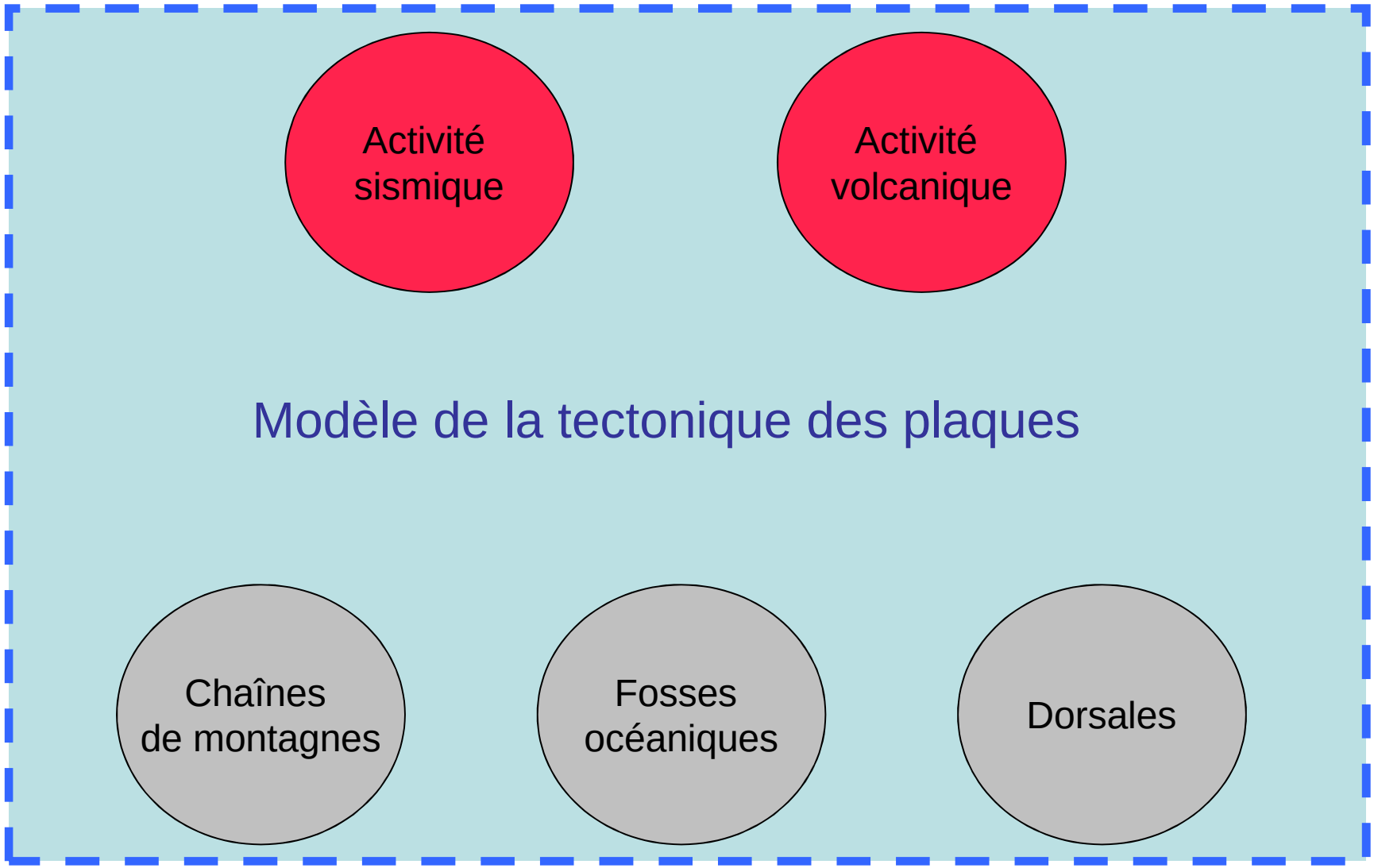
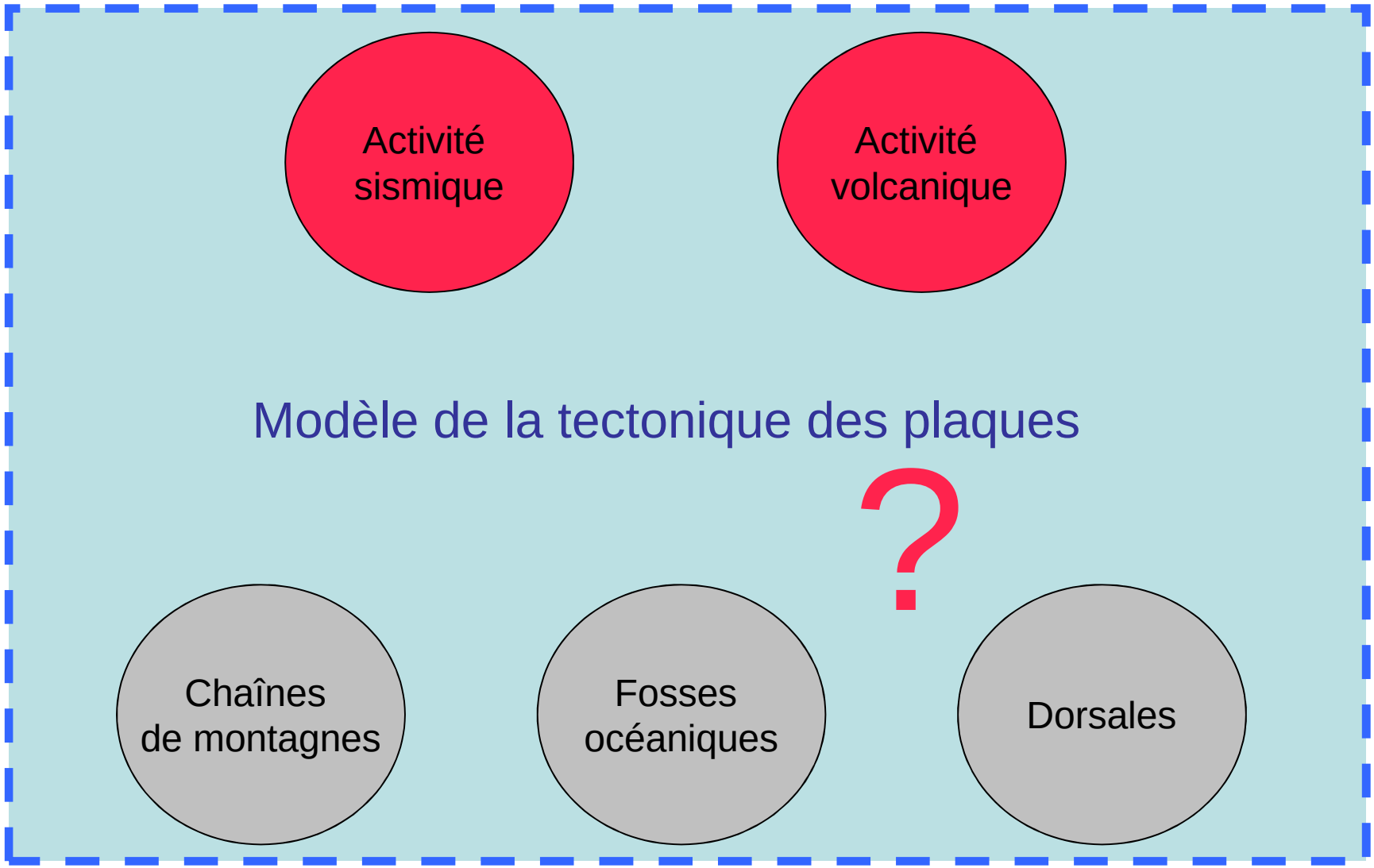
Aujourd'hui


Activité sismique
Activité volcanique
Modèle de la tectonique des plaques
Chaînes de montagnes
Fosses océaniques
Dorsales

Début 20ème siècle….



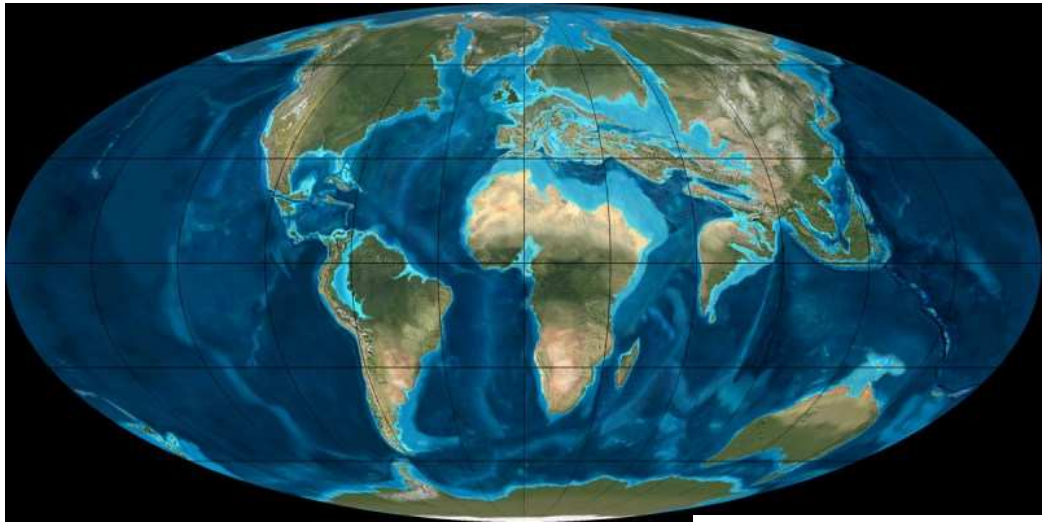
Chapitre 3 : La tectonique des plaques : histoire d'un modèle

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

Cf activité 16

A. Les continents et les océans avant Wegener

Théorie fixiste



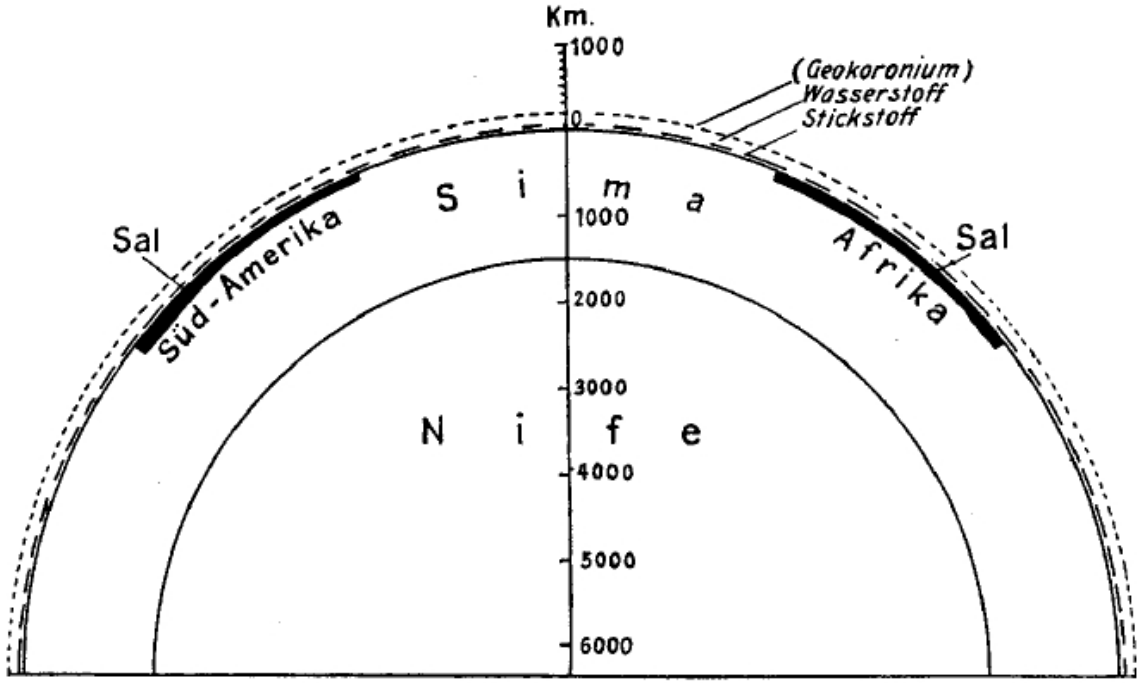
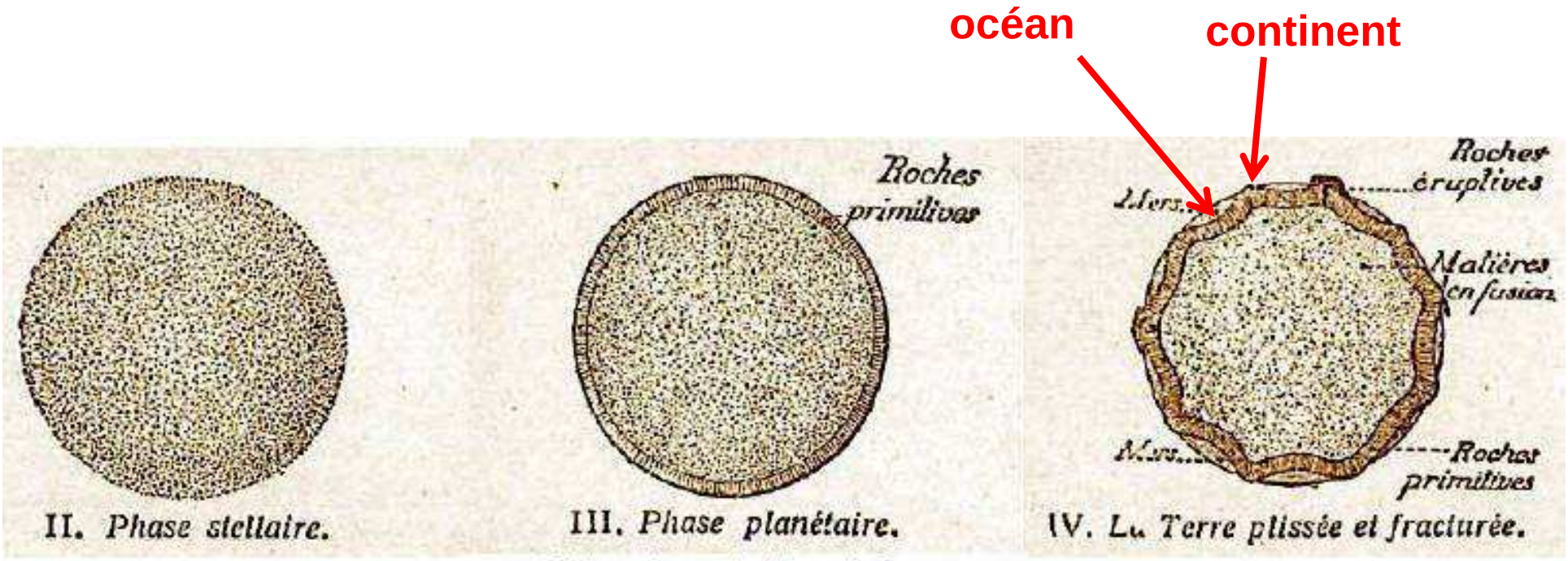


Fig. 2. Schnitt im grössten Kreise durch Südamerika und Afrika, in getrennten Grössenverhältnissen.

La théorie de Suess

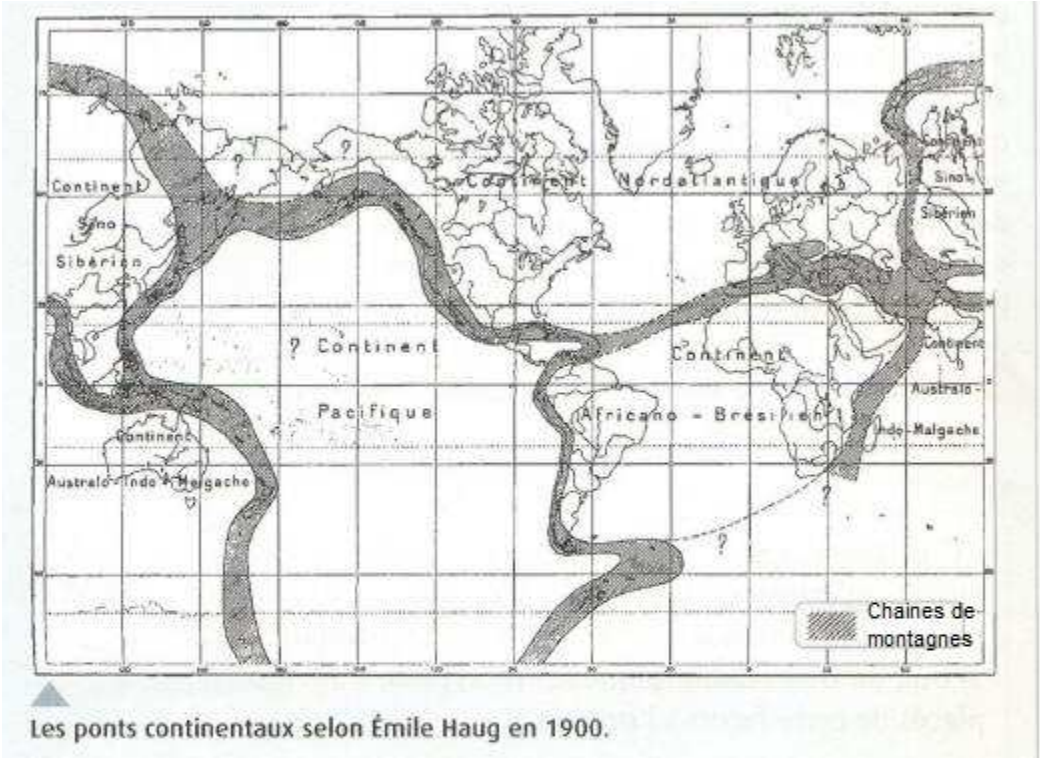


Schémas étayant la théorie de Suess

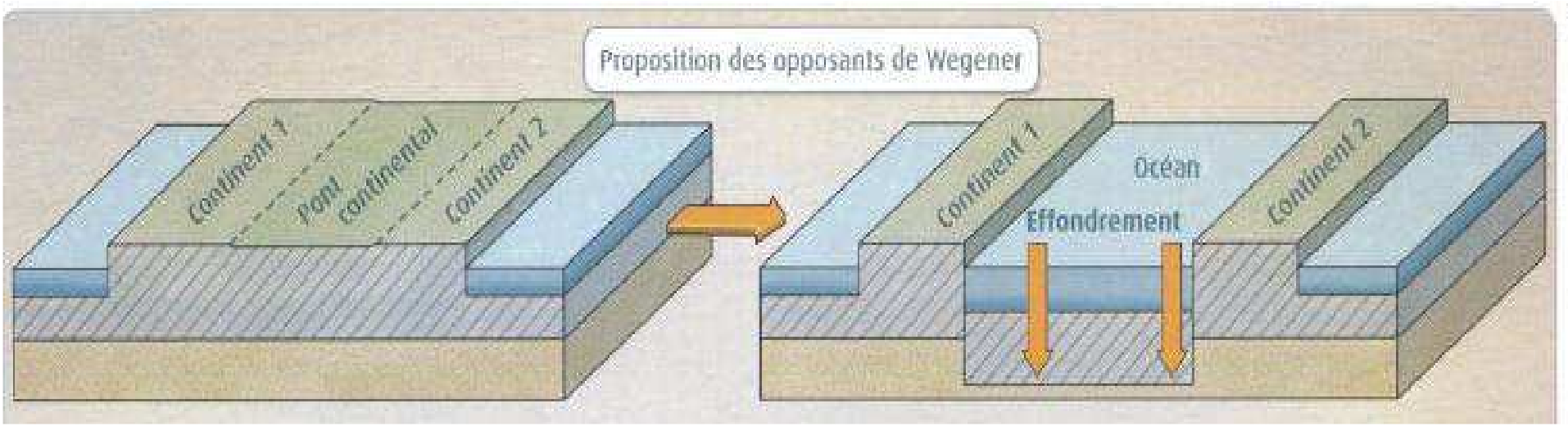
Refroidissement => contraction thermique

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

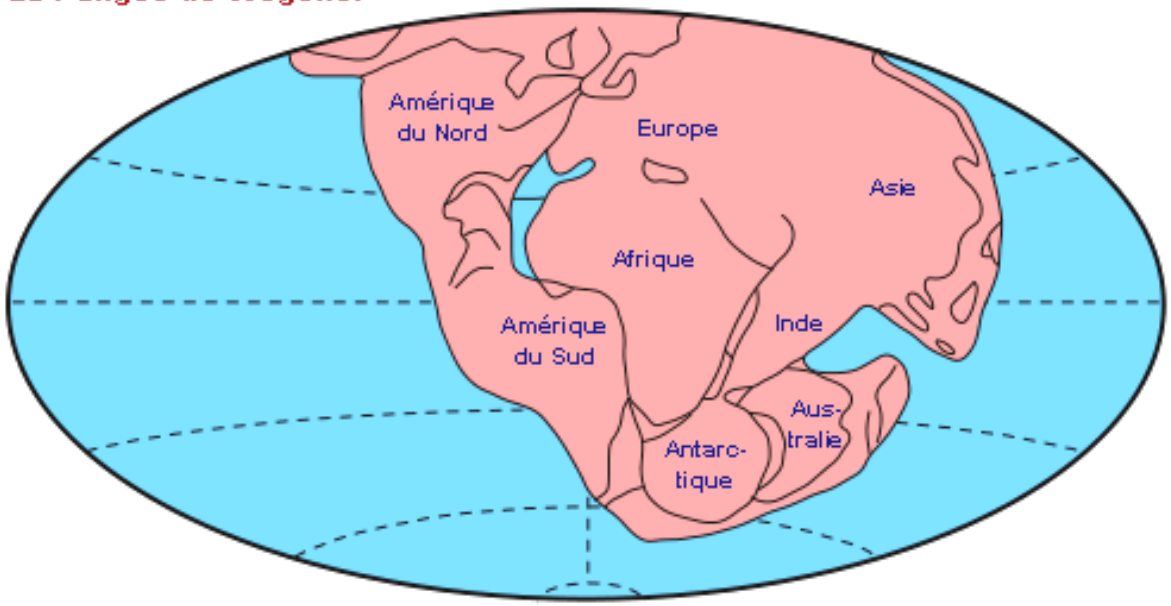
A. Les continents et les océans avant Wegener

B. Les arguments utilisés par Wegener

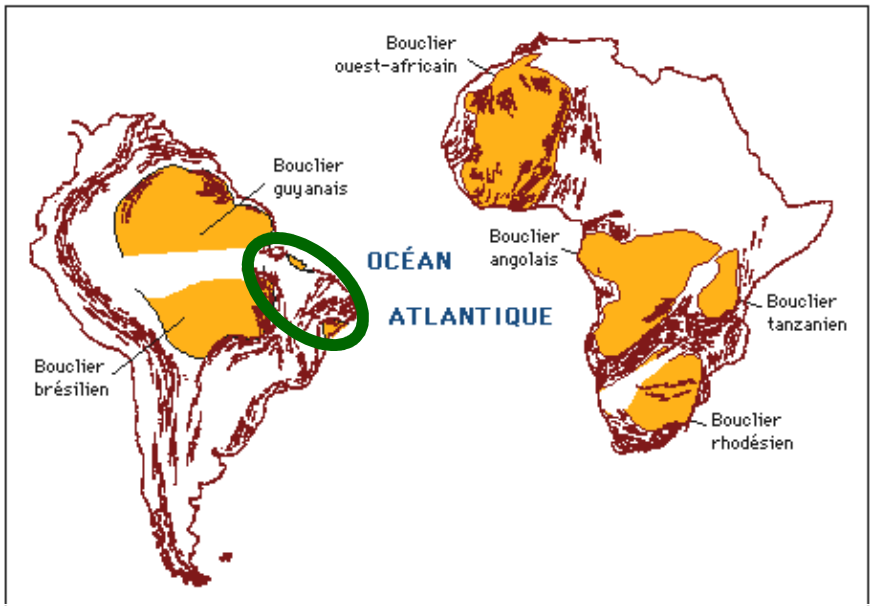
Des arguments géographiques

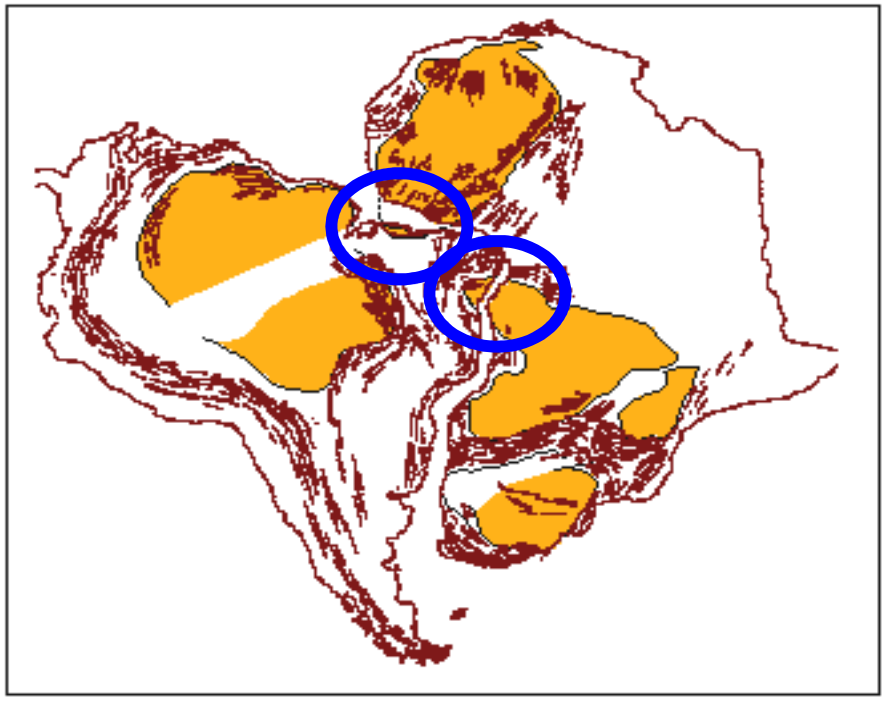
Position actuelle des continents

La Pangée de Wegener



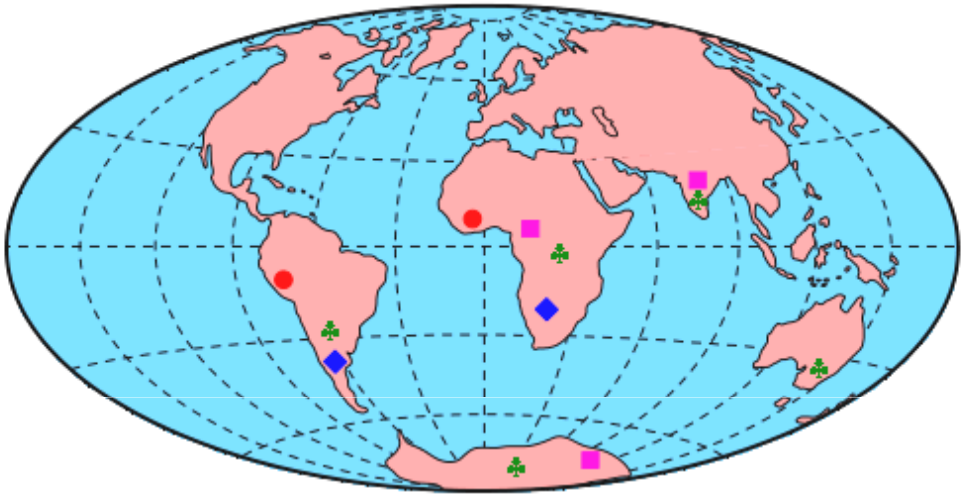
Des arguments géologiques



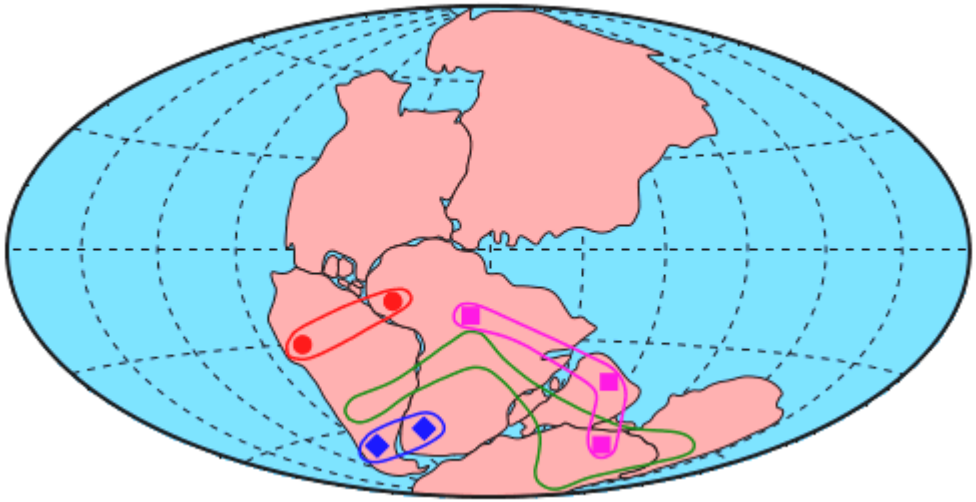


Des arguments paléontologiques

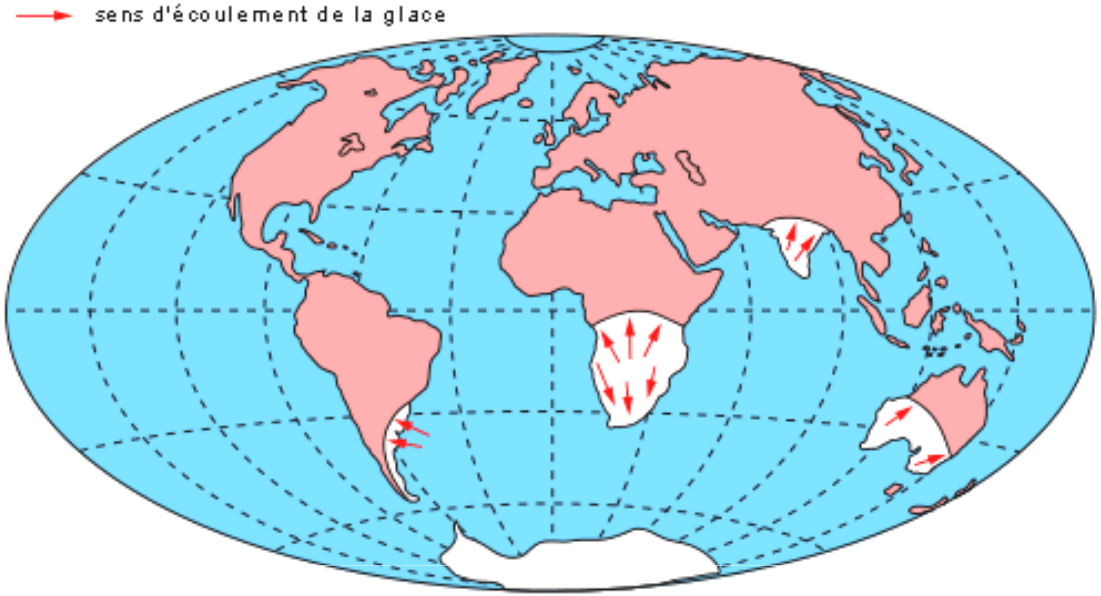
- Cynognathus: reptile prédateur terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- Mesosaurus: petit reptile de lacs d'eau douce, il y a 260 Ma
- Lystrosaurus: reptile terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- Glossopteris: plante terrestre d'il y a 240 Ma



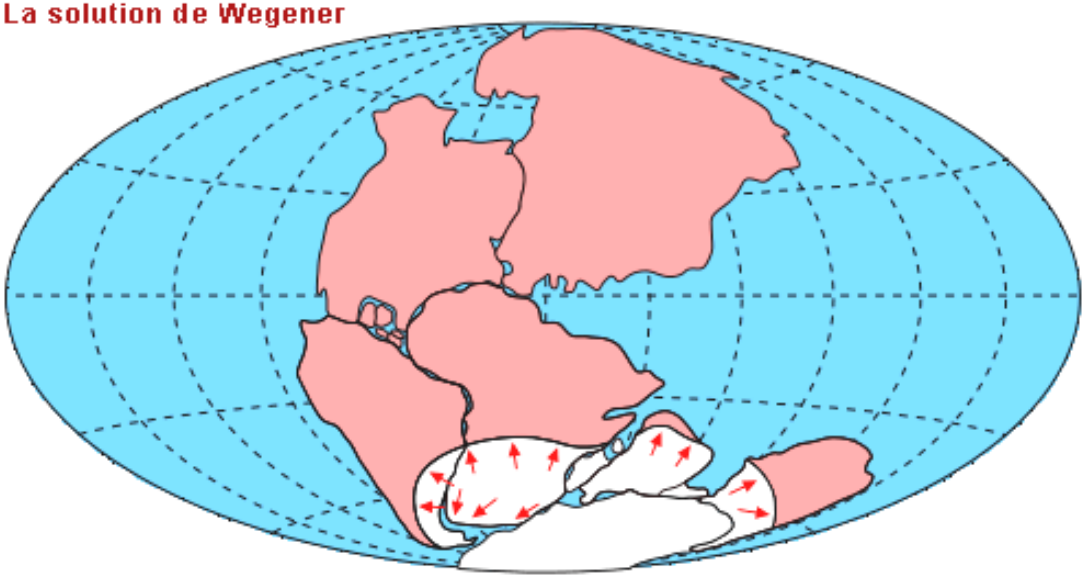
La solution de Wegener



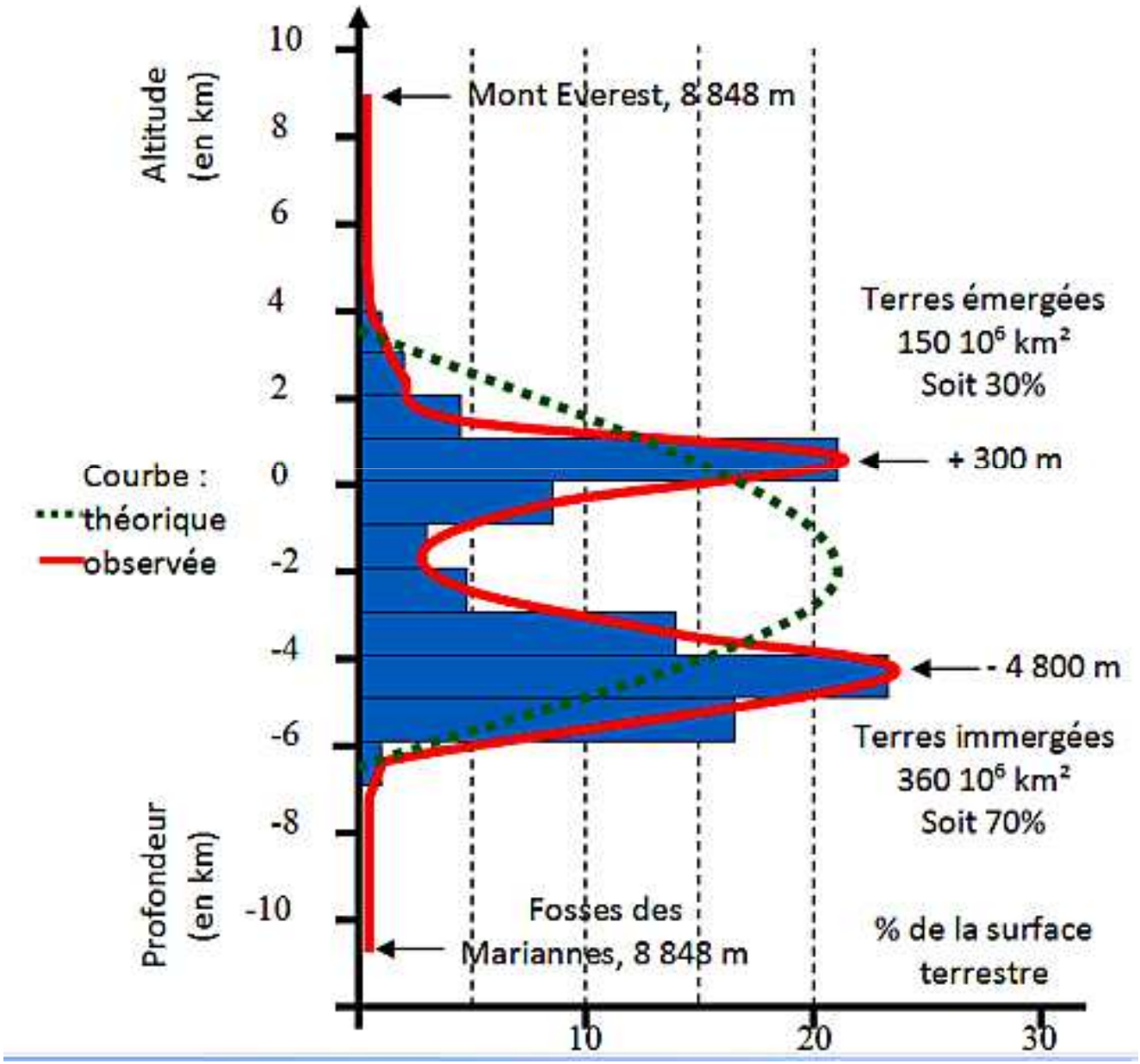
Des arguments climatiques



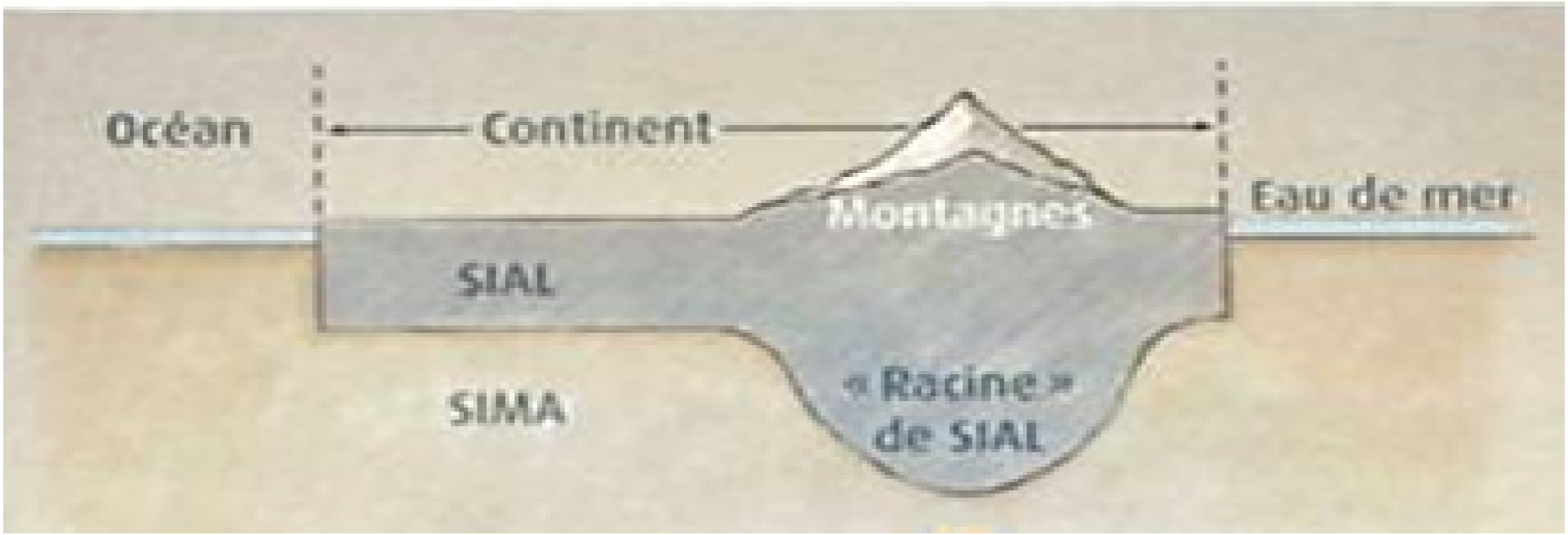
La solution de Wegener



Des arguments altimétriques



La distinction océan/continent selon Wegener



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

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

A. Les continents et les océans avant Wegener

B. Les arguments utilisés par Wegener

C) La théorie de la dérive des continents

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

« *S**i 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 »*

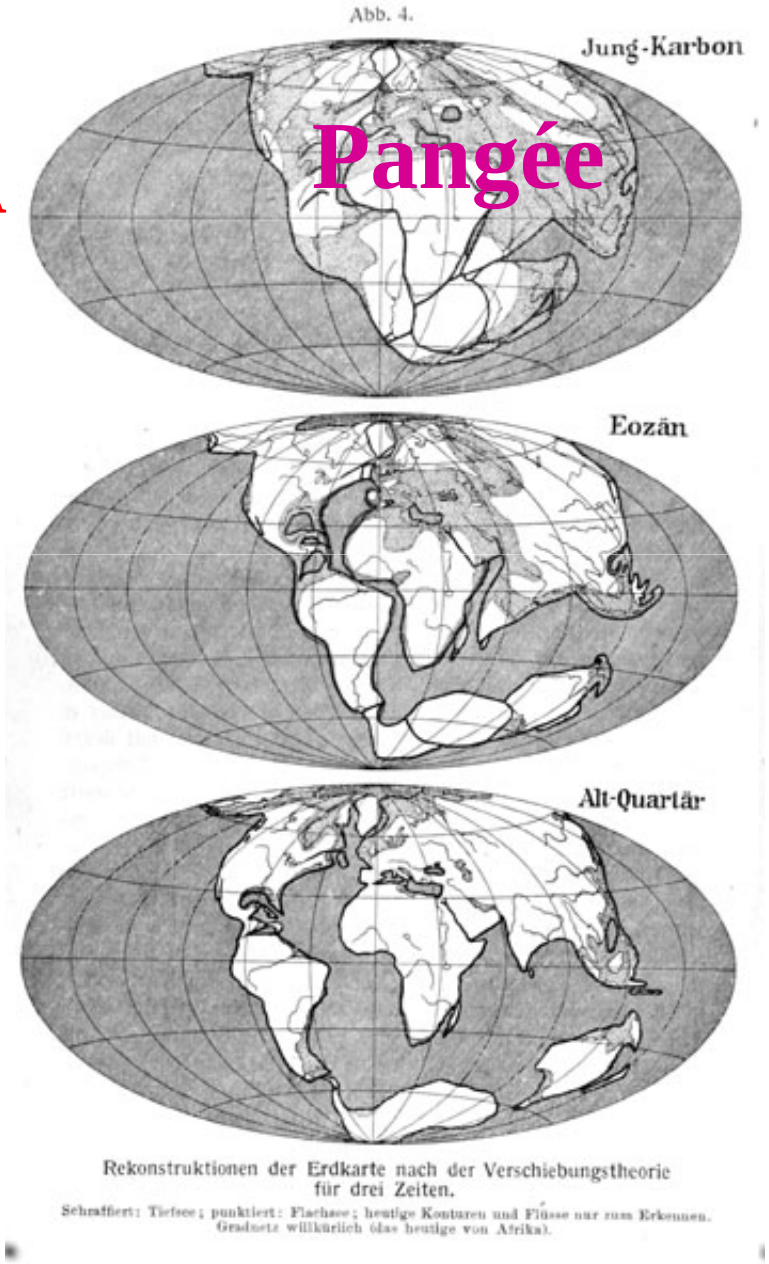
(Alfred Wegener, La genèse des continents et des océans , 1928 ; réédition, Paris, C. Bourgois, 1990, p.21)

La « dérive des continents » de Wegener

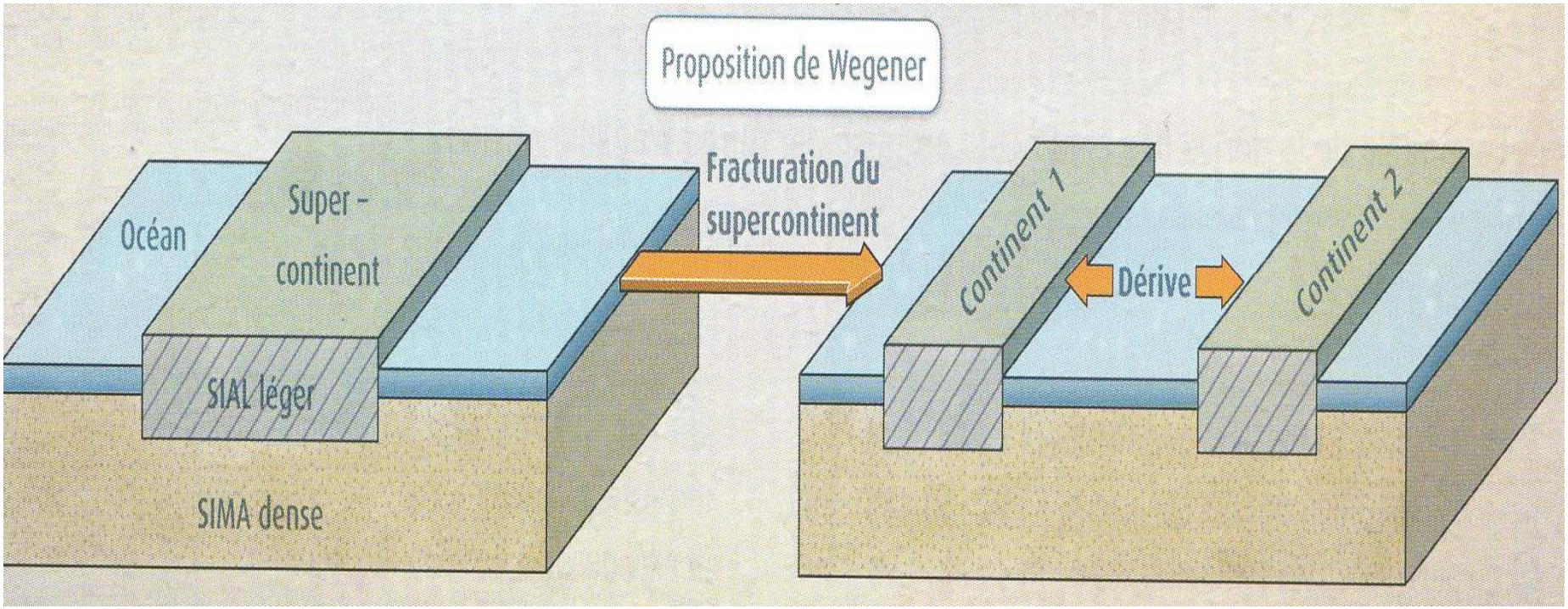
Alfred Wegener

245 MA

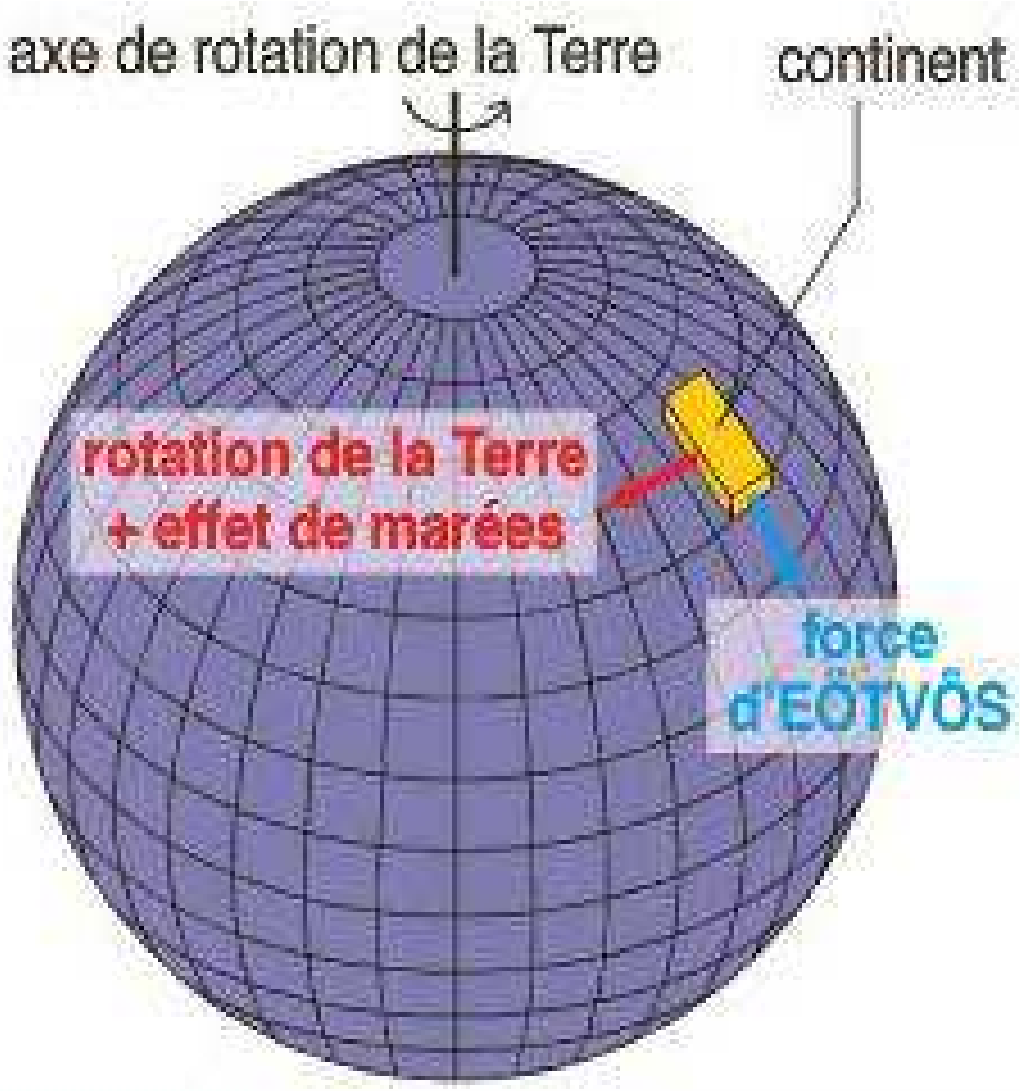
Fragmentation du « super continent » et « dérive des continents »



La fragmentation du « supercontinent »



Le « moteur » proposé par Wegener



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

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

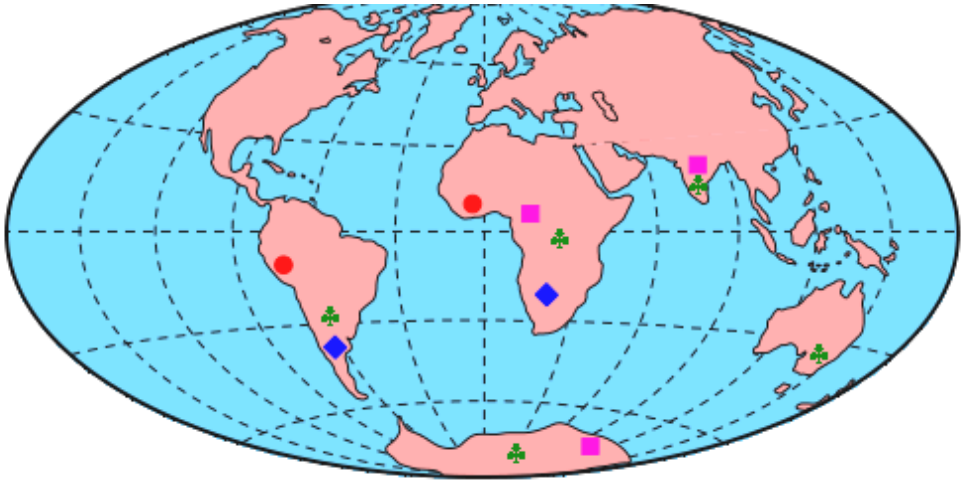
A. Les continents et les océans avant Wegener

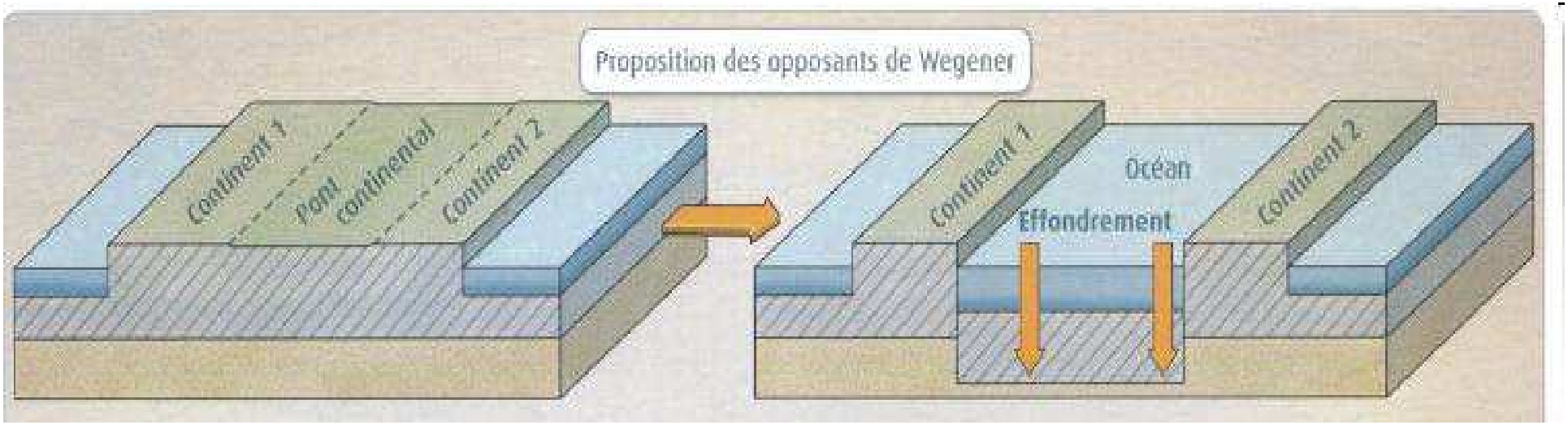
B. Les arguments utilisés par Wegener

C) La théorie de la dérive des continents

D) Le rejet de la théorie

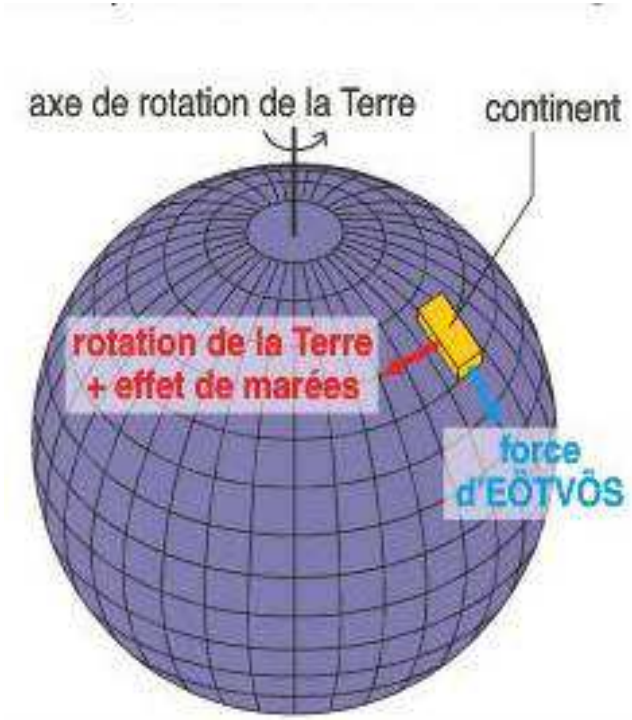
Les « ponts continentaux » d'Emile Haug



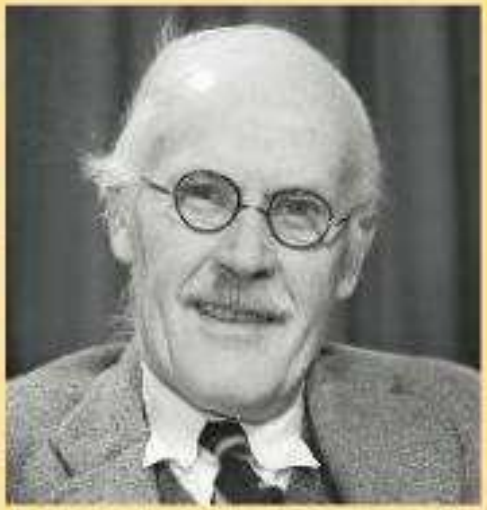


Les espèces fossiles présentes sur des continents différents ont pu se déplacer par l'intermédiaire de ces « ponts continentaux »…

Rejet de la théorie par Harold Jeffrey (1924)



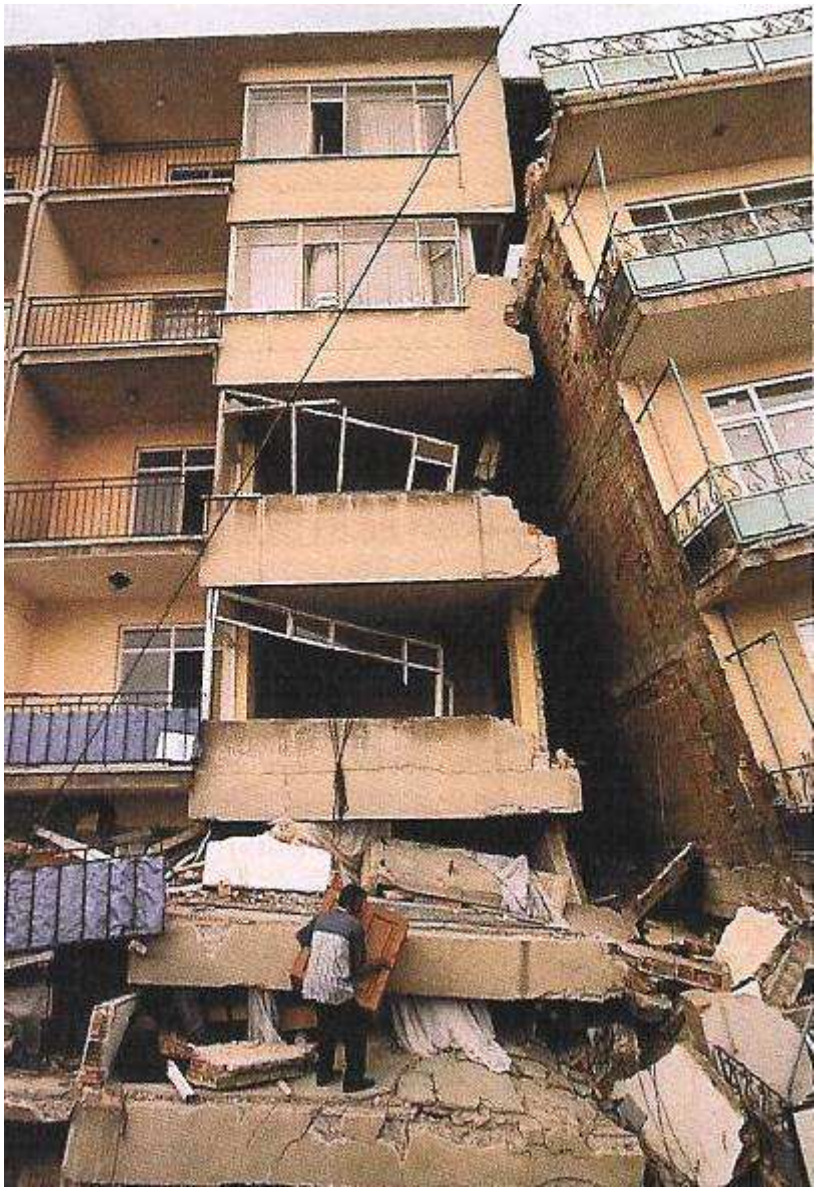
«... la supposition selon laquelle la Terre pourrait être déformée indéfiniment par de petites forces à la seule condition que celles-ci agissent longtemps, est donc une supposition très dangereuse, qui peut conduire à des erreurs graves. [...] Une dérive séculaire des continents, telle qu'elle a pu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



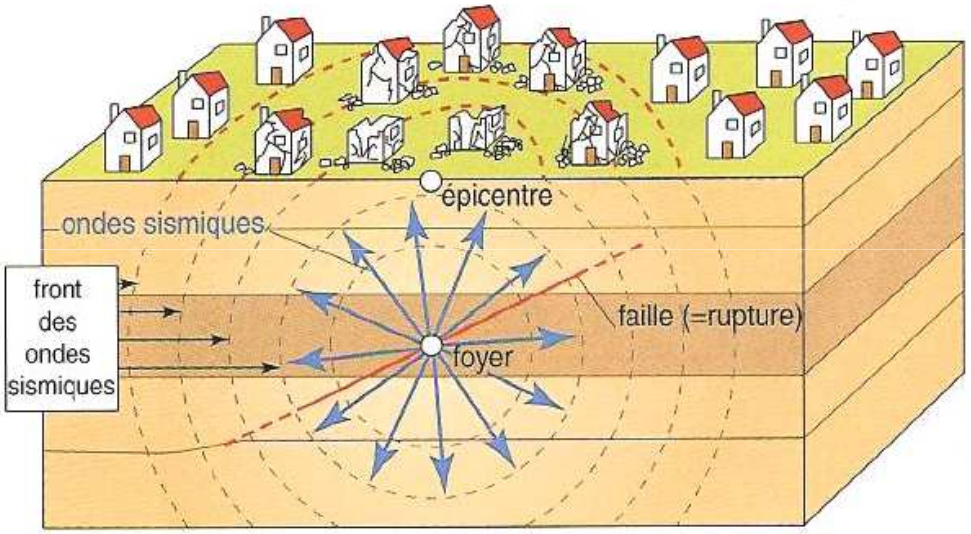
D'après Harold Jeffreys.

les forces supposées par Wegener ont une amplitude 2,5 10^5 fois trop faible pour mouvoir et déformer les énormes blocs que supposent les continents…

Les ondes sismiques

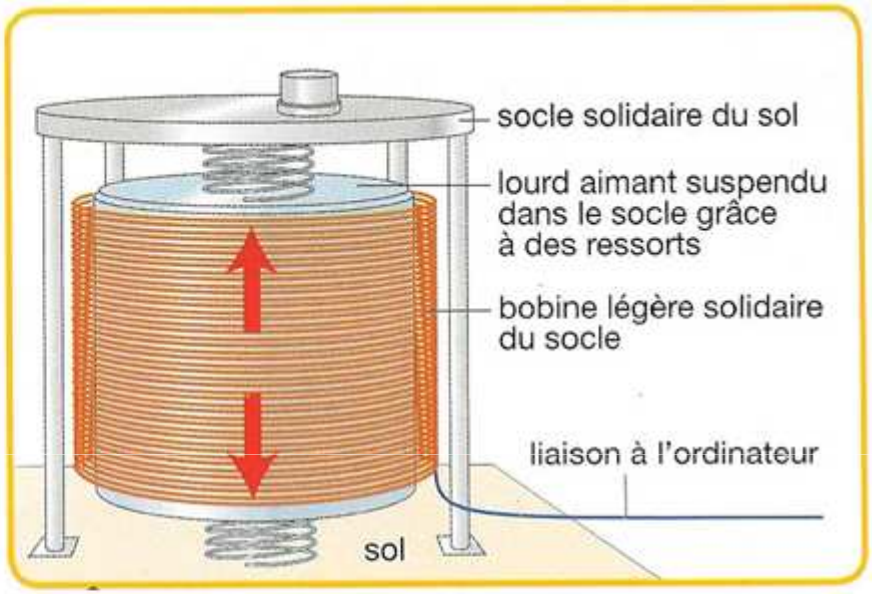


Effets en surface d'un séisme destructeur



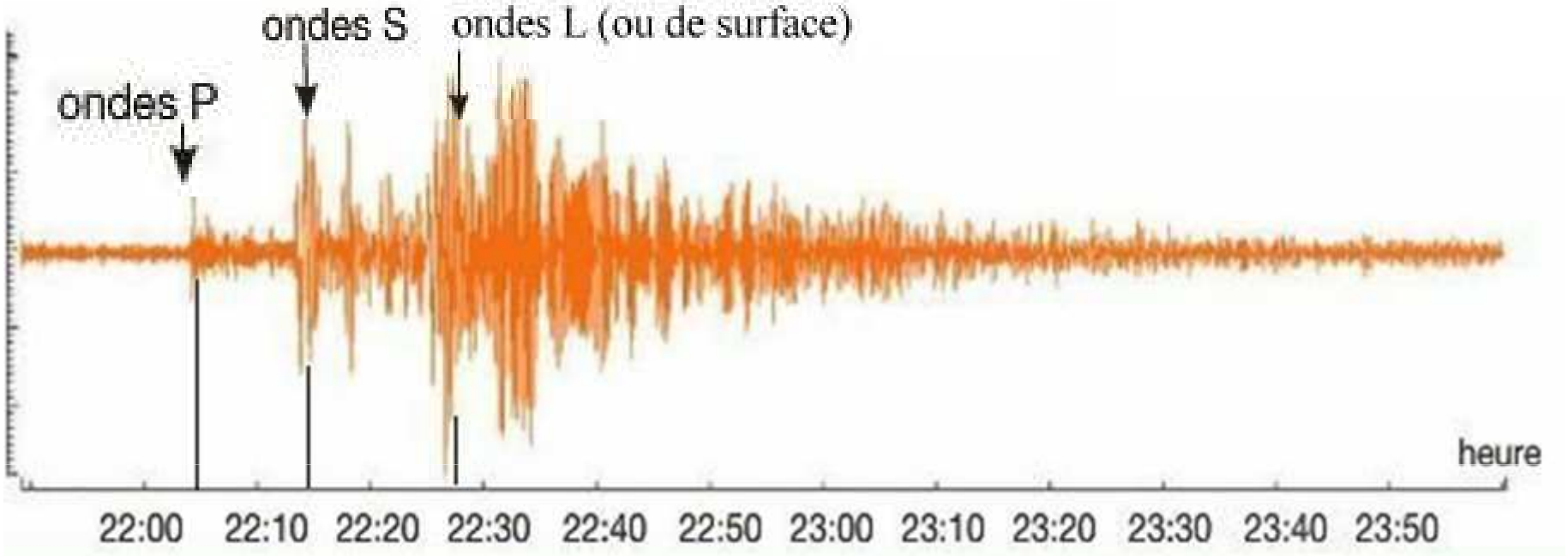
Les foyers des séismes sont situés entre 1 et 700 km de profondeur, le plus souvent à moins de 30 km. Rappel : rayon de la Terre = 6 400 km.

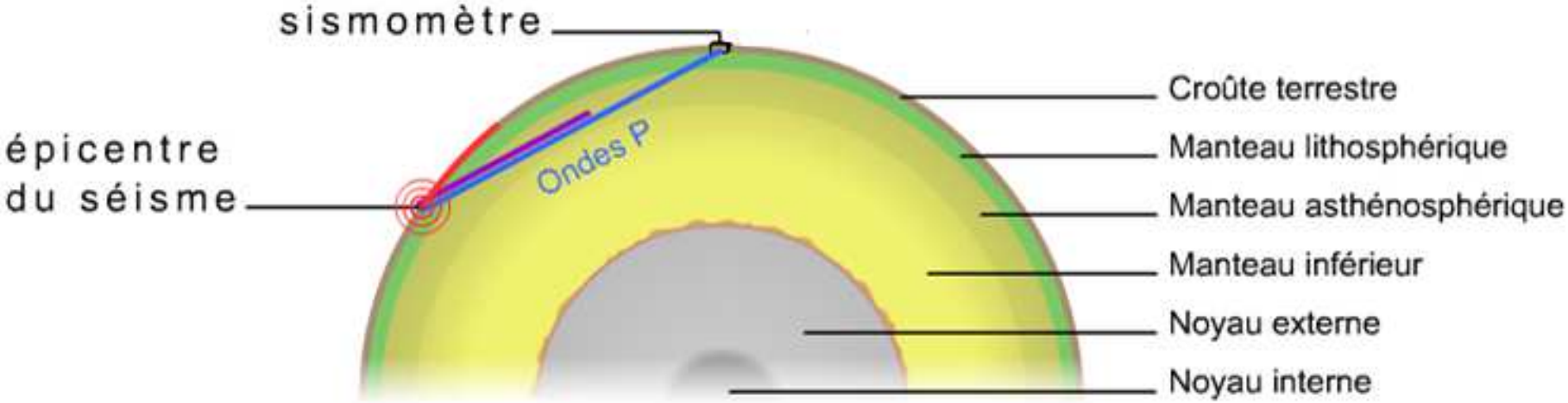
Principe du sismomètre



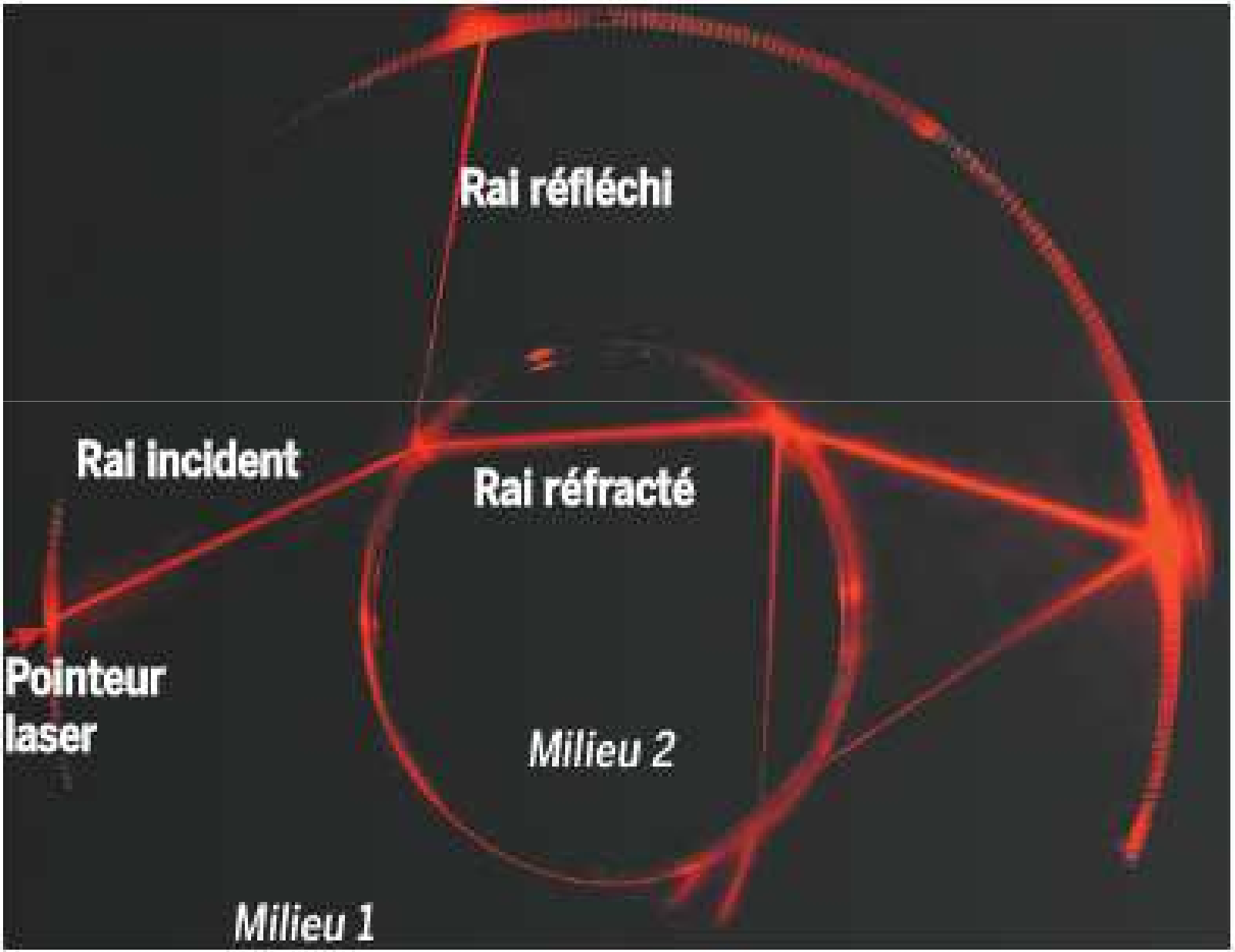
Principe d'un sismomètre.
Quand des vibrations arrivent au sismomètre, la bobine légère, solidaire du socle, suit ces vibrations. L'aimant, plus lourd, bouge plus lentement que la bobine. Les mouvements relatifs de la bobine et de l'aimant génèrent de faibles courants électriques proportionnels aux vibrations.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

3 types d'ondes sismiques





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 Asociation of the Petroleum Geologists, 1928, p.87).

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

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

A. Les continents et les océans avant Wegener

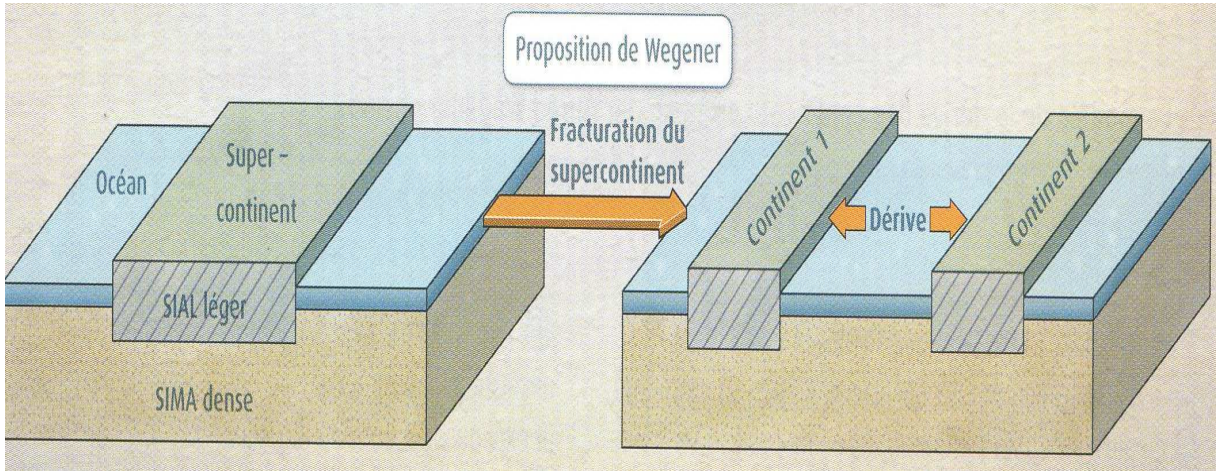
B. Les arguments utilisés par Wegener

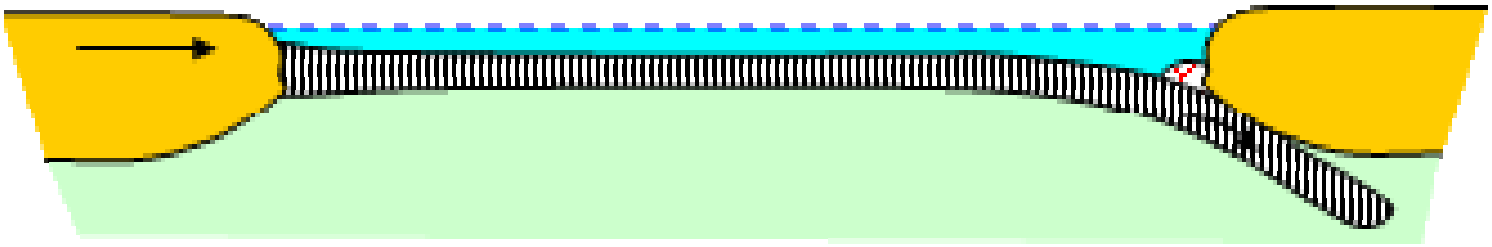
C) La théorie de la dérive des continents

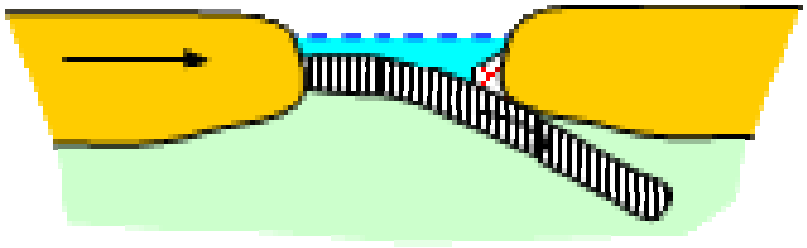
D) Le rejet de la théorie

E) 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 pourrons 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. Bourgois, 1990, p.XIII-XIV).

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

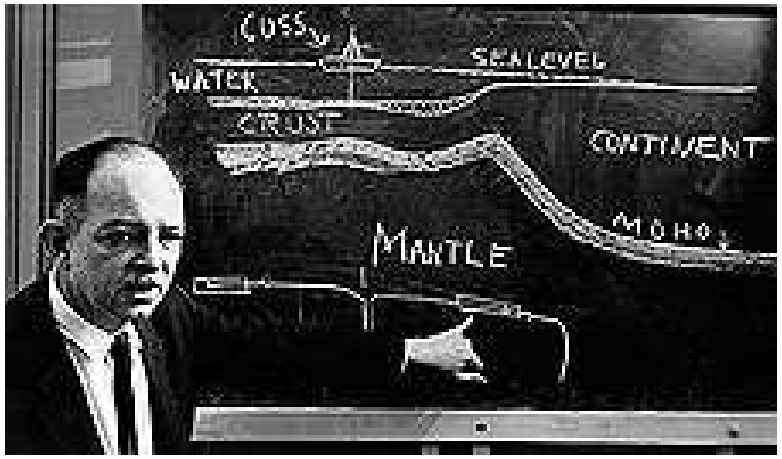
I. Début 20ème siècle, Wegener et la dérive des continents.

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

Cf activité 17

A) L'élaboration du modèle de Hess

1960 : L'hypothèse de Hess



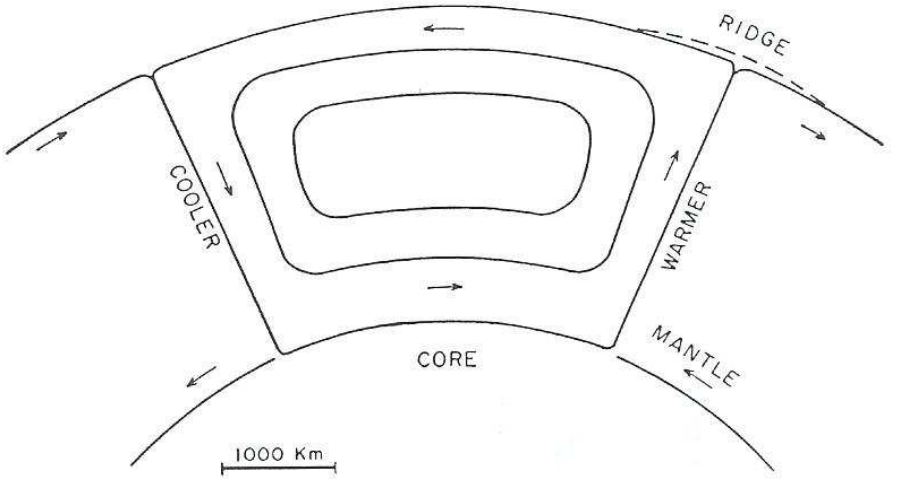


Figure 8. Possible geometry of a mantle convection cell

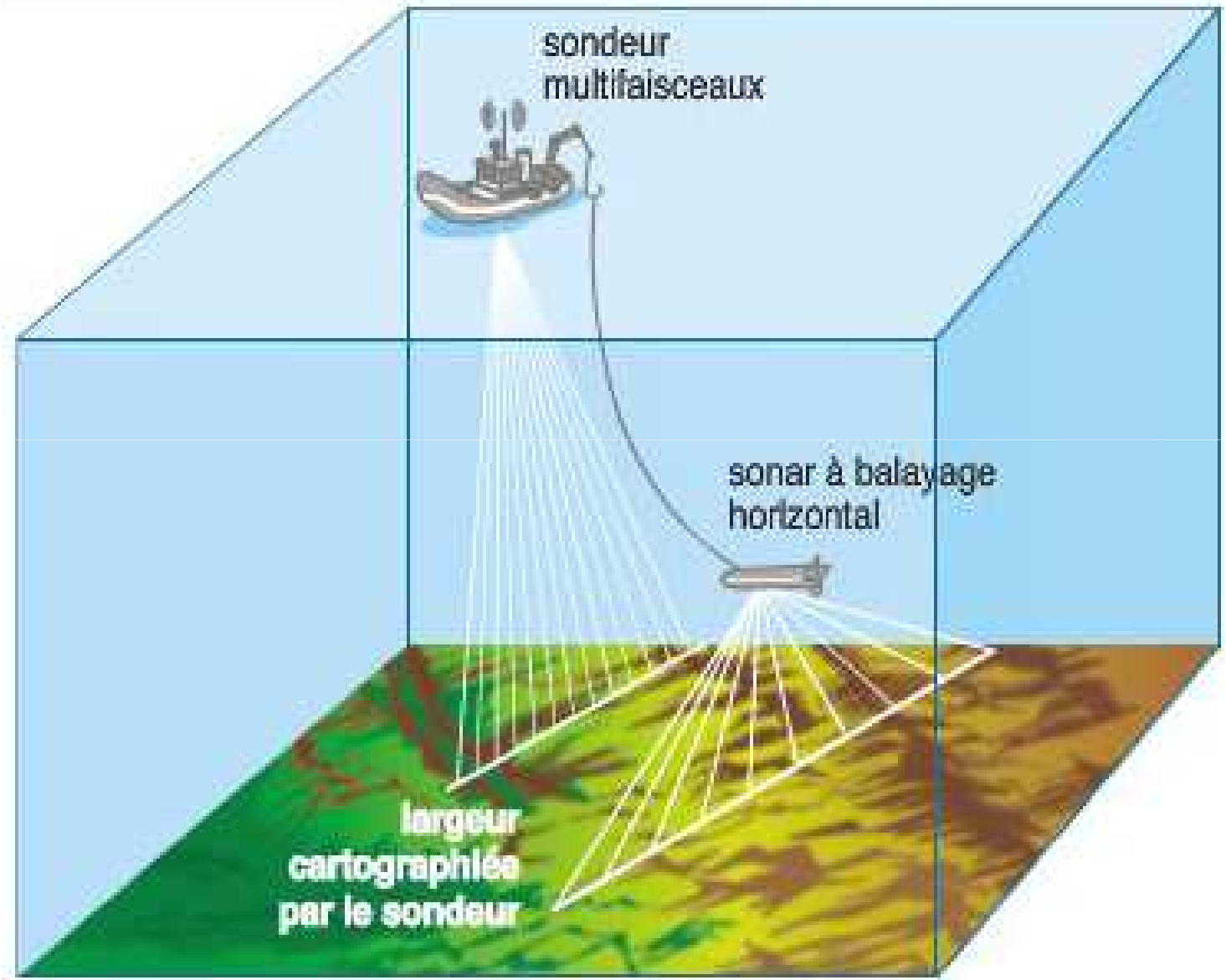
Hess affirme que le manteau terrestre est affecté de **larges mouvements de convection** et que les dorsales mettent en évidence **les courants ascendants** et les fosses océaniques **les courants descendants**.

La croûte océanique est **continuellement créée au niveau des dorsales**. Elle est ensuite entraînée à la surface des cellules de convection, **s'éloigne de part et d'autre des dorsales** et finit par atteindre les fosses où elle **disparaît dans le manteau.**

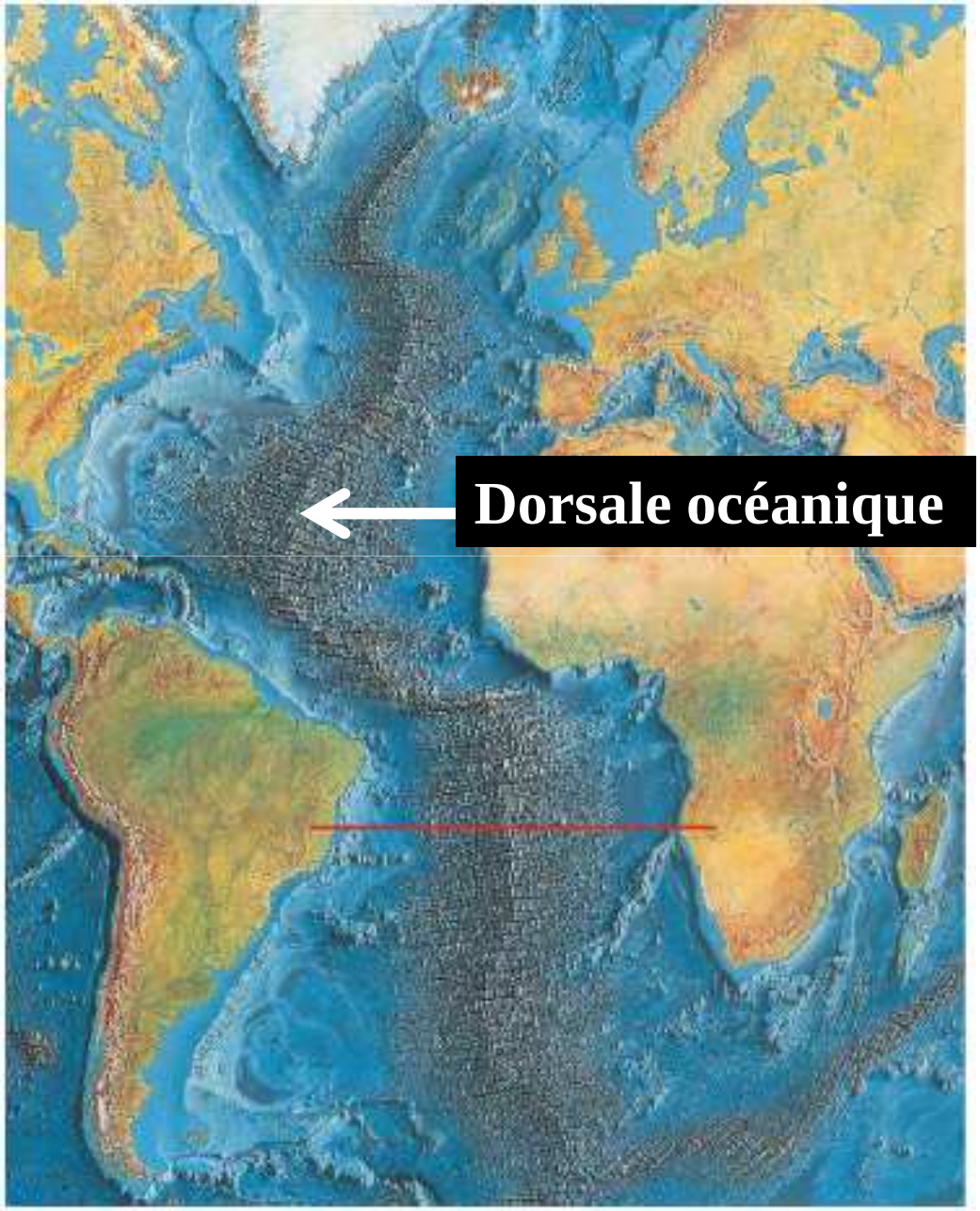
L’élaboration du modèle de Hess

- La découverte du relief des fonds océaniques et du flux géothermique
- La découverte du paléomagnétisme

Relevés topographiques des fonds océaniques



Découverte des reliefs des fonds océaniques

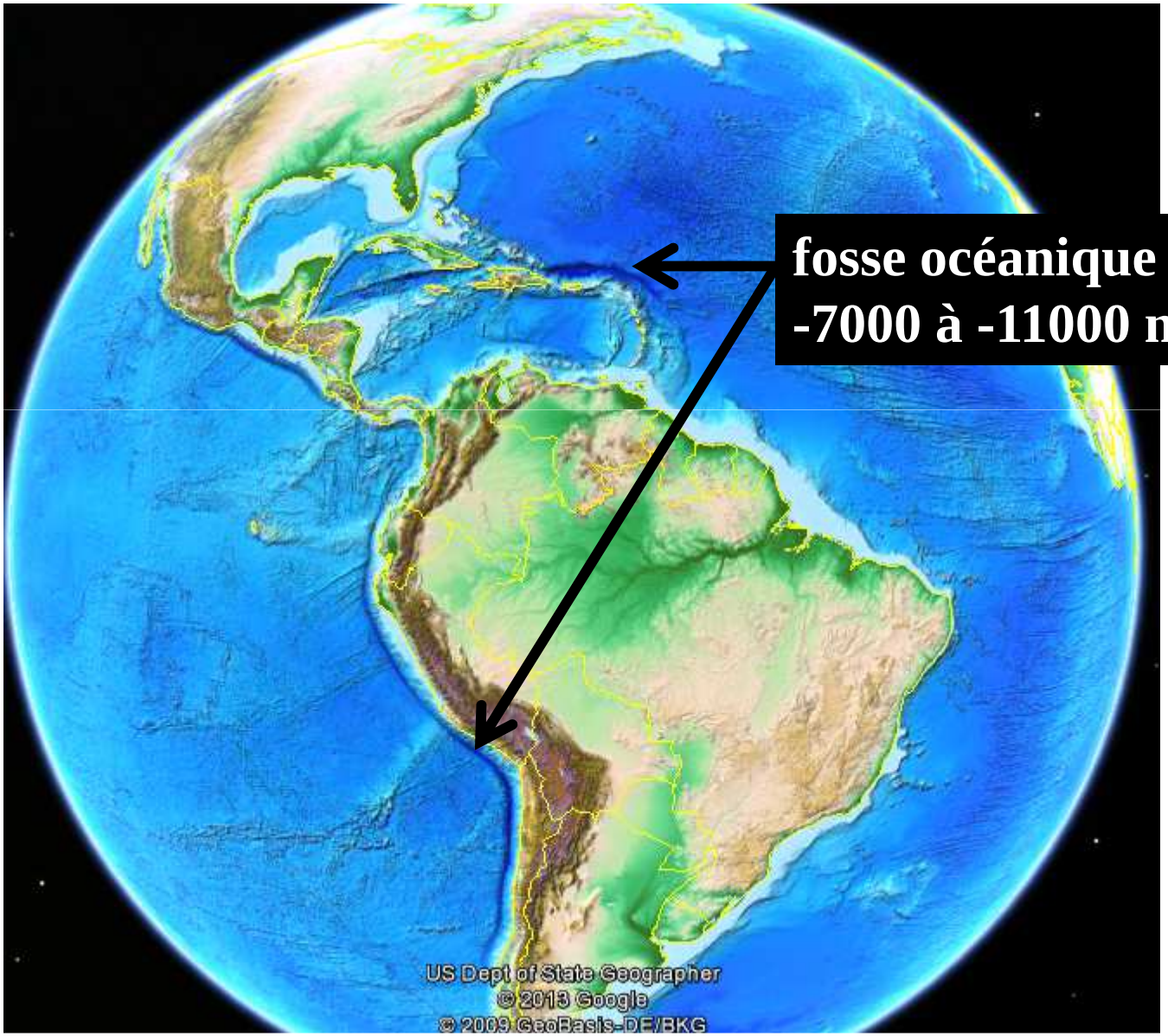


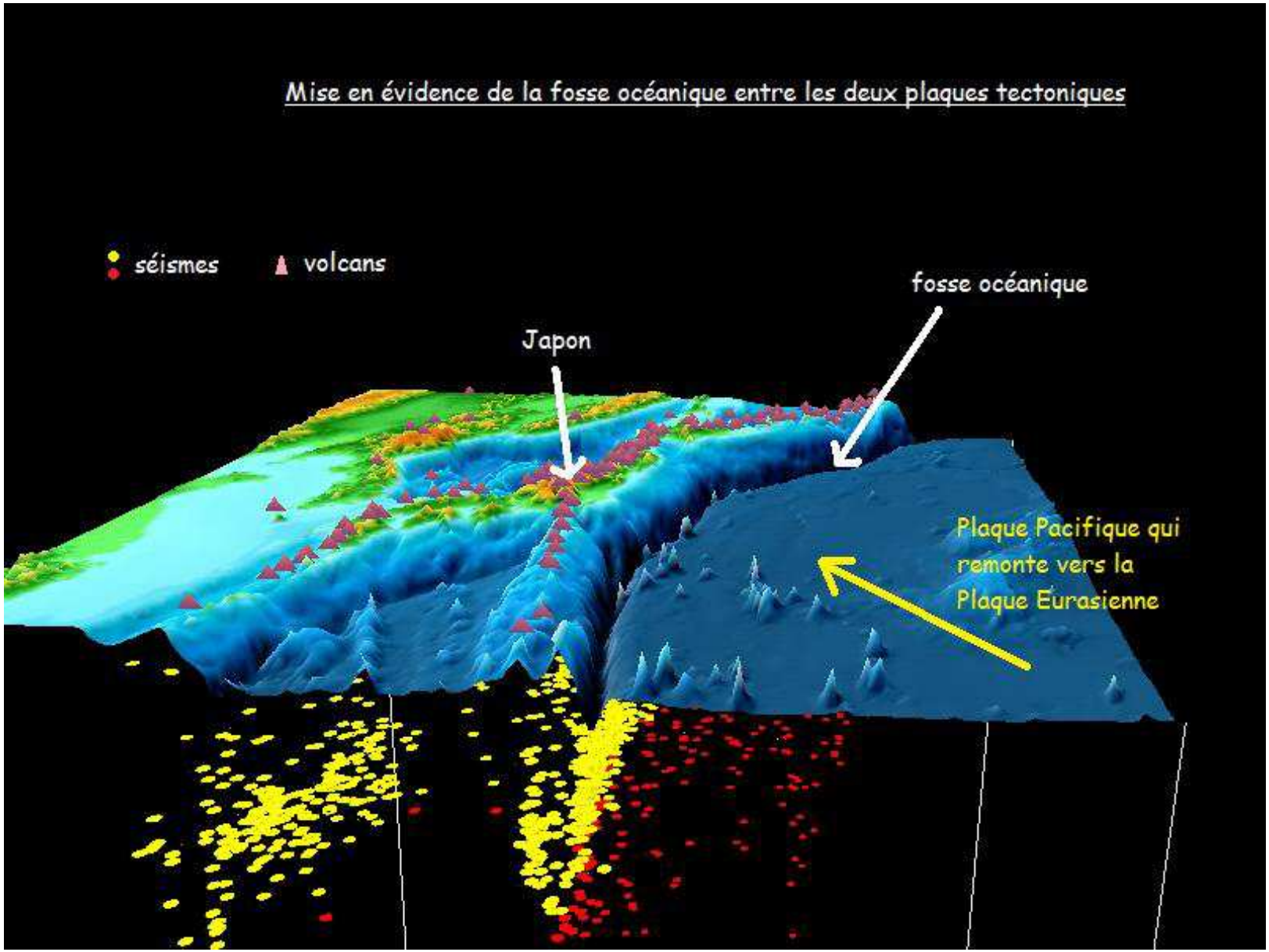
→ 60 000 Km de long

→ 2 000 à 3 000 Km de large

→ 2 000 m de haut

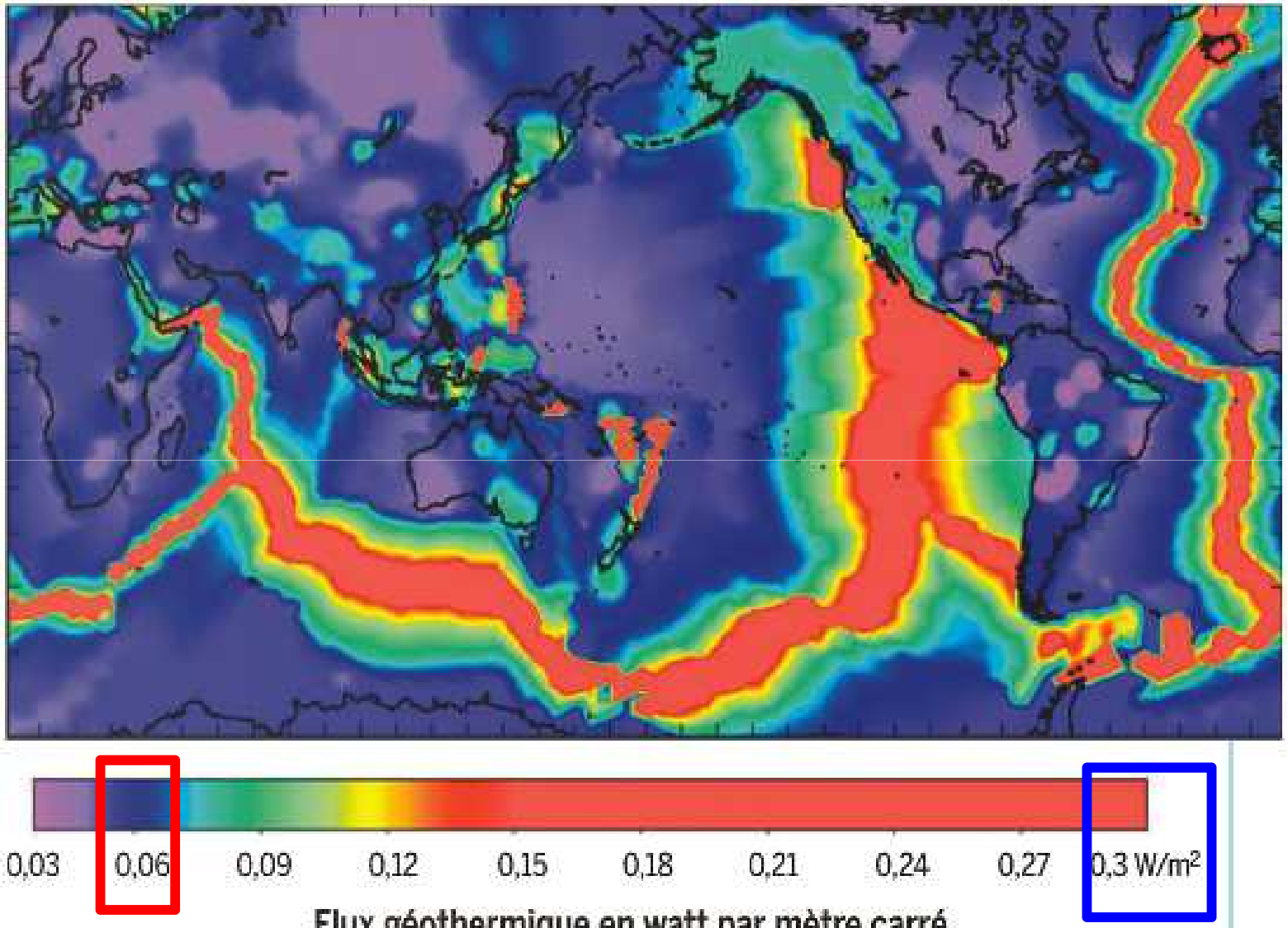
Découverte des reliefs des fonds océaniques




Mise en évidence de la fosse océanique entre les deux plaques tectoniques
séismes
volcans
fosse océanique
Japon
Plaque Pacifique qui remonte vers la Plaque Eurasienne

Principales fosses océaniques

Répartition du flux géothermique



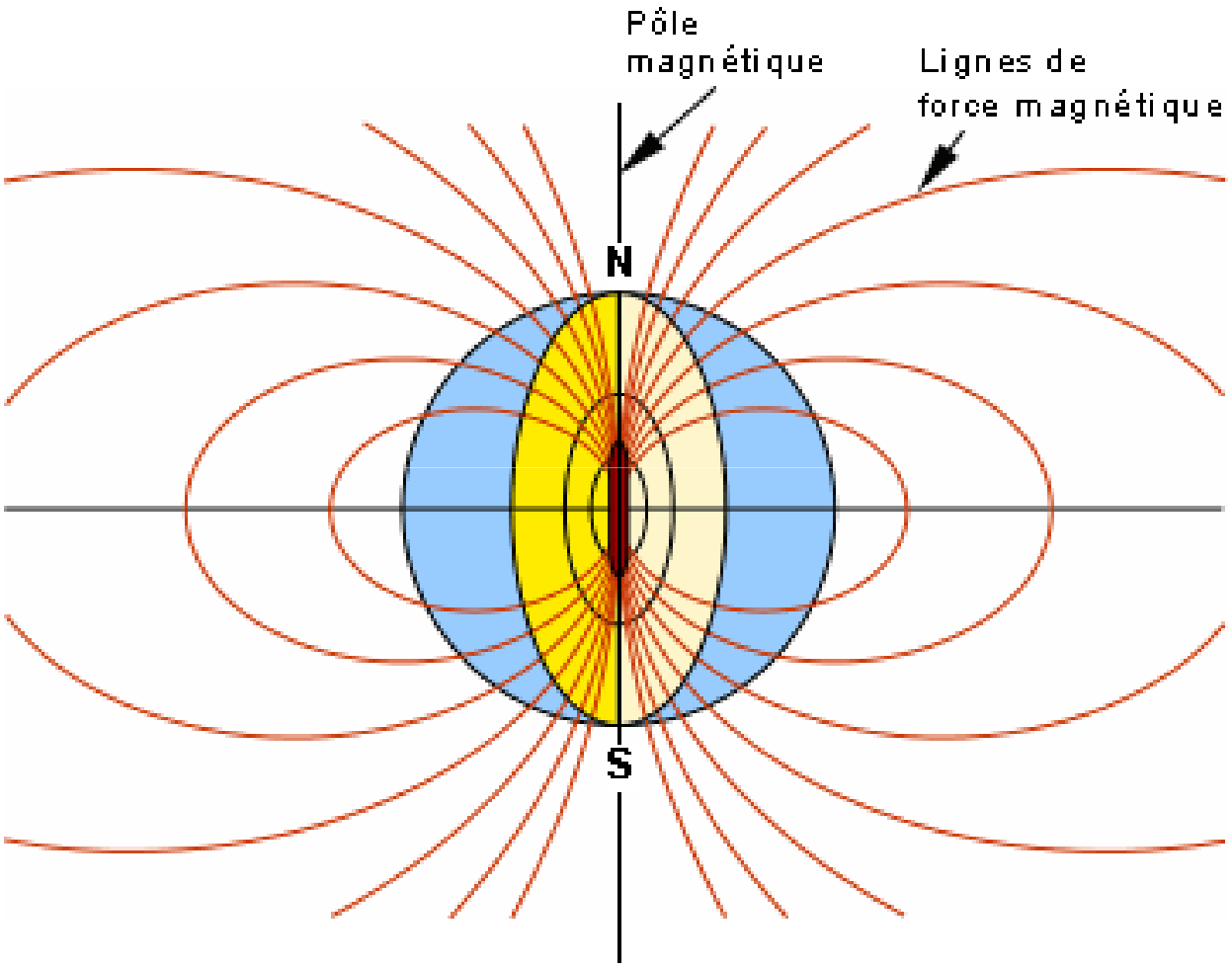
Flux géothermique moyen

Flux géothermique des dorsales

L’élaboration du modèle de Hess

- La découverte du relief des fonds océaniques et du flux géothermique
- La découverte du paléomagnétisme

Le champ magnétique terrestre



Propriétés des cristaux de magnétite

Des grains de magnétites ramassés à l'aide d'un aimant dans le sable des plages du Morbihan

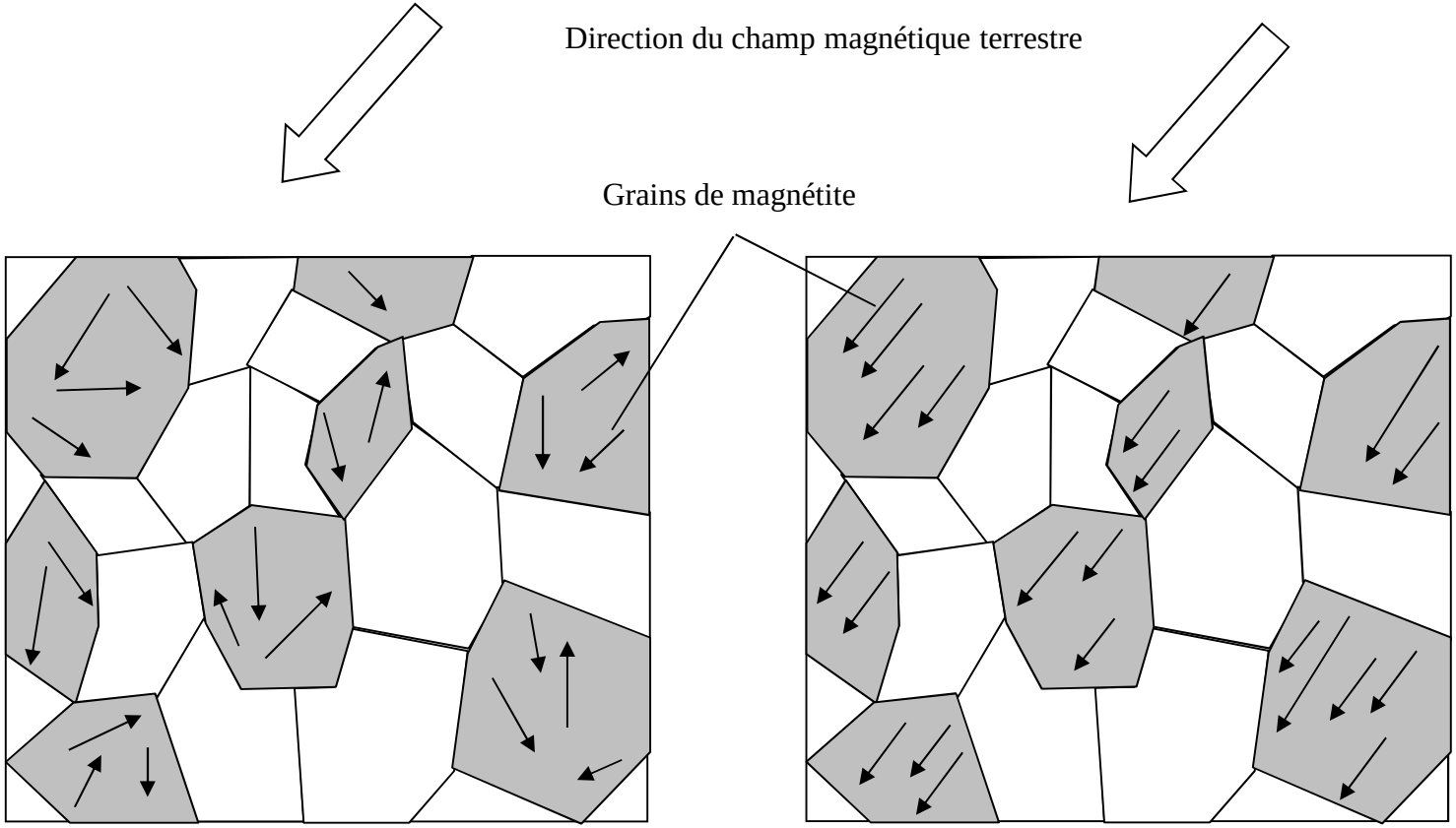
Roche témoin (Granite)

Basalte

Vidéos permettant la mise en évidence d’un champ magnétique à l’intérieur du basalte

Aimantation du basalte

Propriétés des cristaux de magnétite



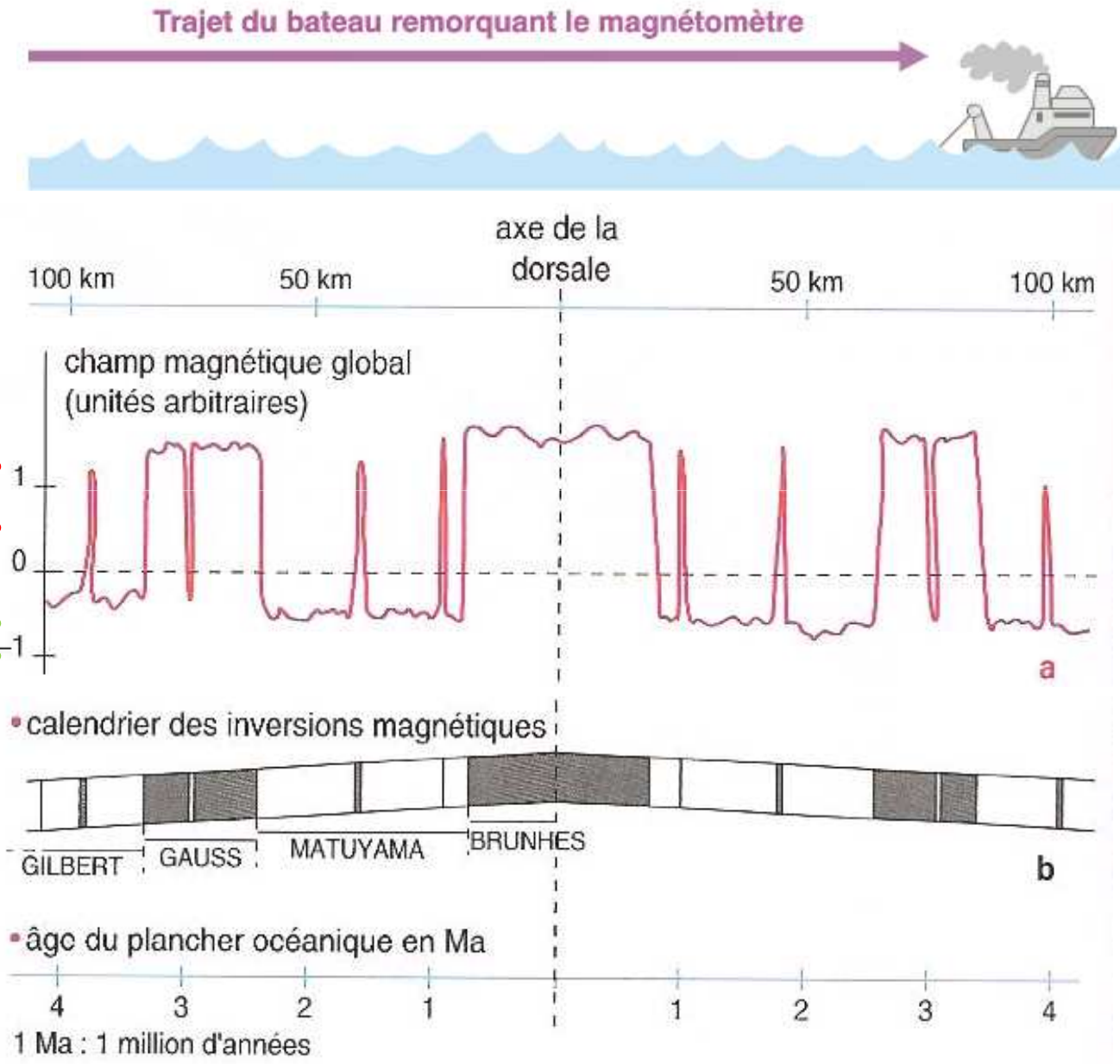
T> 580 °C (Curie temperature)

T< 580 °C (Curie temperature)

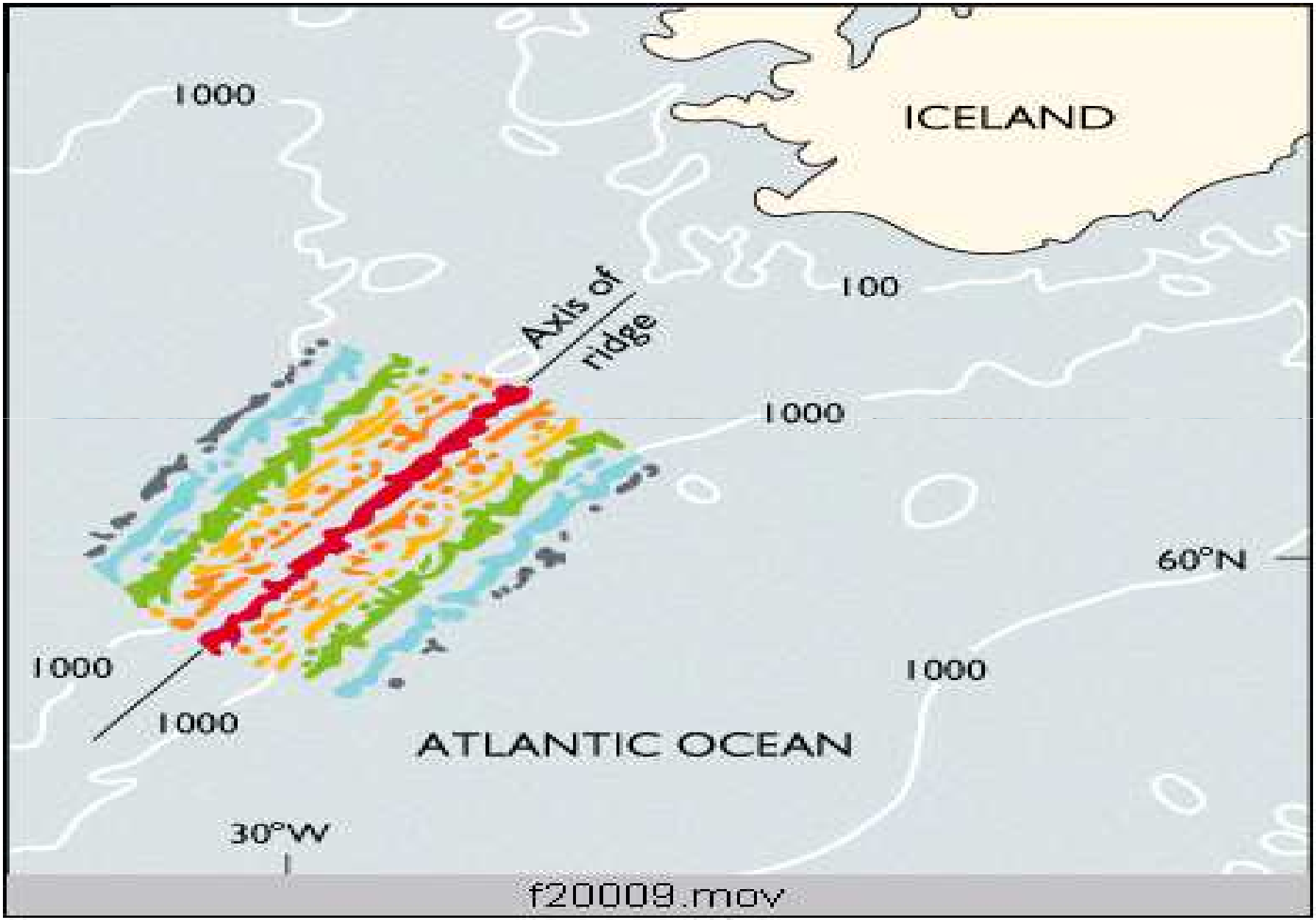
Les anomalies magnétiques des fonds océaniques

Anomalie positive

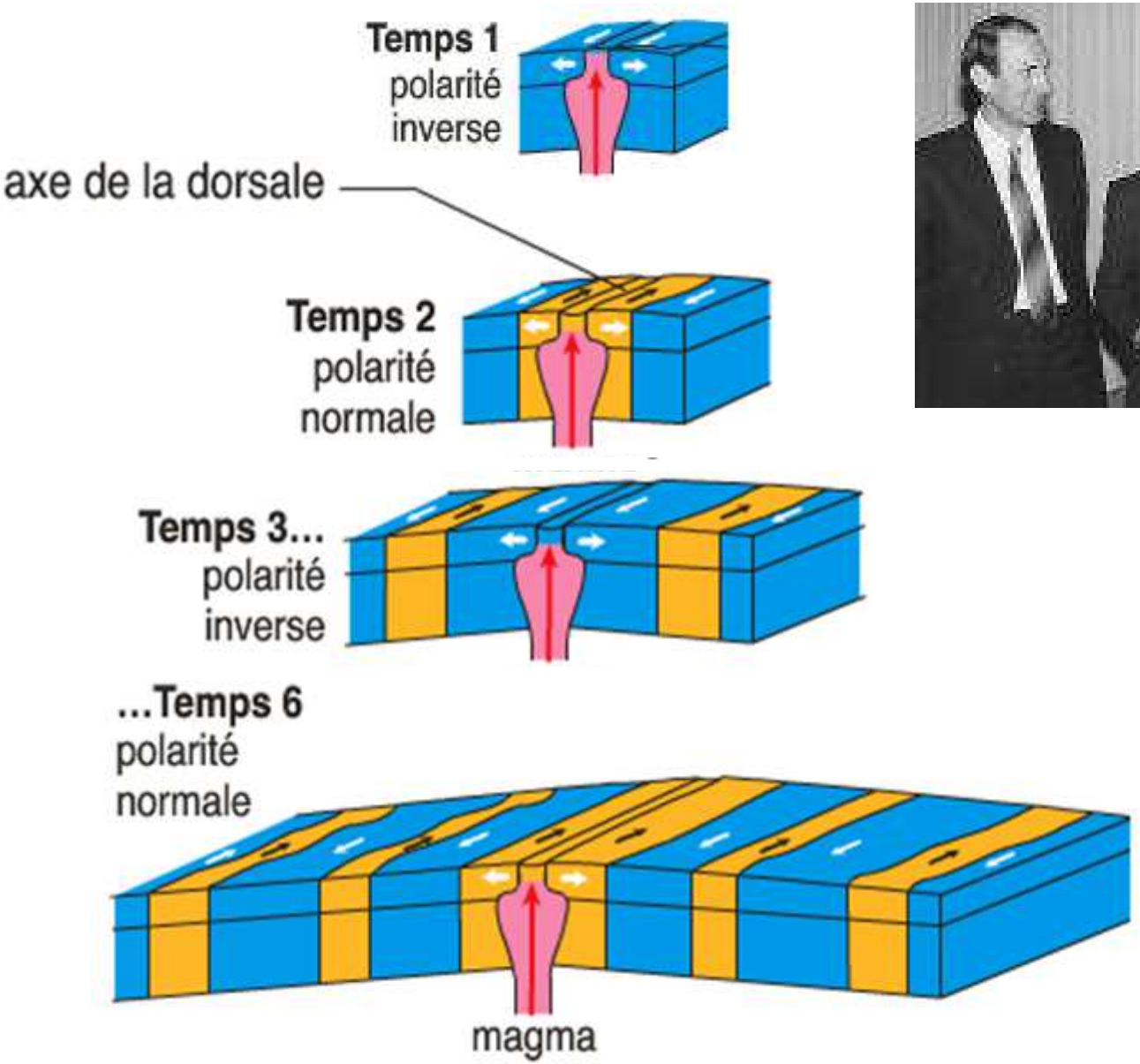
Anomalie négative



Les anomalies en « peau de zèbre » des fonds océaniques



Hypothèse de Vine, Matthews et Mc Kenzie



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

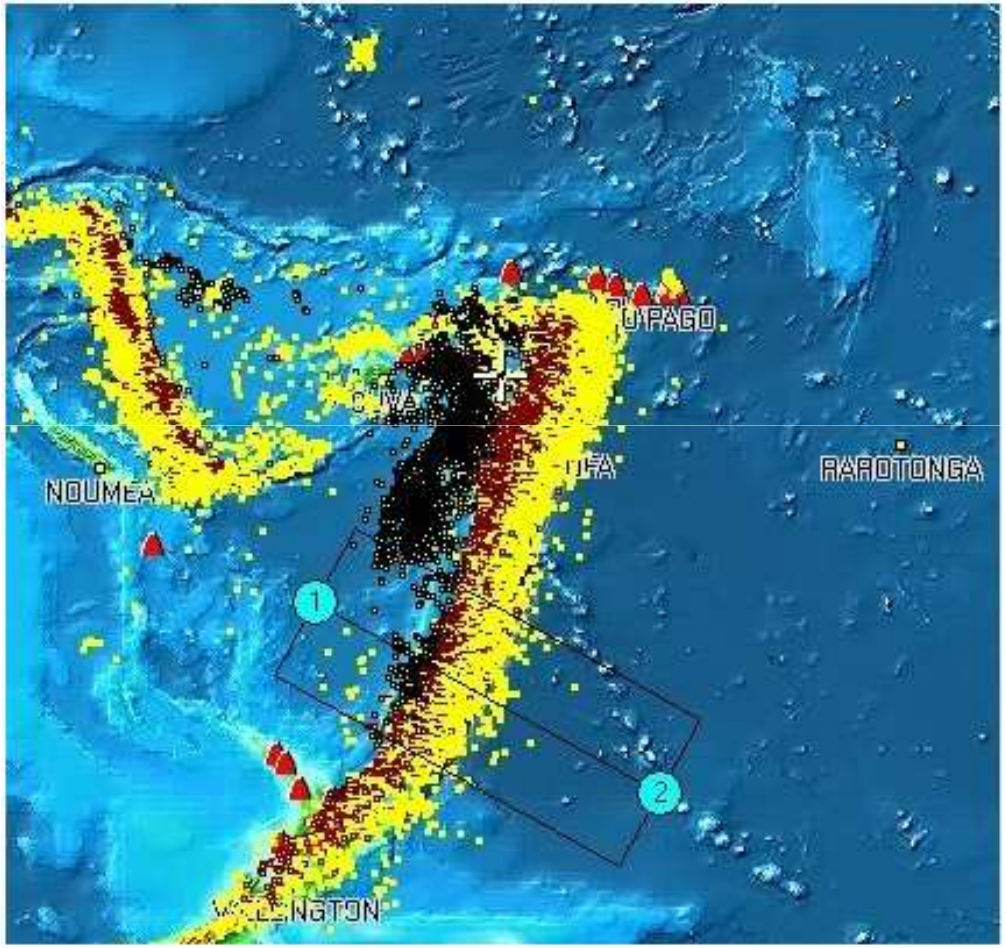
A) L'élaboration du modèle de Hess

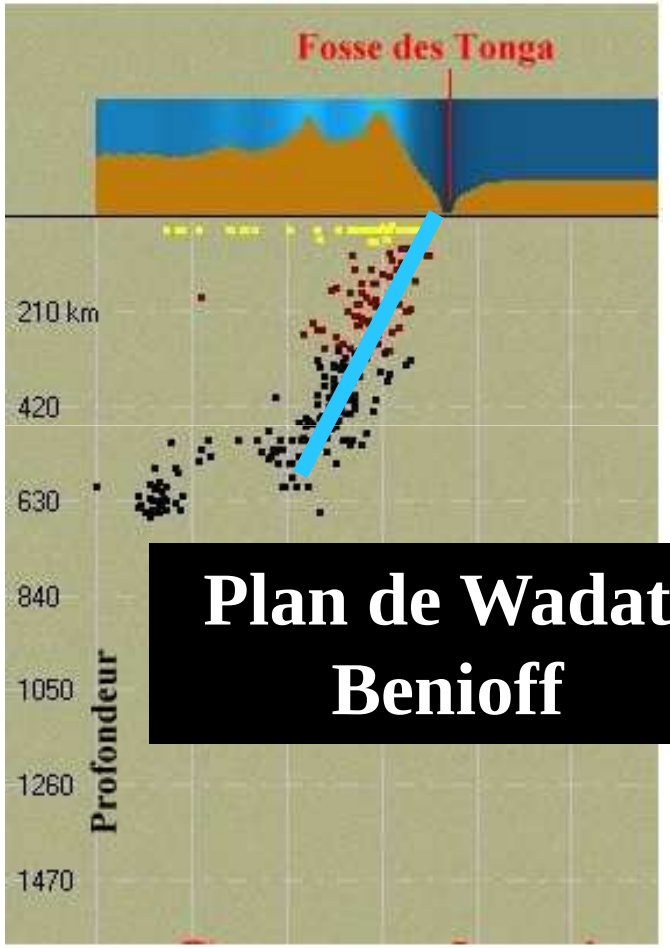
B) Apports de l'étude des séismes au niveau des fosses océaniques

Apports de l’étude des séismes au niveau des fosses océaniques

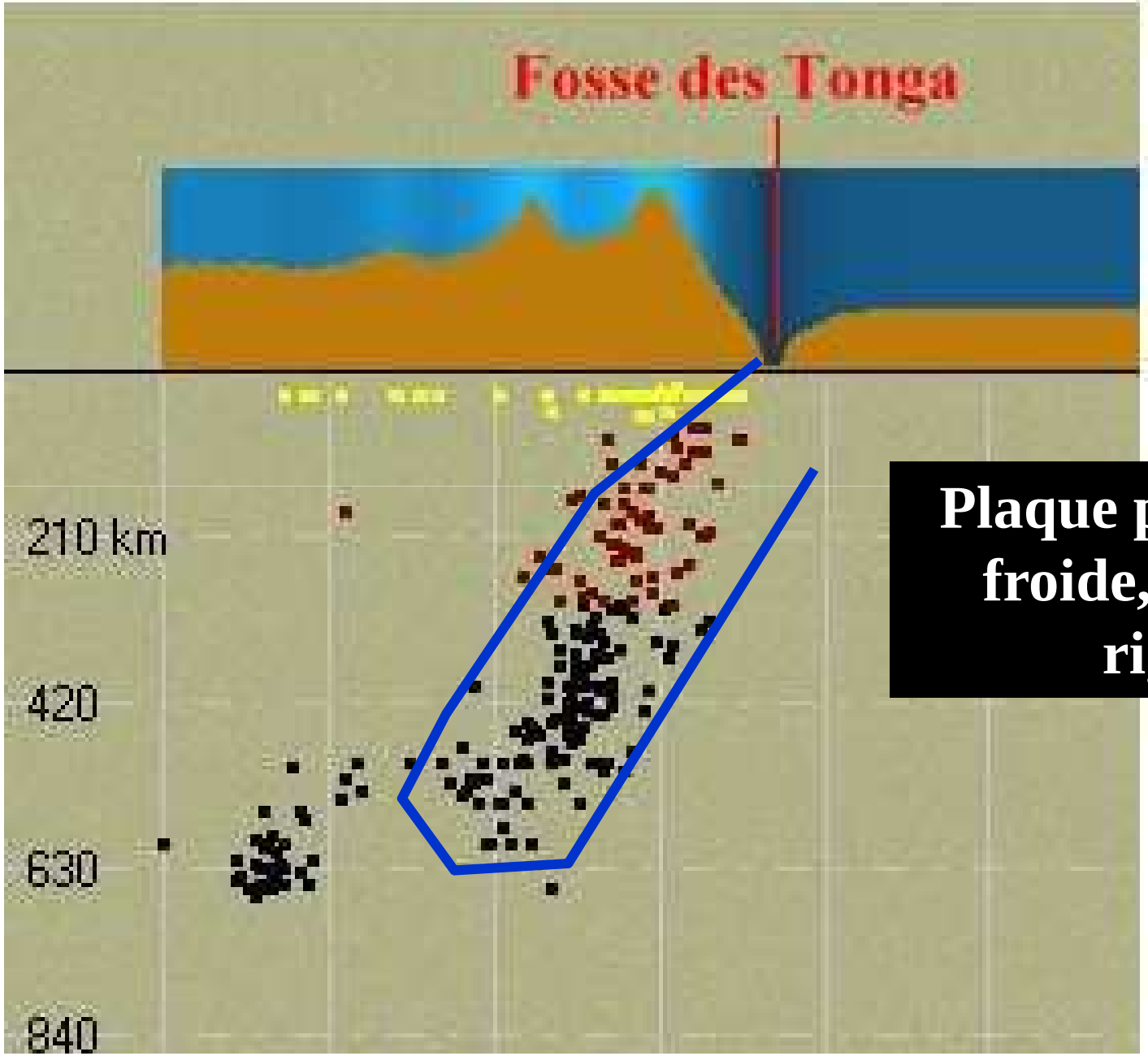
- L’interprétation du plan de Wadati Benioff dans les années 60
- La distinction lithosphère asthénosphère aujourd’hui

Répartition des foyers des séismes au niveau des fosses océaniques





Interprétation des données sismiques

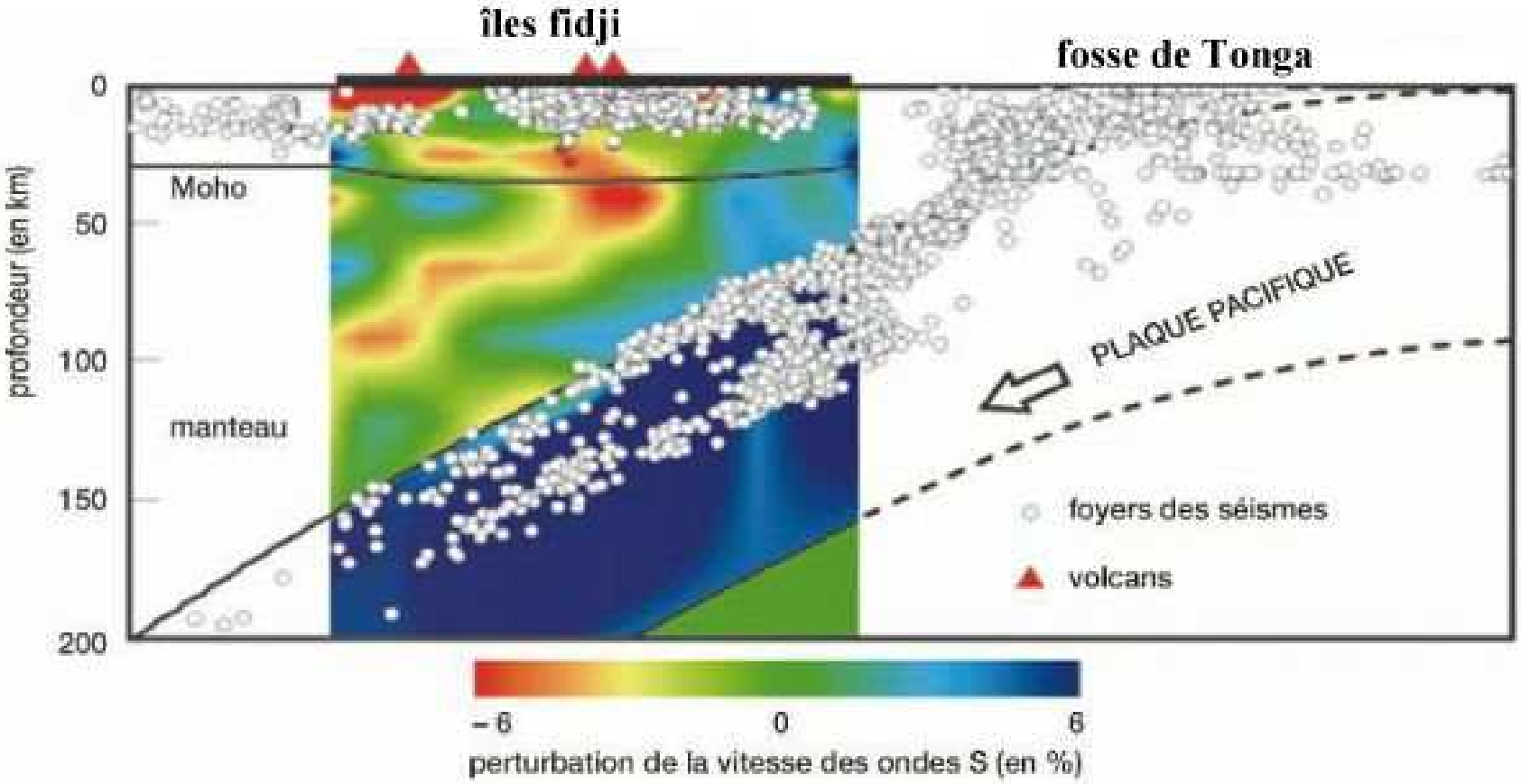


Plaque plongeante froide, dense et rigide

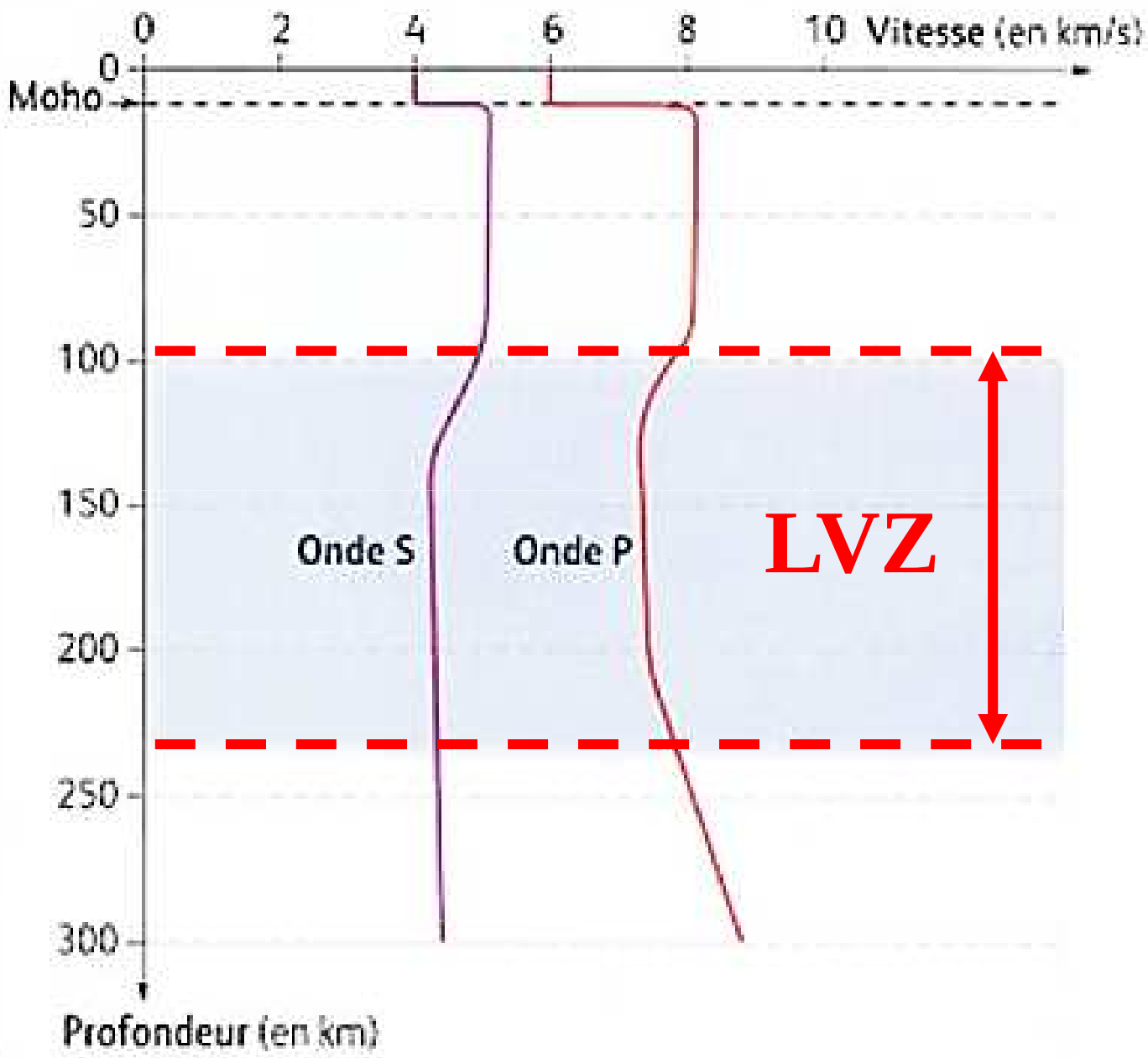
Apports de l’étude des séismes au niveau des fosses océaniques

- L’interprétation du plan de Wadati Benioff dans les années 60
- La distinction lithosphère asthénosphère aujourd’hui

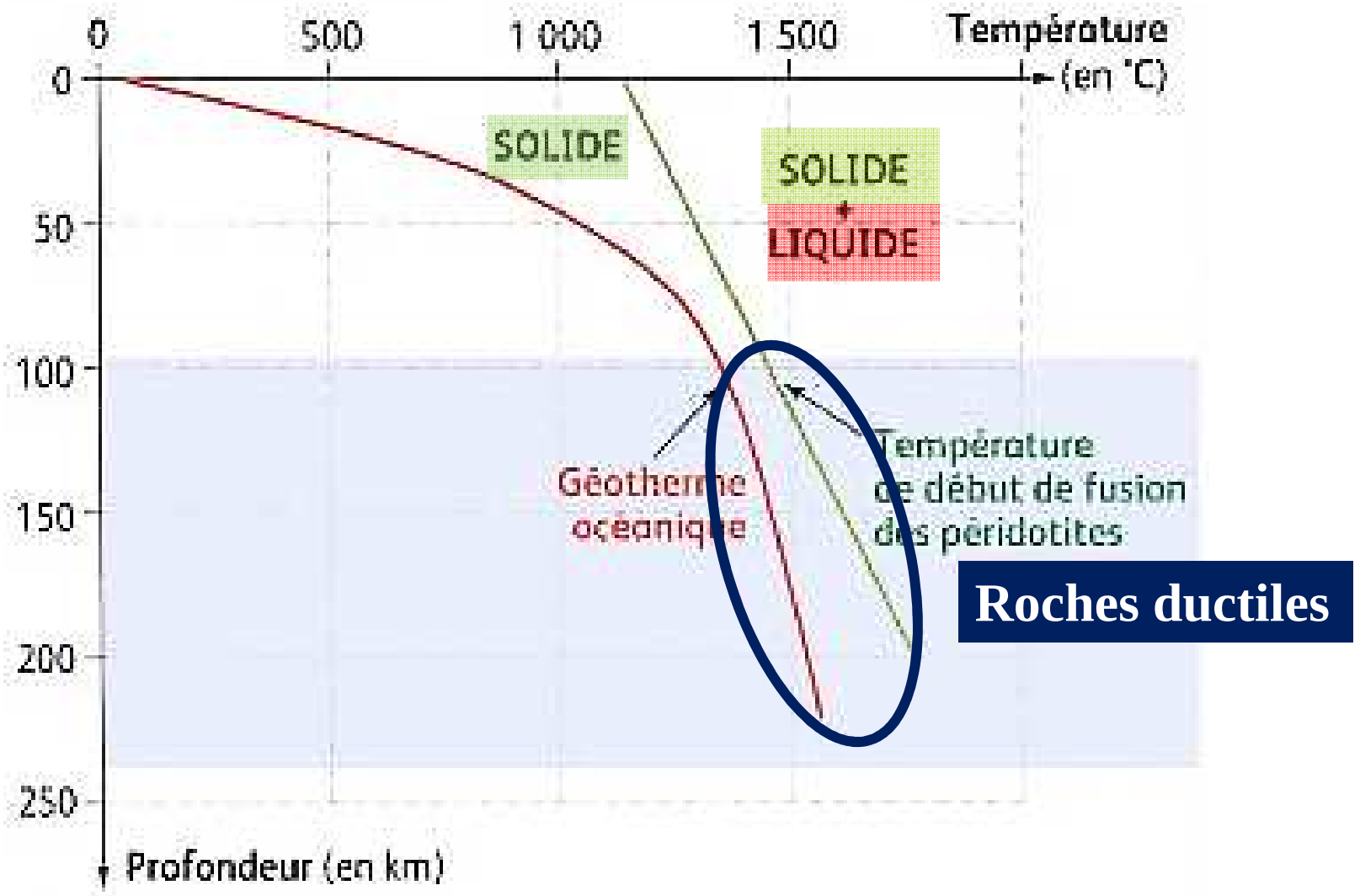
La signature thermique d'une zone de subduction



Apport des données sismiques

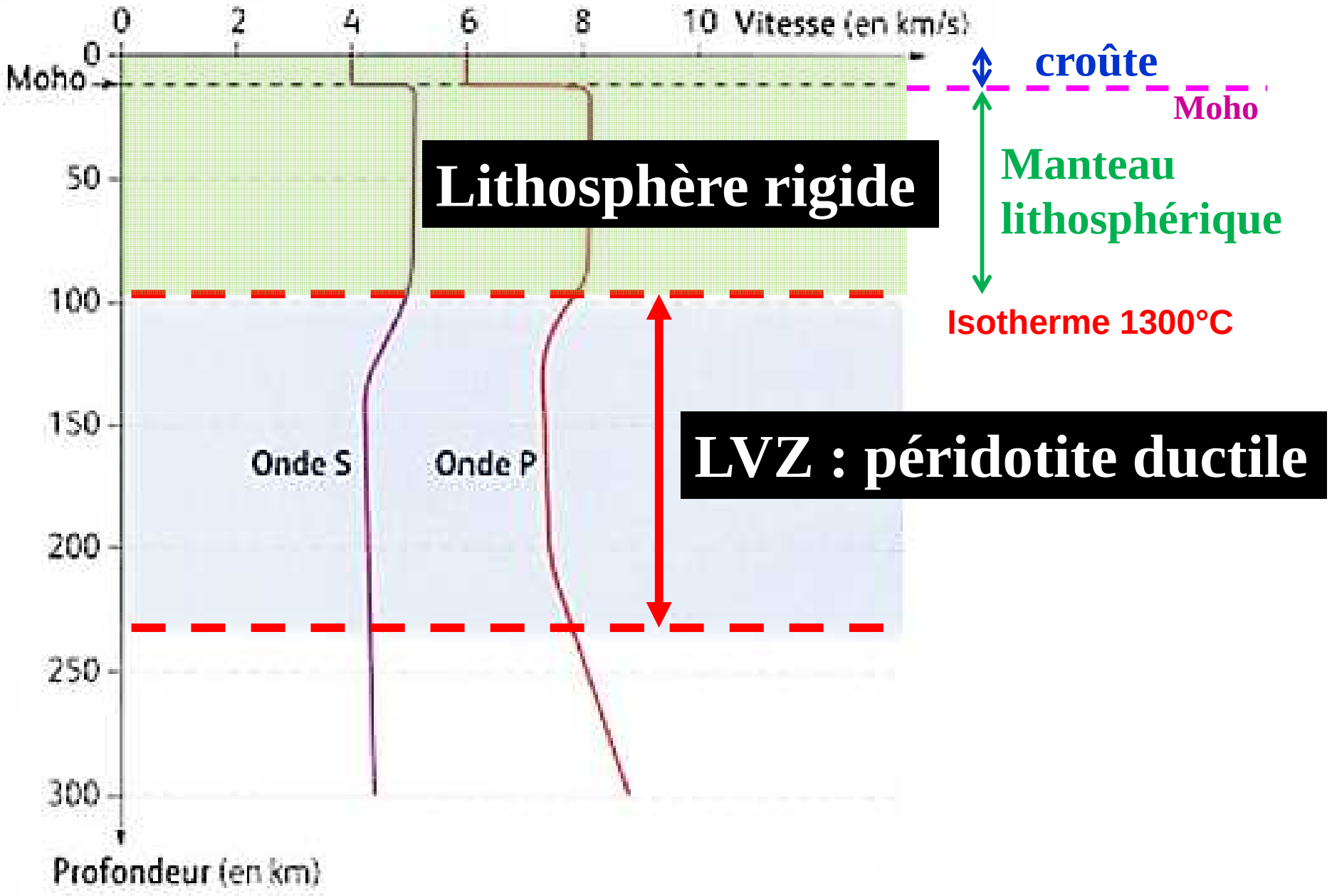


Caractéristiques des roches au niveau de la LVZ.



Roches ductiles

Délimitation verticale des plaques tectoniques



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

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

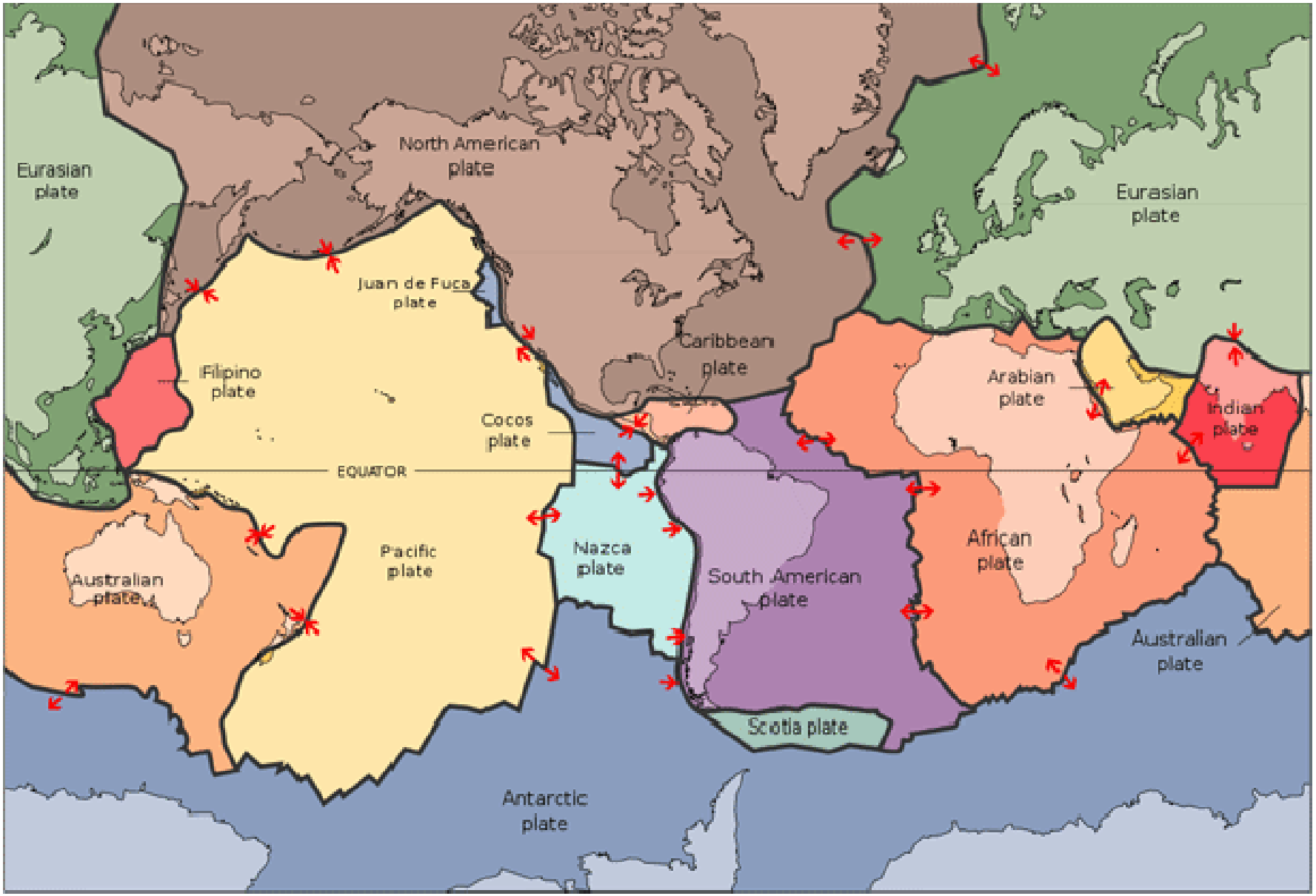
II. Les années 60 : l'élaboration du modèle à partir de faits réels

A) L'élaboration du modèle de Hess

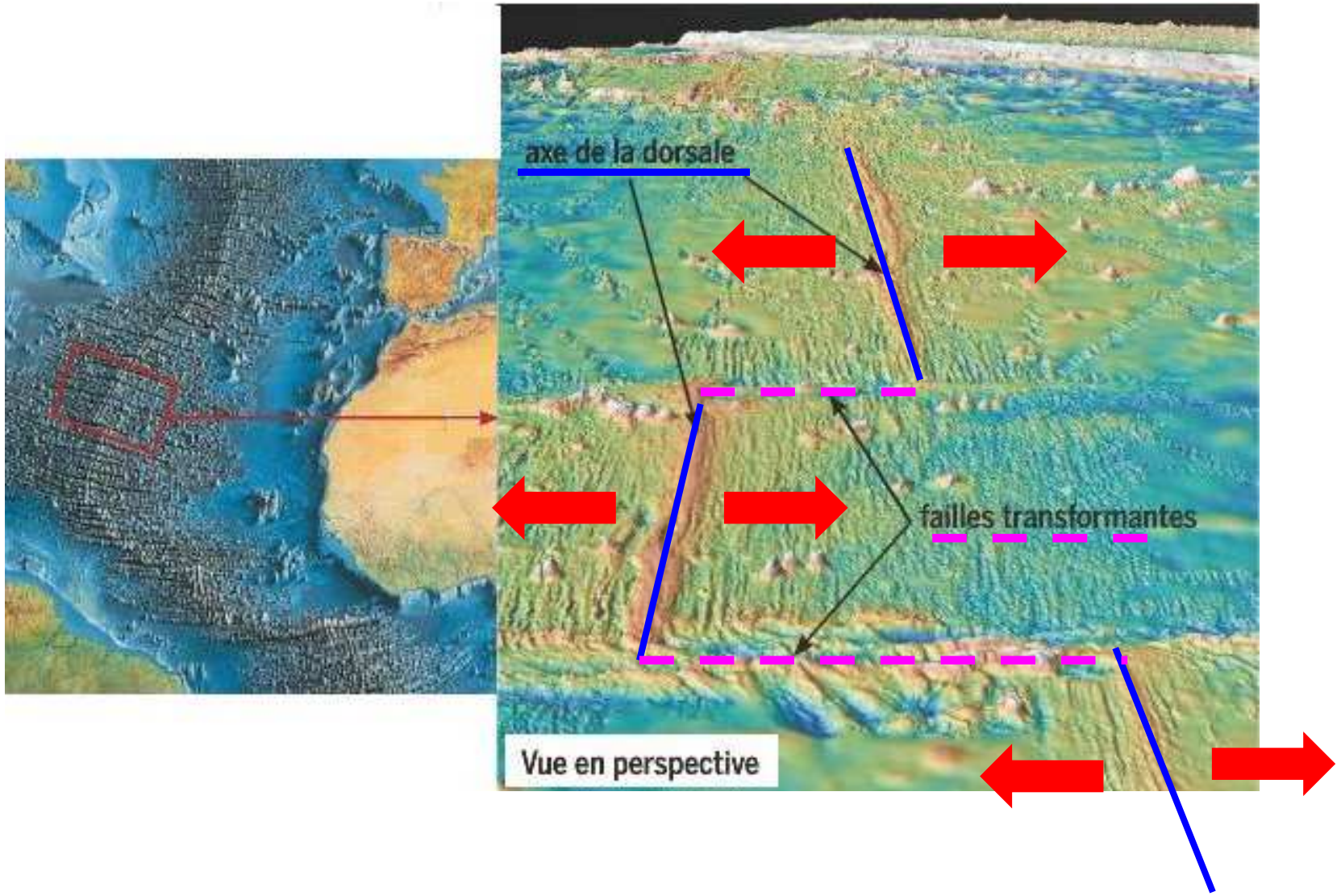
B) Apports de l'étude des séismes au niveau des fosses océaniques

C) Un modèle cohérent en plaques rigides : le modèle de Morgan, Mac Kenzie et Pichon

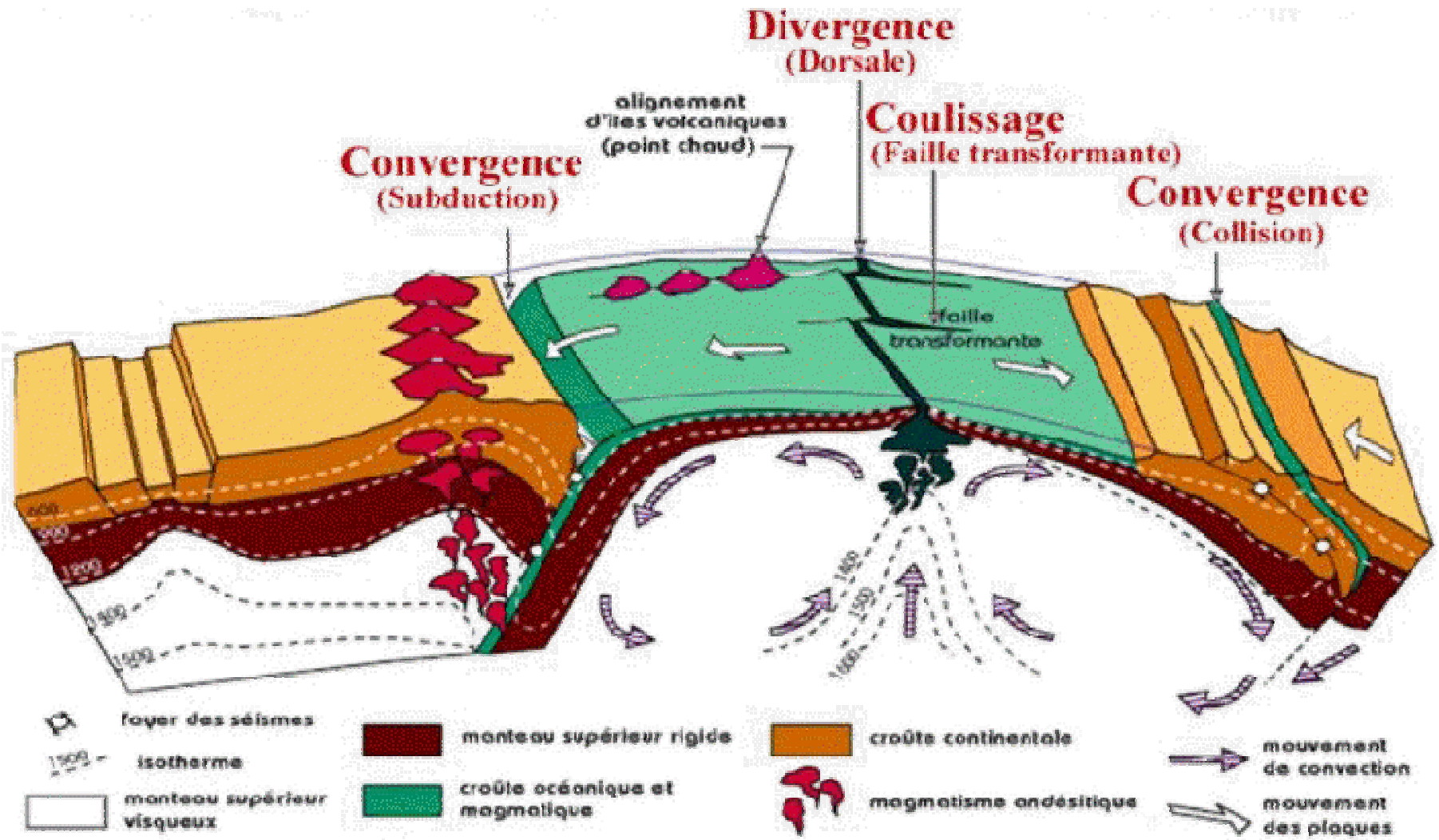
Les plaques tectoniques



Les failles transformantes



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

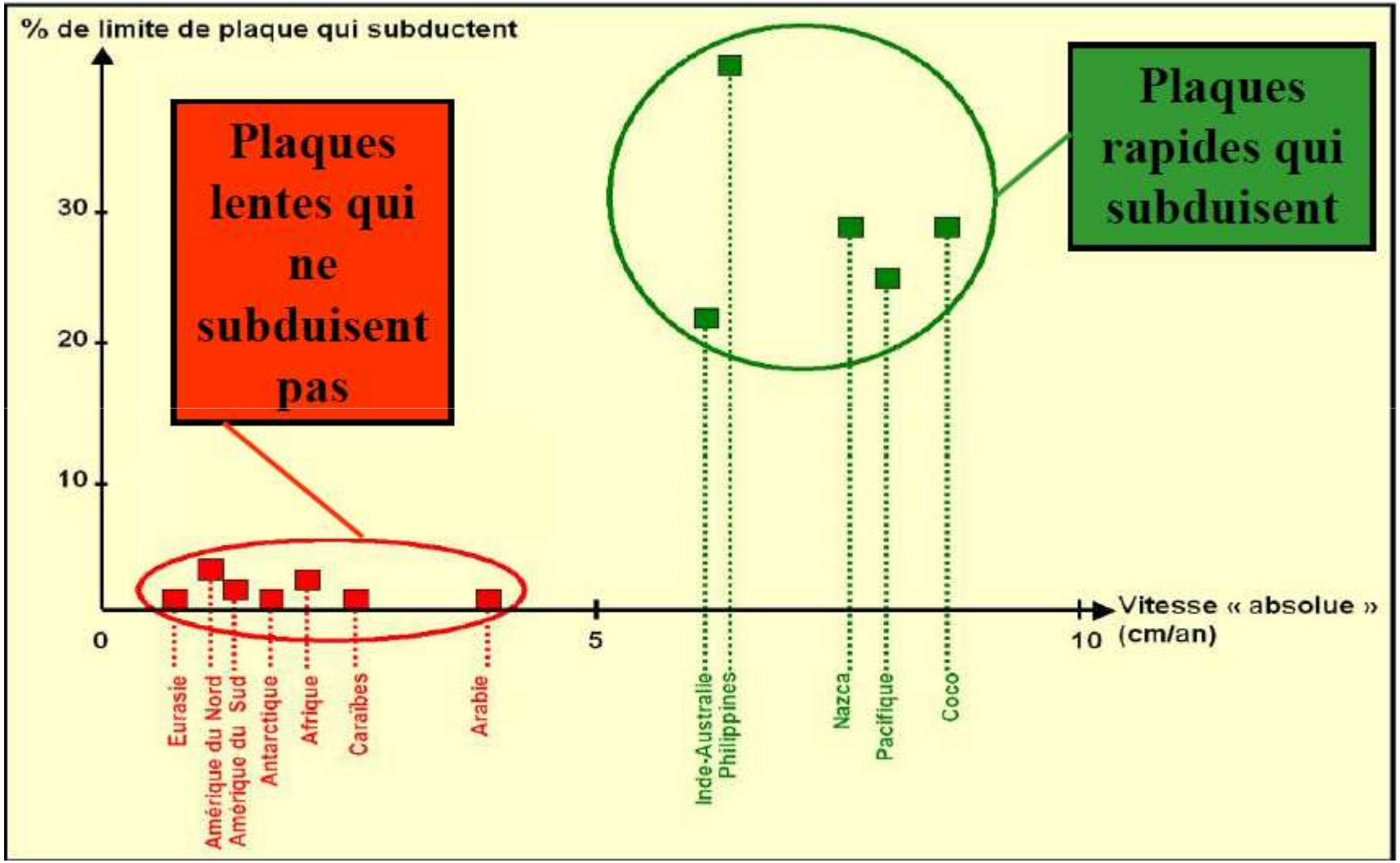
A) L'élaboration du modèle de Hess

B) Apports de l'étude des séismes au niveau des fosses océaniques

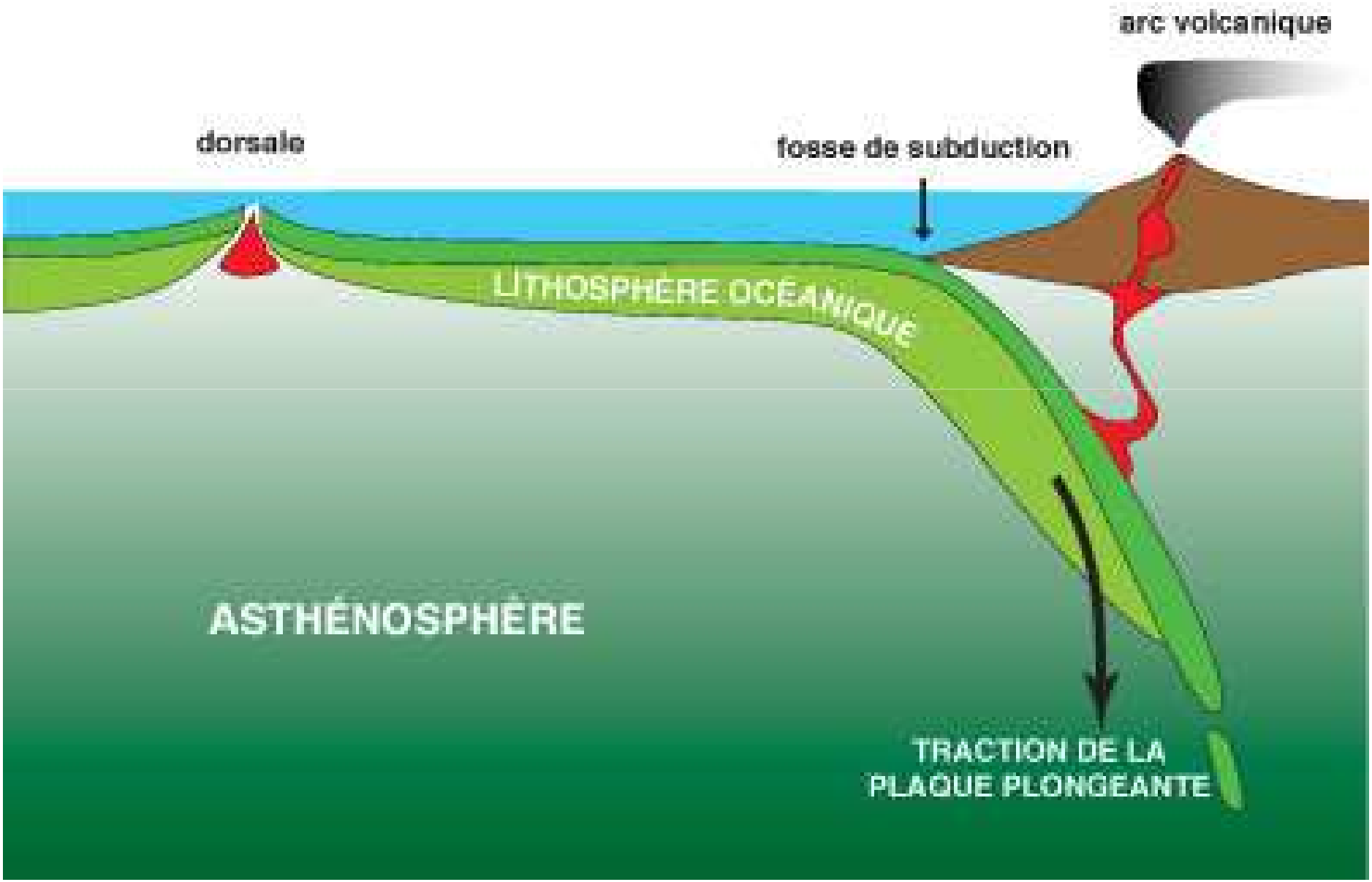
C) Un modèle cohérent en plaques rigides : le modèle de Morgan, Mac Kenzie et Pichon

D) Confrontation du modèle des années 60 aux données actuelles

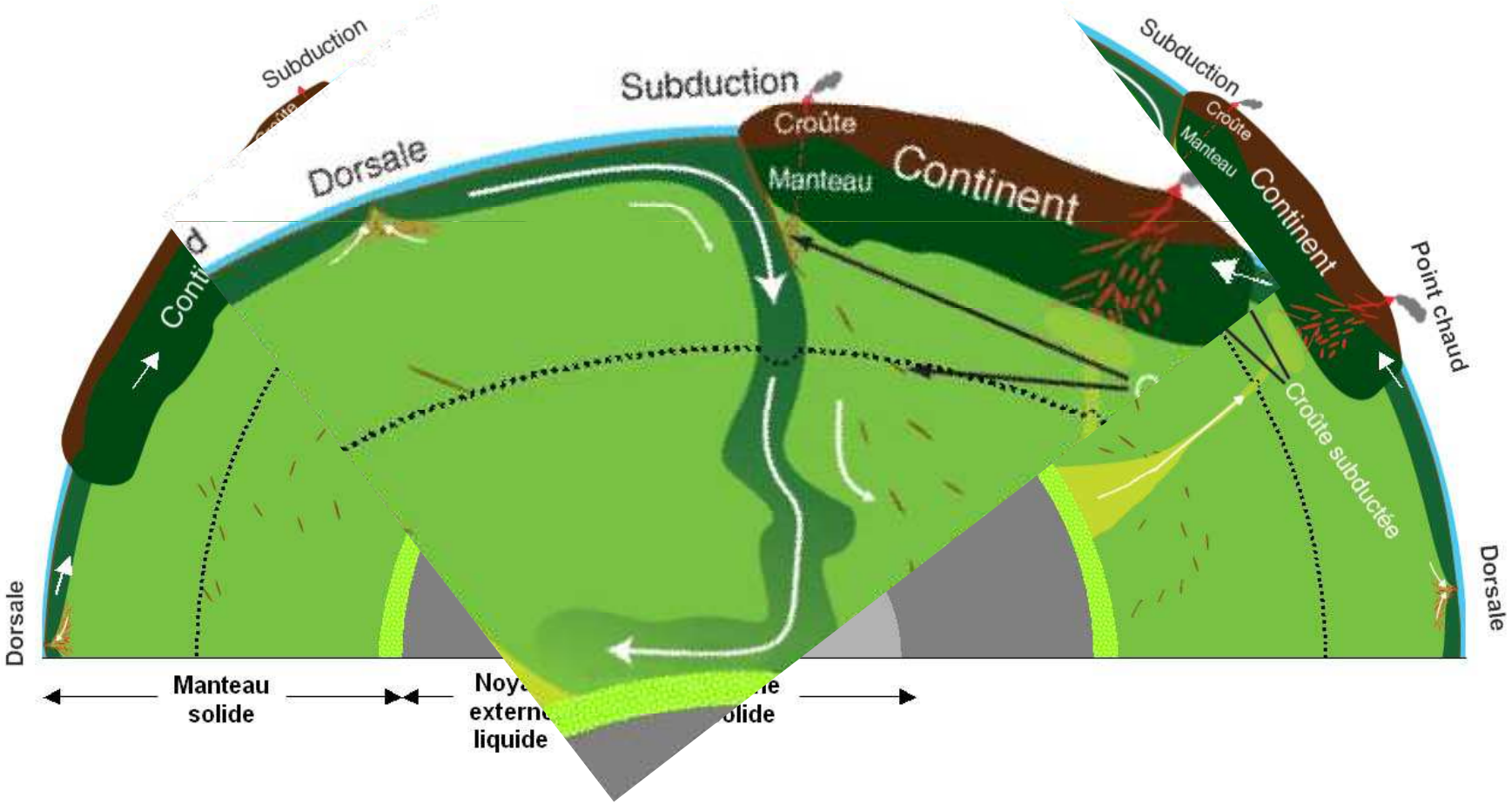
Le moteur du mouvement des plaques



Le moteur du mouvement des plaques



Un modèle actuel de convection



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

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

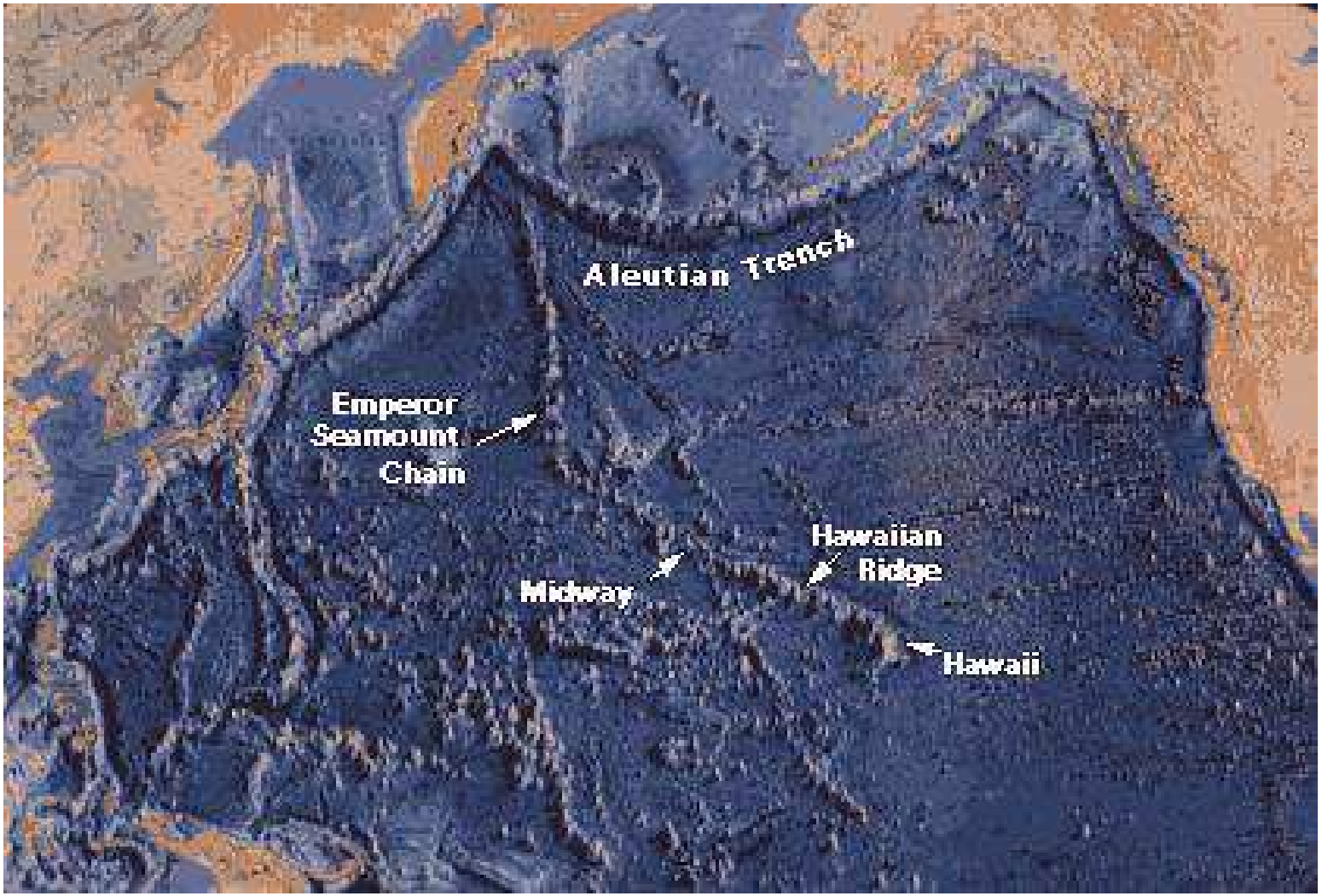
II. Les années 60 : l'élaboration du modèle à partir de faits réels

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

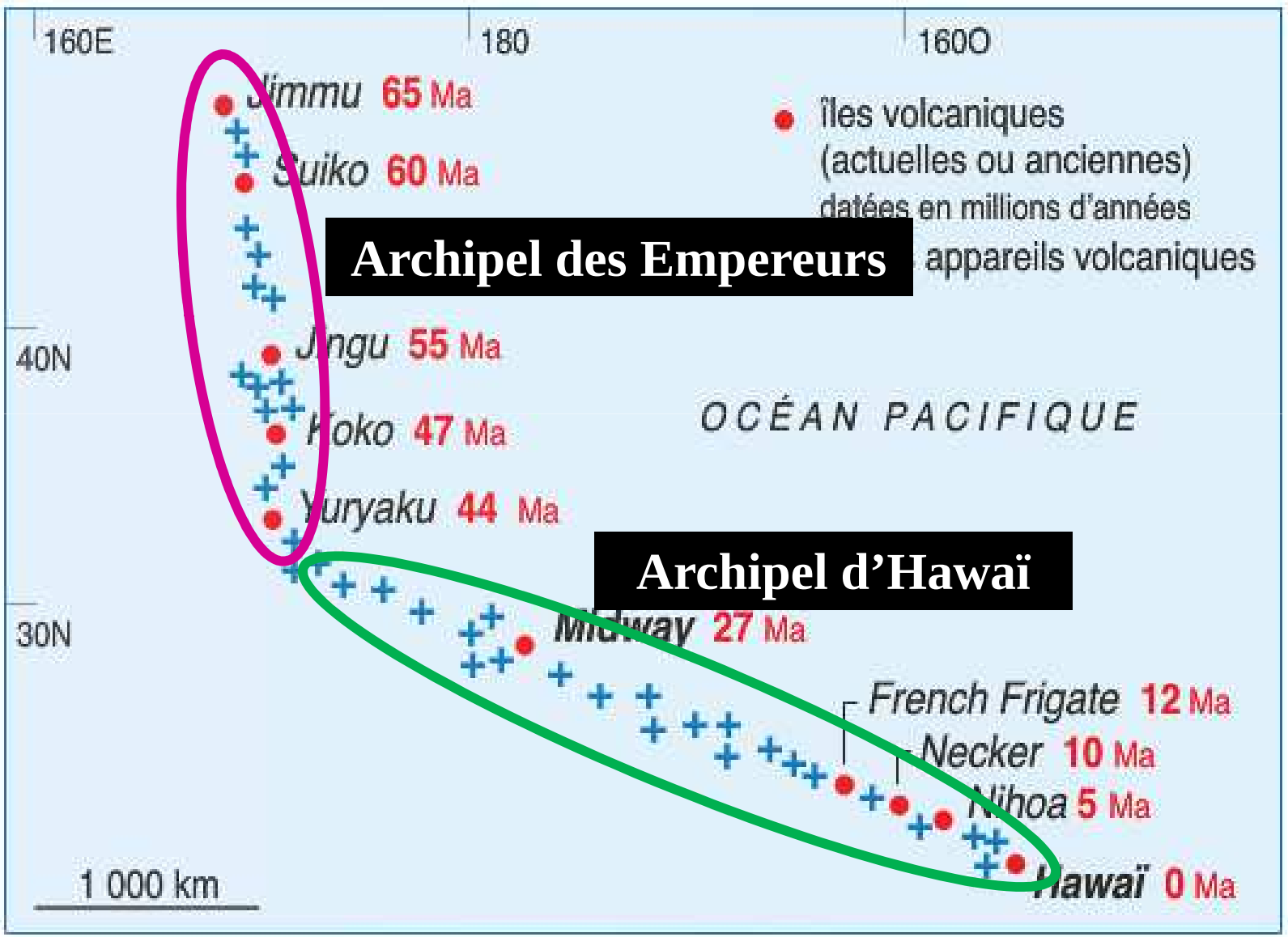
A) Le volcanisme de point chaud

B) Les données GPS

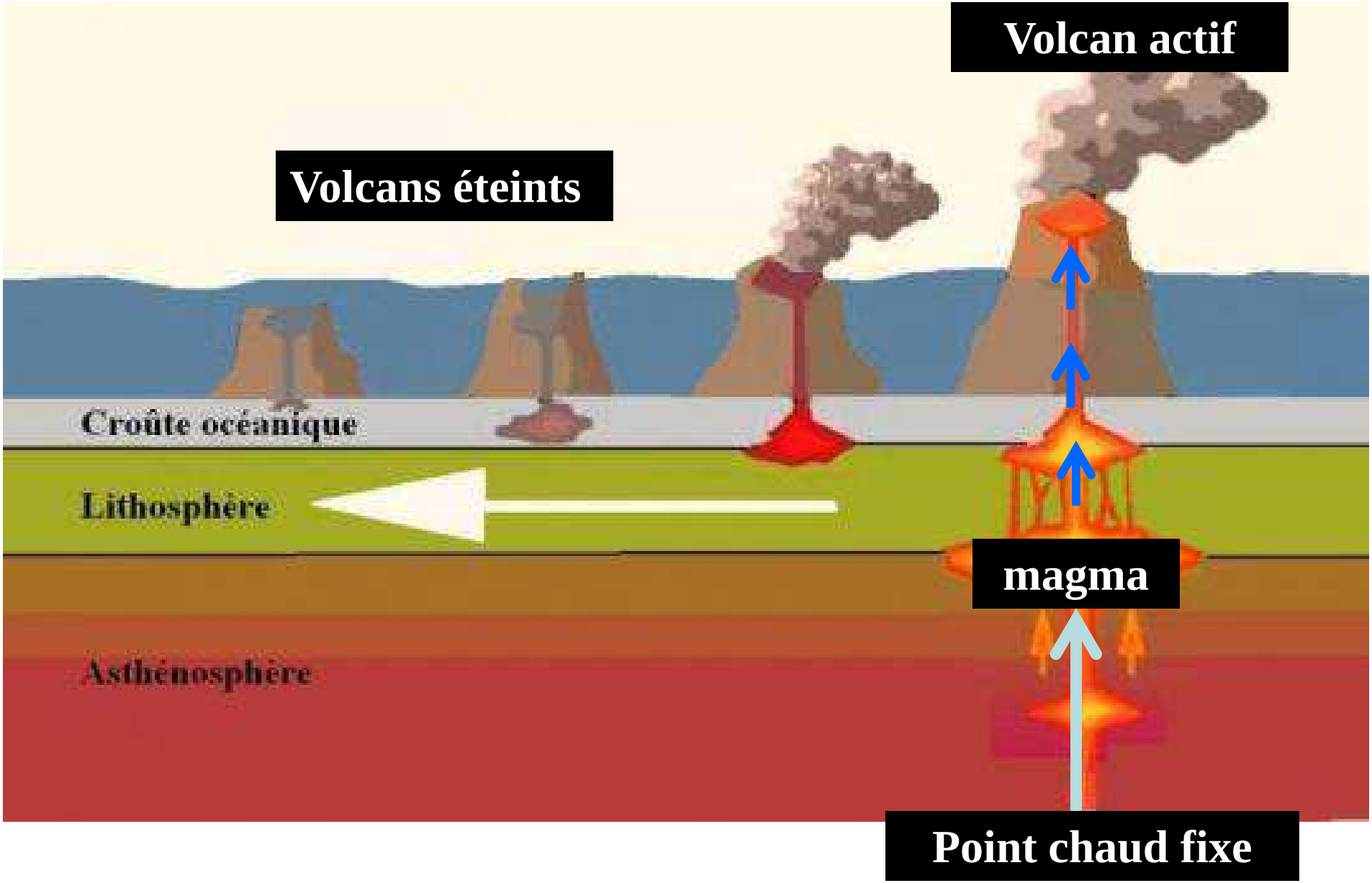
Alignements volcaniques dans le Pacifique



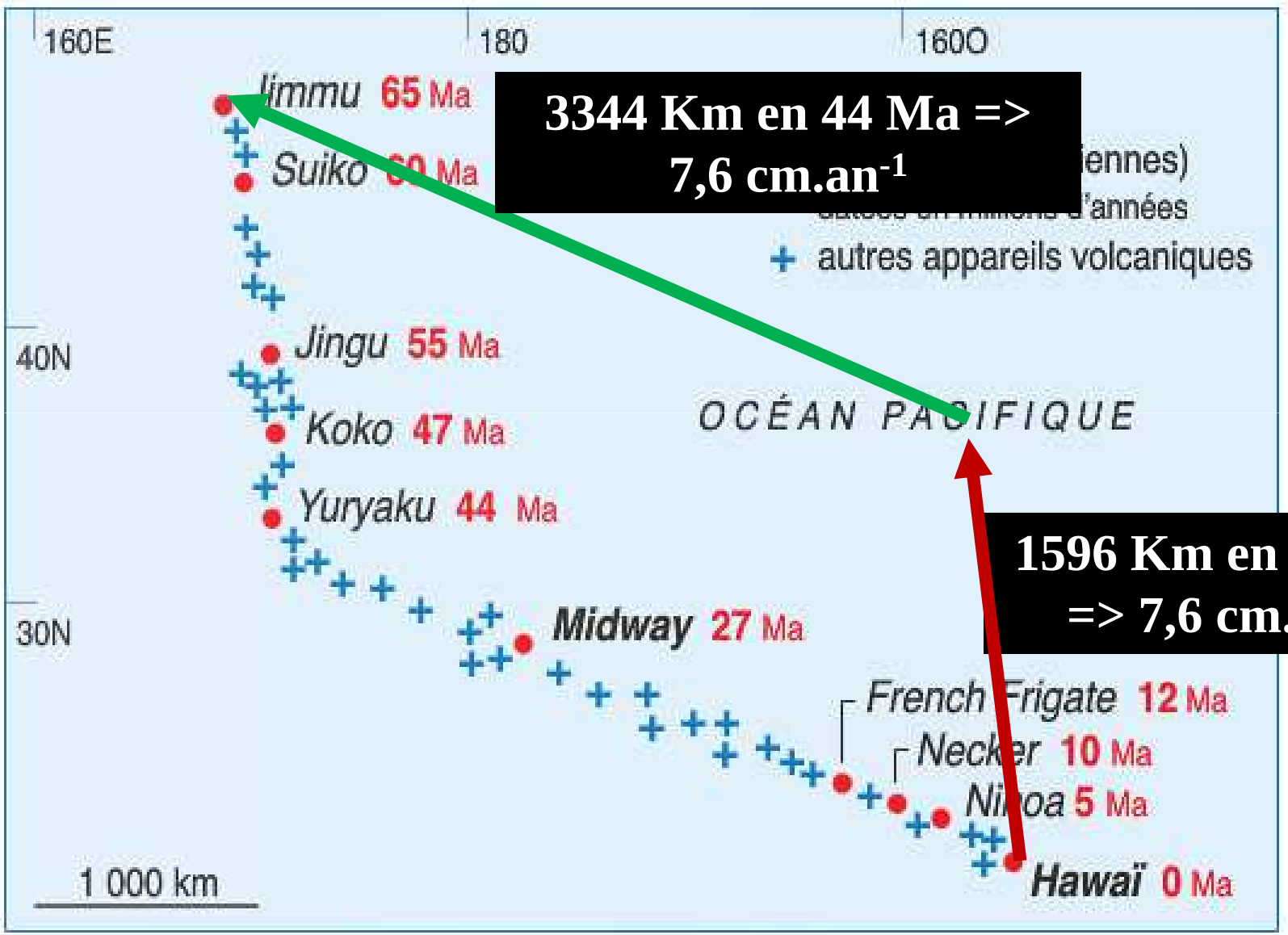
Alignements volcaniques dans le Pacifique



Formation d’un alignement volcanique



Direction, sens et vitesse du déplacement de la plaque Pacifique.



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

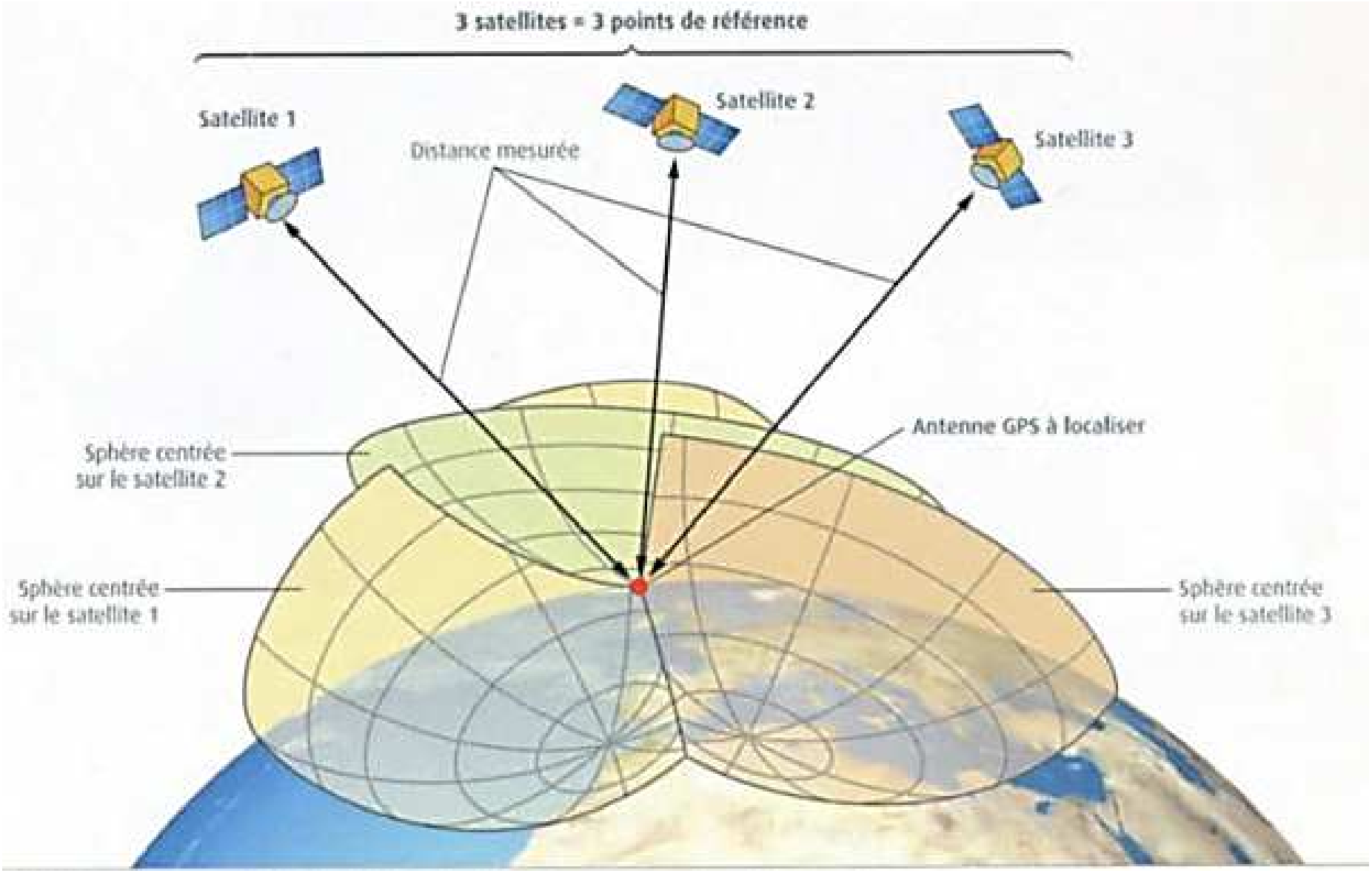
III. Des années 60 à aujourd'hui: un modèle validé par des données actuelles

A) Le volcanisme de point chaud

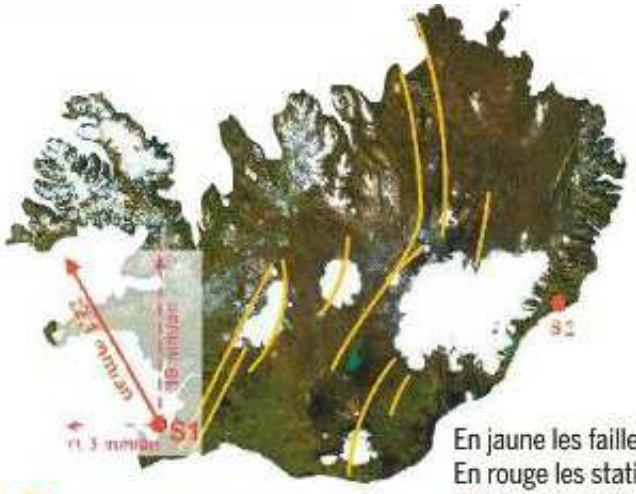
B) Les données GPS

Principe du GPS.

Principe du GPS.

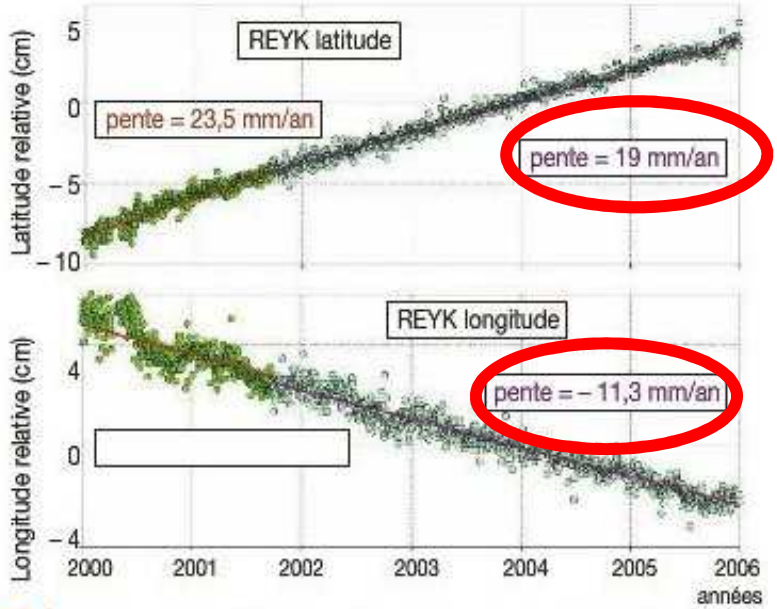


Evaluation du mouvement des plaques

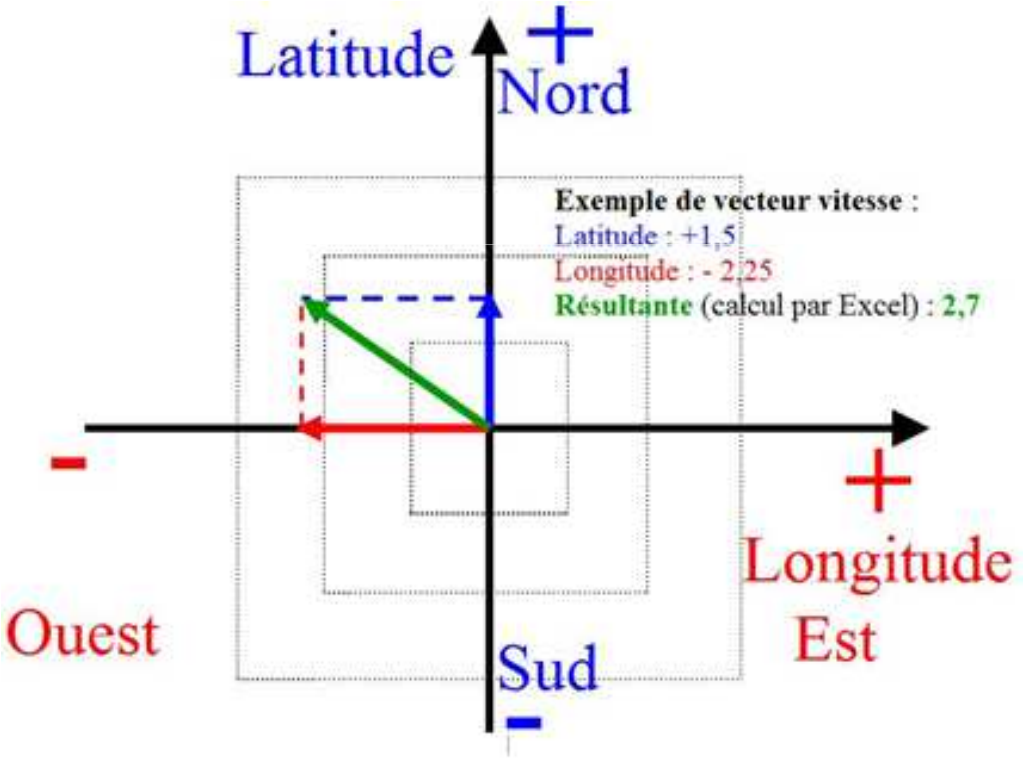


En jaune les failles majeures
En rouge les stations
S1 : station REYK (Reykjavik)
S2 : station HÖFN (Höfn)

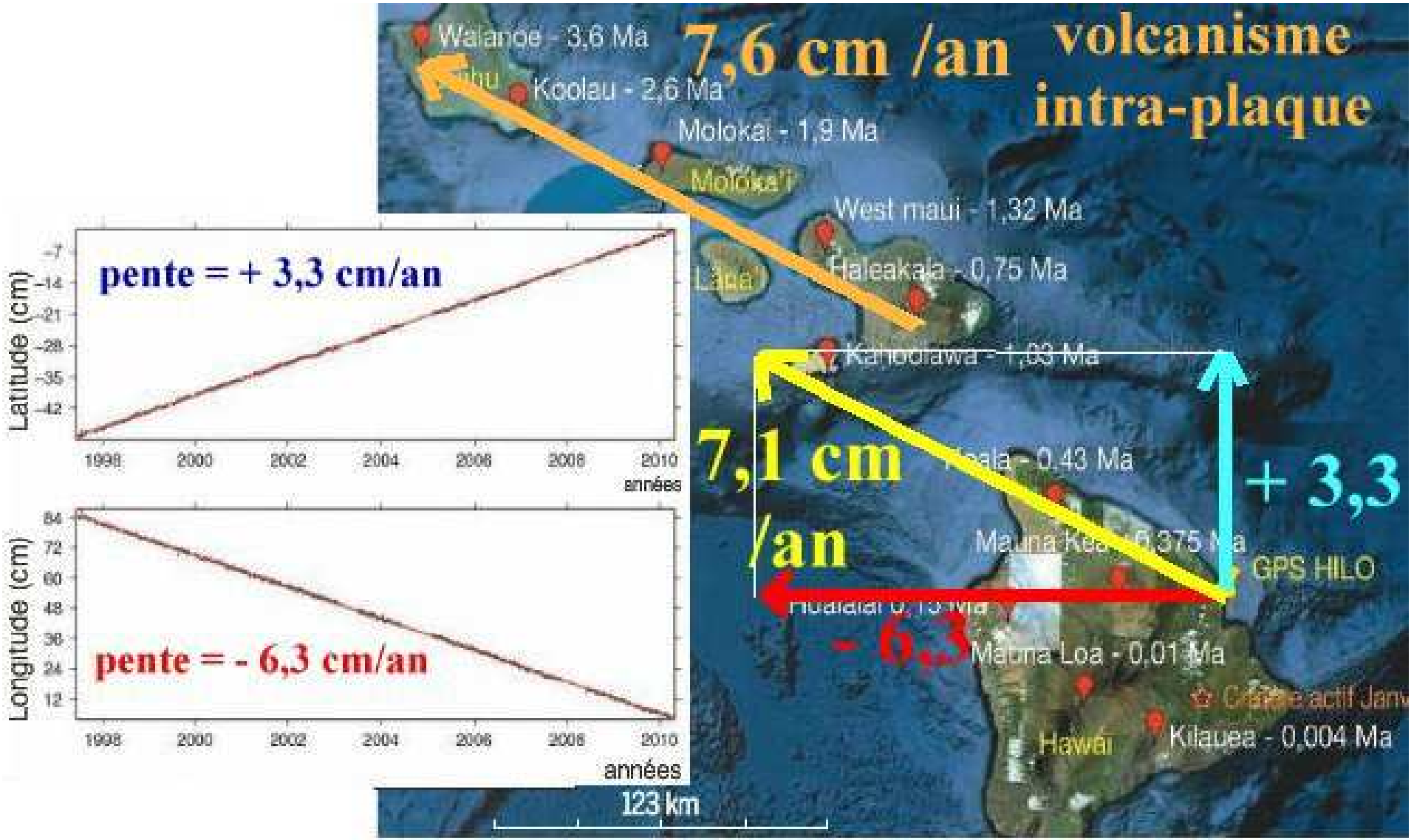
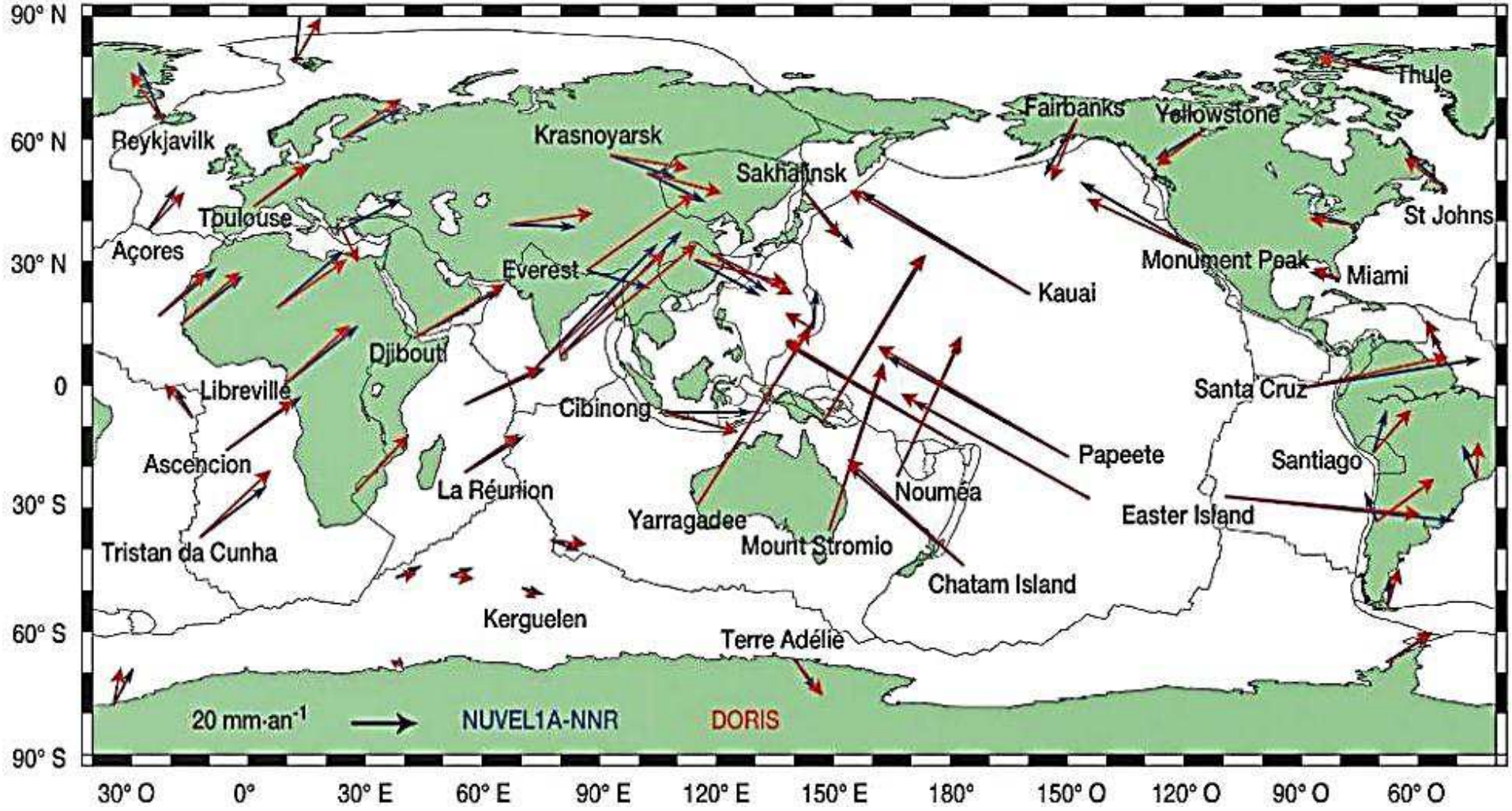
a Vue satellitale de l'Islande.



b Évolution de la latitude et de la longitude de Reykjavik entre 2000 et fin 2006.



Déplacement de la plaque Pacifique



Modèle DORIS et modèle NUVEL 1