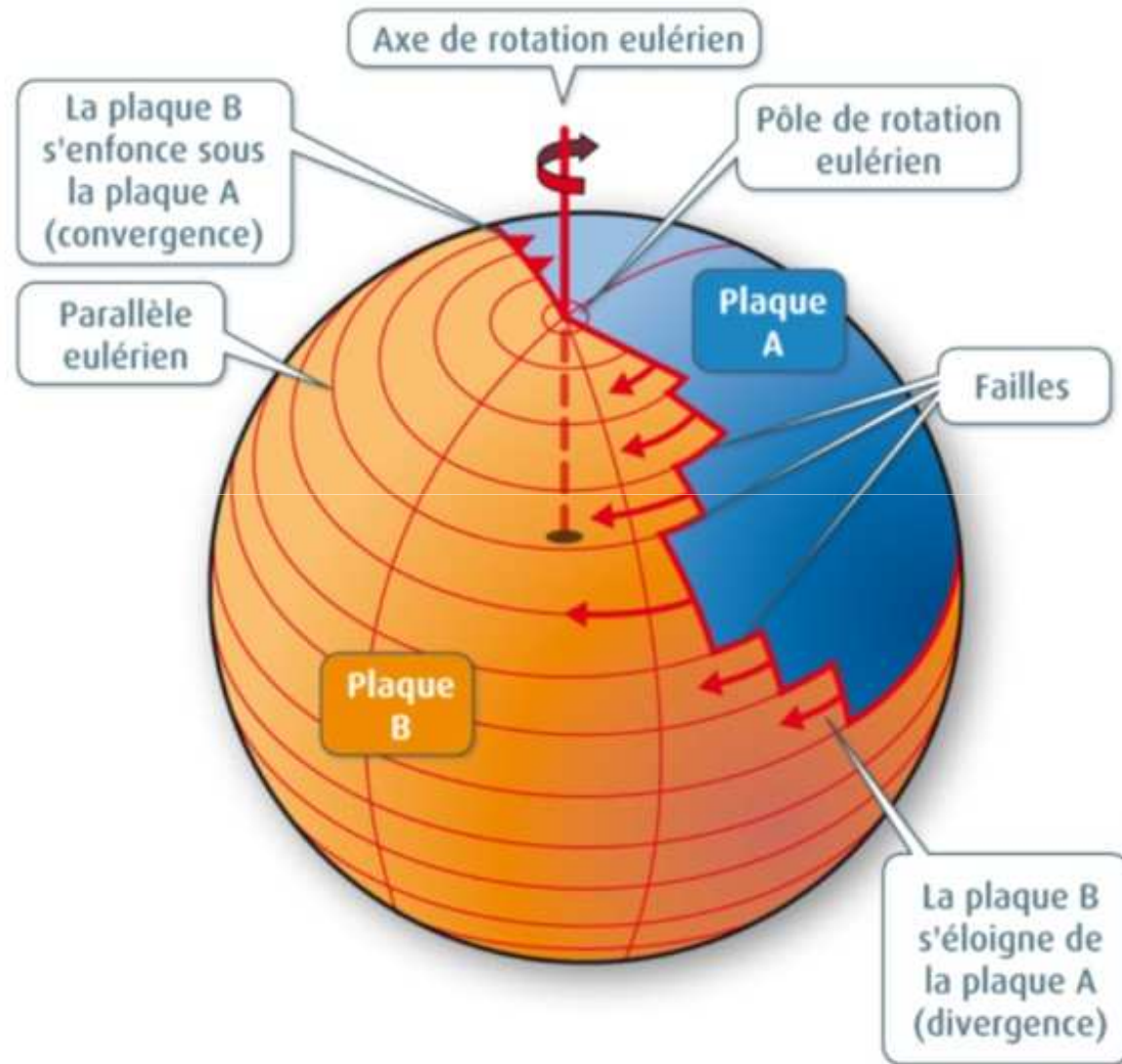


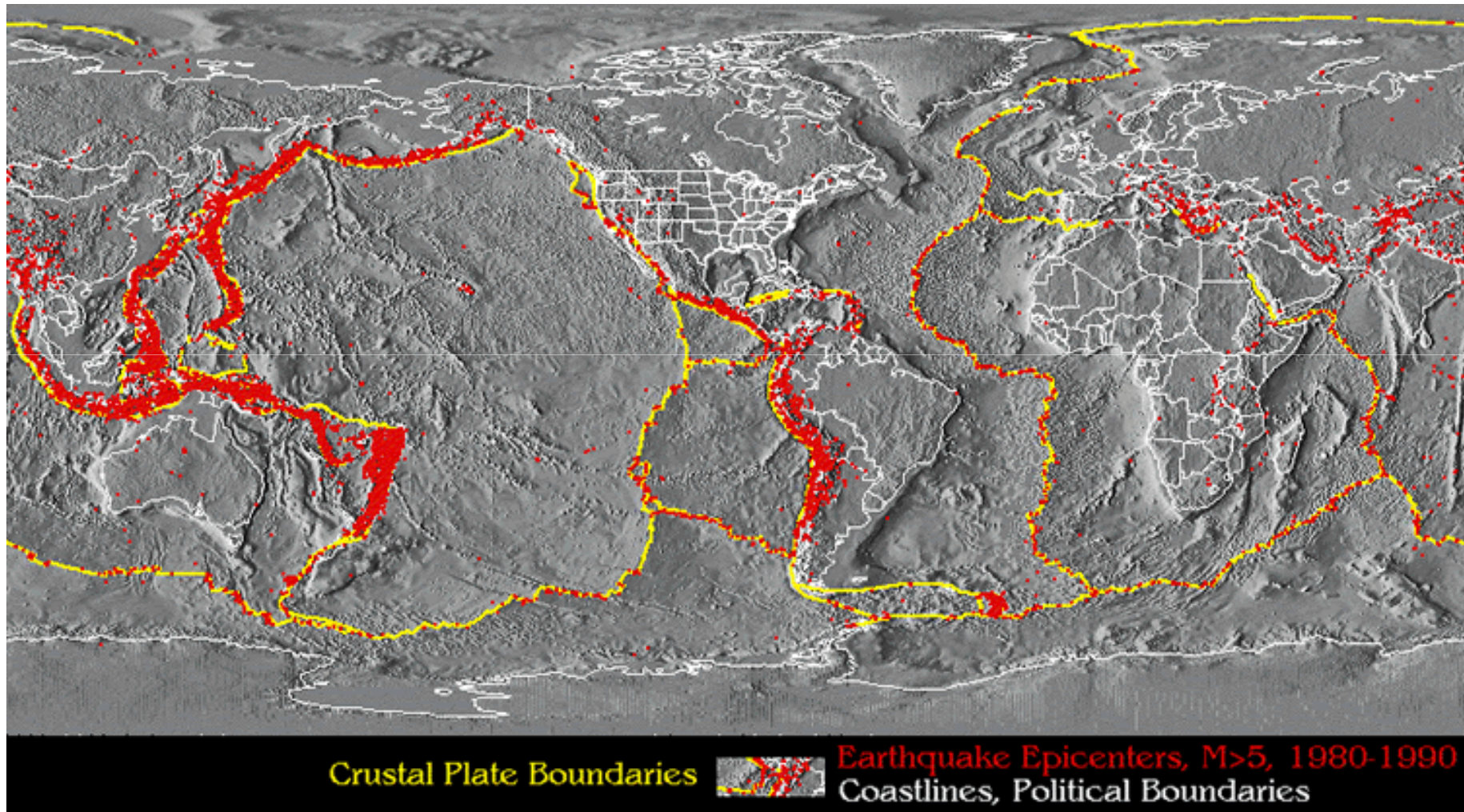
Fig. 7. The strike of the transform faults in the equatorial Atlantic are compared with circles concentric about a pole at 62°N , 36°W . These circles indicate the present motion of Africa relative to South America. (Figure is adapted from *Heezen and Tharp* [1965].)

Le modèle de Morgan

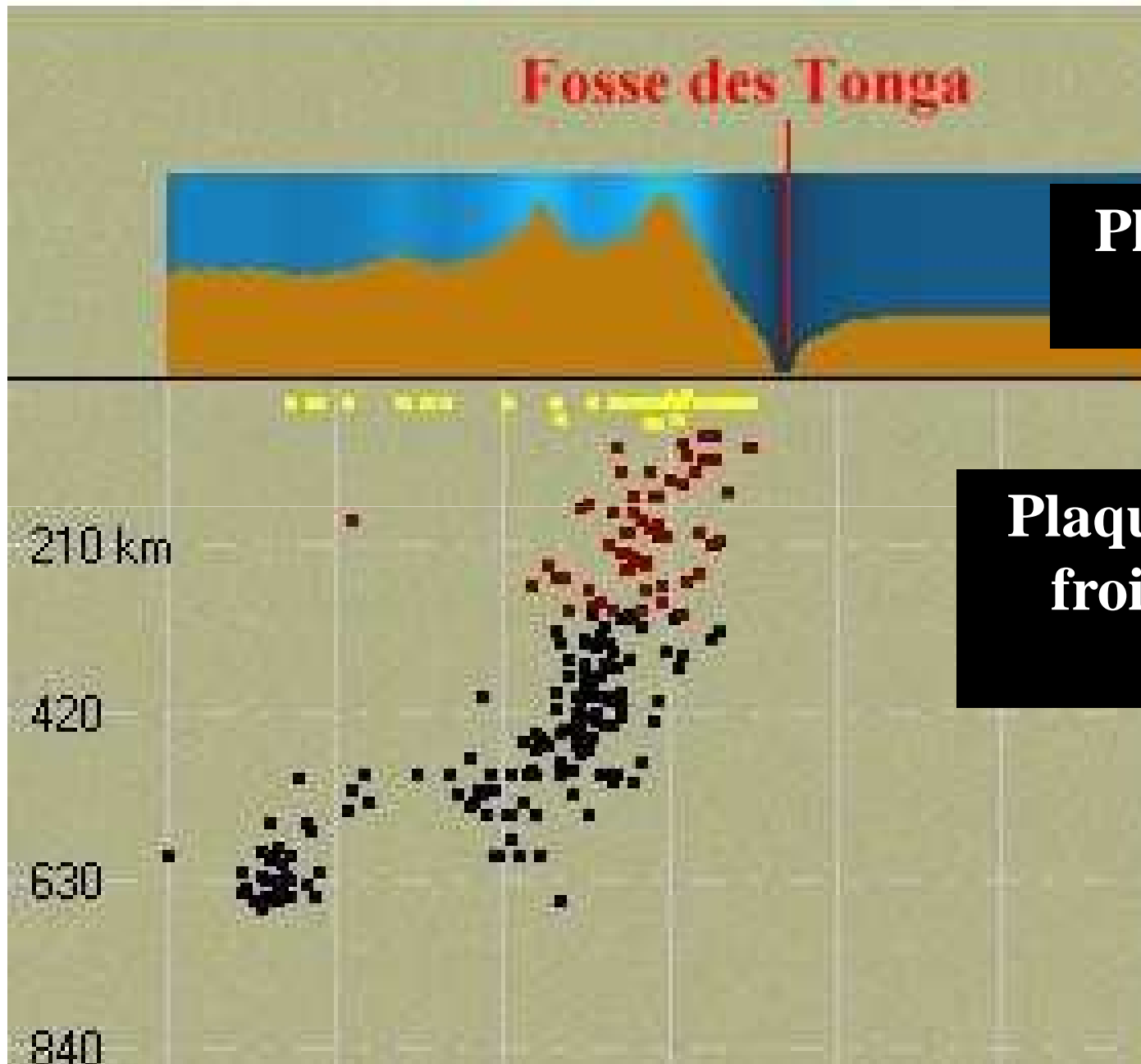


Le modèle de Mac Kenzie et Parker

Répartition mondiale des séismes



Interprétation du plan de Wdati Benioff



**Plan de Wadati
Benioff**

**Plaque plongeante
froide, dense et
rigide**

Interprétation du plan de Wdati Benioff

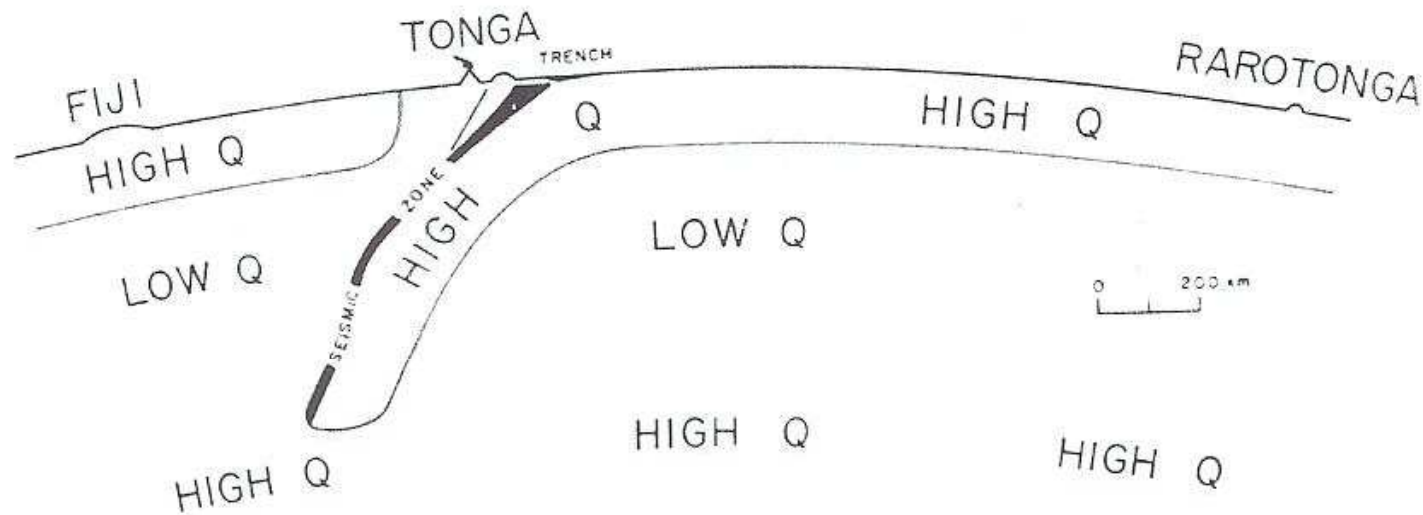


Fig. 13. Hypothetical section through Fiji, Tonga, and Rarotonga based on data of this paper. Boundaries between high Q and low Q zones are not well determined but can be taken as a first approximation.

Un modèle en 6 plaques

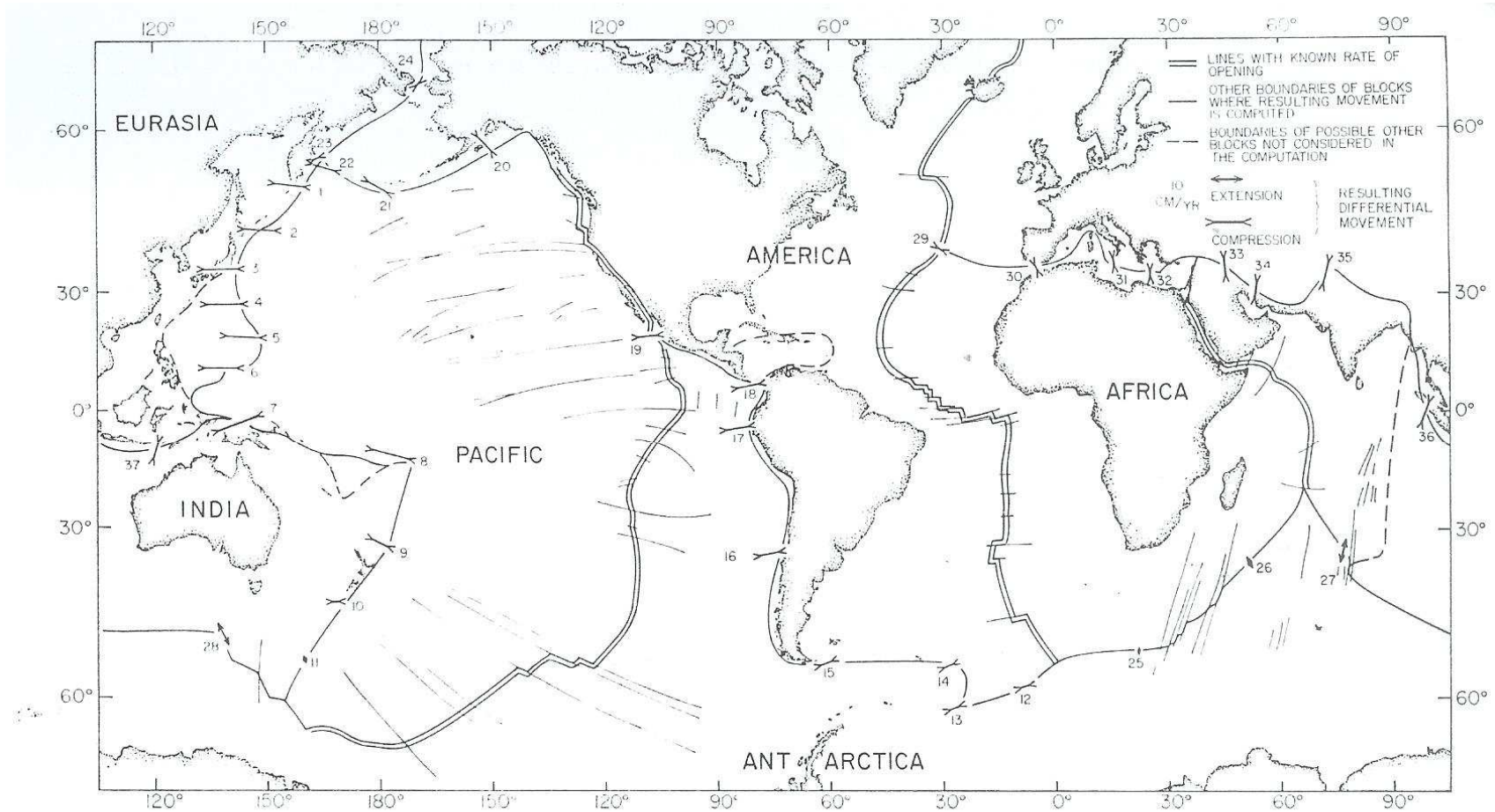


Fig. 6. The locations of the boundaries of the six blocks used in the computations. The numbers next to the vectors of differential movement refer to Table 5. Note that the boundaries where the rate of shortening or slippage exceeds about 2 cm/yr account for most of the world earthquake activity.

Un modèle global à la fin des années 60

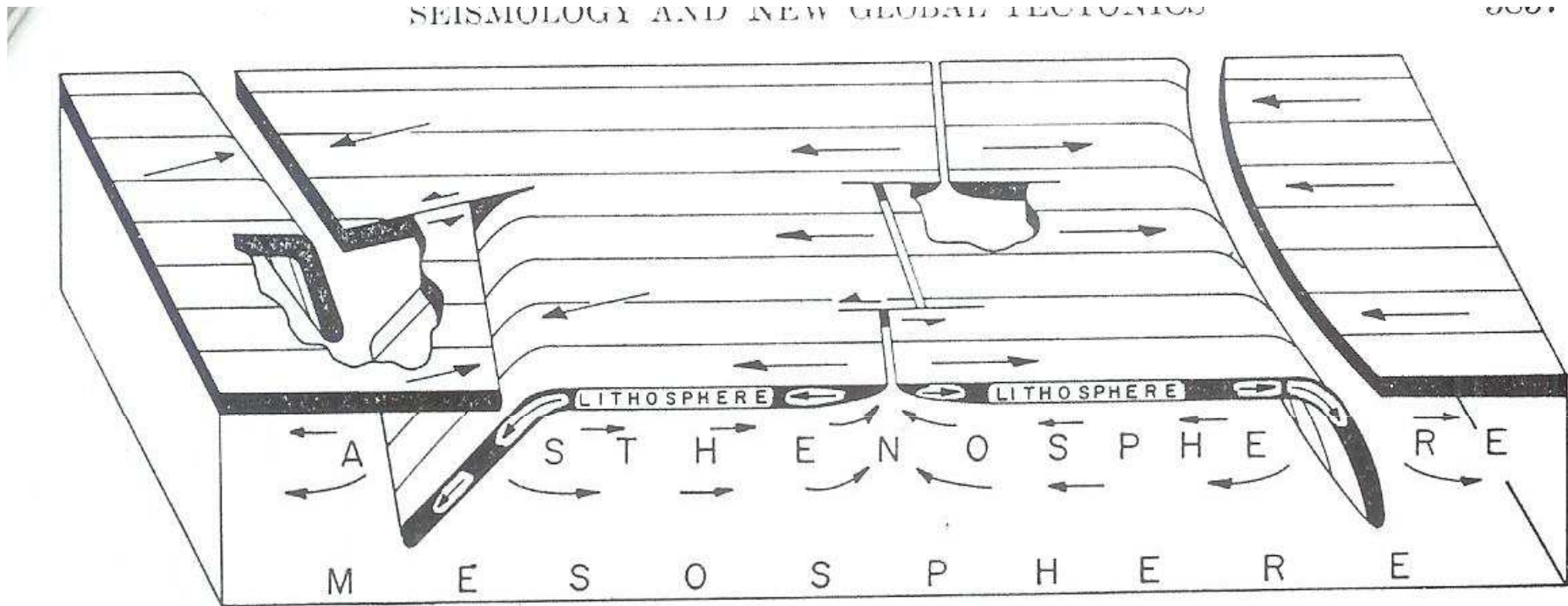
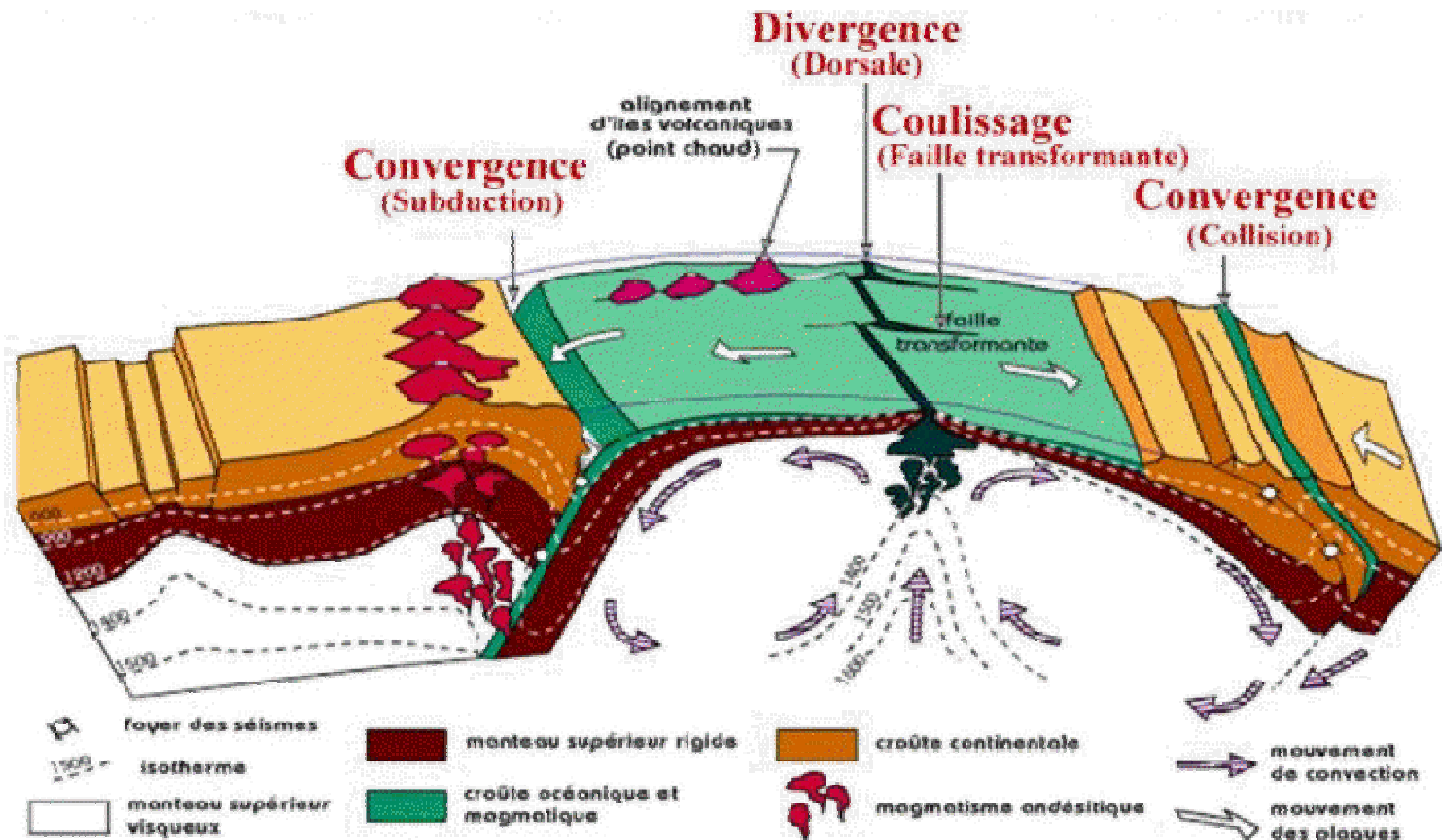


Fig. 1. Block diagram illustrating schematically the configurations and roles of the lithosphere, asthenosphere, and mesosphere in a version of the new global tectonics in which the lithosphere, a layer of strength, plays a key role. Arrows on lithosphere indicate relative movements of adjoining blocks. Arrows in asthenosphere represent possible compensating flow in response to downward movement of segments of lithosphere. One arc-to-arc transform fault appears at left between oppositely facing zones of convergence (island arcs), two ridge-to-ridge transform faults along ocean ridge at center, simple arc structure at right.

Fin des années 60 : un modèle de la tectonique des plaques



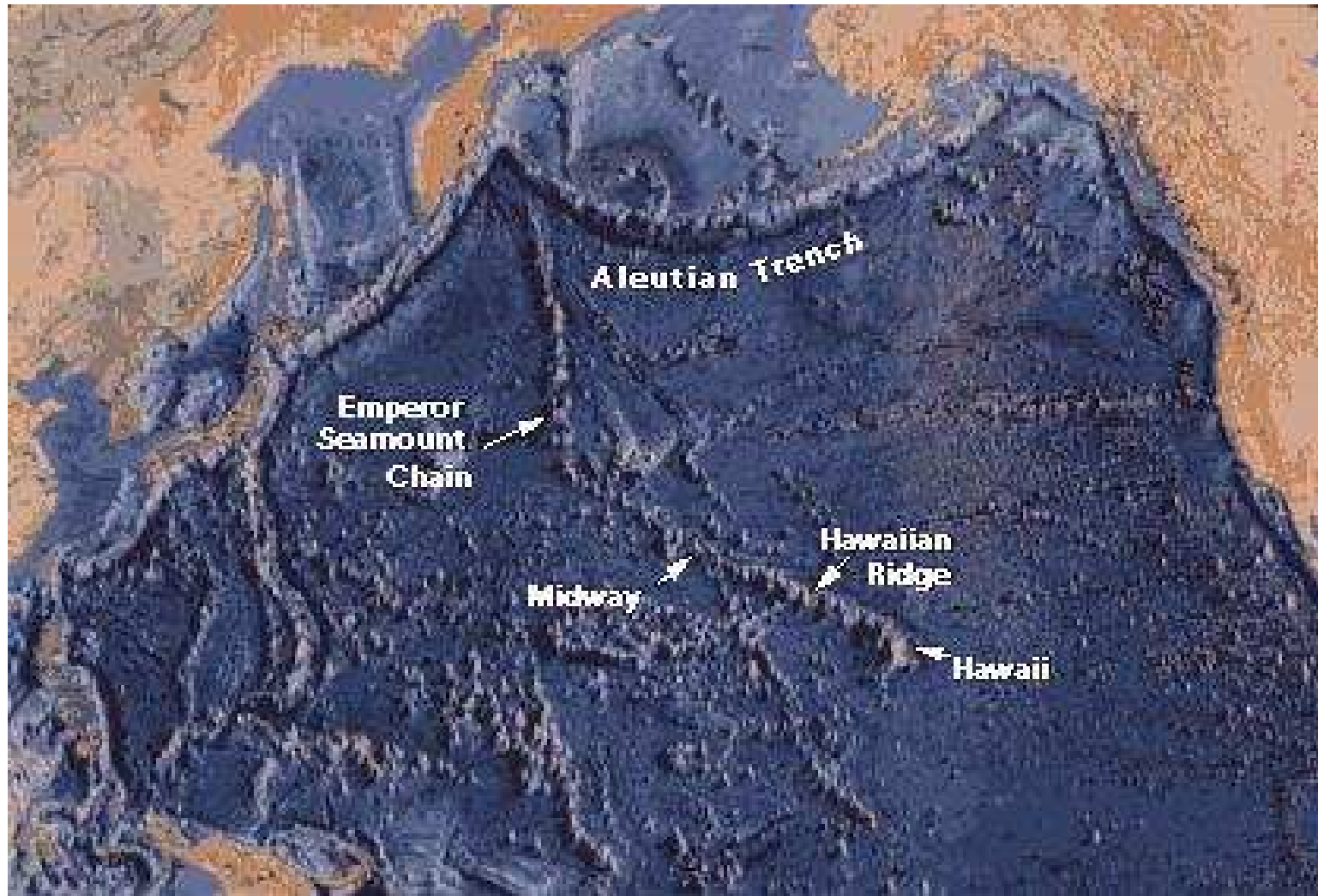
Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

I. Début 20ème siècle, Wegener et la dérive des continents.

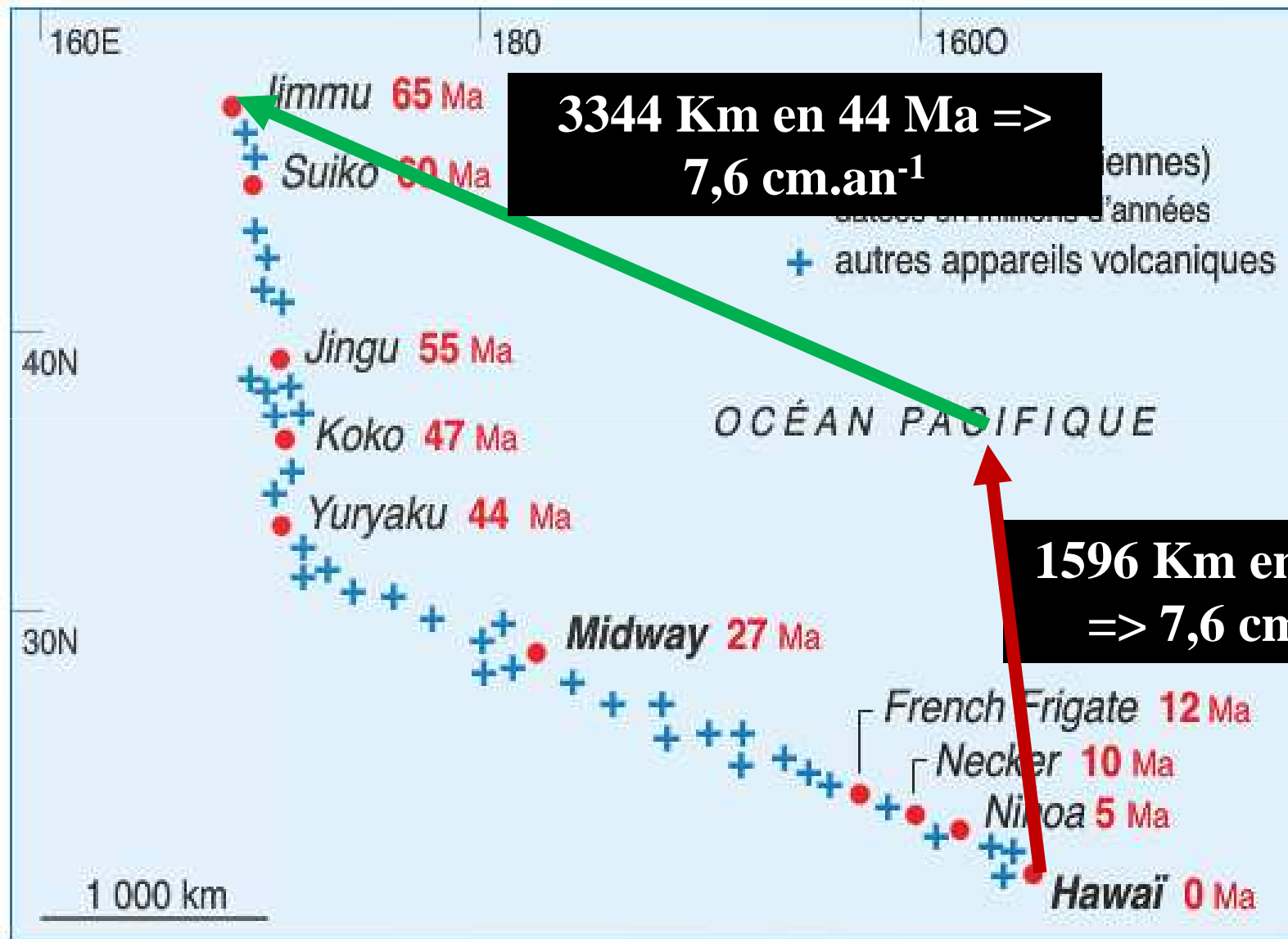
II. Les années 60 : l'élaboration du modèle à partir de faits réels

III. Des années 60 à aujourd'hui: un modèle validé et précisé par des données actuelles

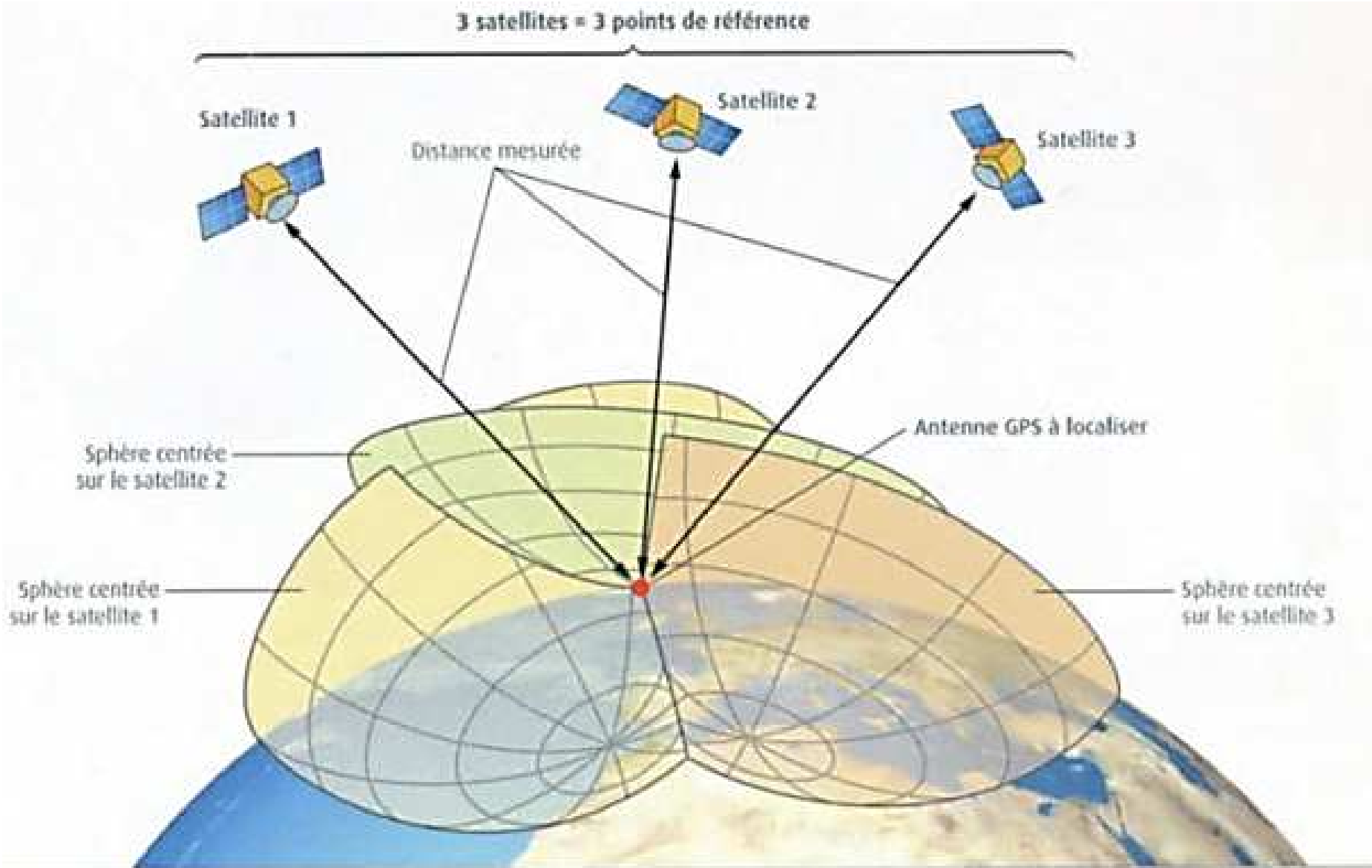
Etude du volcanisme intra plaque



Etude du volcanisme intra plaque



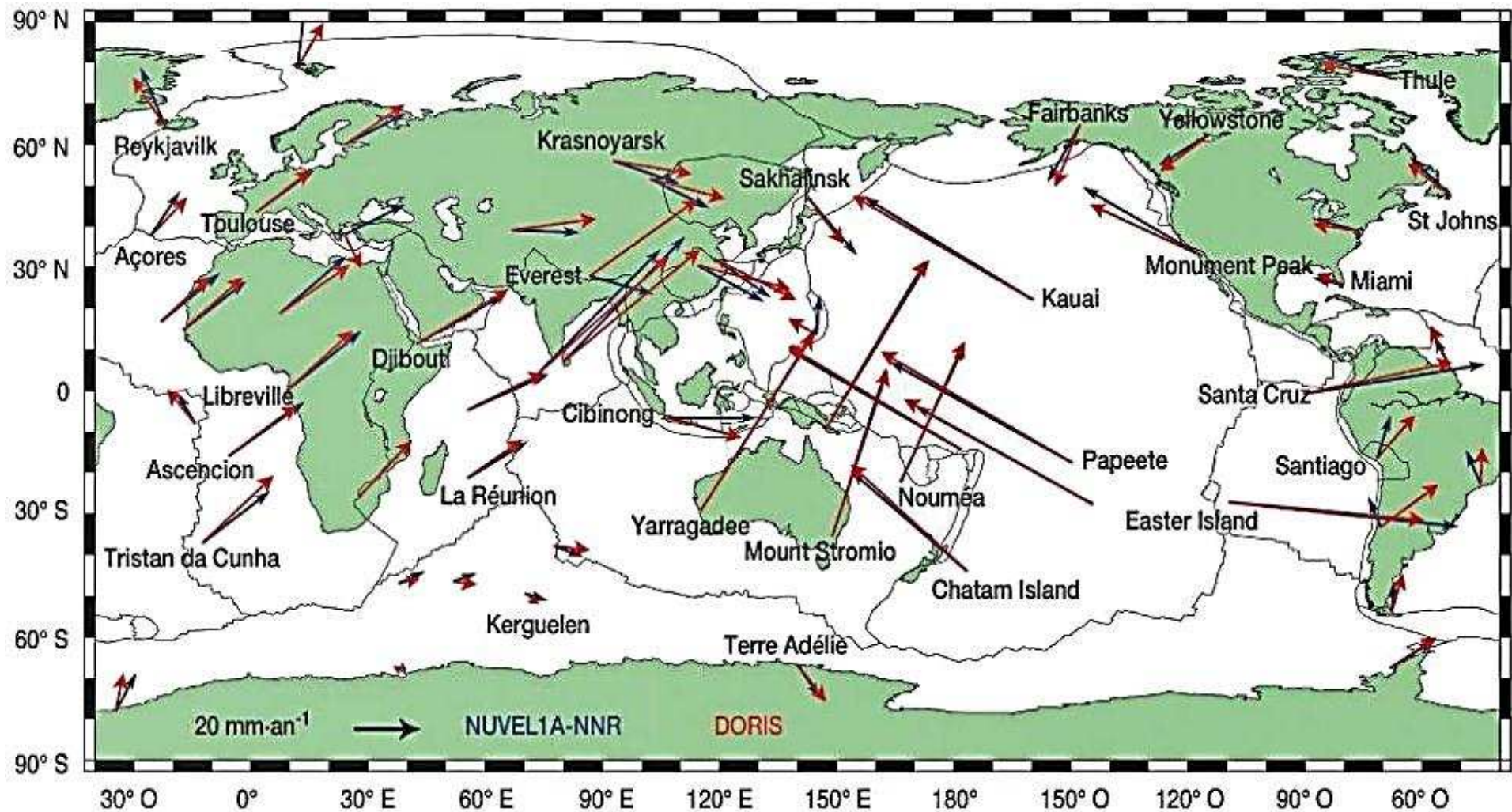
Principe du GPS.



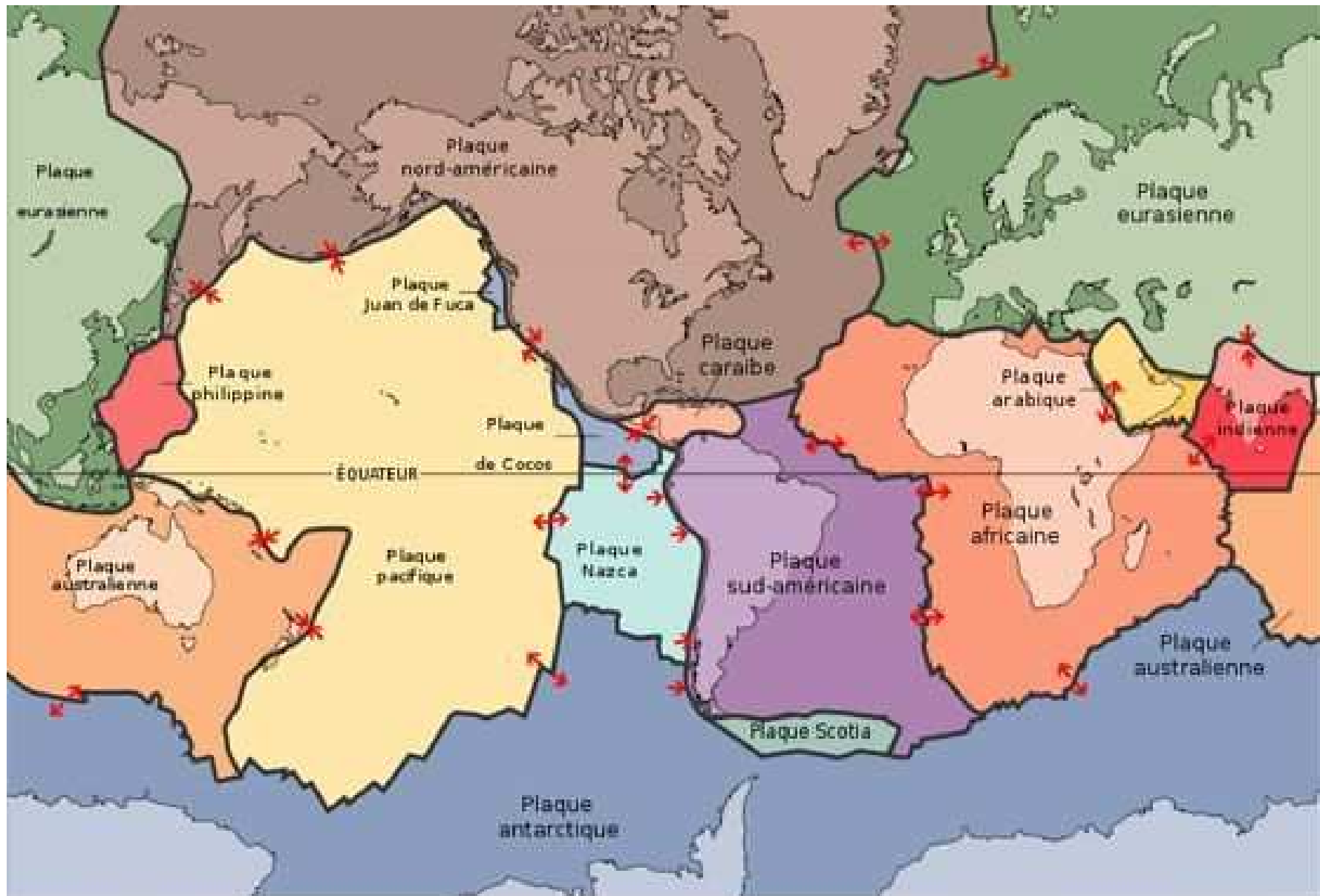
Principe du GPS.



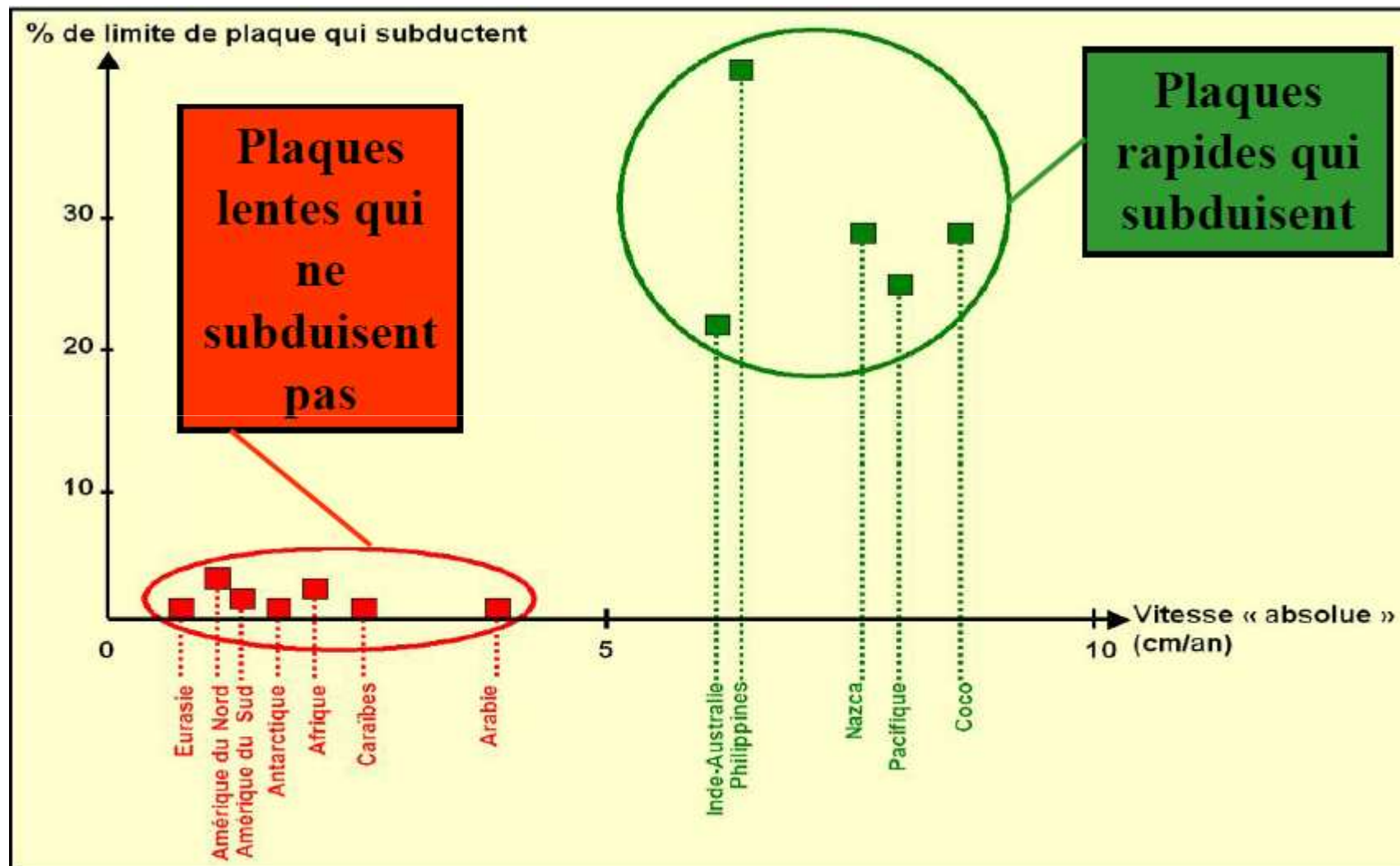
Modèle **DORIS** et modèle **NUVEL 1**



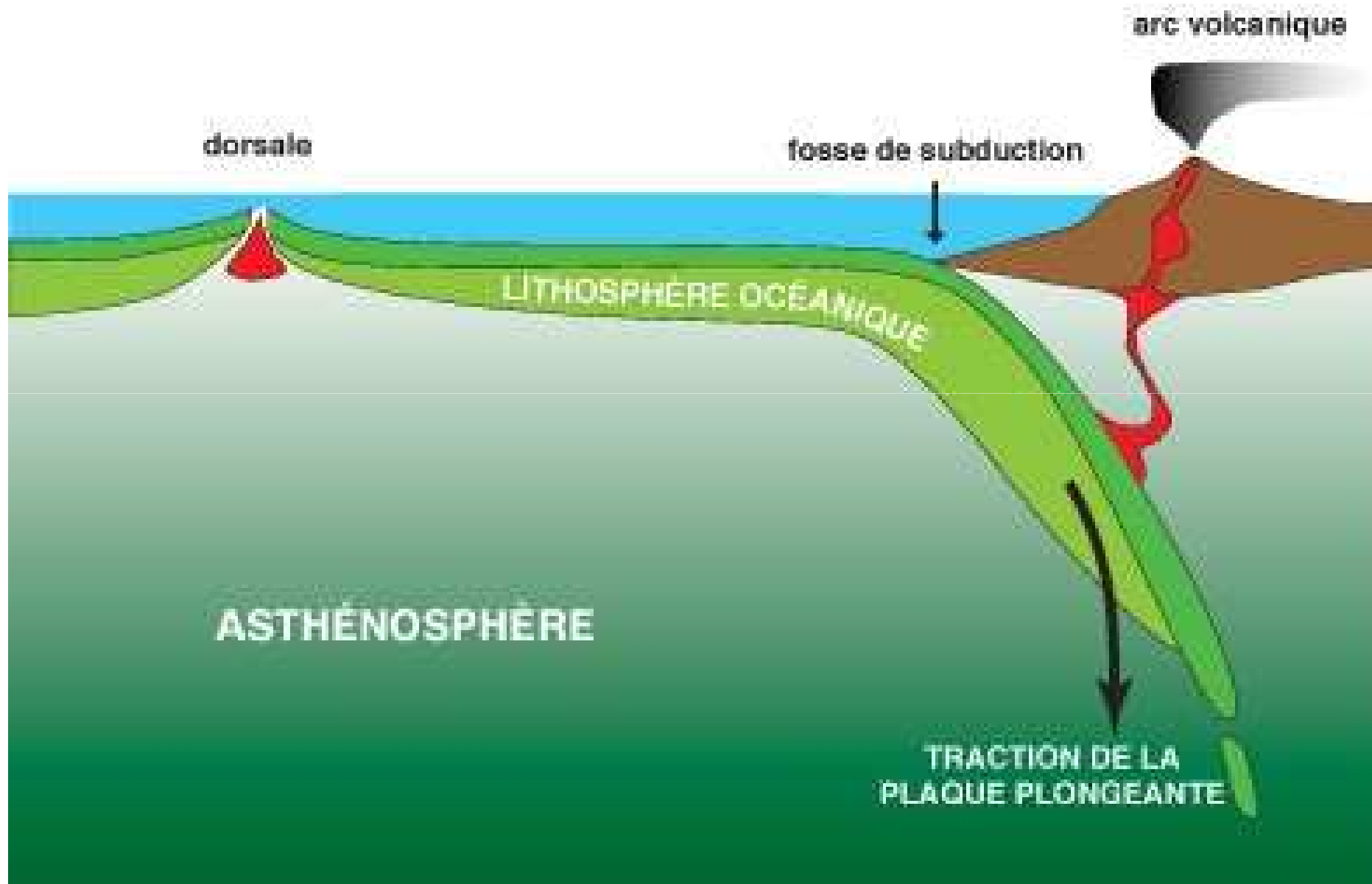
Un modèle actuel en 15 plaques



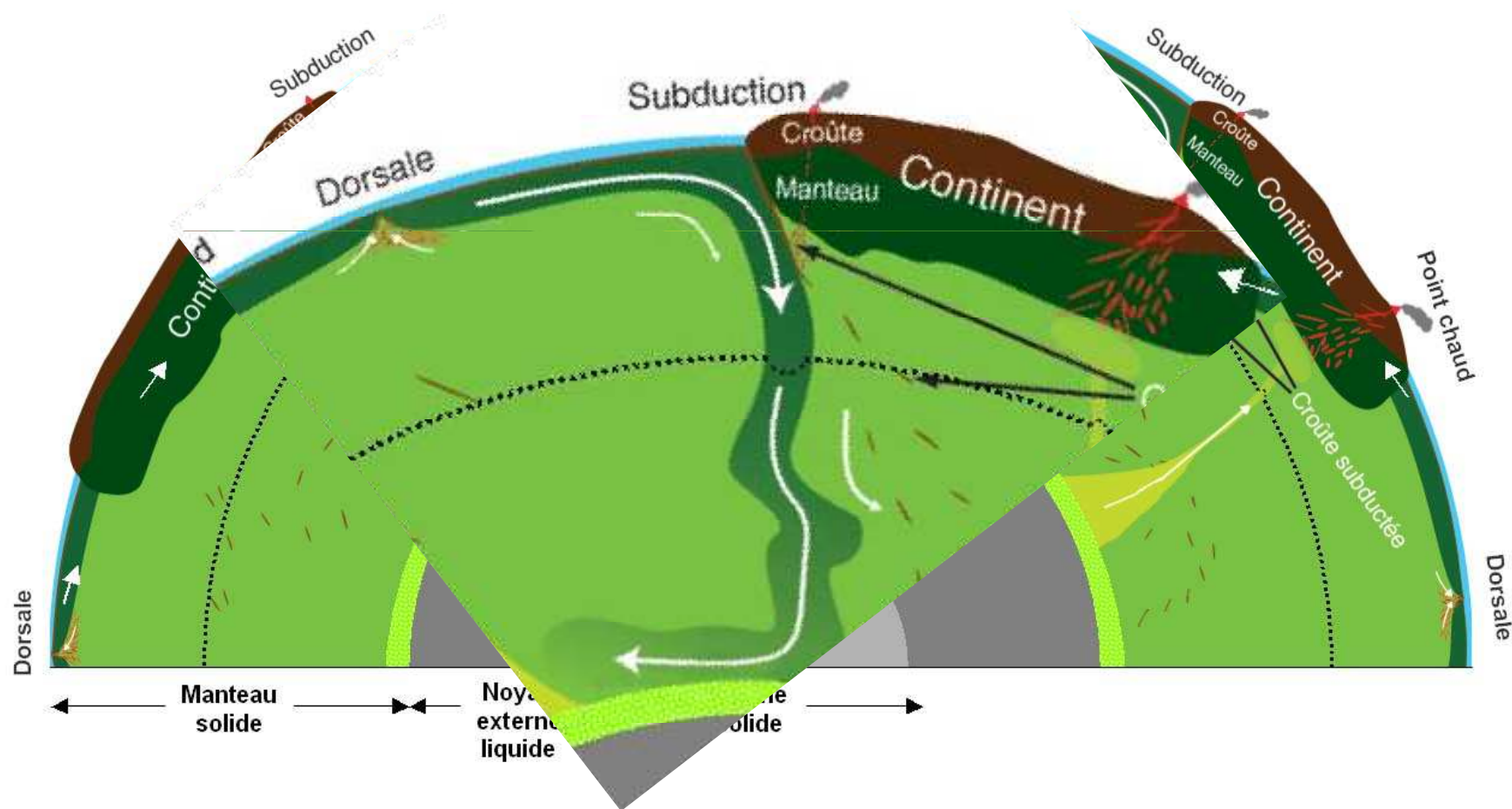
Le moteur du mouvement des plaques



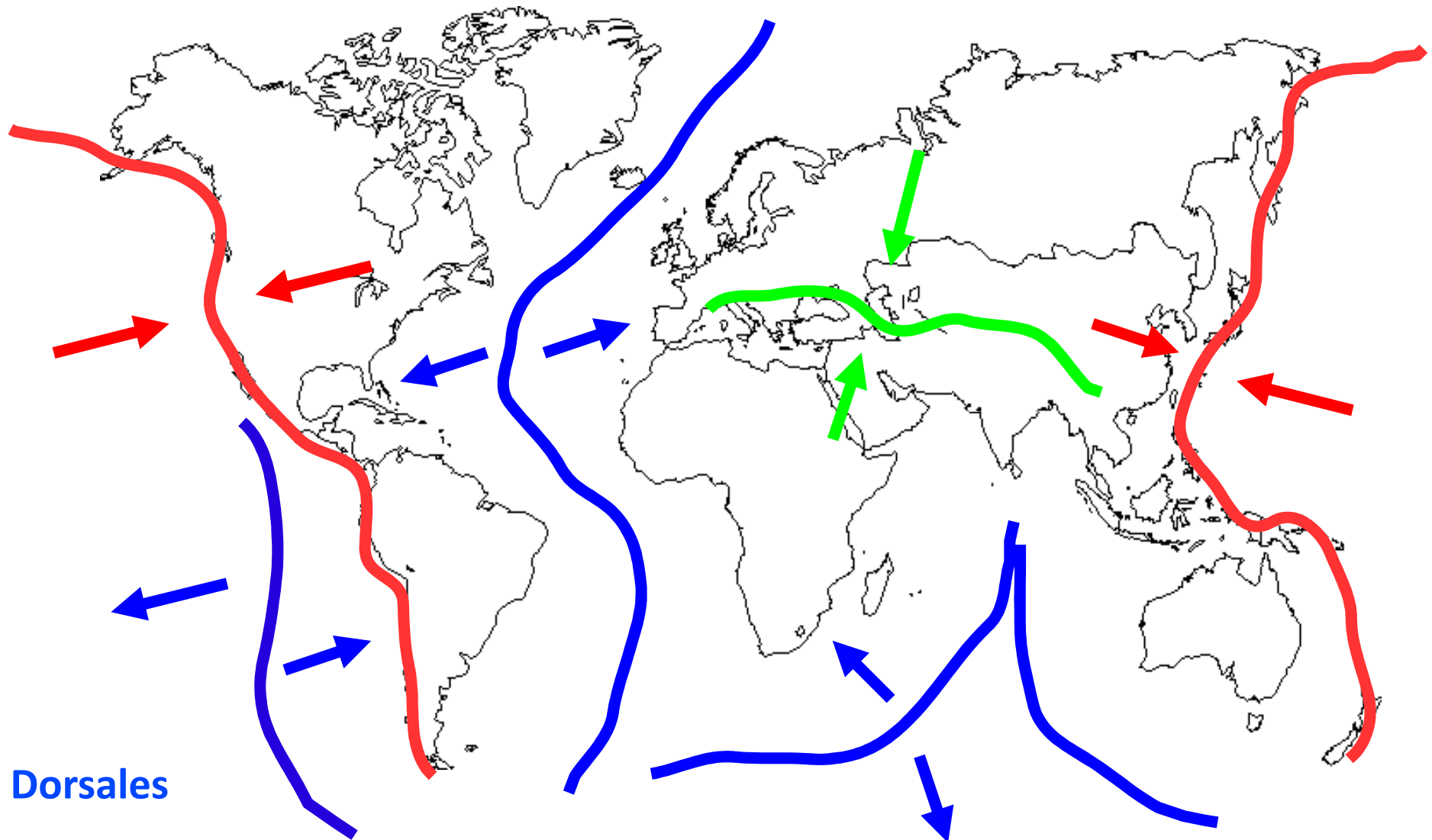
Le moteur du mouvement des plaques



Un modèle actuel de convection



Problème de l'ouverture Atlantique???

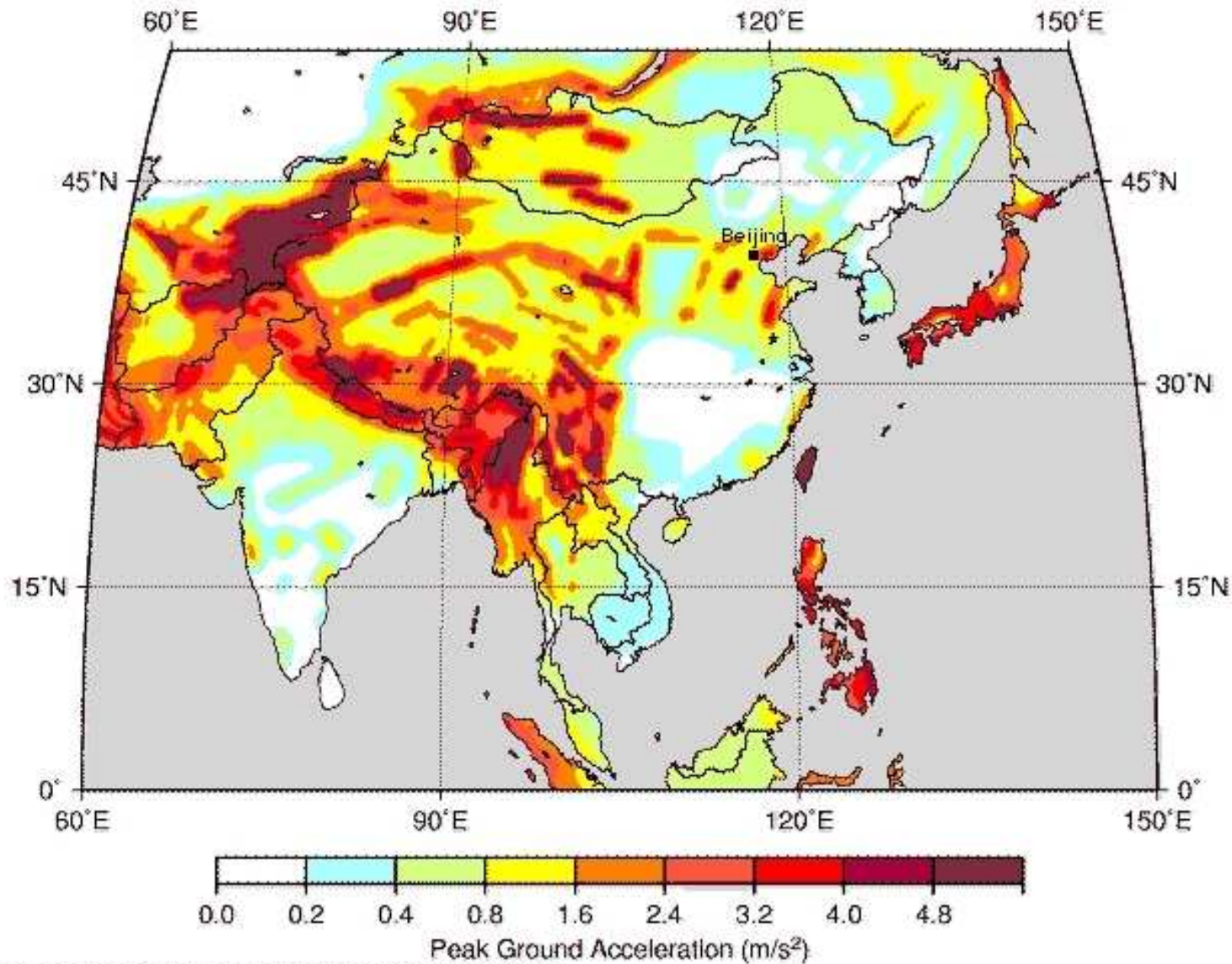


Dorsales

Fosses océaniques

Chaînes de montagne

Des plaques déformables???



GLOBAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT PROGRAM :

<http://geology.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?site=http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/>

Modèle conceptuel

- **idée** qu'on se fait à un moment donné de la réalité.
- **provisoire** .
- considéré comme **valable** jusqu'à ce que des faits nouveaux conduisent à sa remise en cause ou à son perfectionnement.
- **construit à partir de** faits concrets.
- **permet d'expliquer** des faits constatés et éventuellement de prévoir des faits à venir.