

nino

TP ST B-C : Structure et dynamique de la planète Terre



Eruption de l'Etna, Février 2021



Eruption de l'Etna, Février 2021



Image infrarouge en couleur publiée par Maxar Technologies montre la lave s'écoulant du volcan Etna en éruption, en Sicile, le 4 juillet 2024. - AP/AP



La précédente éruption a eu lieu le 14 janvier et a duré environ deux jours. / ILLUSTRATION MAXPPP

Eruption en Islande, février 2024

Caractéristiques de la Terre :

- Rayon terrestre : $R_T = 6370 \text{ km}$.
- Masse de la Terre : $M_T = 5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.
- Densité de la Terre : $d = 5,52$

Surface d'une sphère de rayon R :

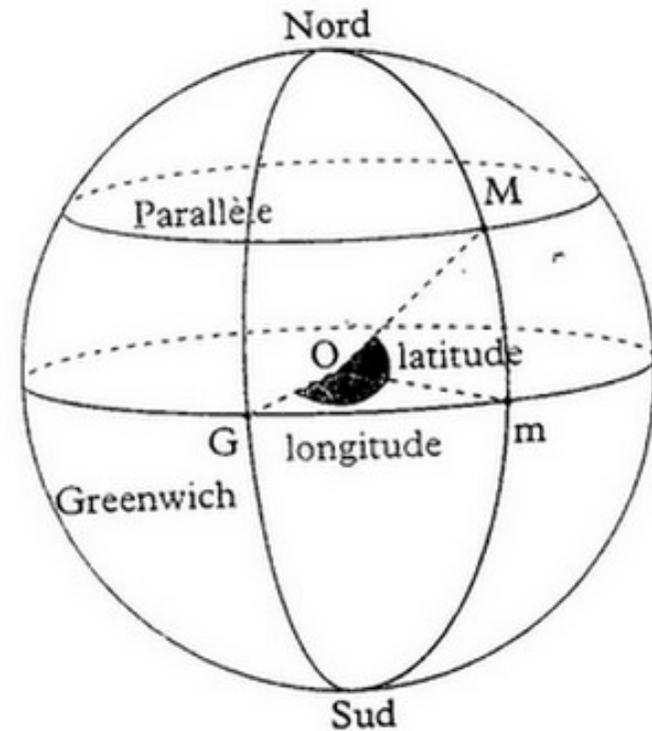
$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2$$

Volume d'une sphère de rayon R :

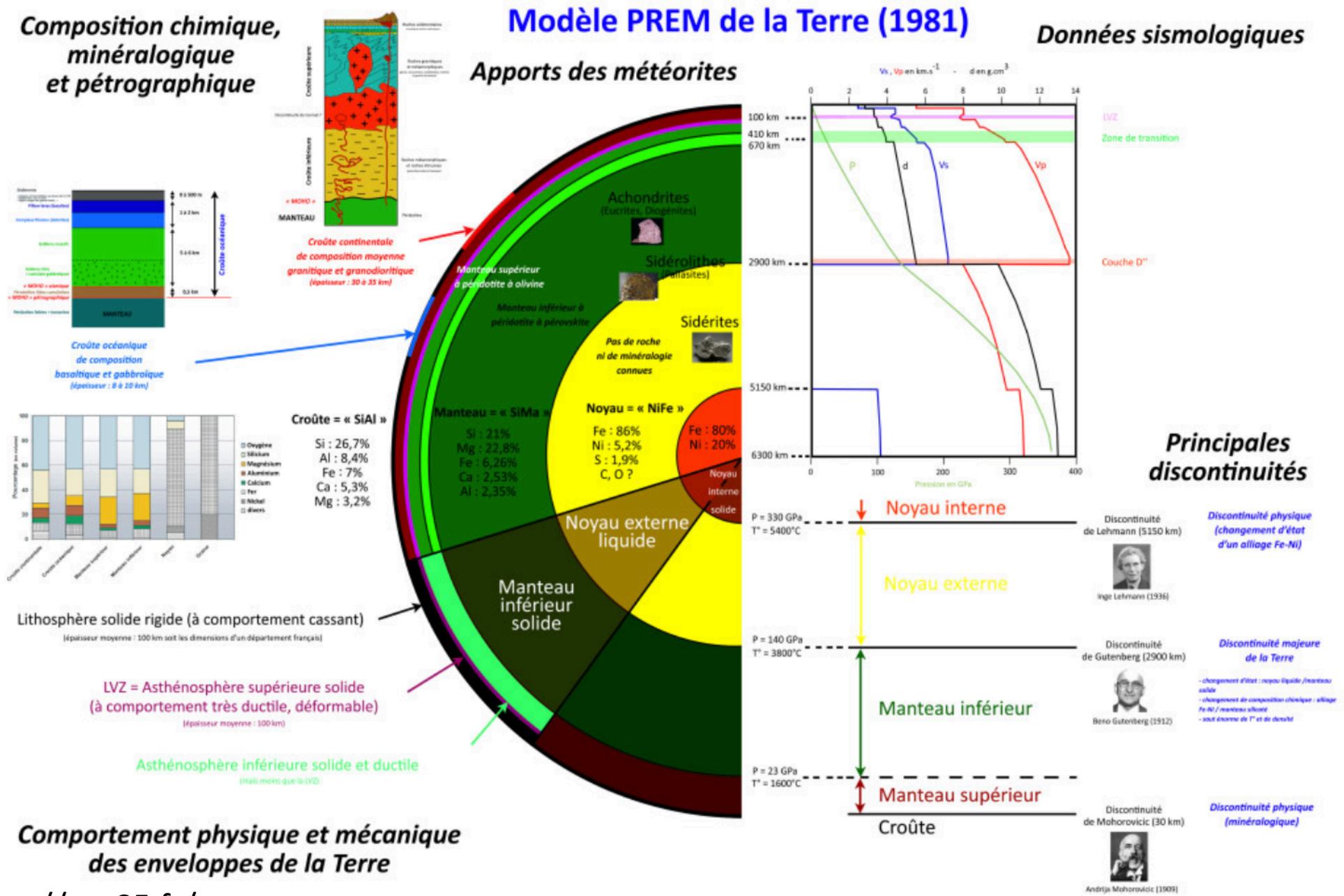
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

Périmètre d'un disque de rayon R :

$$P = 2\pi \cdot R$$



I. Structure géologique de la Terre



Exercice n°1 : calculs de la masse et de la densité terrestre

$$\mathbf{F = G * [(m.m')/d^2]}$$

avec G constante gravitationnelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$. ($\text{N} = \text{kg.m.s}^{-2}$).

Soit un corps de masse m à la surface de la Terre, il est soumis à la force d'attraction de la Terre (on néglige les autres forces comme la force centrifuge par exemple).

On a ainsi : $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{m} * \mathbf{a}$ avec $\mathbf{a} = \mathbf{g}$ (l'accélération correspond ici à l'accélération de la pesanteur).

$$\text{Donc } \mathbf{m * g = (G * m * M_{\text{Terre}}) / (R_{\text{Terre}})^2} \quad \text{soit } \mathbf{M_{\text{Terre}} = (g * (R_{\text{Terre}})^2) / G \approx 6.10^{24} \text{ kg}}$$

En considérant que la Terre est une sphère de rayon 6370 km

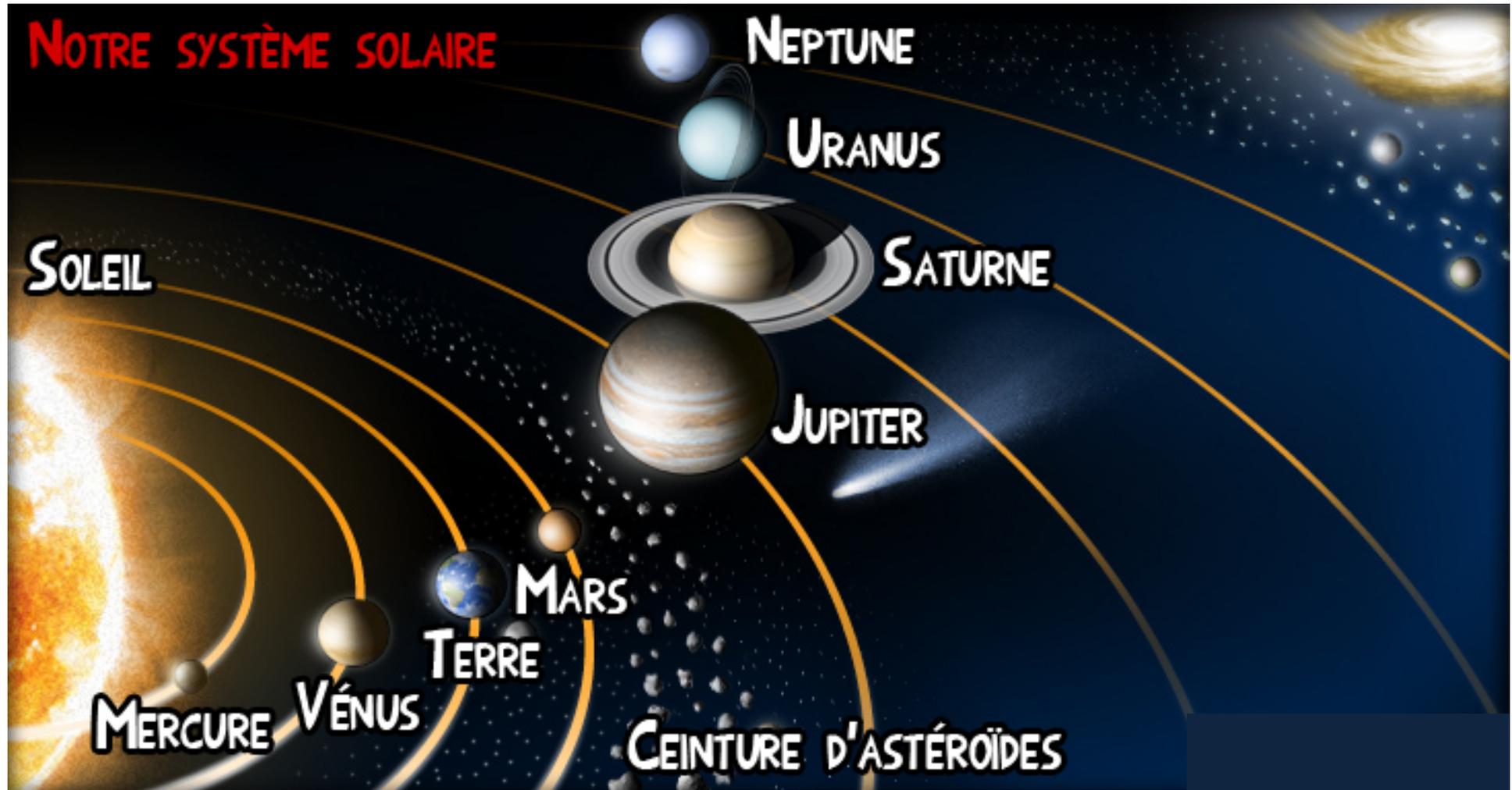
$$V = \frac{4}{3} * (\pi R^3) \approx 1,08.10^{12} \text{ km}^3 = 1,08.10^{27} \text{ cm}^3$$

Densité et masse volumique terrestres peuvent ainsi être déduites, car on connaît le volume de la Terre.

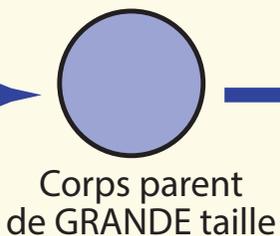
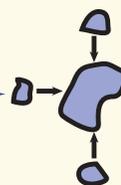
$$\rho_{\text{Terre}} = \frac{M_{\text{Terre}}}{V_{\text{Terre}}} = \frac{6.10^{27} \text{ (en g)}}{1,08.10^{27} \text{ (en cm}^3\text{)}} \approx \mathbf{5,52 \text{ g.cm}^{-3}}.$$

Pour la densité on divise par les 1 g.cm⁻³ de l'eau.

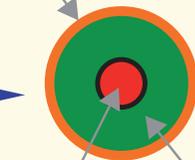
Exercice n°2 : calcul de la composition du noyau



Nébuleuse solaire
(matériel chondritique)



Croûte



Noyau

Manteau



impact

Météorites
= fragments arrivés
sur Terre

Accrétion Différentiation Fragmentation

A

Météorites

Pierreuses

Mixtes

Ferreuses

Chondrites

Achondrites

Mésosidérites

Pallasites

Sidérites

Carbonées

Ordinaires

Enstatites

...

Angrites

Ureilites

HED

(Howardites, Eucrites, Diogénites)

SNC

(Mars)

...

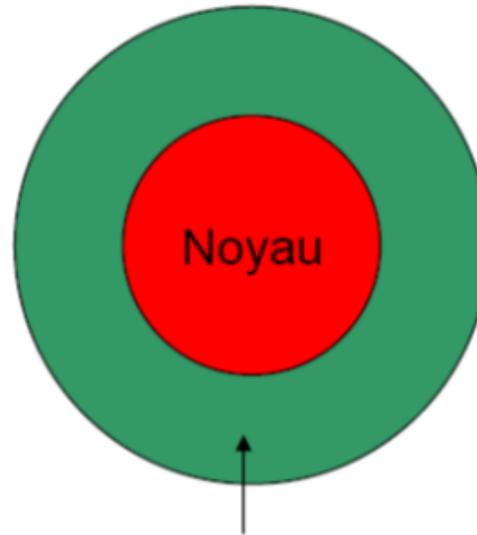
Météorites non différenciées

Météorites différenciées

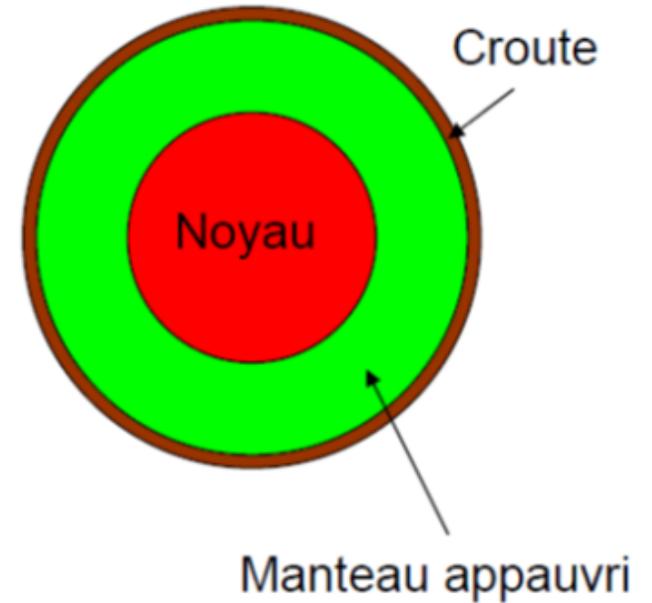
Chondrites=Terre Globale



Terre primitive



Terre différenciée

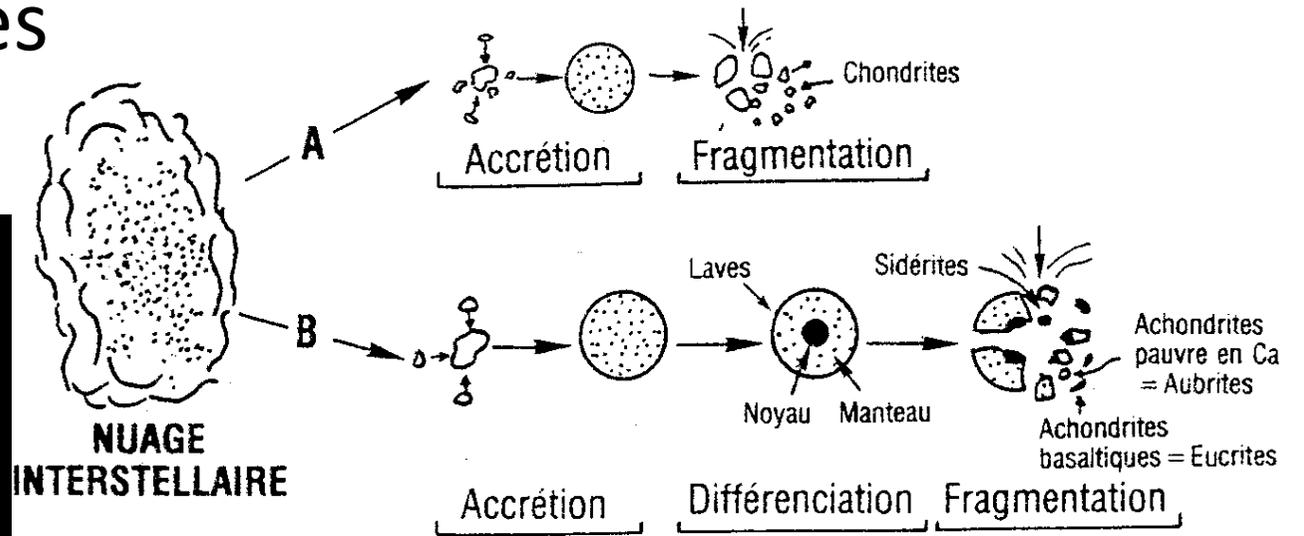


Moteur de la différenciation: - contraste de densité
- affinité des éléments chimiques,
- fusion.

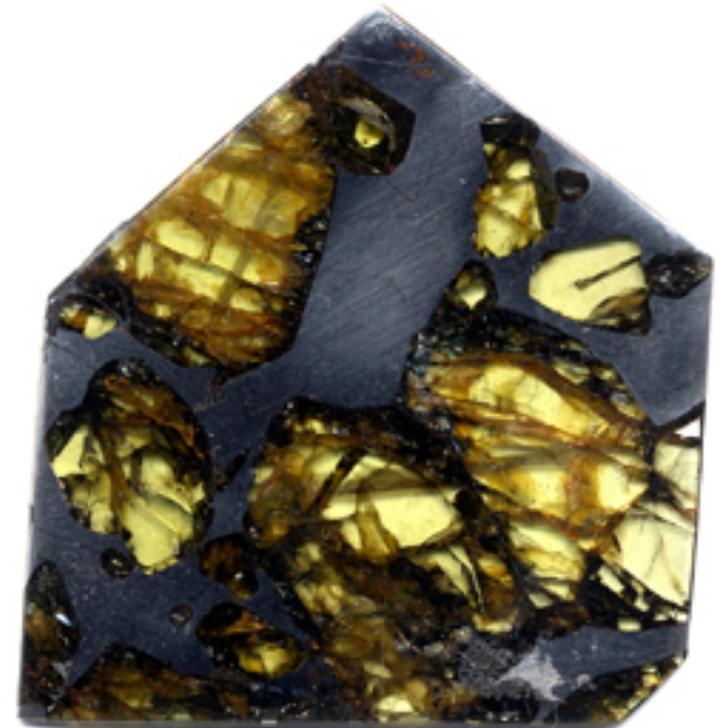


Etude des météorites

Chondrite



Achondrite



Sidérite

	O	Si	Fe	Ni	Al	Ca	Na	K	S
Pourcentages massiques dans l'ensemble croûte + manteau	39	23	4	0,2	1,3	1,46	0,66	0,26	0,1
Pourcentages massiques dans les chondrites = dans la Terre globale	29,5	17,5	23	1,7	1	1,1	0,5	0,2	0,5

Bilan de masse pour un élément (le fer) : $m_{\text{fer-Terre}} = m_{\text{fer-manteau}} + m_{\text{fer-noyau}}$

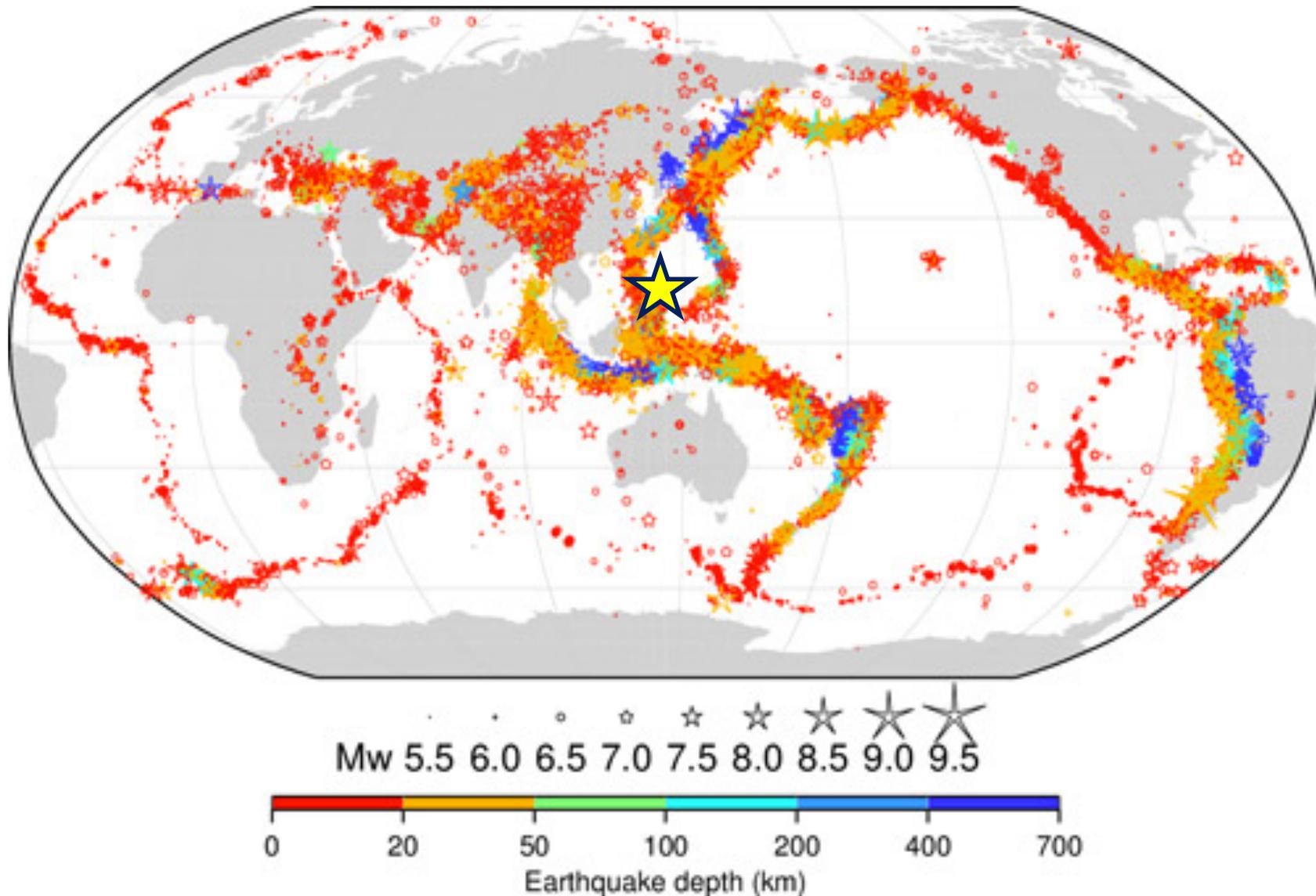
$$\% \text{Fer}_{\text{Terre}} = m_{\text{fer}} / m_{\text{terre}}$$

$$m_{\text{Terre}} \times \% \text{Fer}_{\text{Terre}} = 0,75 m_{\text{Terre}} \times \% \text{Fer}_{\text{manteau}} + 0,25 m_{\text{Terre}} \times \% \text{Fer}_{\text{noyau}}$$

	O	Si	Fe	Ni	Al	Ca	Na	K	S
Pourcentages massiques dans l'ensemble croûte + manteau	39	23	4	0,2	1,3	1,46	0,66	0,26	0,1
Pourcentages massiques dans les chondrites = dans la Terre globale	29,5	17,5	23	1,7	1	1,1	0,5	0,2	0,5
Pourcentages dans le noyau	1	1	80	6,2	0,1	0,02	0,02	0,02	1,7

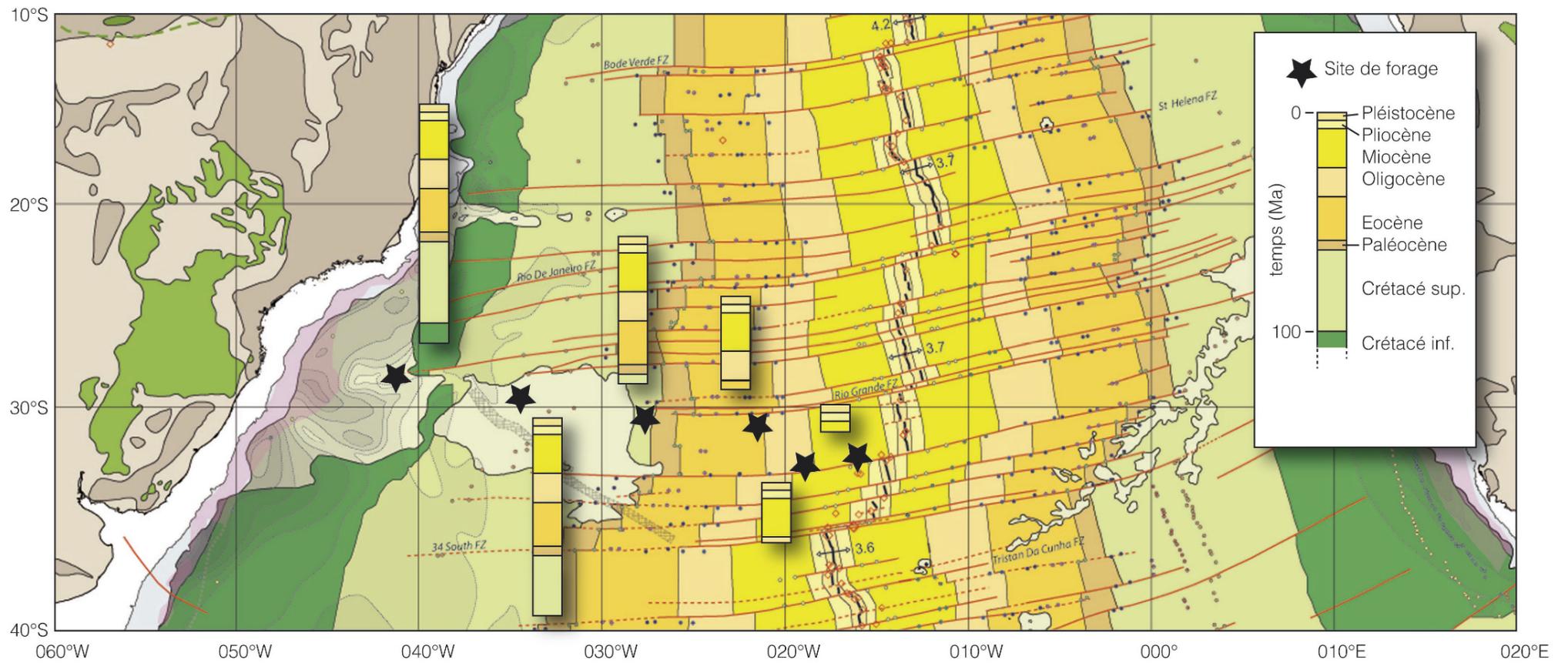
II. La dynamique des enveloppes terrestres

★ Taiwan, 17-09-22
Magnitude 6,5

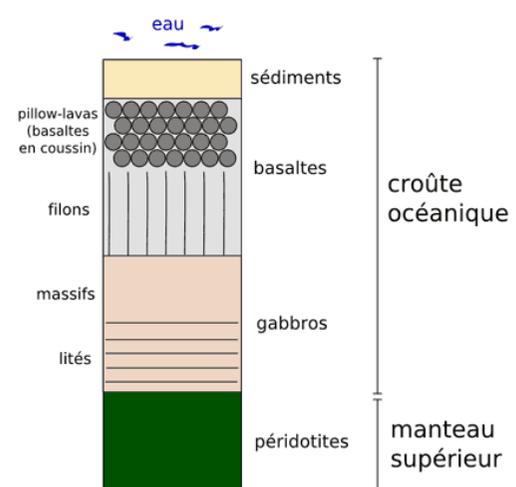
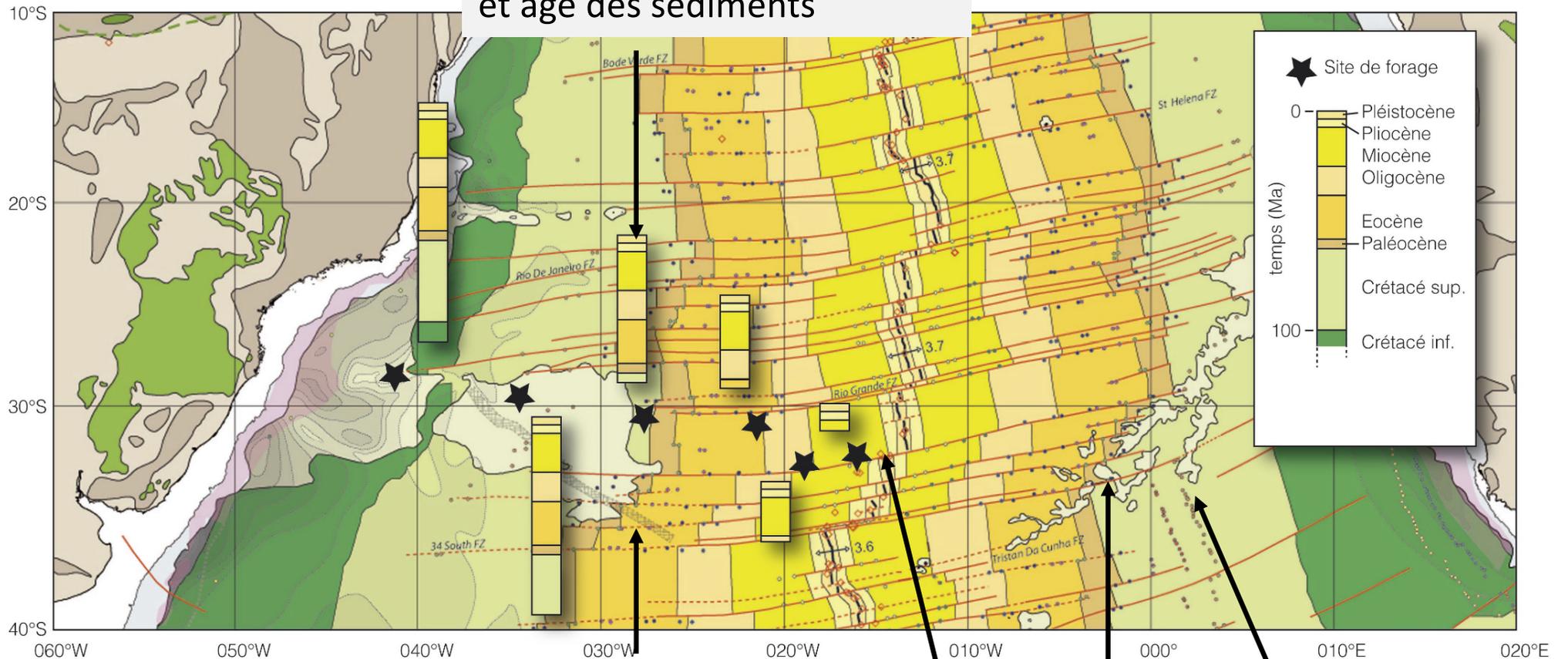


<http://www.isc.ac.uk/iscgem/overview.php>

Exercice n°3 : exploitation de cartes de fonds océaniques



Carotte de forage : lithologie et âge des sédiments

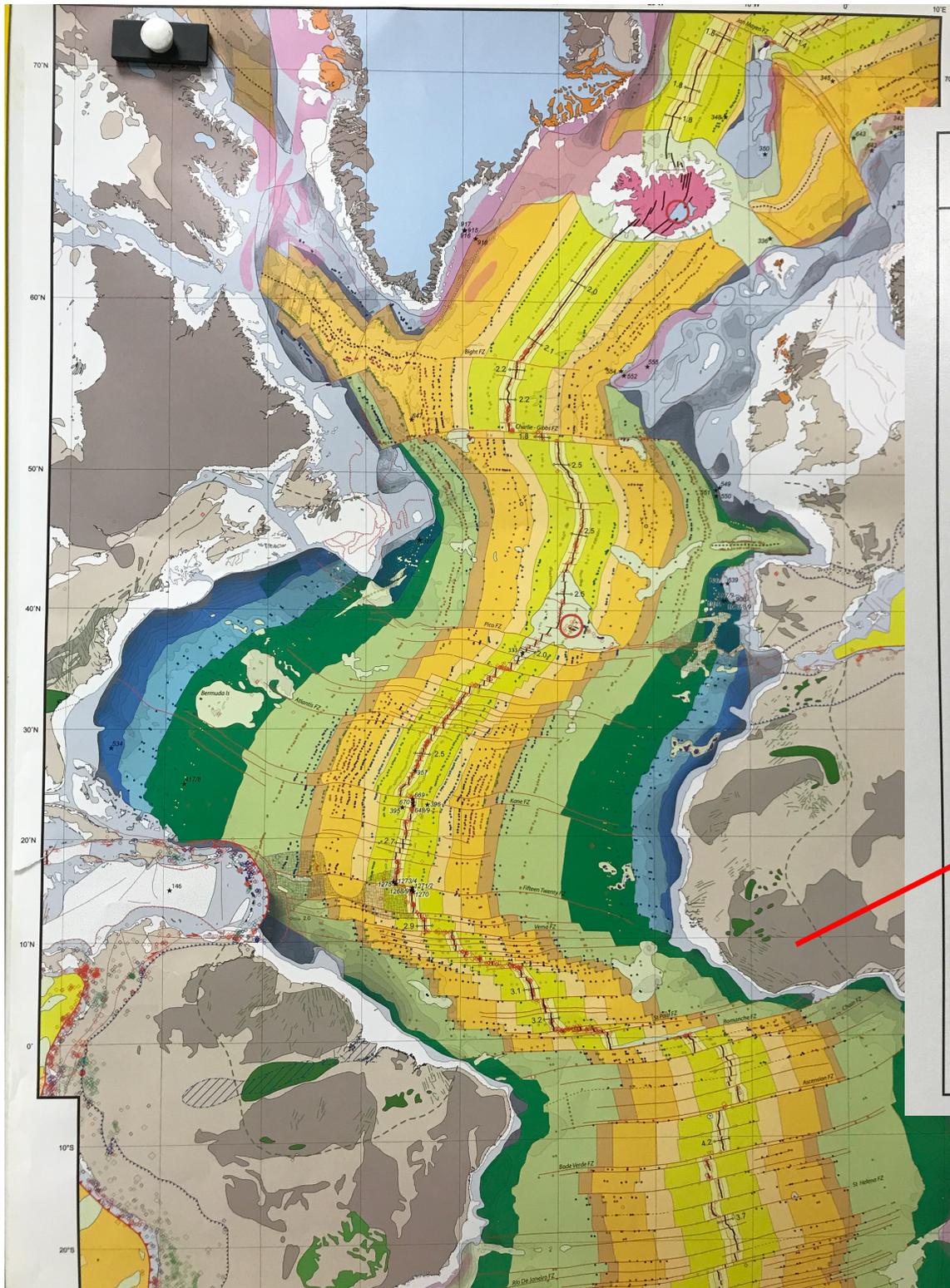


Couleur = âge des sédiments en soubassement = âge des premiers sédiments déposés sur la croûte océanique

Point ou segment = point de mesure d'une anomalie magnétique

Faïlle transformante

Losange ou rond: foyer de séisme (indications de profondeur dans la légende)

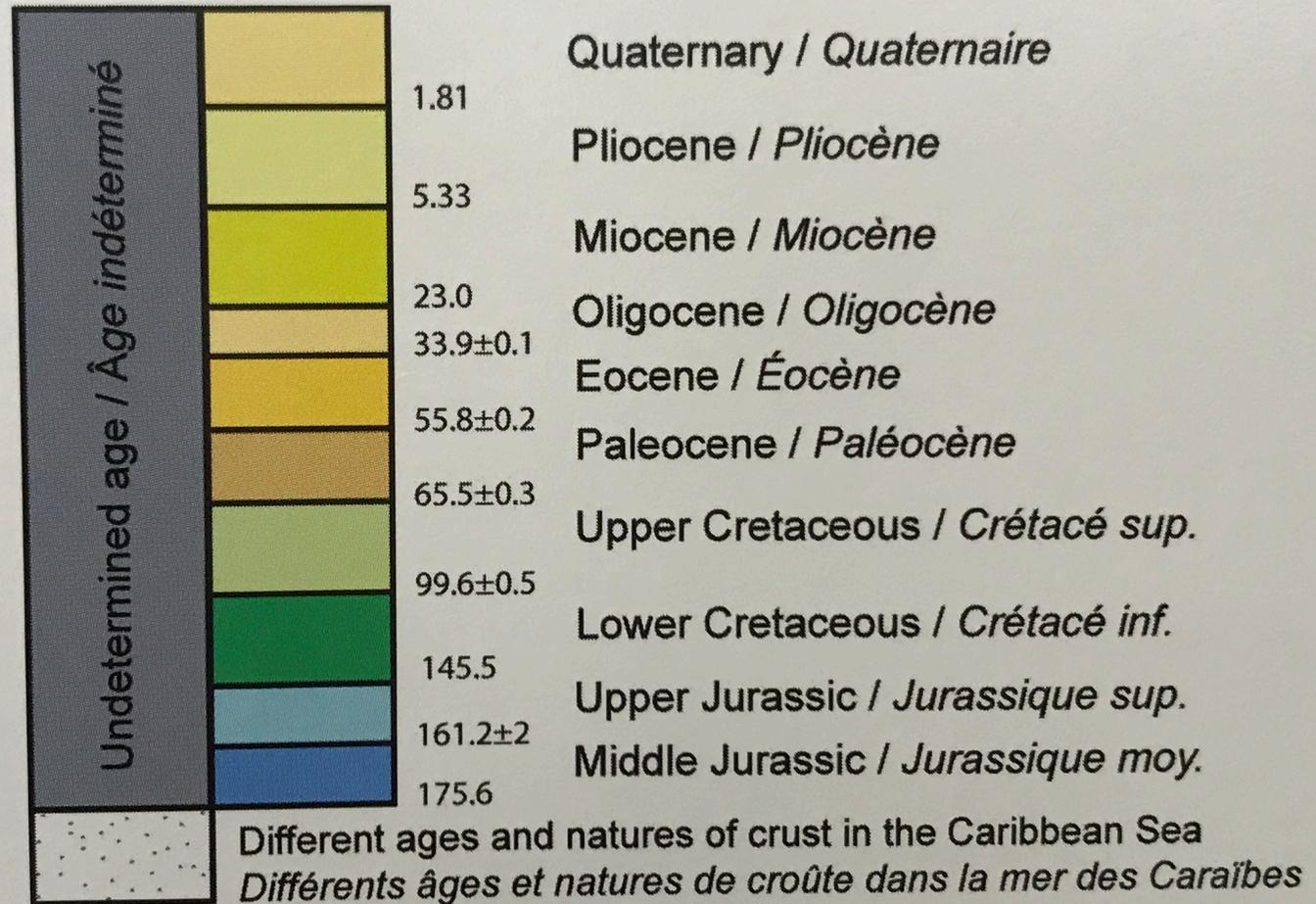


ONSHORE AREAS / ZONES ÉMERGÉES

- 
 Ice cap (and ice-shelf in Antarctica)
Calotte glaciaire (plate-forme de glace en Antarctique)
- 
 Neogene-Quaternary intra-Atlantic volcanism
 a: Iceland; b: small islands
Volcanisme Néogène-Quaternaire intra-Atlantique
 a : Islande; b : petites îles
- 
 Paleogene volcanism
Volcanisme Paléogène
- 
 Cenozoic volcanism (Cameroon 'hot line')
Volcanisme Cénozoïque ('ligne chaude' du Cameroun)
- 
 Parana-Entendeka traps; a: buried in Angola
Trapps du Parana-Etendeka; a : enfouis en Angola
- 
 Early Cretaceous rifts (3000 m isopach)
Rifts du Crétacé inférieur (isopaque 3000 m)
- 
 Central Atlantic Magmatic Province (CAMP)
 a: subaerial & buried basaltic flows; b: sills; c: inferred limit of CAMP extent
Province Magmatique de l'Atlantique Central (CAMP)
 a : coulées basaltiques affleurantes ou enfouies; b : sills; c: limite supposée de l'extension de la CAMP
- 
 Phanerozoic unspecified
Phanérozoïque indifférencié
- 
 Precambrian basement outcrop (locally including Lower Paleozoic)
Socle Précambrien affleurant (incluant localement du Paléozoïque inférieur)
- 
 Limit of the "Alpine" orogens
Limite des orogènes "alpins"
- 
 Main fault (Caribbean plate); half arrow: sense of slip
Faïlle majeure (plaque Caraïbe); demi-flèche : sens du déplacement
- 
 Hotspot
Point chaud

Oceanic crust / *Croûte océanique*

Age / *Âge*

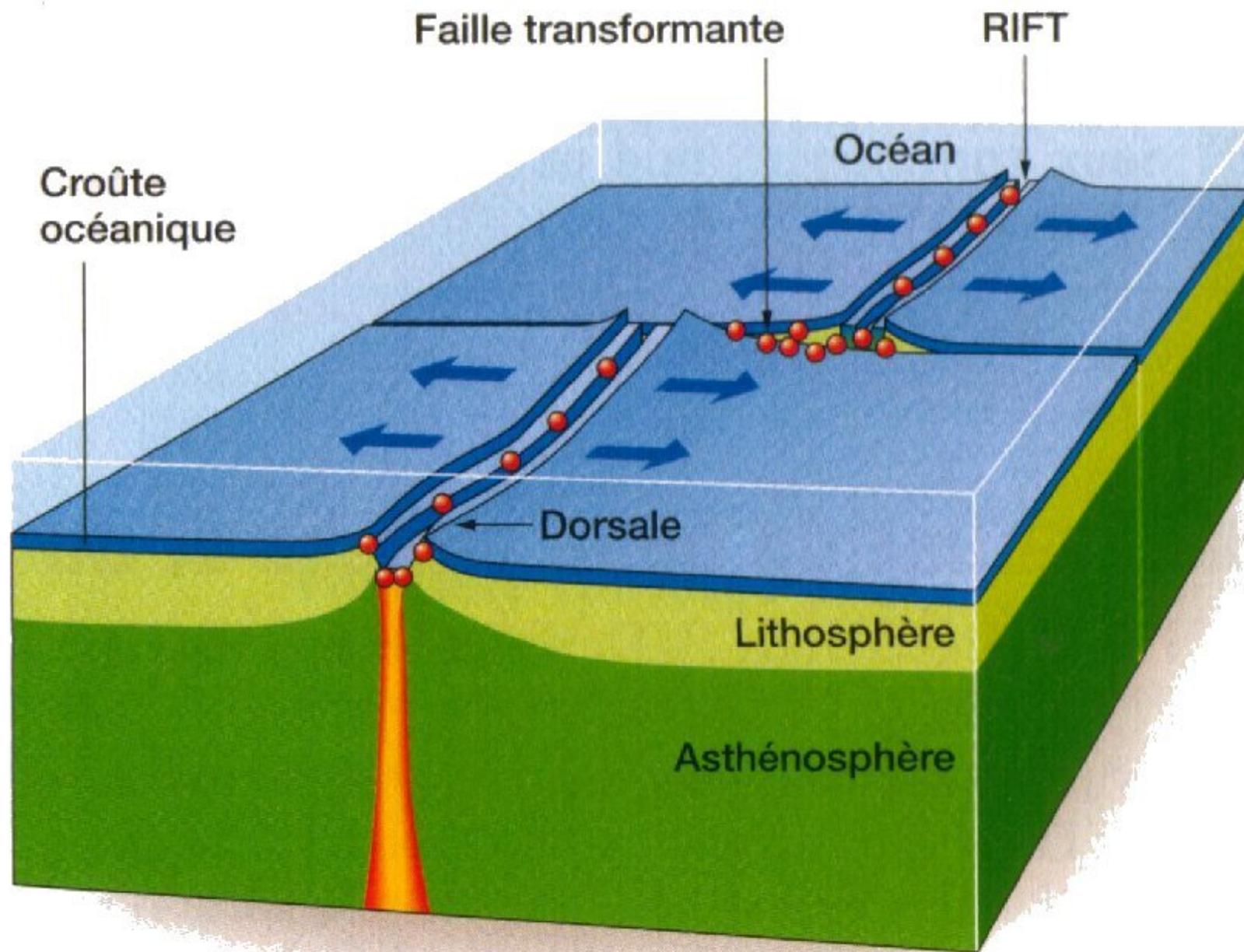


* Chronostratigraphic ages after / *Âges chronostratigraphiques d'après*: F. M. Gradstein & J. G. Ogg (2004)
 A Geological Time Scale 2004, Cambridge University Press

Magnetic anomaly picks

Points de mesure de l'anomalie magnétique

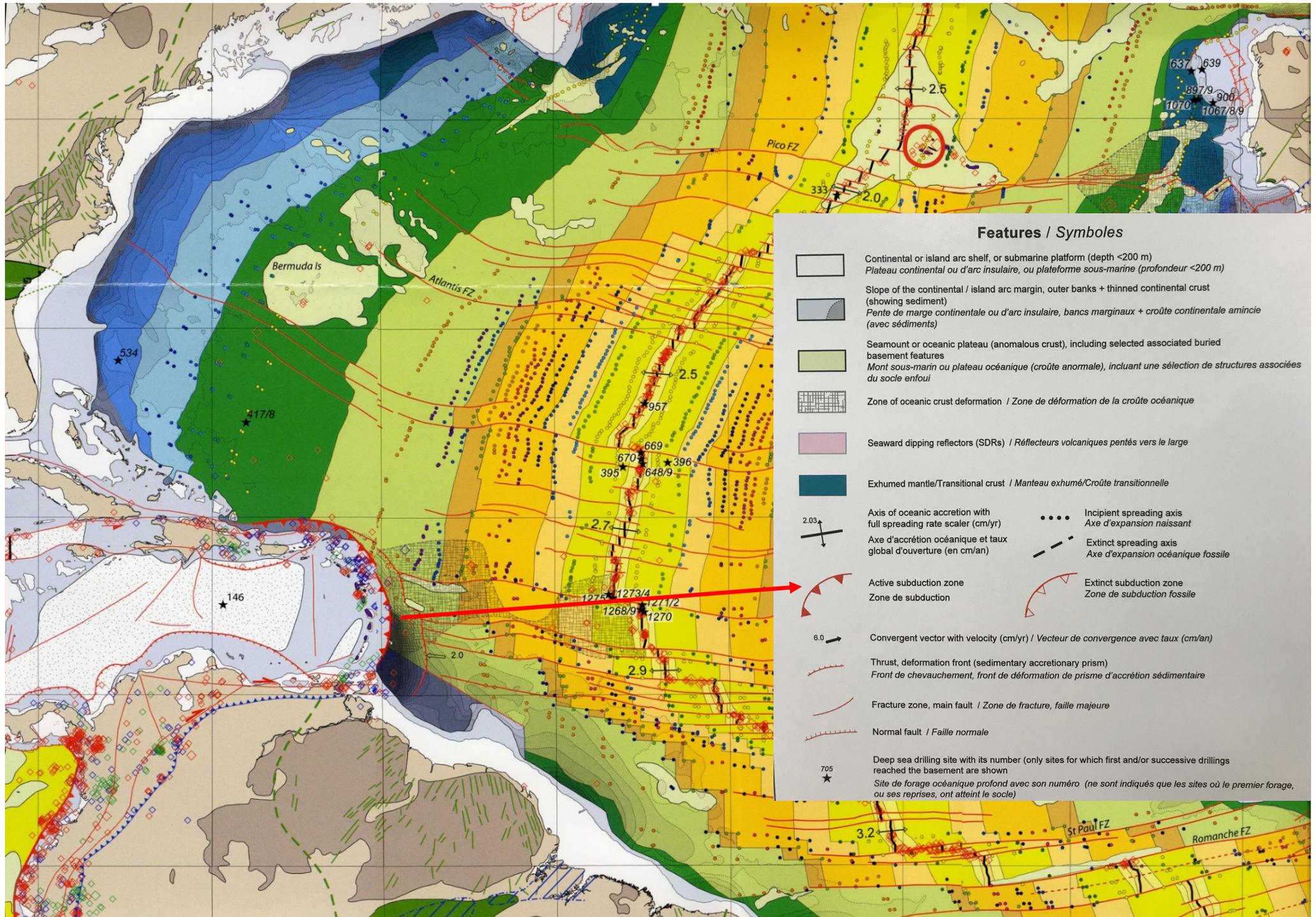
South of the Fifteen Twenty FZ <i>Au sud de FZ Quinze-Vingt</i> (after Müller et al. (1997))	South of Newfoundland-Azores-Gibraltar lineation including A13-A34 in the Nfld & Iberia APs. <i>Au sud de Terre-neuve, Açores-Gibraltar lineation</i> (after Müller et al. (1999) & Müller et al. (1997))	North of Newfoundland-Azores-Gibraltar lineation <i>Au nord de Terre-Neuve, Açores-Gibraltar lineation</i> after Gaina et al. (2002) & Tucholke et al. (2007)
<ul style="list-style-type: none"> ● C5o (10.9 Ma) ● C6o (20.1 Ma) ● C13y (33.1 Ma) ● C18o (40.1 Ma) ● C21o (47.9 Ma) ● C25y (55.9 Ma) ● C31y (67.7 Ma) ● C34y (83.0 Ma) 	<ul style="list-style-type: none"> ● C5y (9.74 Ma) ● C6y (19.05 Ma) ● C8y (25.82 Ma) ● C13y (33.06 Ma) ● C18y (38.43 Ma) ● C20y (Ma) ● C21y (46.26 Ma) ● C22y (Ma) ● C24y (52.36 Ma) ● C25y (55.90 Ma) ● C30y (65.58 Ma) ● C32y (71.59 Ma) ● C33o (79.08 Ma) ● C34y (83.00 Ma) ● CM0y (121 Ma) ● CM4o (126.72 Ma) ● CM10o (131.88 Ma) ● CM16o (141.9 Ma) ● CM20y (145.09 Ma) 	<ul style="list-style-type: none"> ● C5o (10.95 Ma) ● C6o (20.13 Ma) ● C13y (33.06 Ma) ● C18o (40.13 Ma) ● C20o (43.783 Ma) ● C21o (47.91 Ma) ● C22o (49.71 Ma) ● C24o (53.35 Ma) ● C25y (55.90 Ma) ● C31y (67.74 Ma) ● C33o (79.08 Ma) ● C34y (83.0 Ma) ● CM0y (121 Ma) ● CM3 (124.05 Ma) <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> y: young - o:old <i>y: jeune - o: ancien</i> </p>



● Foyers des séismes

Faille transformante. La partie de la faille située entre les deux segments de dorsale constitue une frontière entre les deux plaques.

Subduction de l'Océan Atlantique



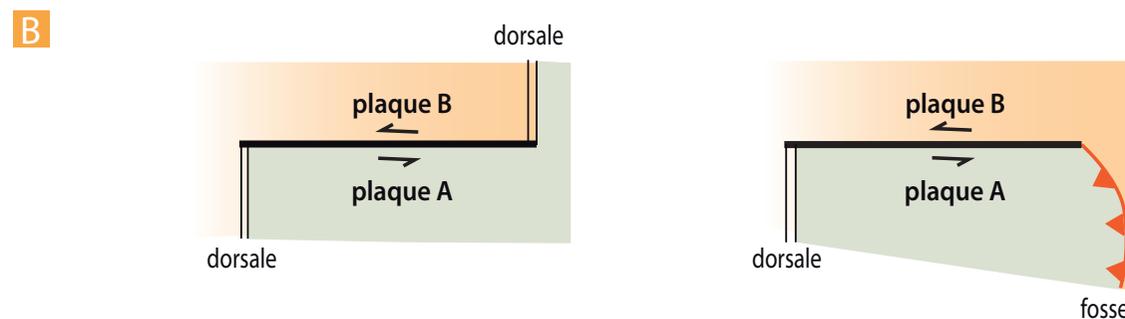
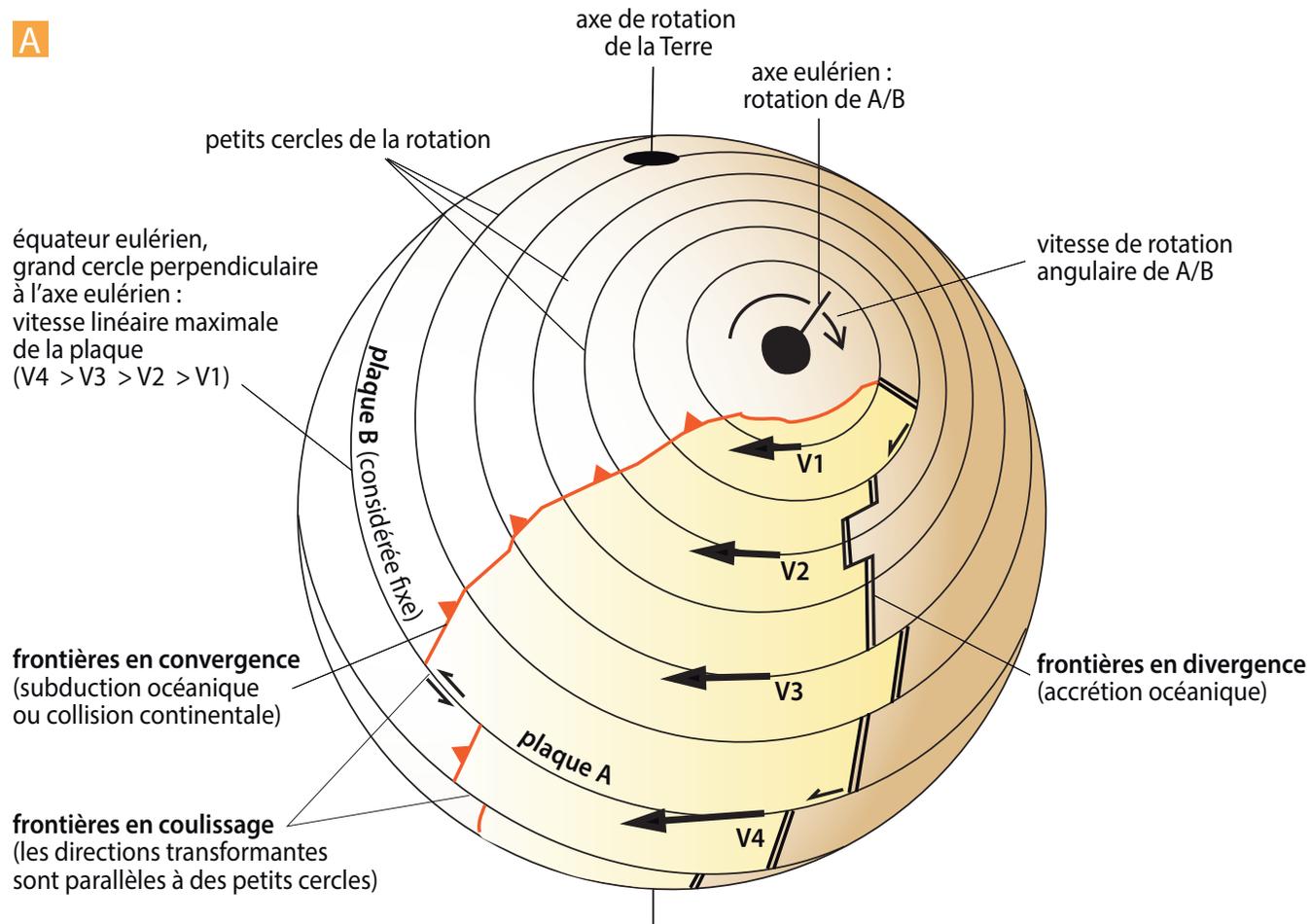
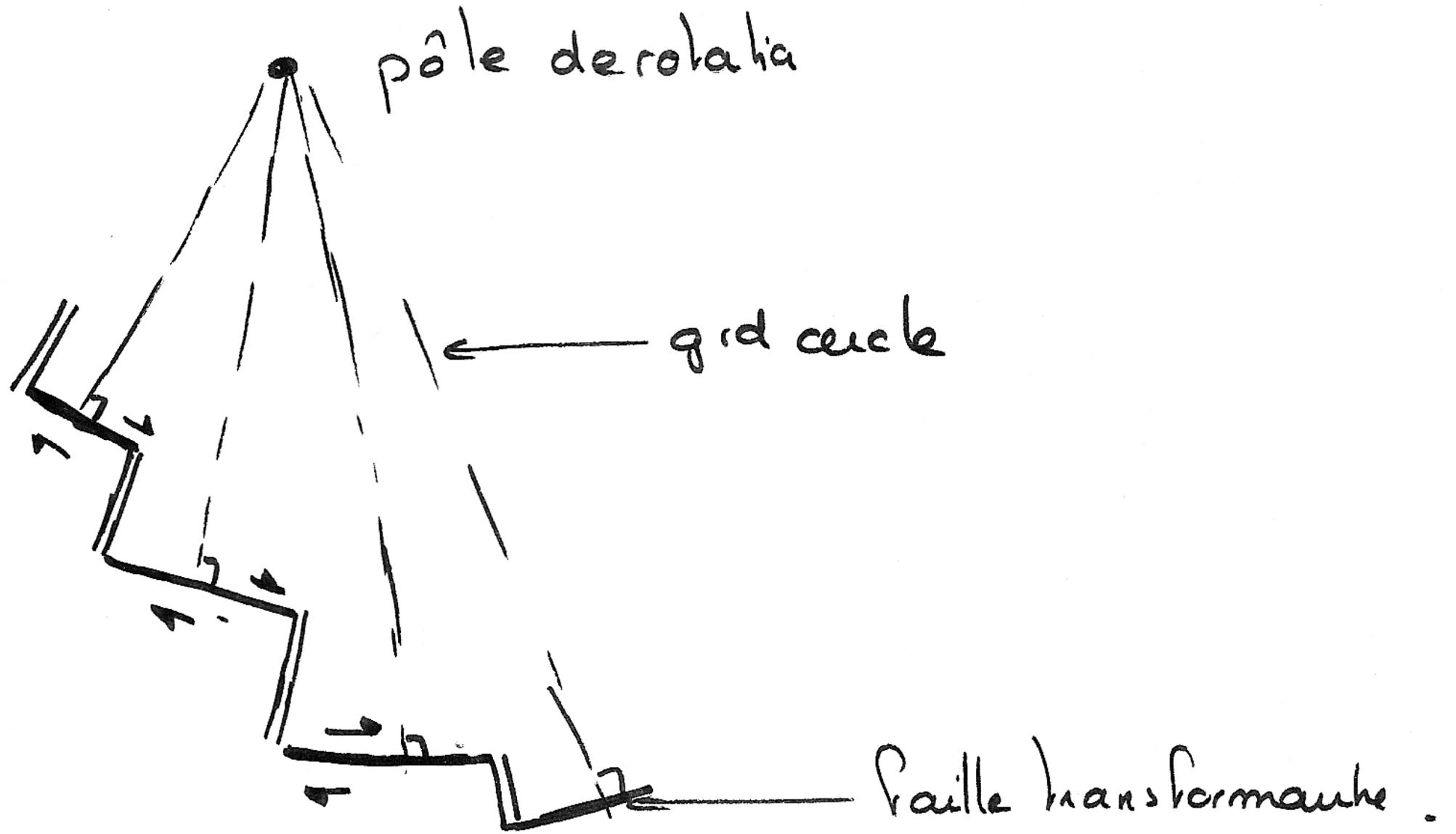
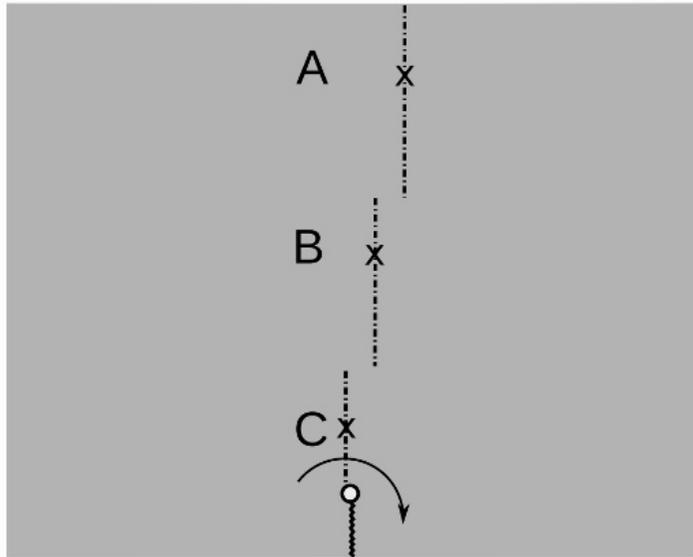


Figure 7.12 Principe de la cinématique des plaques.

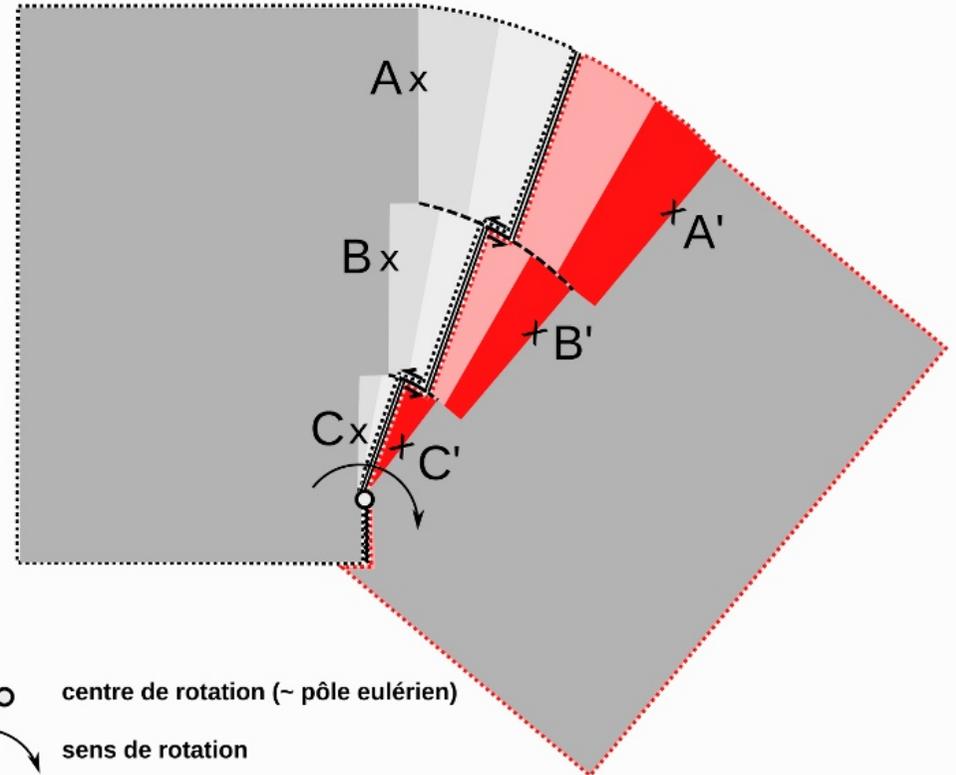
A. Définition des principaux paramètres de la cinématique et nature des frontières de plaques.

B. Failles transformantes *Ride-Ride* et *Ride-Fosse* (*Ride* = Dorsale).





- ligne de fracture initiale
- ~~~~~ ligne de compression initiale
- centre de rotation (~ pôle eulérien)
- ↻ sens de rotation



- centre de rotation (~ pôle eulérien)
- ↻ sens de rotation
- ~~~~~ zone de subduction
- décrochement sismiquement actif
- - - - - ligne sismiquement inactive

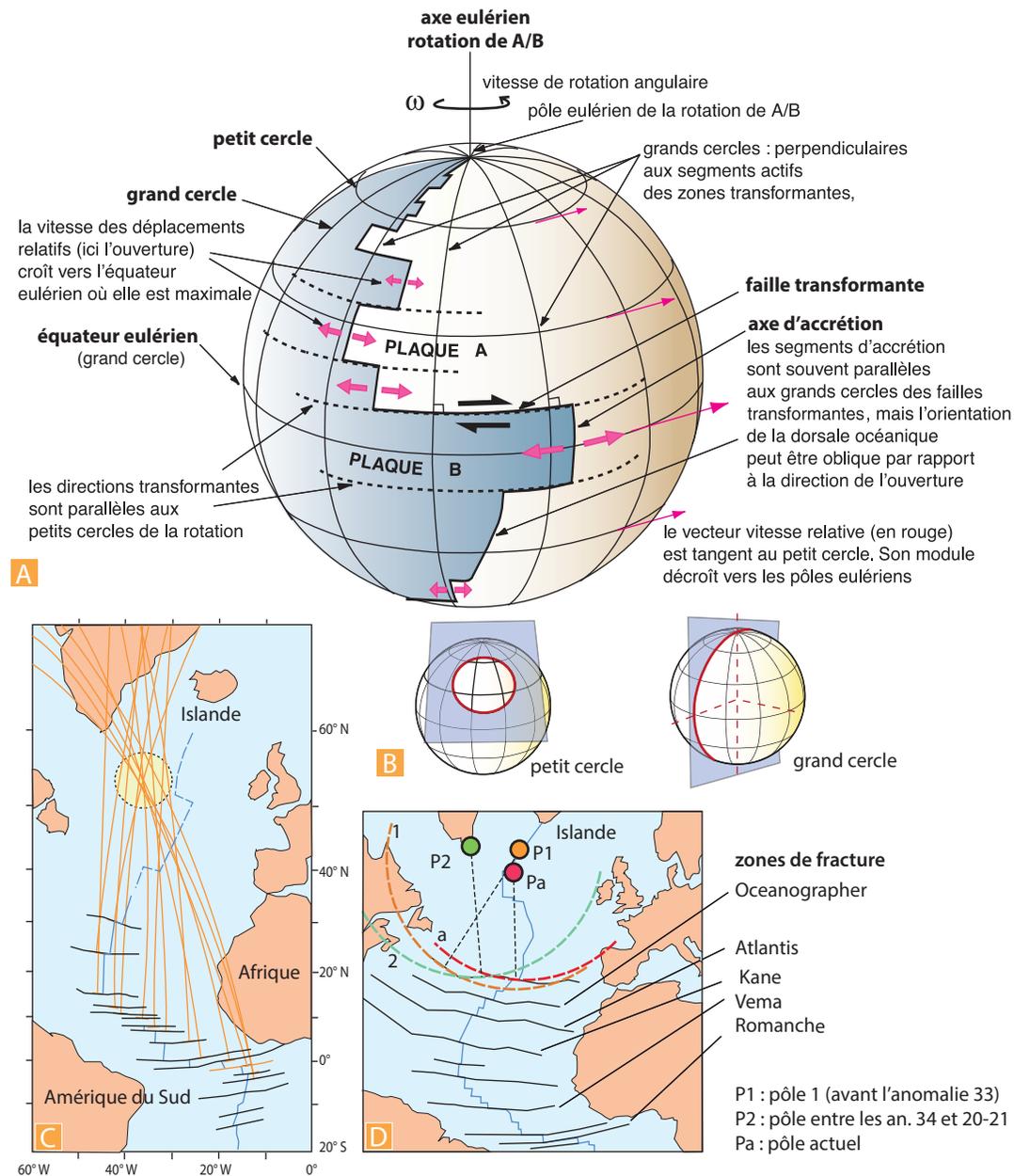
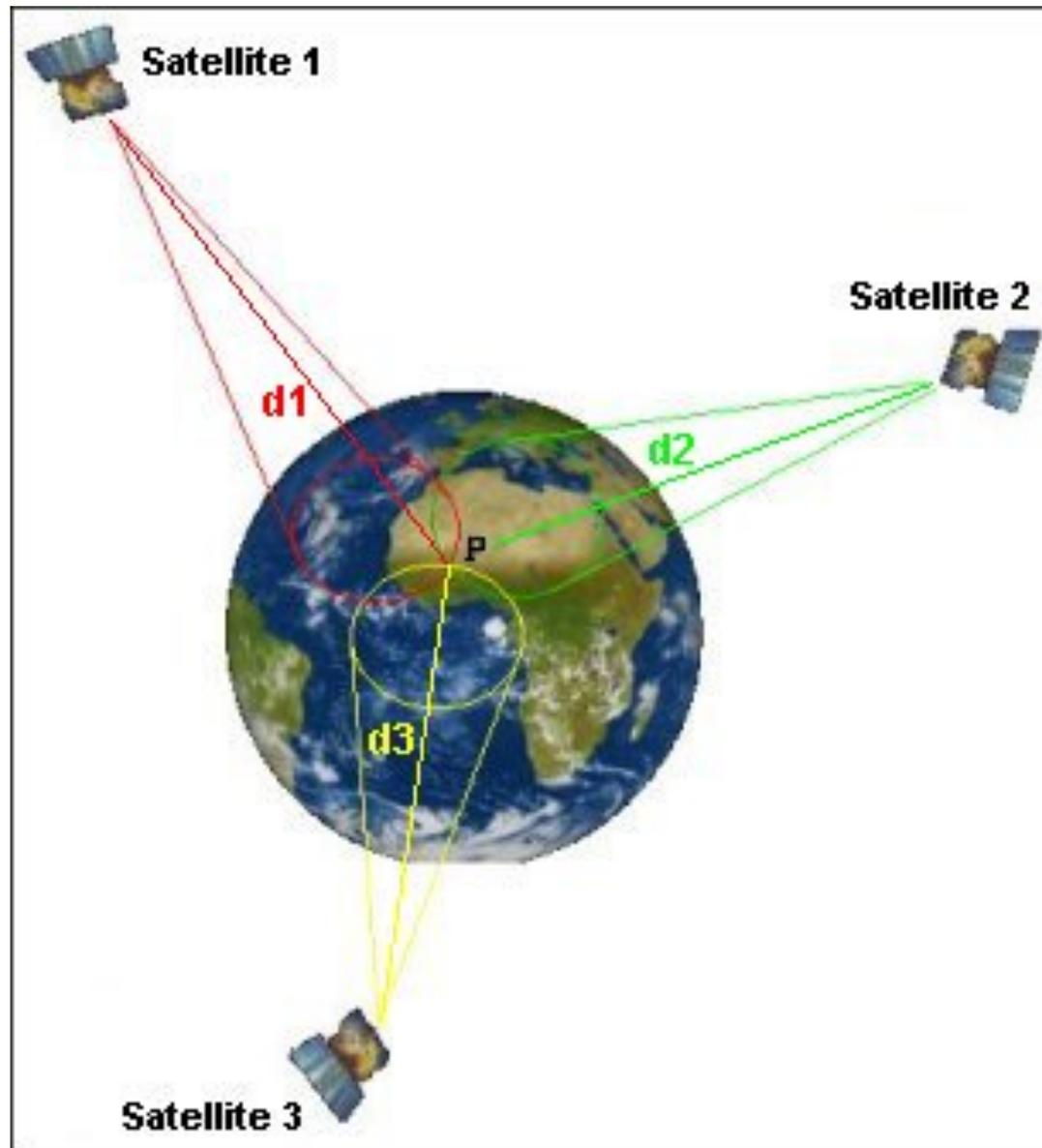
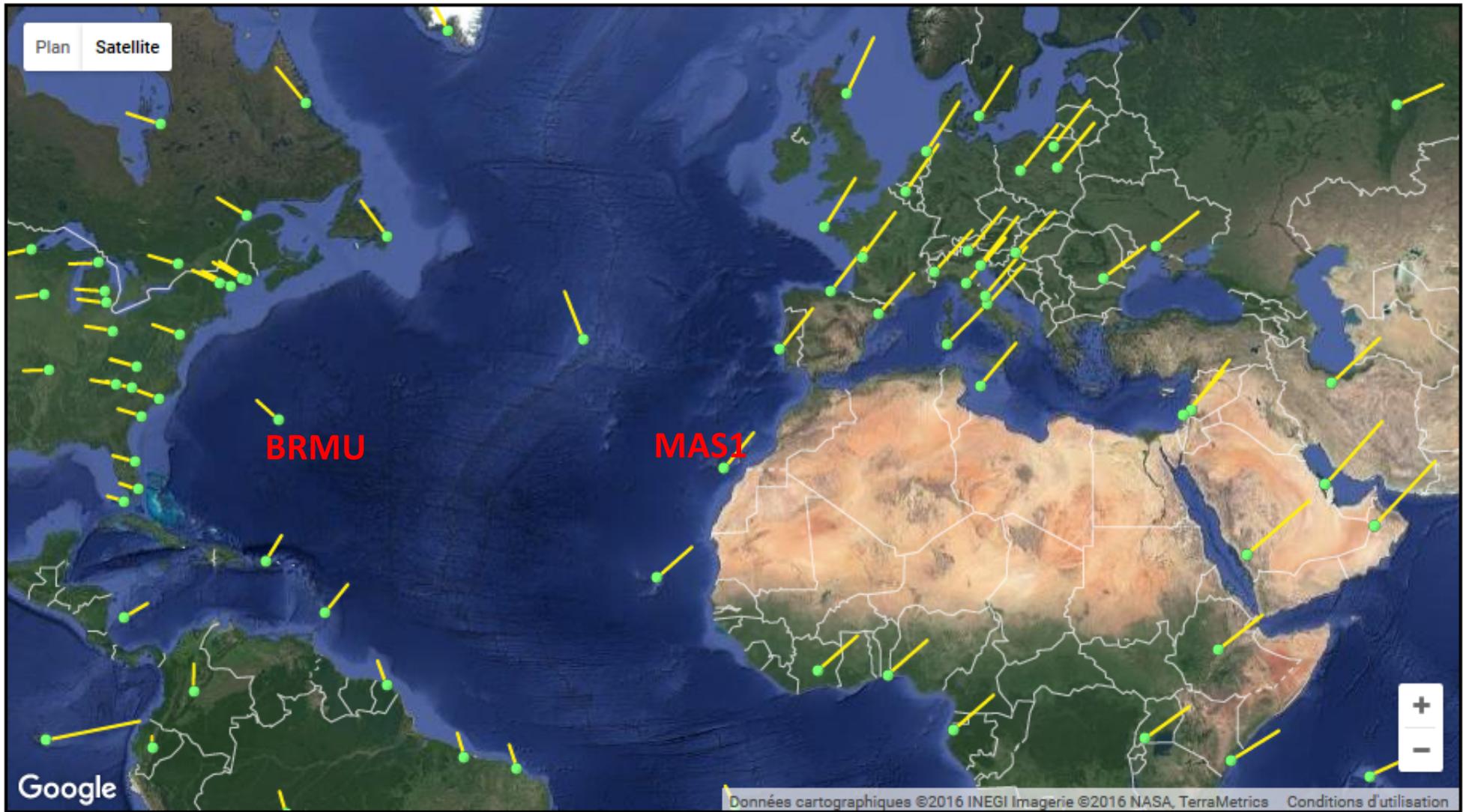


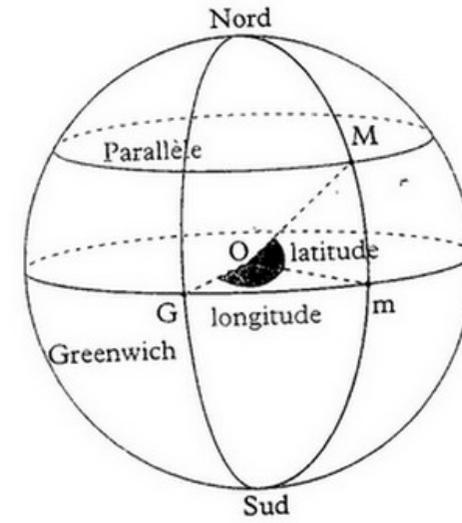
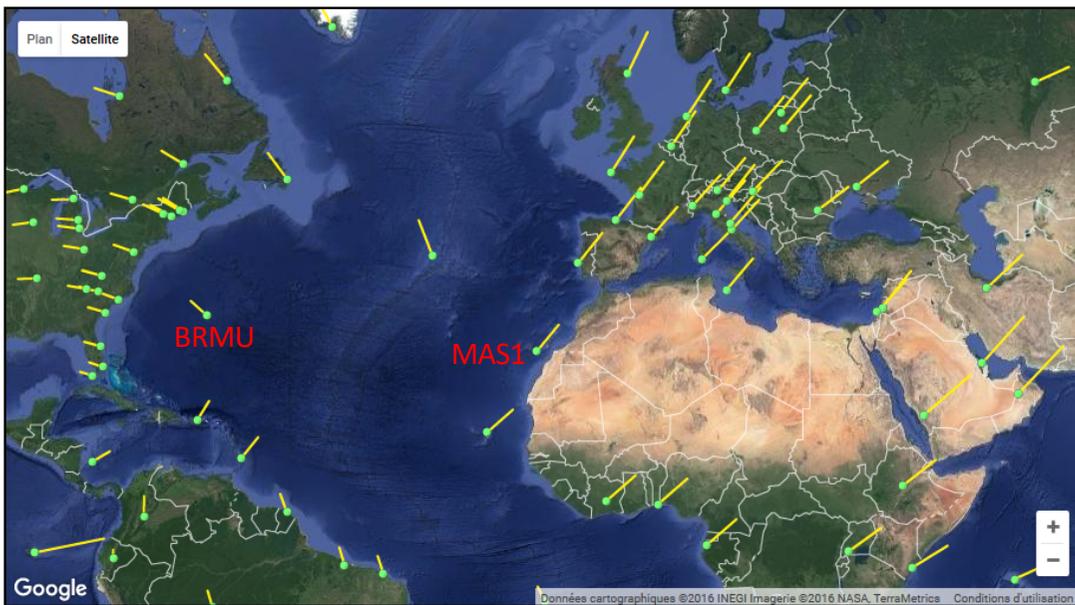
Figure 7.13 Les propriétés géométriques des frontières des plaques.

- A.** Cas d'un globe comprenant deux plaques (voir encart 7.10).
- B.** Grand cercle et petit cercle : définitions géométriques
- C.** Utilisation de l'orientation des zones de fracture pour déterminer le pôle de rotation entre deux plaques : exemple des plaques Afrique et Amérique du Sud.
- D.** Utilisation de la segmentation des zones de fracture pour déterminer les variations de la position des pôles de rotation : exemple de l'Atlantique central (commentaire encart 7.11).

Principe du système de localisation GPS

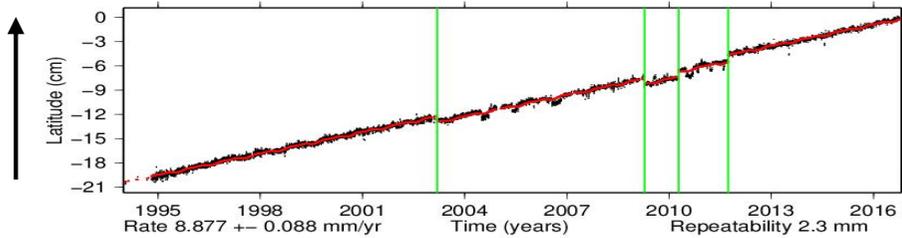




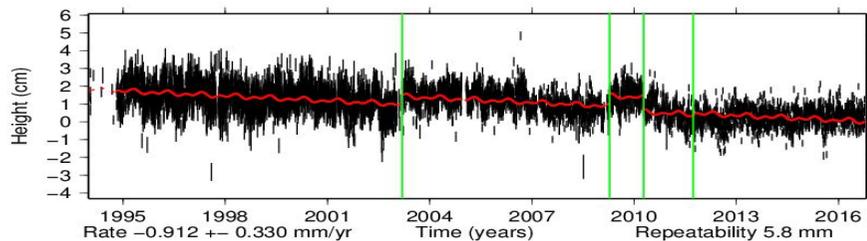
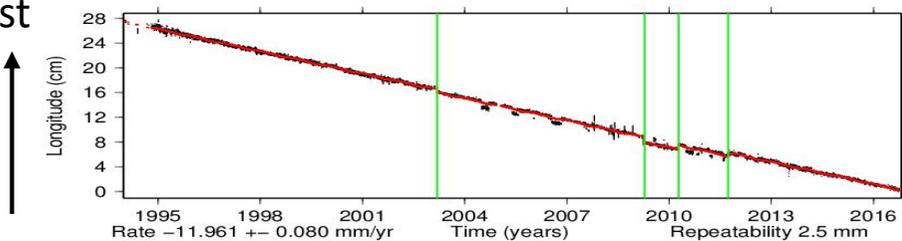


Nord

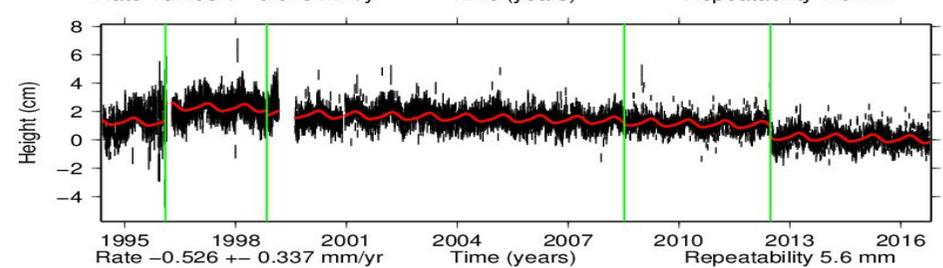
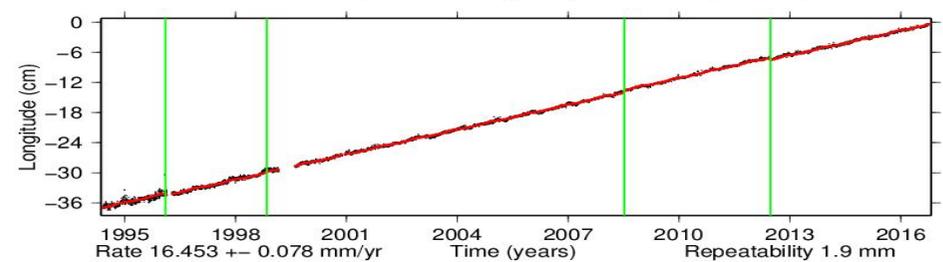
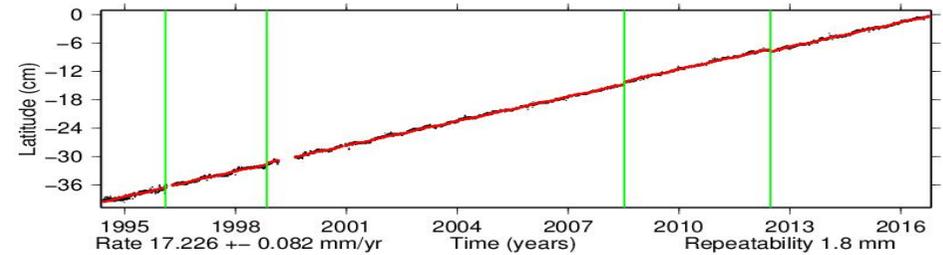
Time series for BRMU.

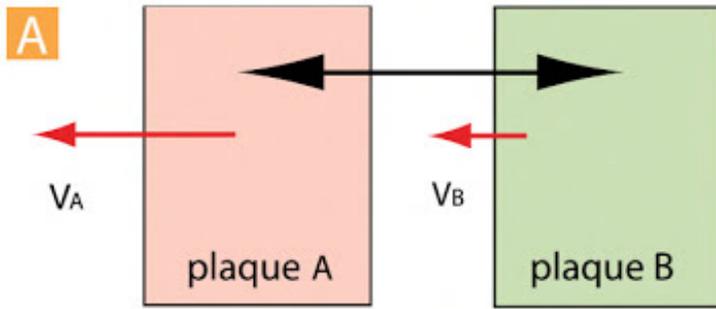


Est

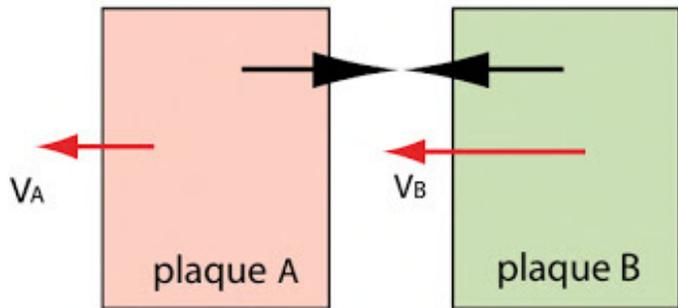


Time series for MAS1.

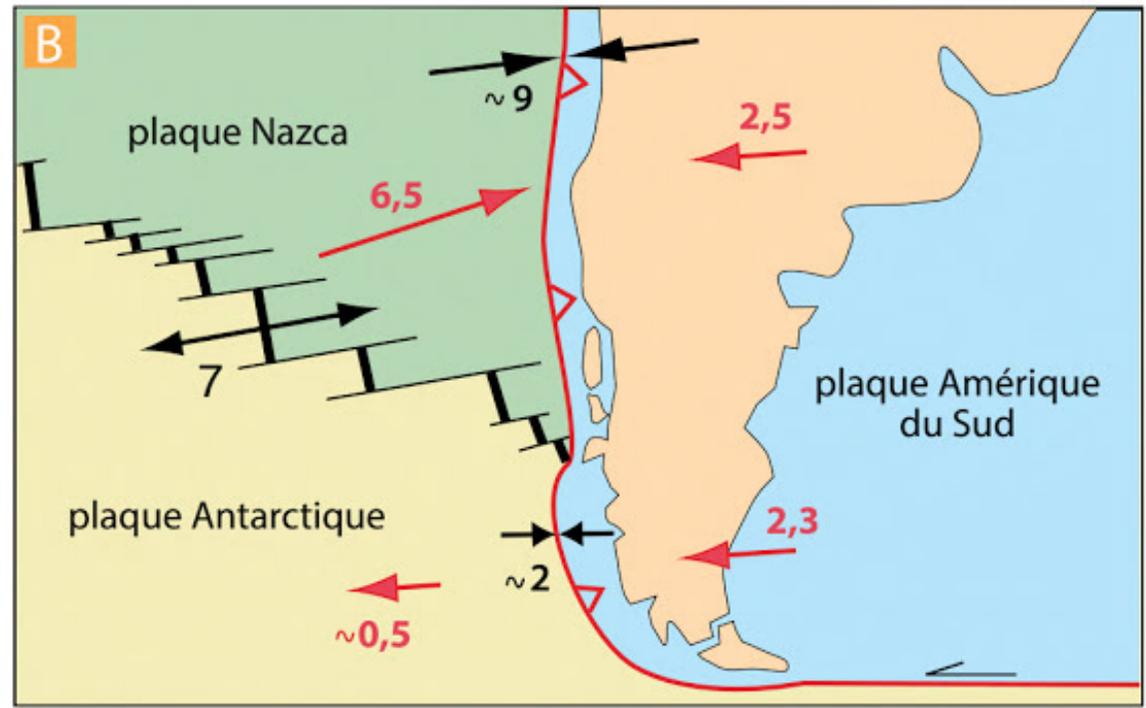




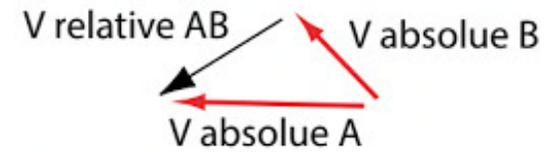
1. $V_A > V_B$, mouvement relatif en divergence



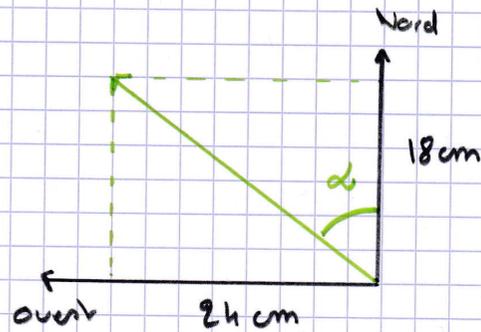
2. $V_A < V_B$, mouvement relatif en convergence



C Triangle des vitesses



Déplacement BRHU (20ans)

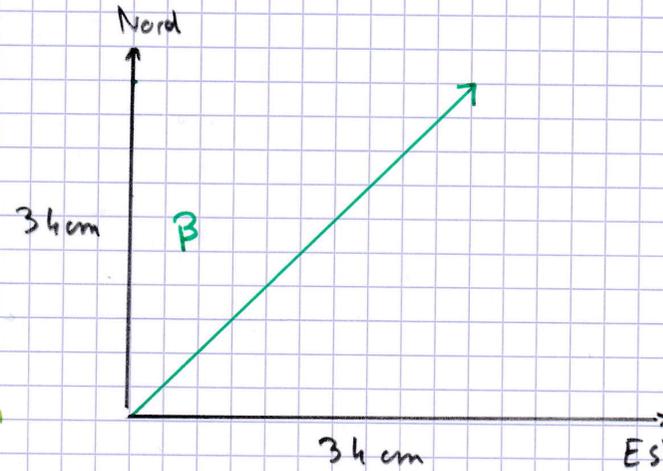


déplacement: $\sqrt{18^2 + 24^2} = 30 \text{ cm}$

vitesse: $v = 1,5 \text{ cm lan}$

azimut: -53°

Déplacement MAS1 (20ans)

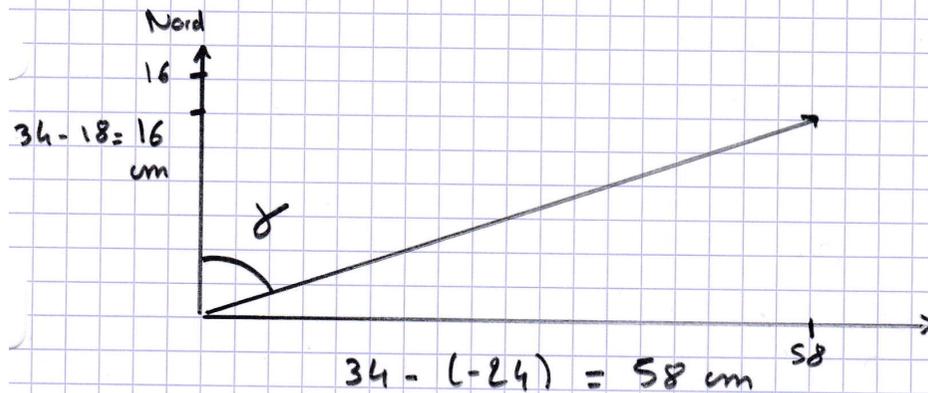


déplacement: $\sqrt{34^2 + 34^2} = 48 \text{ cm}$

vitesse: $v = 2,4 \text{ cm lan}$

azimut: 45°

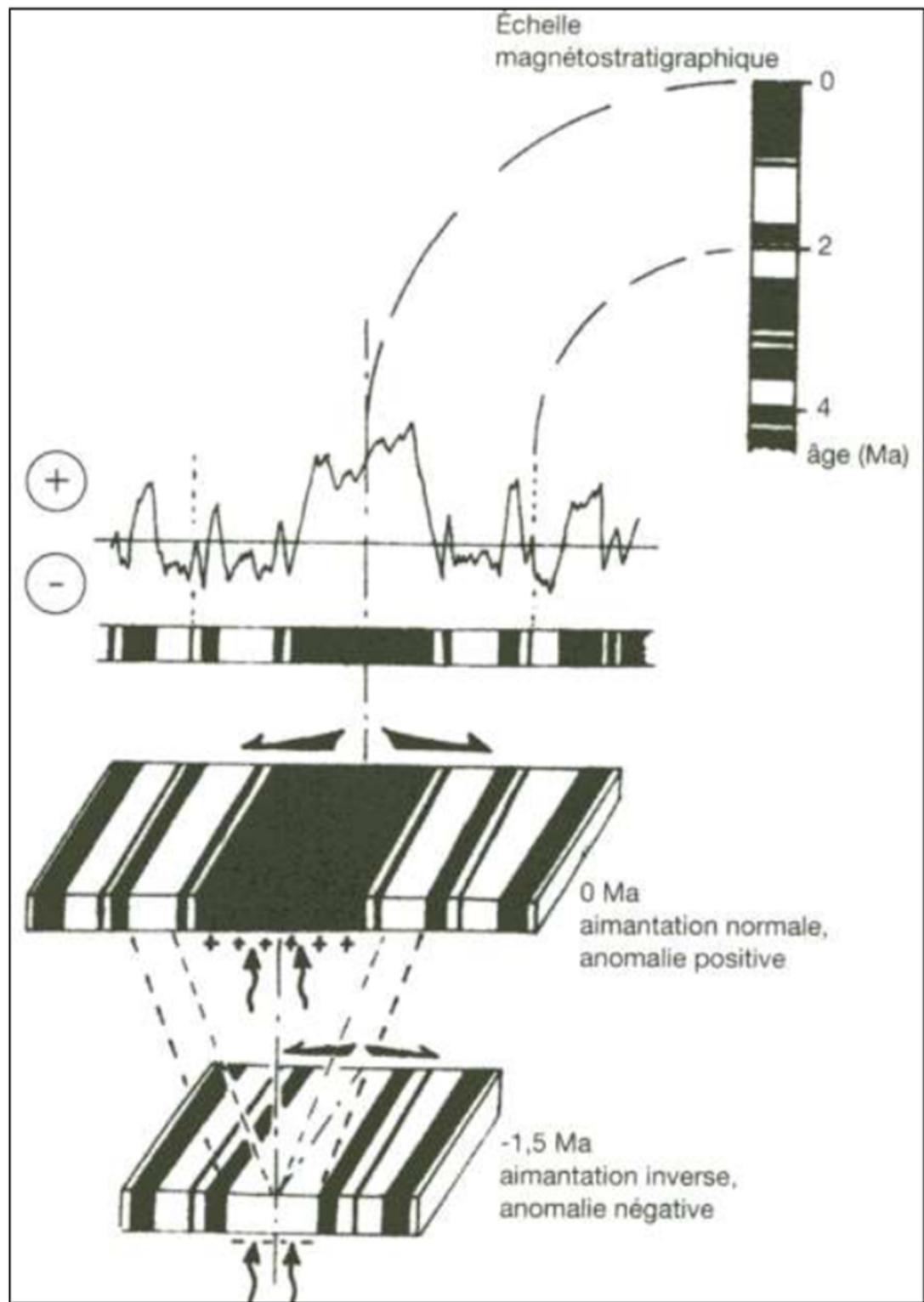
Déplacement relatif.



déplacement: $\sqrt{16^2 + 58^2} = 60,2 \text{ cm}$

vitesse: 3 cm lan

azimut: 74°



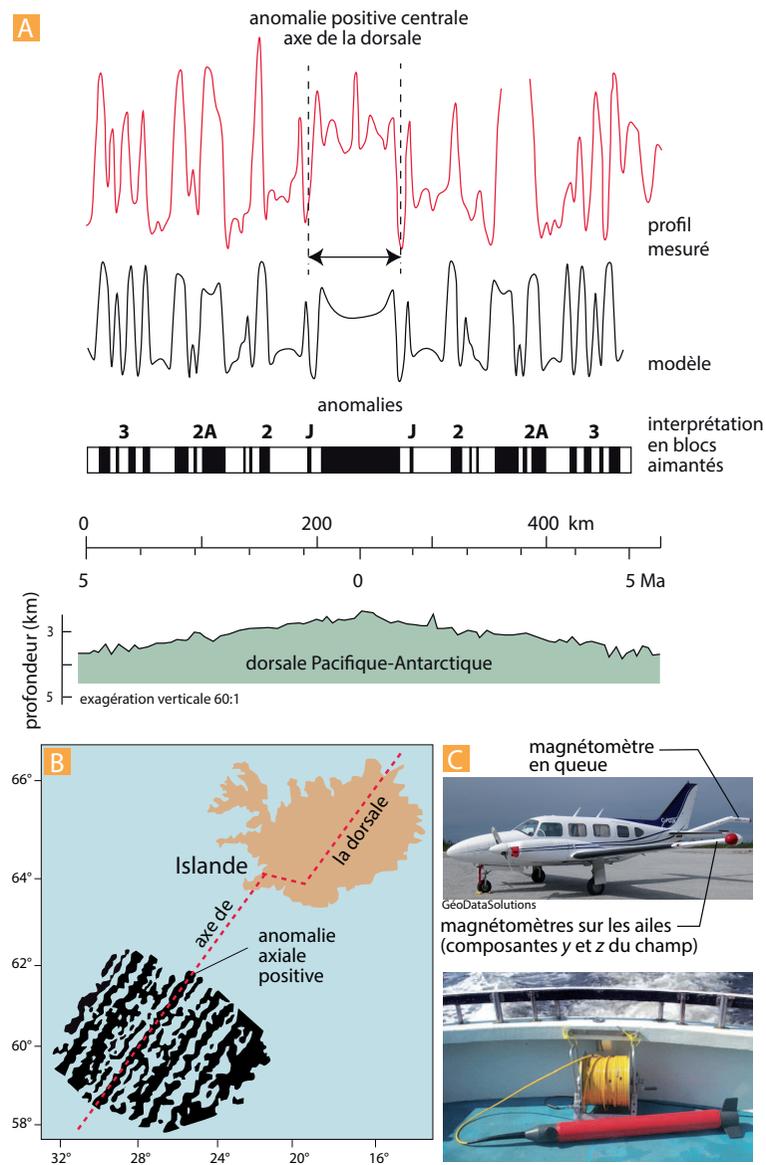
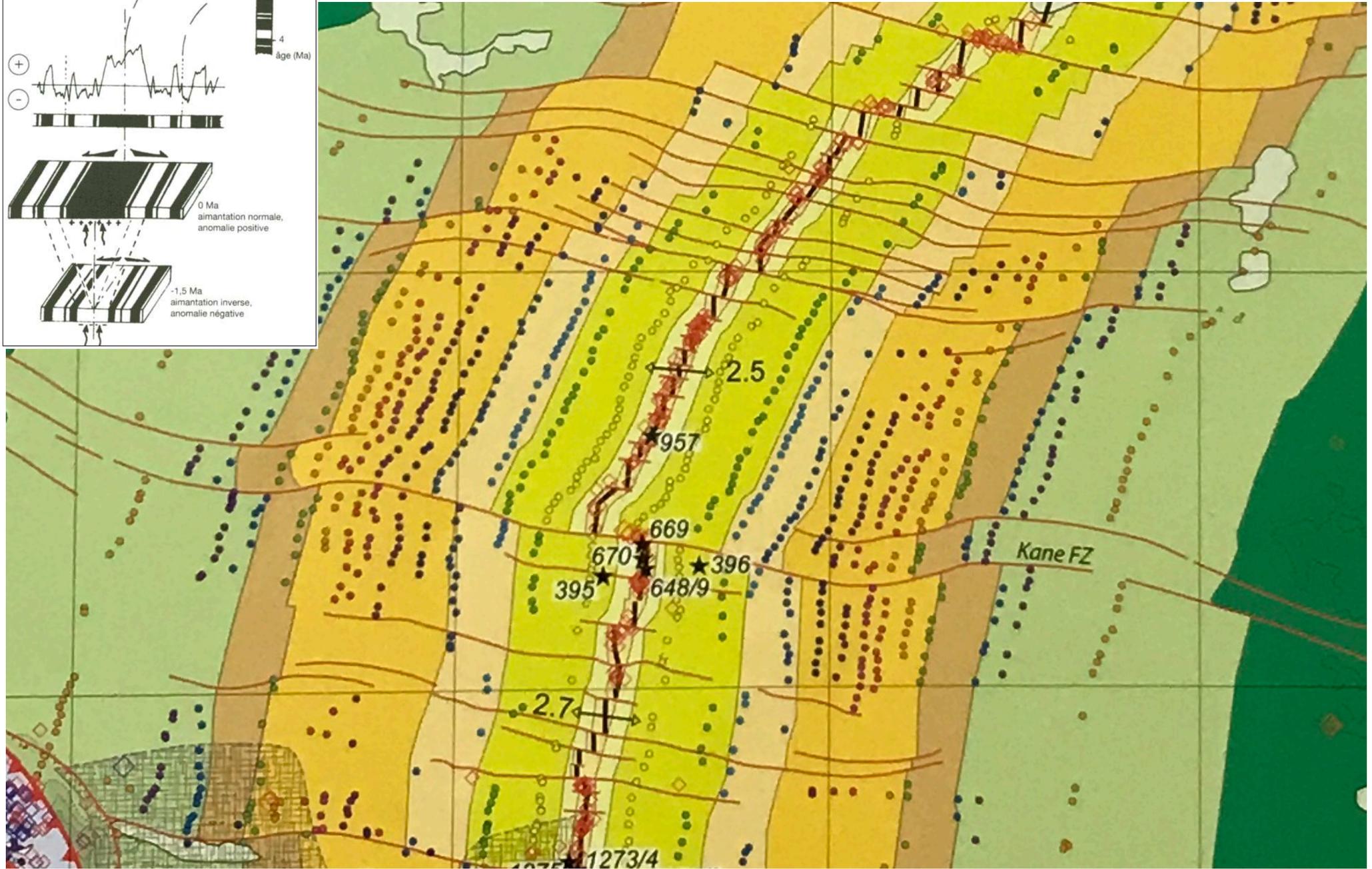
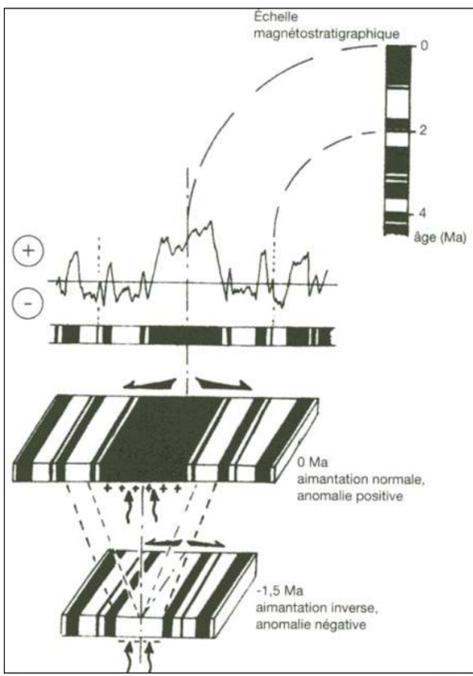


Figure 6.46 Les anomalies magnétiques et leurs mesures.

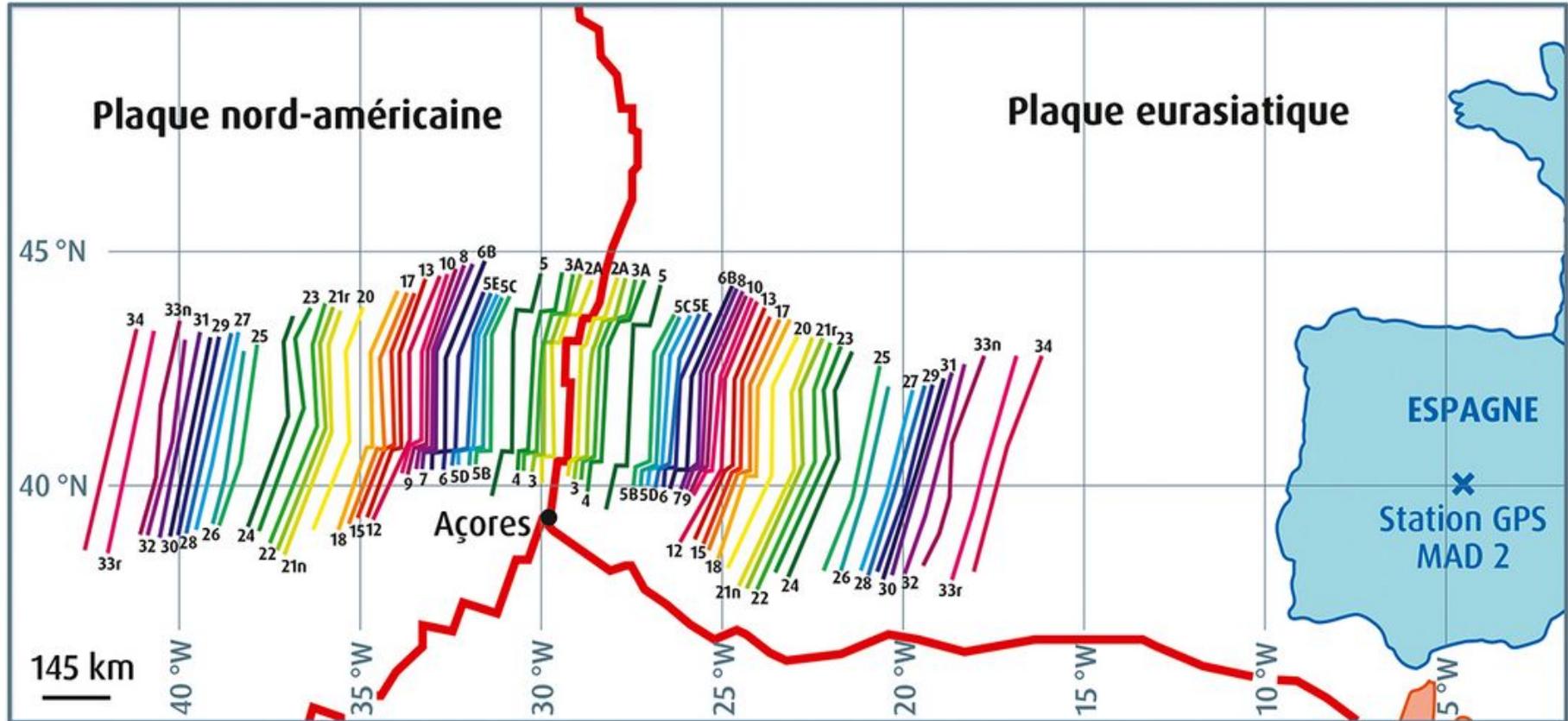
A. Exemple d'enregistrement du champ magnétique terrestre sur un profil perpendiculaire à une dorsale océanique. La courbe rouge correspond au profil des mesures, on notera la « tendance » à la symétrie par rapport à la dorsale et la corrélation avec la courbe théorique (en noire) calculée à partir de l'hypothèse de Vine et Matthews. En complément sont donnés une interprétation du profil magnétique en termes d'anomalies magnétiques (à comparer avec la figure 6.40), la topographie de la dorsale, l'étendue kilométrique du profil et l'âge des fonds océaniques par rapport à l'axe de la dorsale.

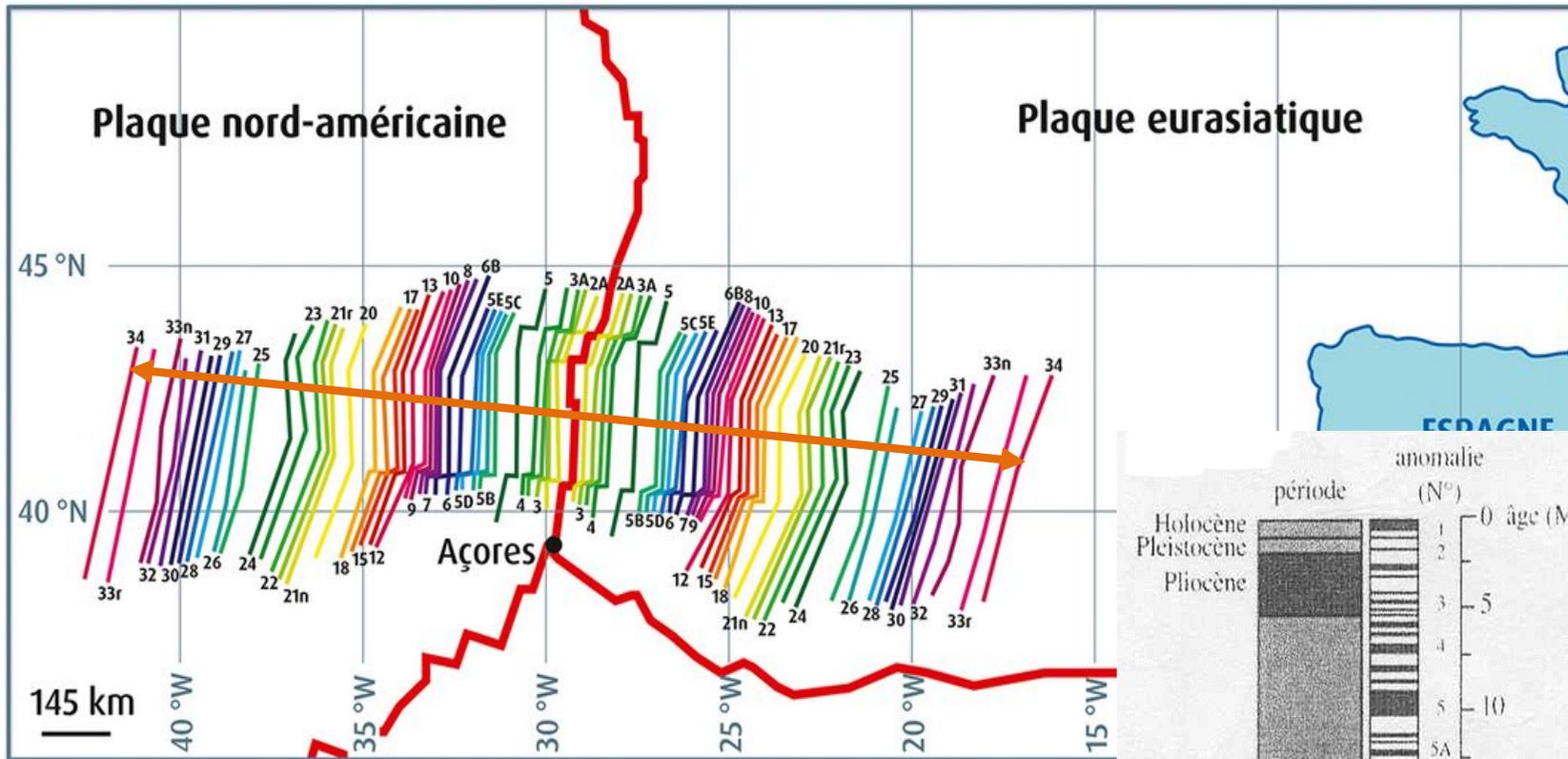
B. Une carte fondatrice montrant la symétrie des anomalies magnétiques au-dessus des dorsales océaniques. Levé aéromagnétique obtenu en 1966 par Heirtzler *et al.* au-dessus de la dorsale de Reykjanes au sud de l'Islande.

C. Exemple de magnétomètres embarqués dans les airs ou en mer (GéoDataSolutions, H. Ondréas (bas)).



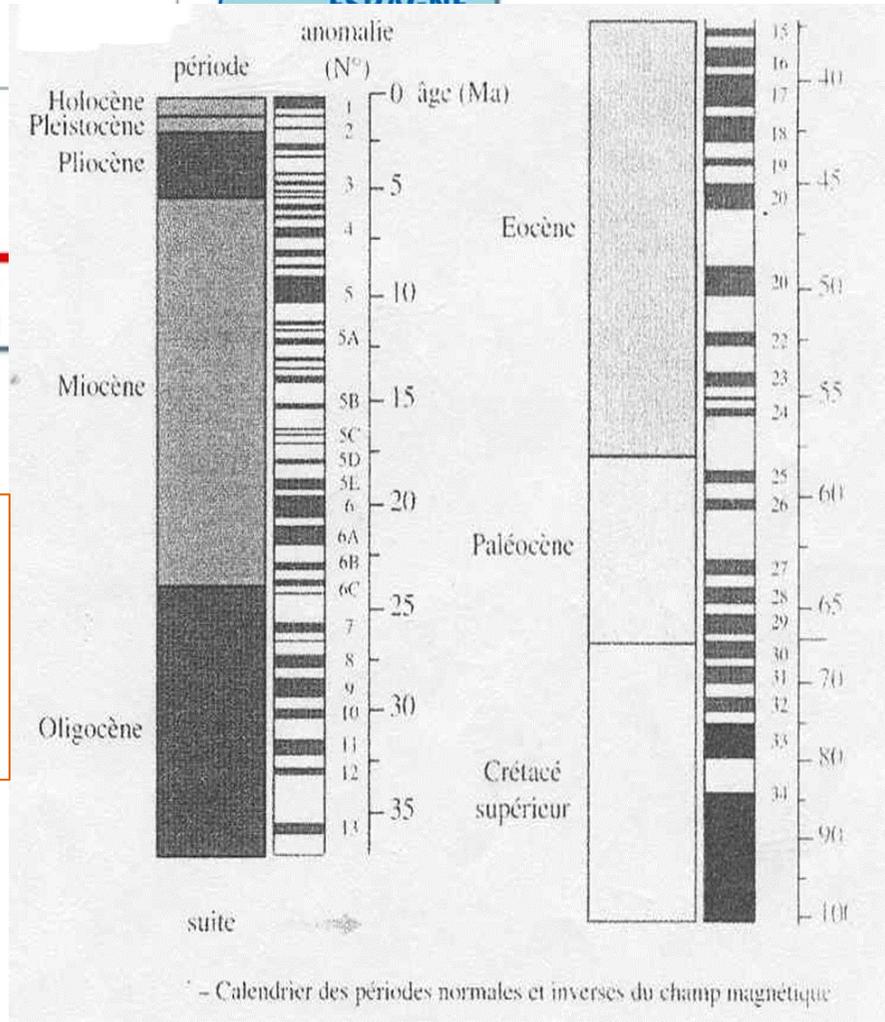
Carte des anomalies magnétiques de l'Atlantique nord (entre 40°N et 45°N de latitude)



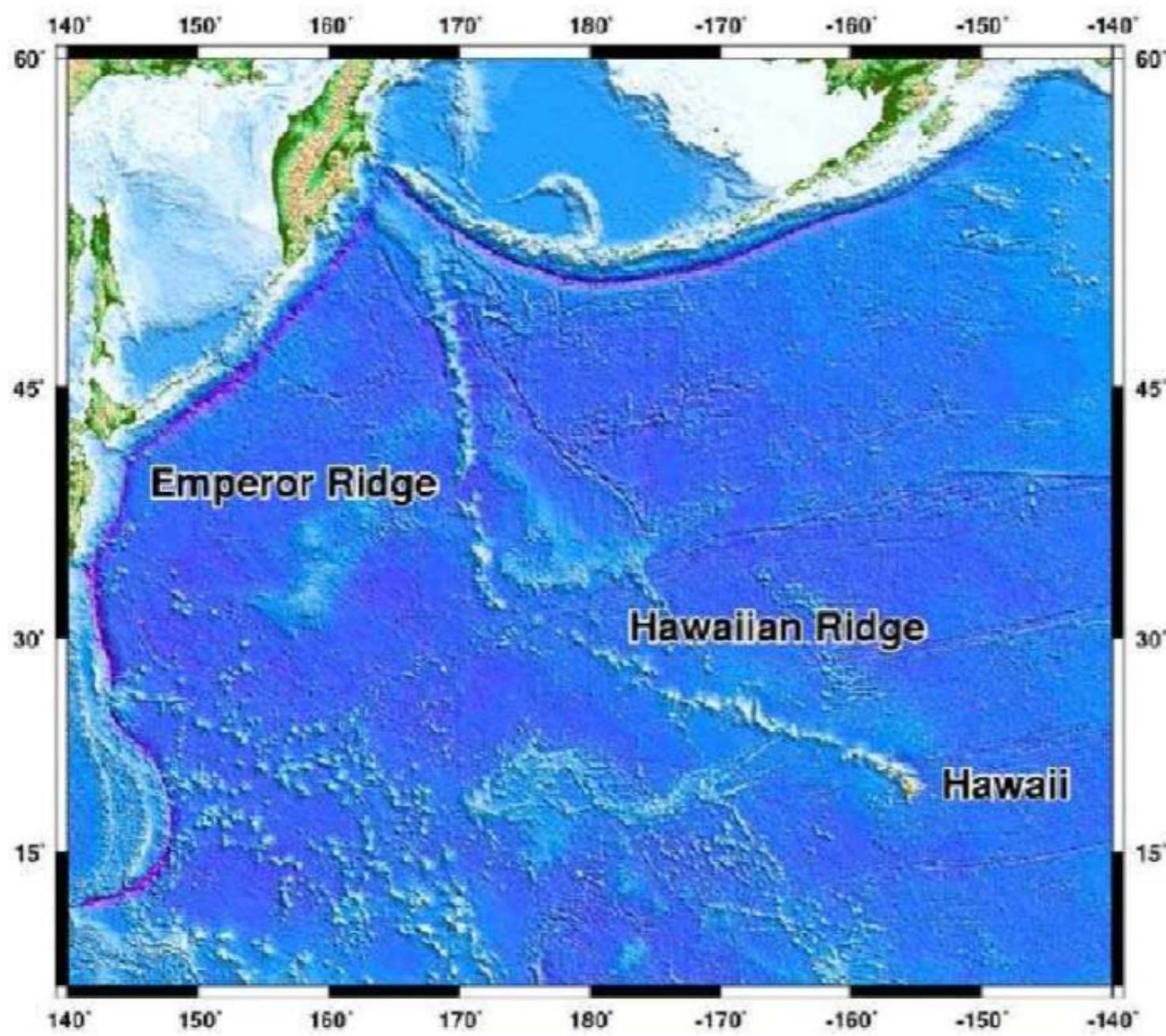


Avec l'anomalie 34 (85 Ma) : 2030 km de plancher océanique produit en 85 Ma **de part et d'autre de la dorsale** d'où une vitesse d'expansion océanique de **24 mm/an**.

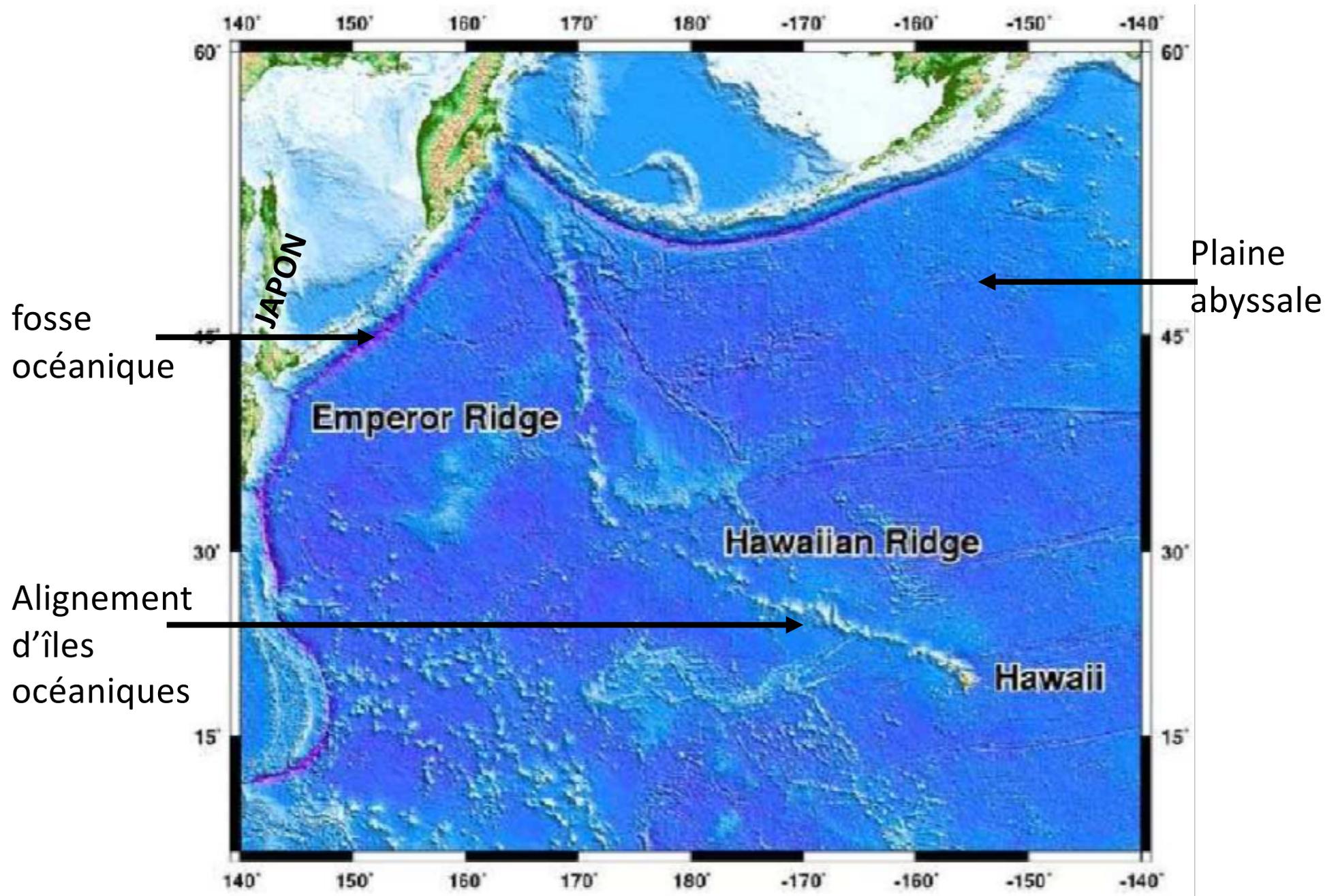
Echelle magnétostratigraphique



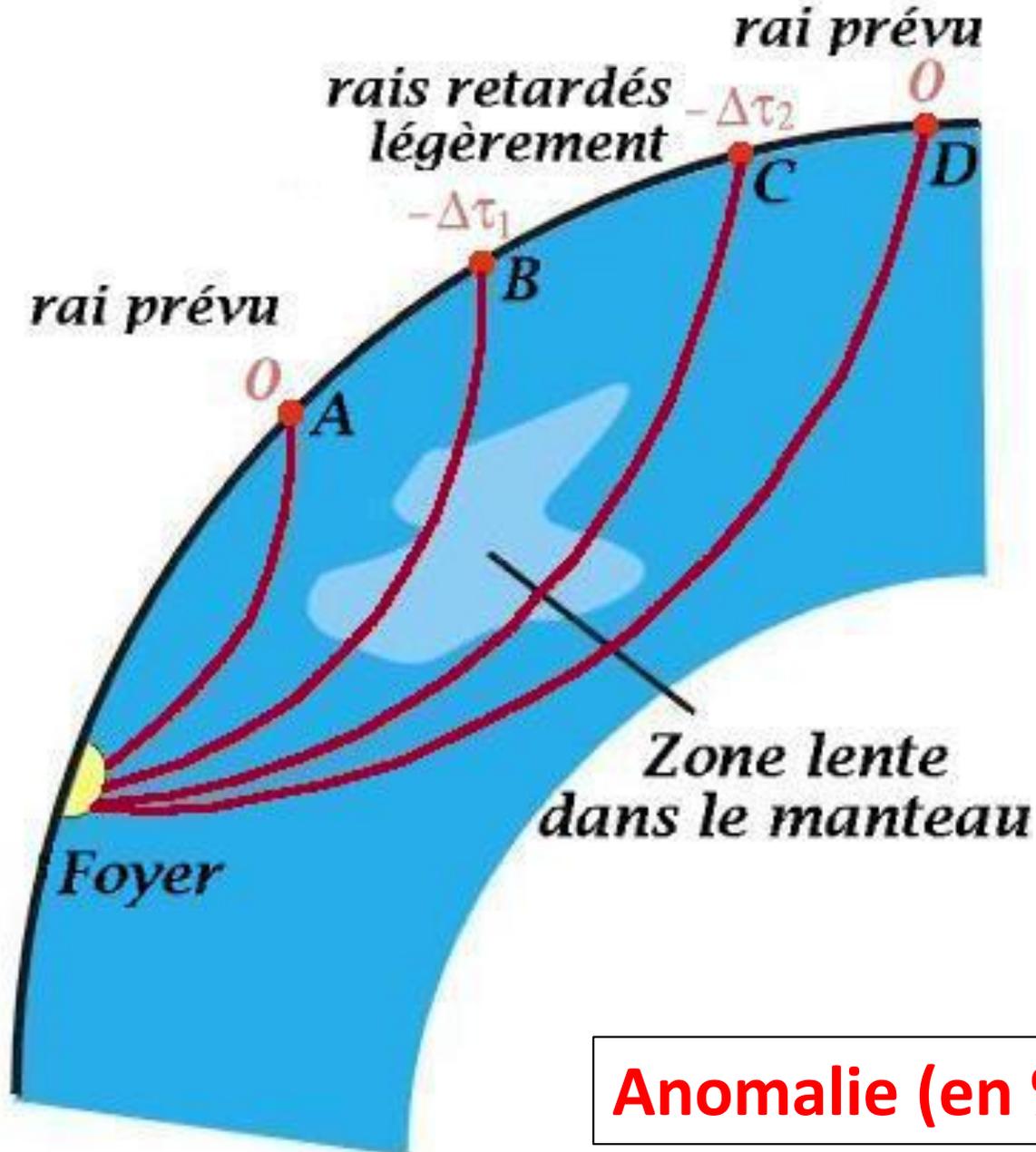
Exercice n°4 : caractérisation des mouvements horizontaux de la tectonique des plaques



Exercice n°8 : caractérisation des mouvements horizontaux de la tectonique des plaques



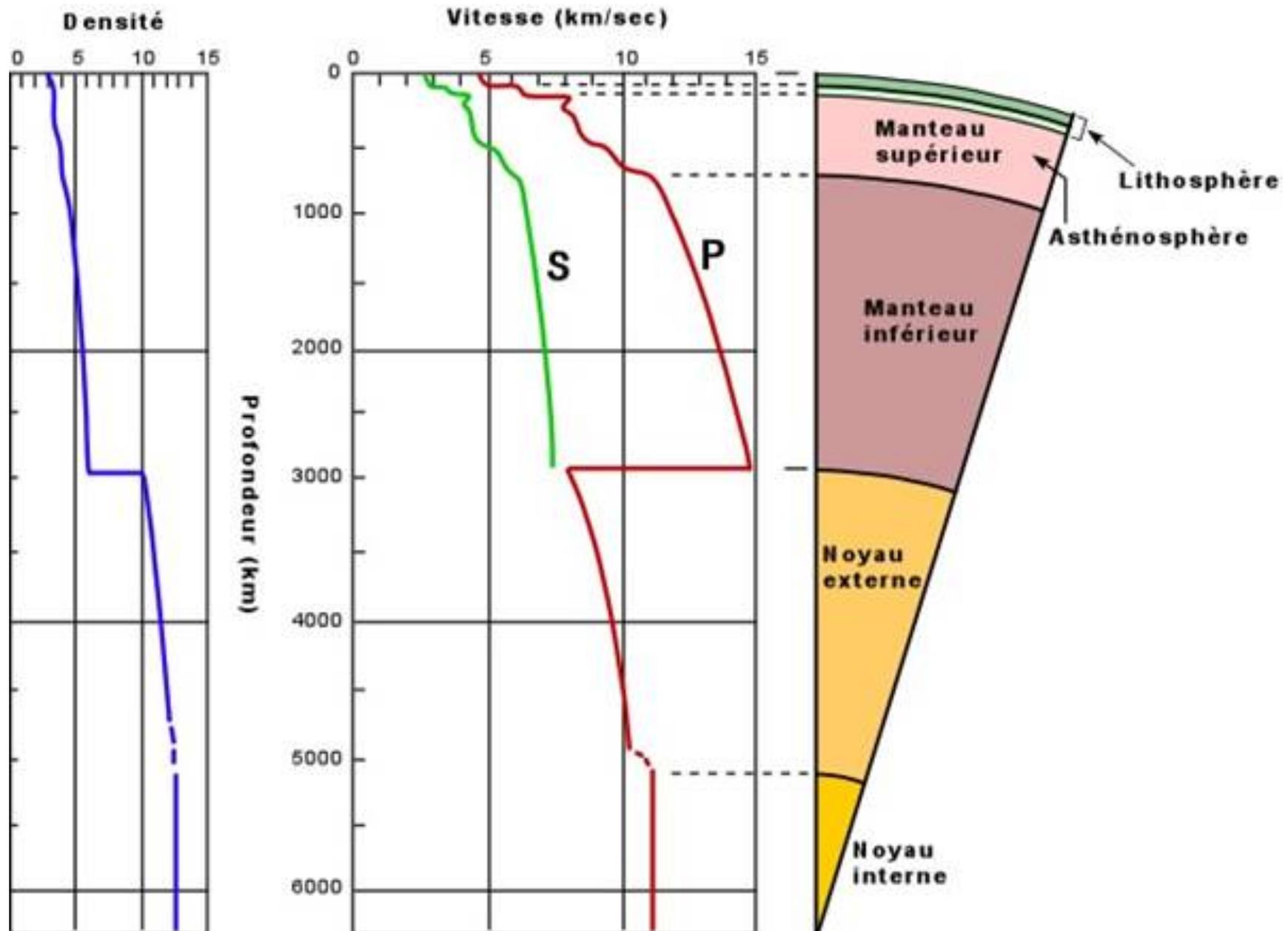
Technique de tomographie sismique

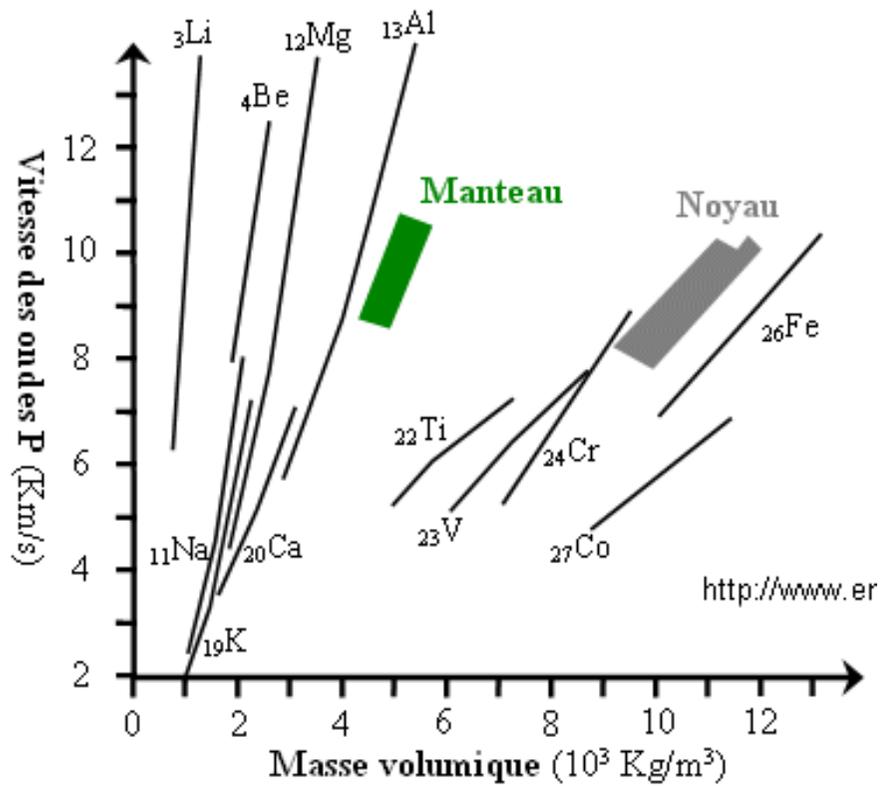


Anomalie -> par rapport au modèle PREM

$$\text{Anomalie (en \%)} = (V - V_{(\text{PREM})}) / V_{(\text{PREM})}$$

Modèle PREM = modèle de vitesse des ondes sismiques





Loi de Birch

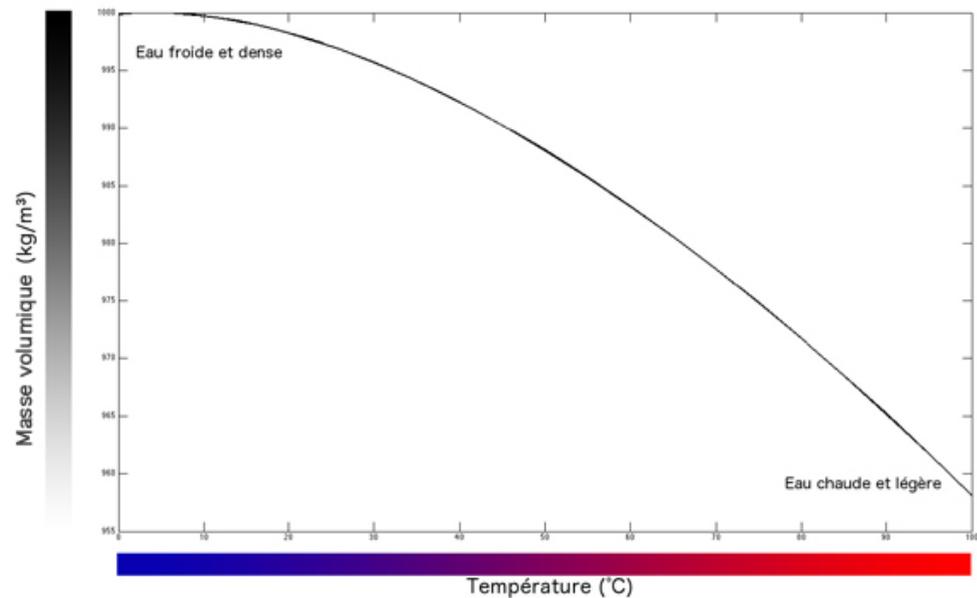
$$V_p = a \cdot \rho + b \cdot M$$

V_p vitesse des ondes P

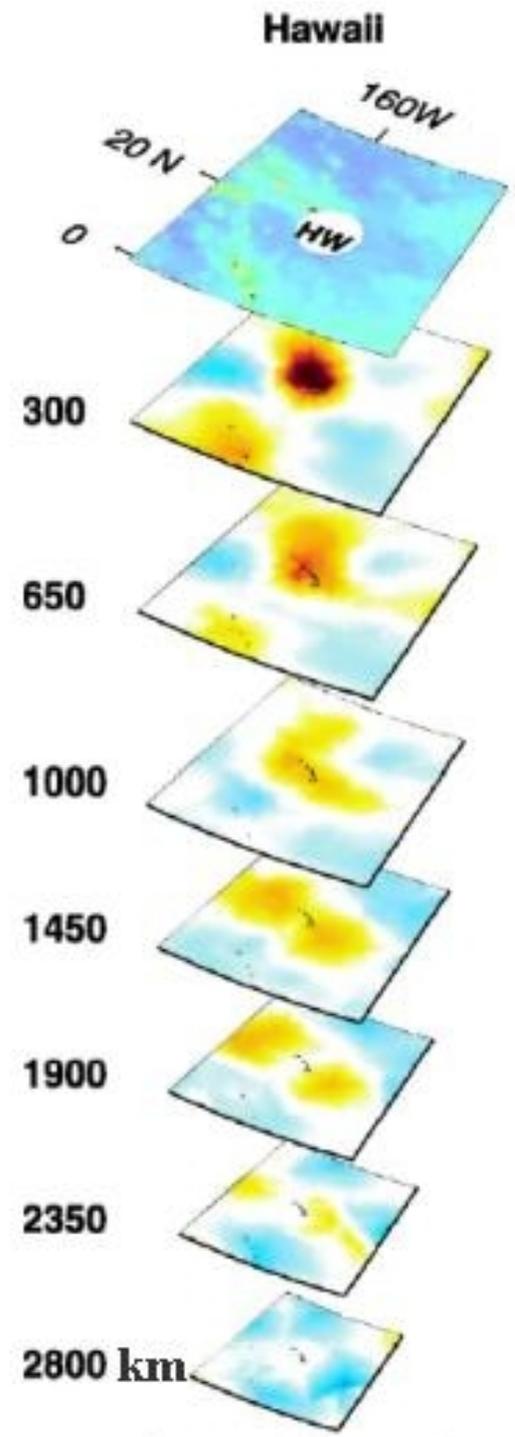
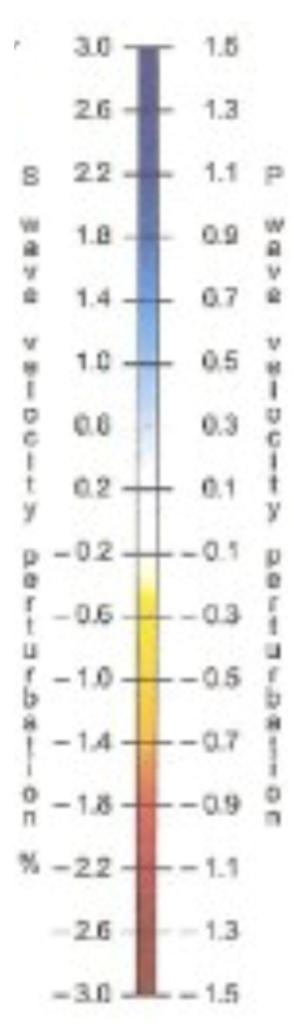
ρ masse volumique

M masse atomique moyenne

Influence de la température sur la masse volumique

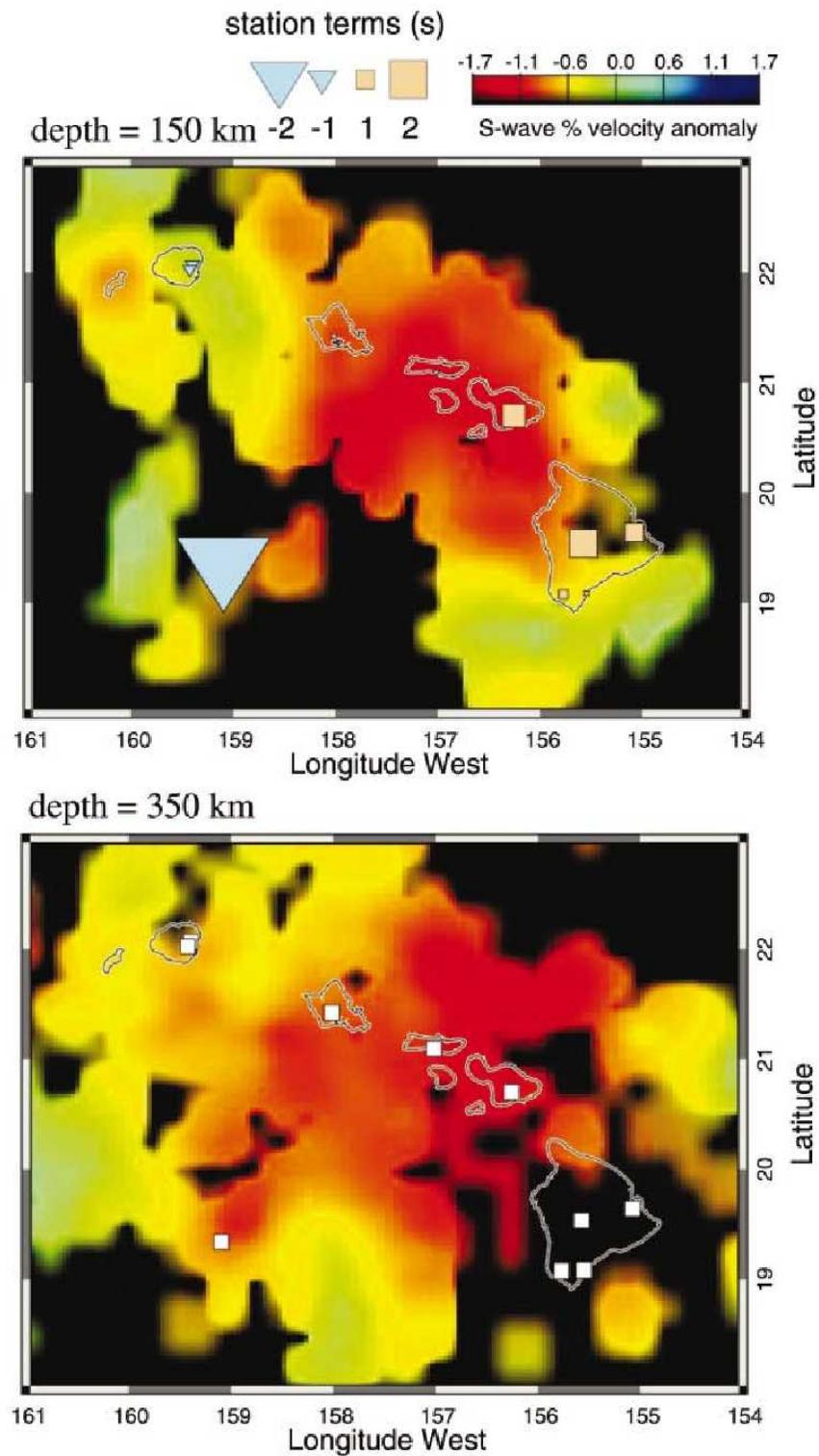


tomographie sismique à l'aplomb de l'archipel d'Hawaii



Raffaella Montelli,^{1*} Guust Nolet,¹ F. A. Dahlen,¹ Guy Masters,²
E. Robert Engdahl,³ Shu-Huei Hung⁴

tomographie sismique à l'aplomb de l'archipel d'Hawaii à 150 et 350km de profondeur.



Chaînon de volcans

lithosphère

asthénosphère

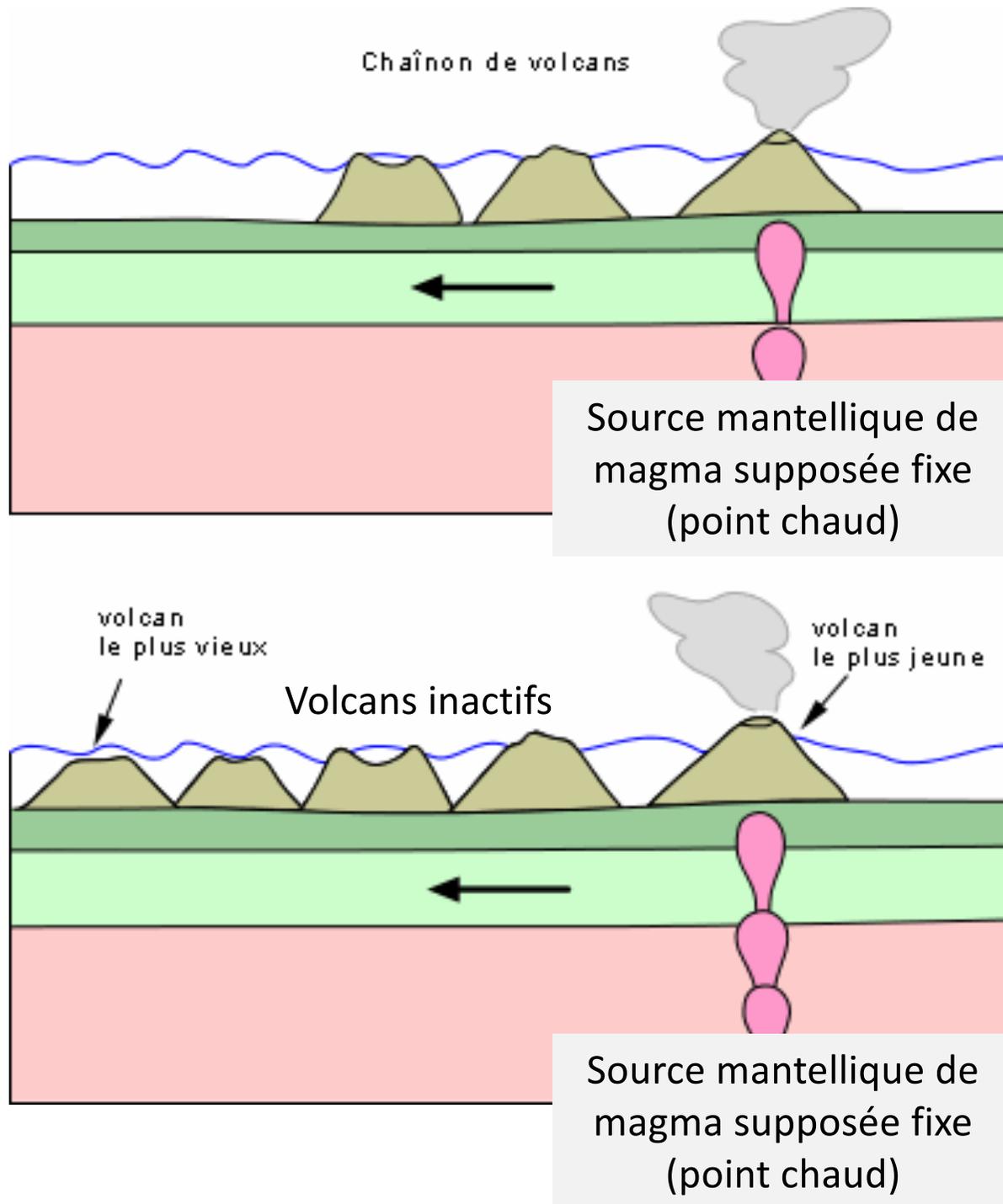
Source mantellique de magma supposée fixe (point chaud)

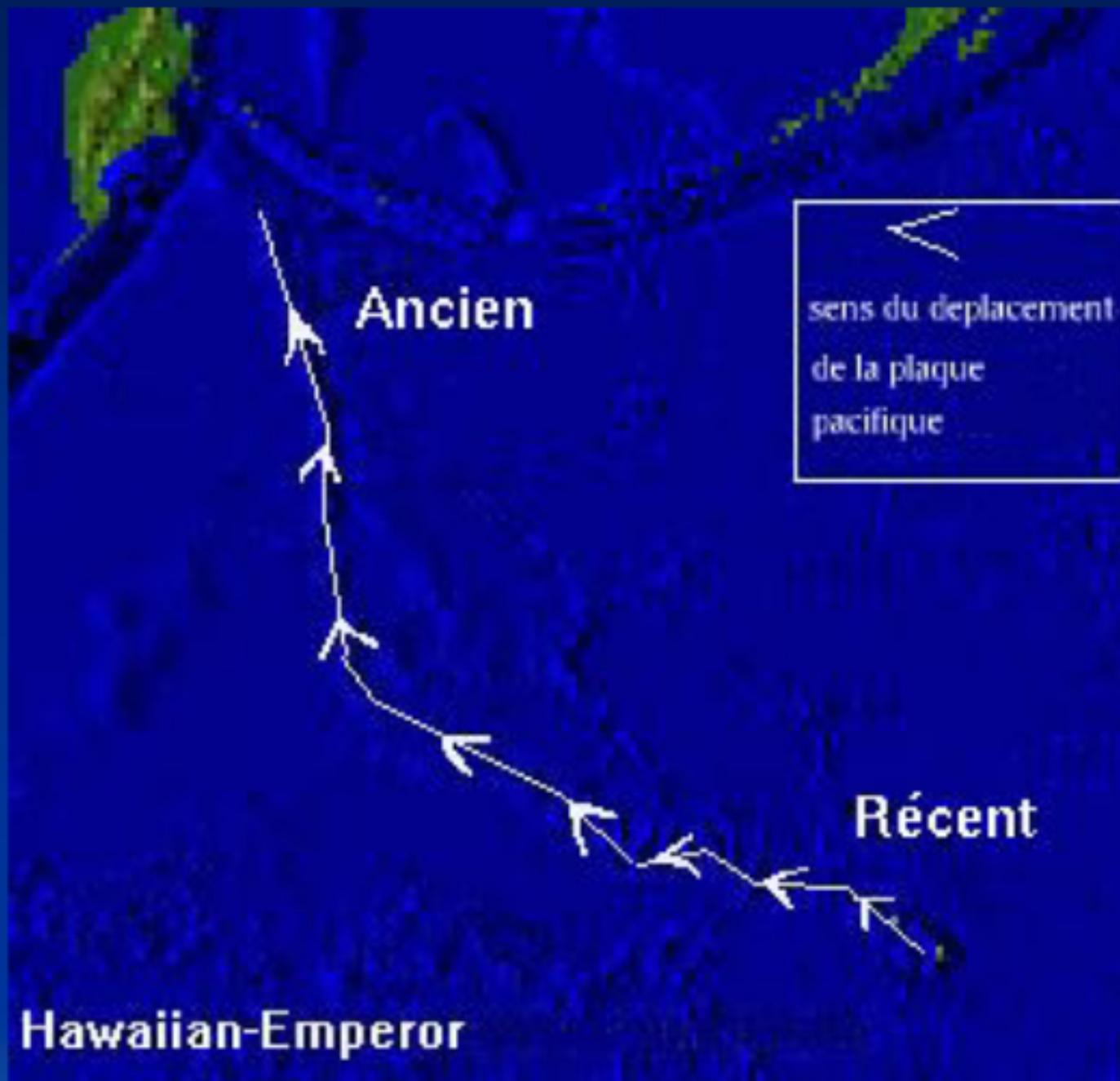
volcan le plus vieux

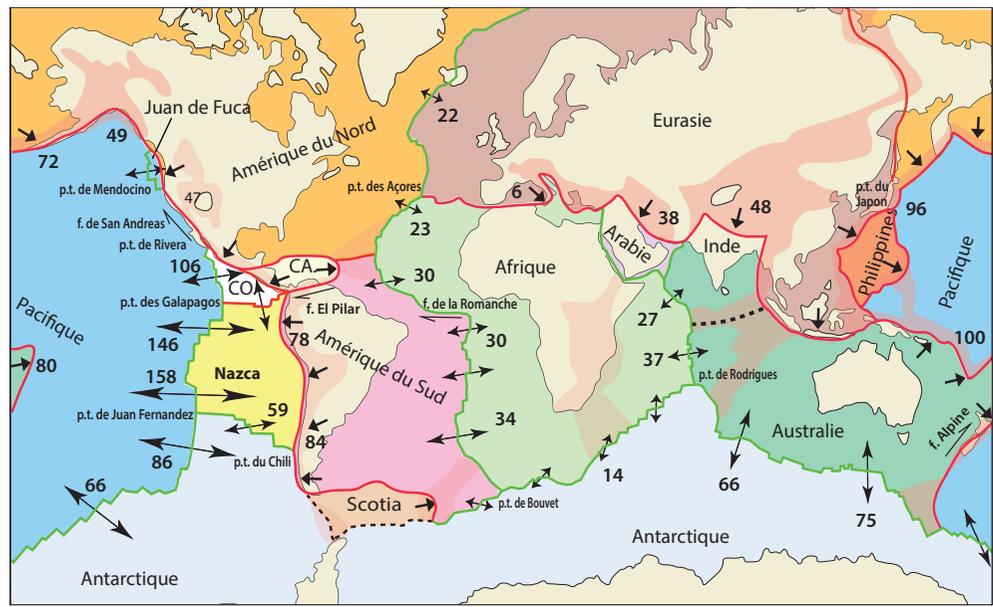
Volcans inactifs

volcan le plus jeune

Source mantellique de magma supposée fixe (point chaud)







CO : cocos, CA : Caraïbes

A frontière en coulissage frontière en divergence (dorsales océaniques) frontière en convergence (subduction, collision) zones de déformation intraplaque diffuse

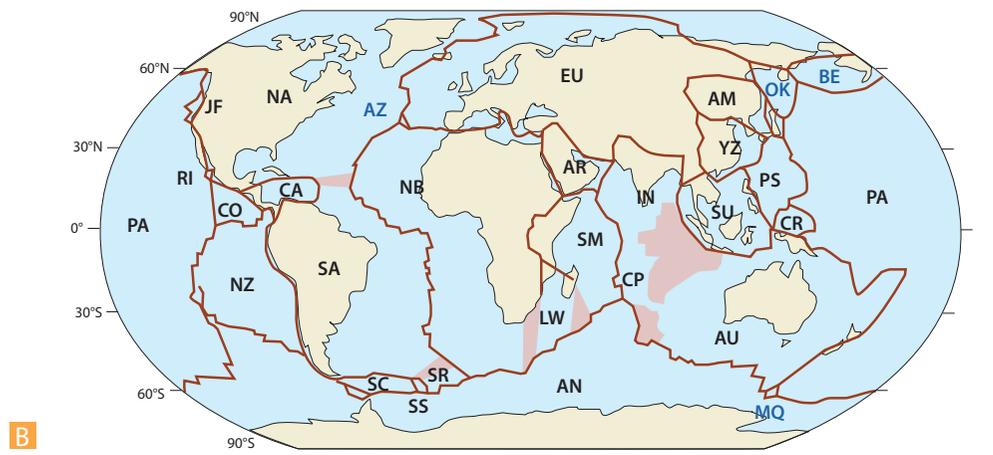
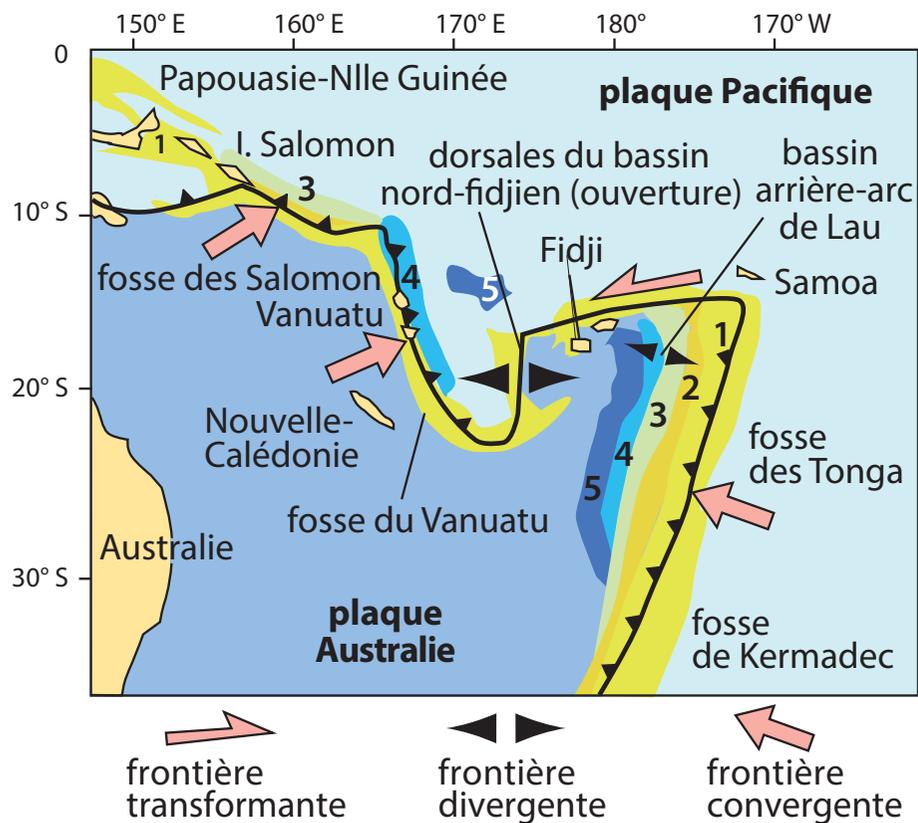


Figure 7.4 Les modèles de plaques lithosphériques.

A. Le modèle à 12 plaques principales NUVEL-1 de 1990. Les chiffres sont les valeurs des déplacements relatifs aux frontières en mm/an. Ces valeurs sont obtenues grâce aux déplacements des plaques calculés d'après les données des anomalies magnétiques océaniques moyennées sur 3 Ma pour les dorsales et les vecteurs glissement (pôle du plan nodal principal) pour les zones de subduction. Voir la figure 7.15 pour les mouvements absolus.

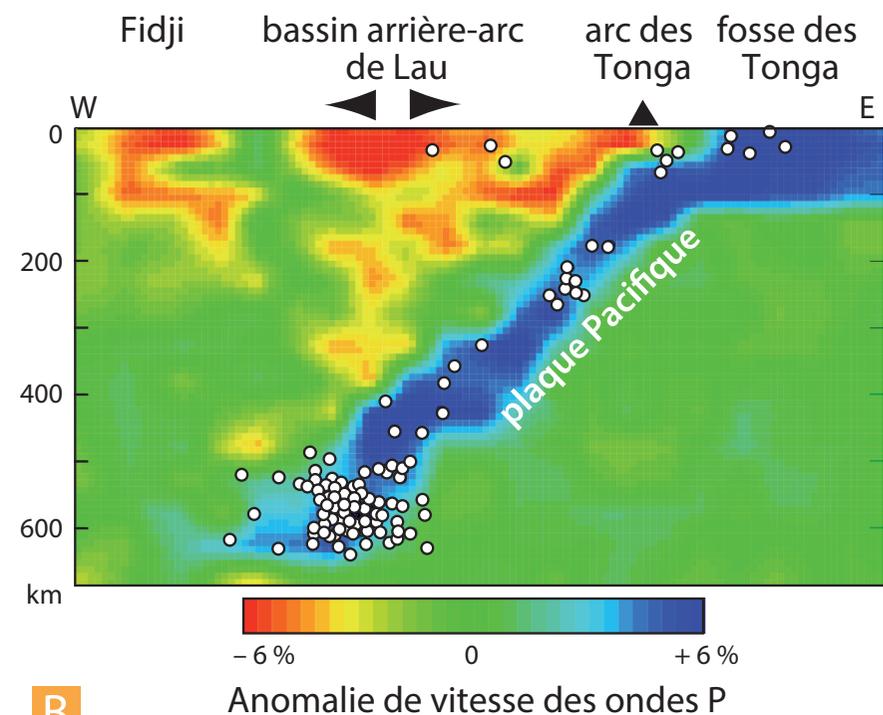
B. Les 29 plaques du modèle MORVEL de 2010 (voir commentaire encart 7.12). AM = Amur, AN = Antarctique, AR = Arabie, AU = Australie, AZ = Açores, BE = Bering, CA = Caraïbes, CH = Bloc de Chine, CO = Cocos, CP = Capricone, CR = Caroline, EU = Eurasie, IN = Inde, JF = Juan de Fuca, LW = Lwandle, MQ = Macquaries, NA = Amérique du Nord, NB = Nubie (Afrique), NZ = Nazca, OK = Okhotz, PA = Pacifique, PH = Philippines, RI = Rivera, SA = Amérique du Sud, SC = Scotia, SM = Somalie, SR = Sud, SS = South Sandwich, SU = Sonde. En bleu foncé, les plaques dont le mouvement n'est pas calculé par MORVEL. Les zones colorées en rose représentent les régions de déformation intraplaque (frontières diffuses).

Exercice n°5 : évolution thermomécanique de la plaque lithosphérique et subduction



A

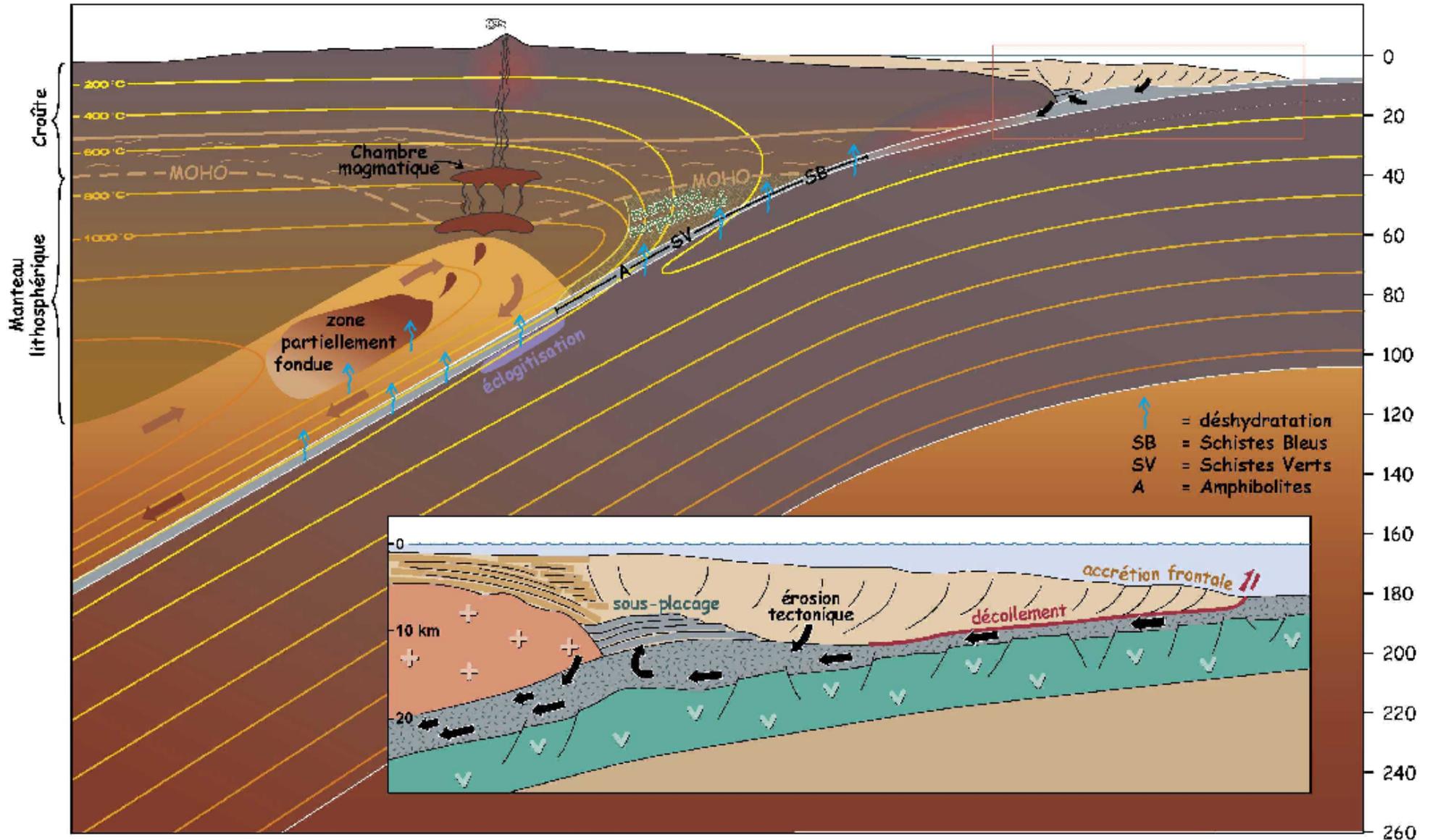
Profondeur des séismes : 1. 8-70 km ; 2. 70-150 km ; 3. 150-300 km ; 4. 300-500 km ; 5. 500-700 km
Zonage des séismes réalisé entre 1971 et 1986. Document du NEIC (*National Earthquake Information Center*).

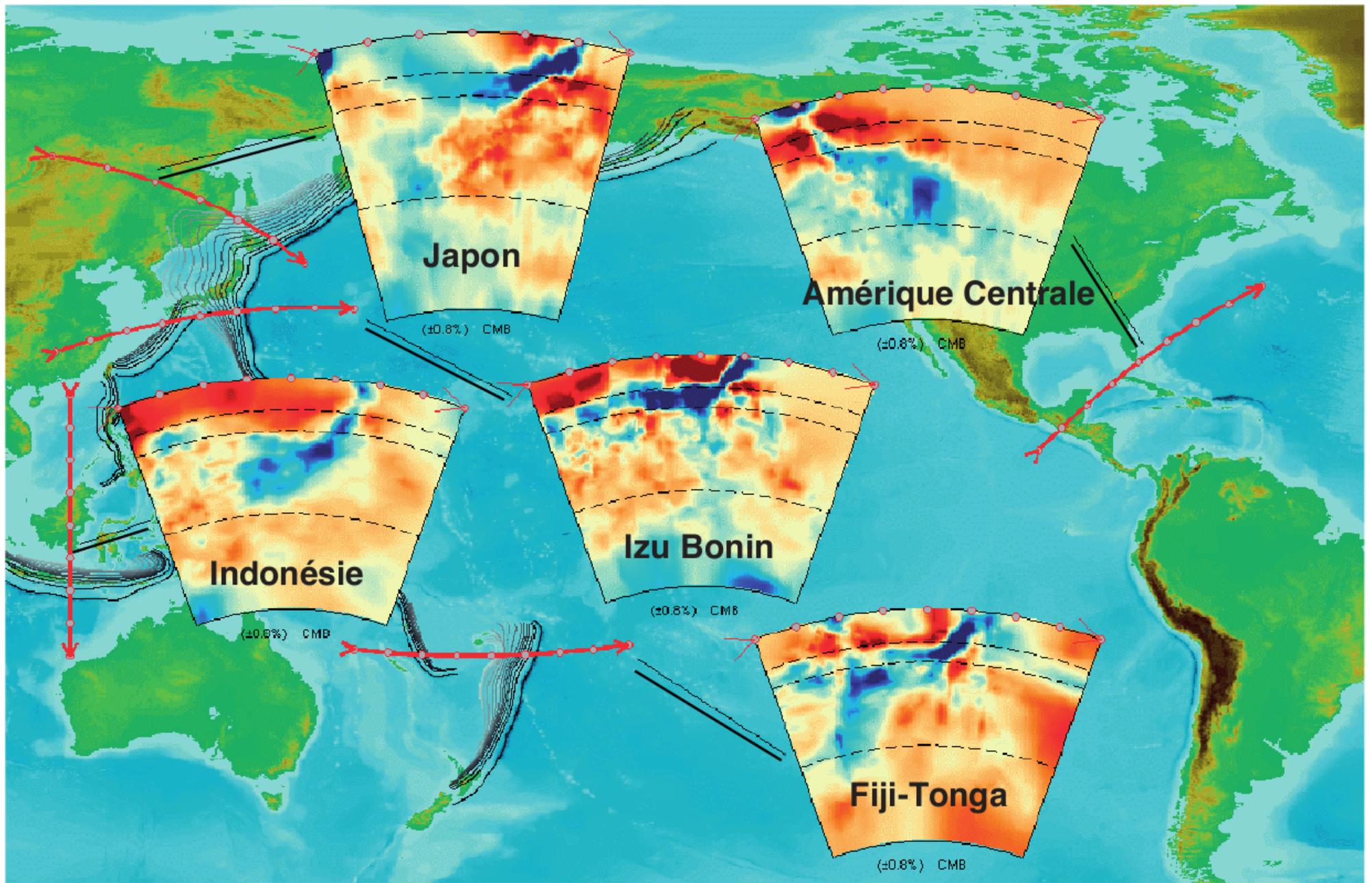


B

En B, les séismes sont positionnés sur une coupe tomographique établie d'après les anomalies de propagation des ondes P (voir en fin de chapitre) et permettant de suivre la lithosphère de la plaque Pacifique s'enfonçant jusqu'à plus de 700 km de profondeur.

Des interactions entre les 2 lithosphères





Distance à la dorsale (km)	160	2400	8000
Épaisseur de la croûte (km)	5	5	5
Épaisseur du manteau lithosphérique (km)	8	45	87
Densité de la lithosphère			
Age de la lithosphère (10^6 ans)			

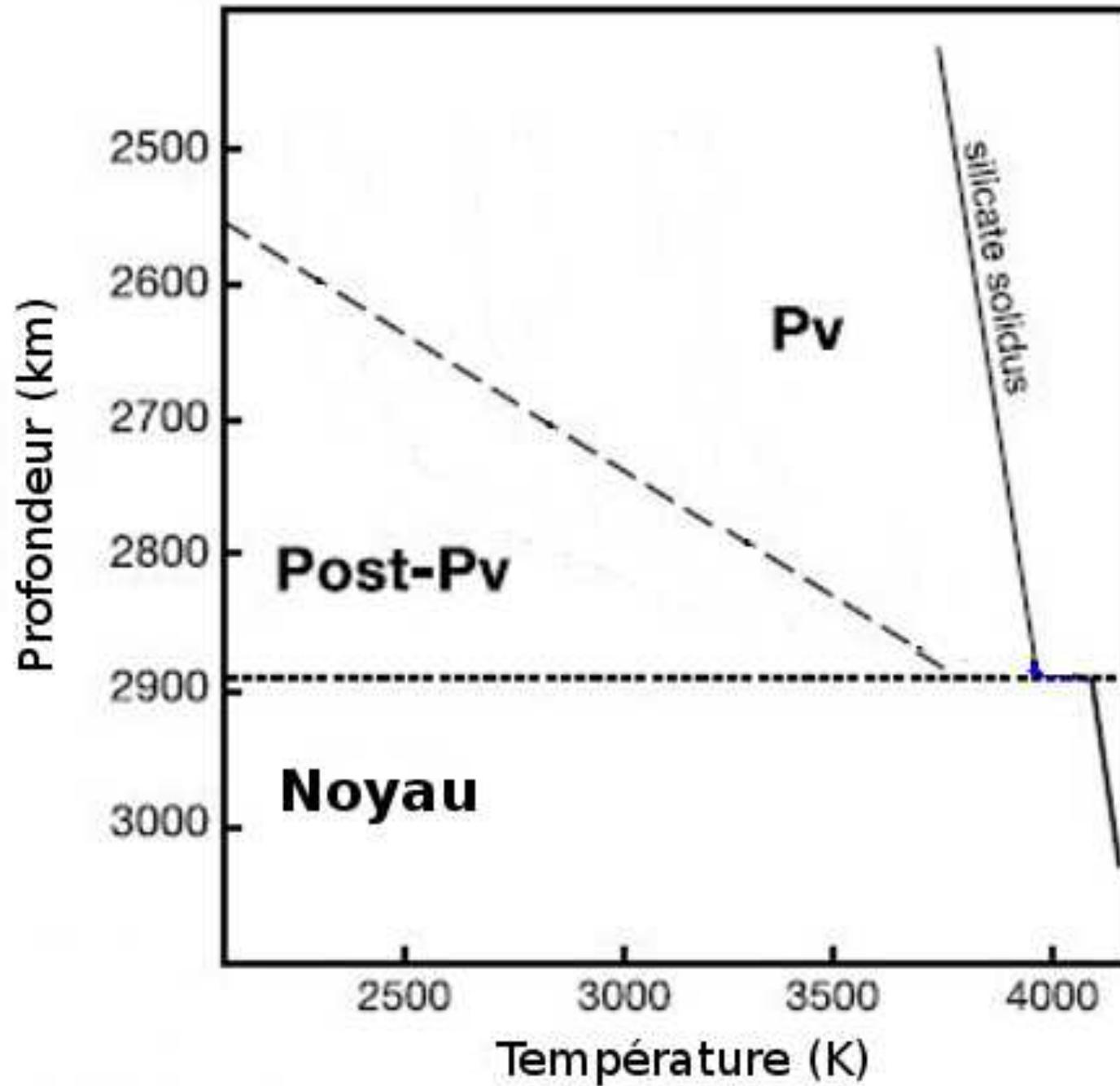
Distance à la dorsale (km)	160	2400	8000
Épaisseur de la croûte (km)	5	5	5
Épaisseur du manteau lithosphérique (km)	8	45	87
Densité de la lithosphère	3,13	3,26	3,28
Age de la lithosphère (10^6 ans)			

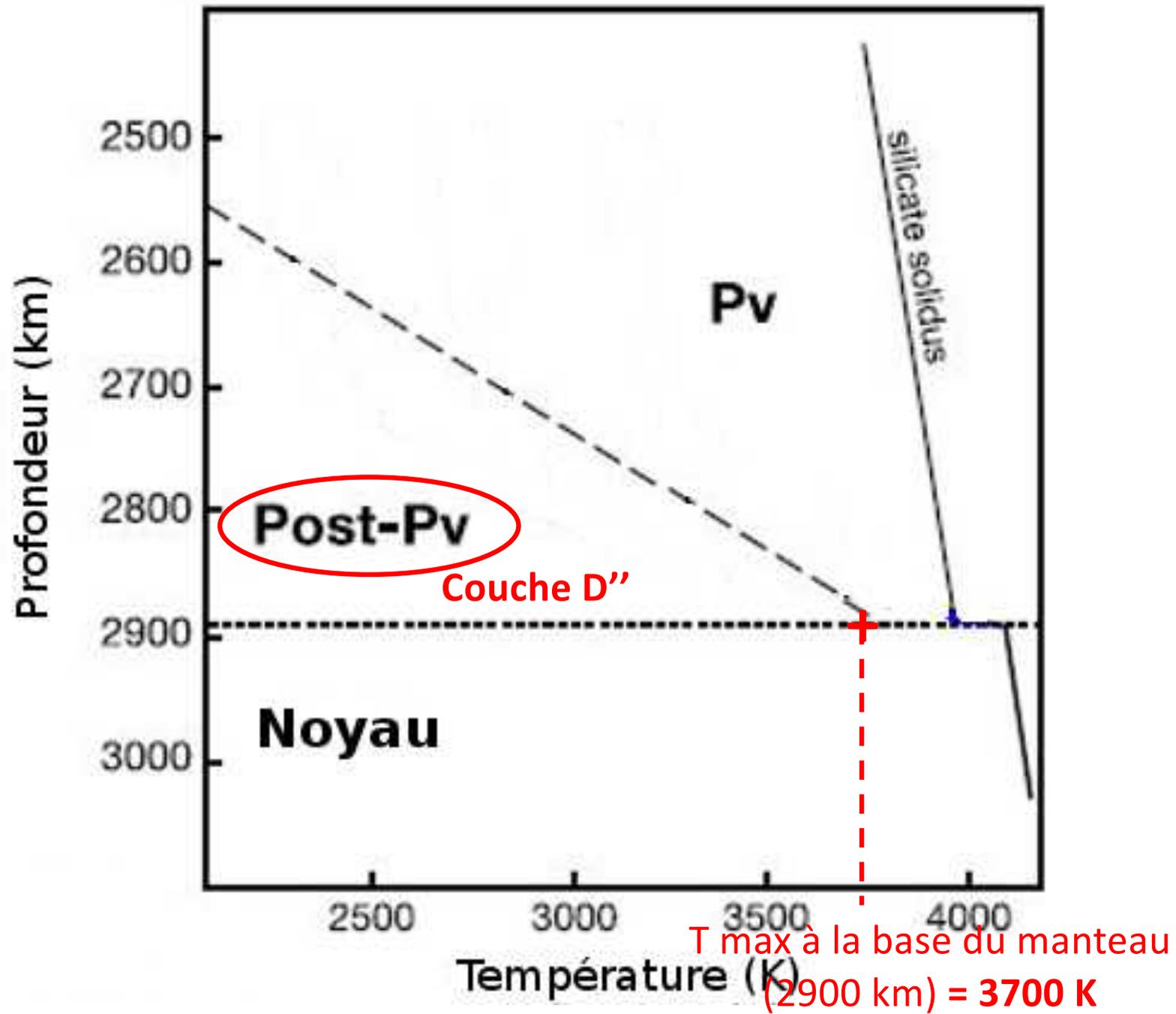
Dès que le manteau lithosphérique atteint 9 fois l'épaisseur de la croûte océanique, la subduction est spontanée sous l'effet de la masse de la lithosphère océanique

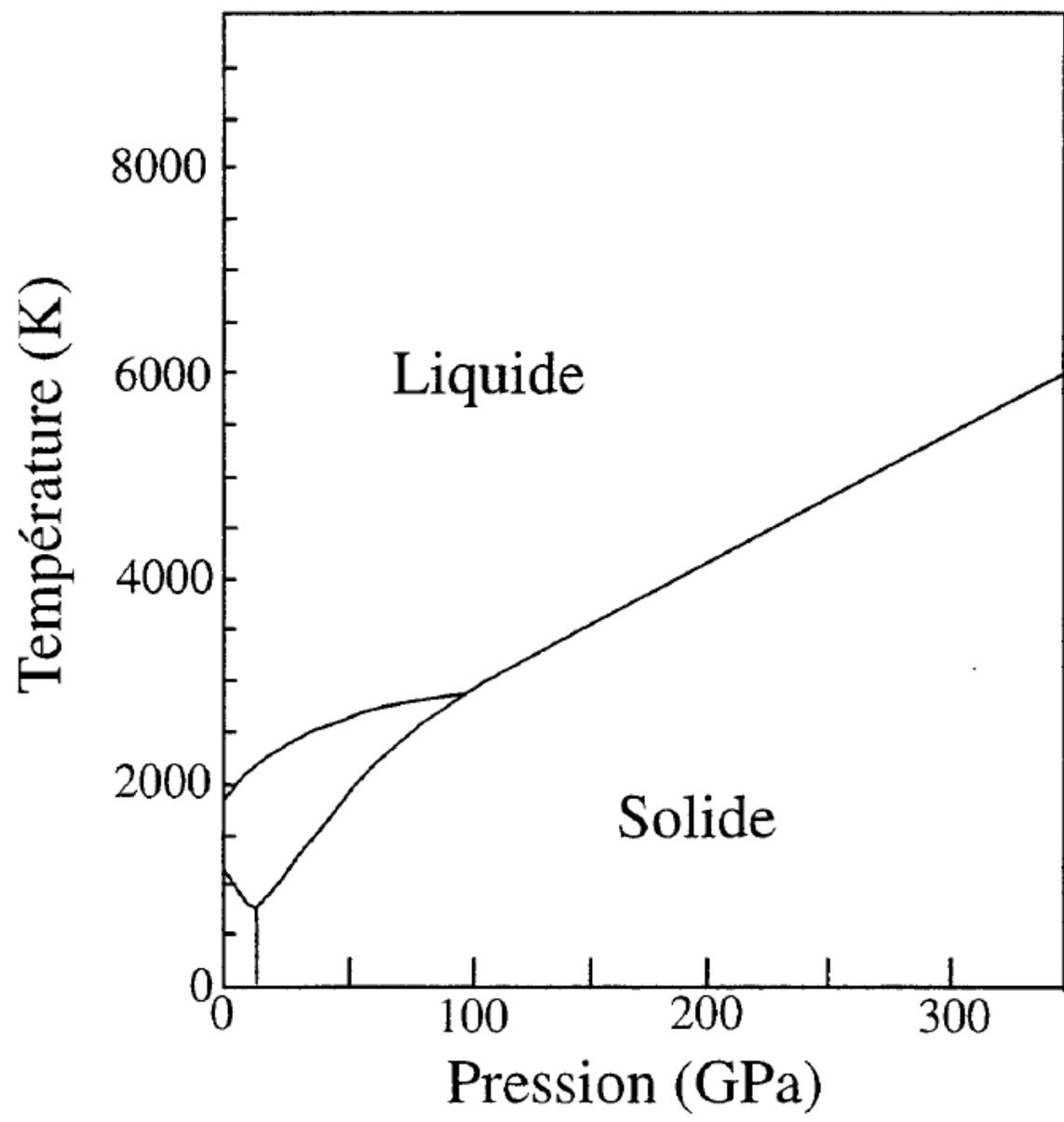
Distance à la dorsale (km)	160	2400	8000
Épaisseur de la croûte (km)	5	5	5
Épaisseur du manteau lithosphérique (km)	8	45	87
Densité de la lithosphère	3,13	3,26	3,28
Age de la lithosphère (10^6 ans)	2	30	100

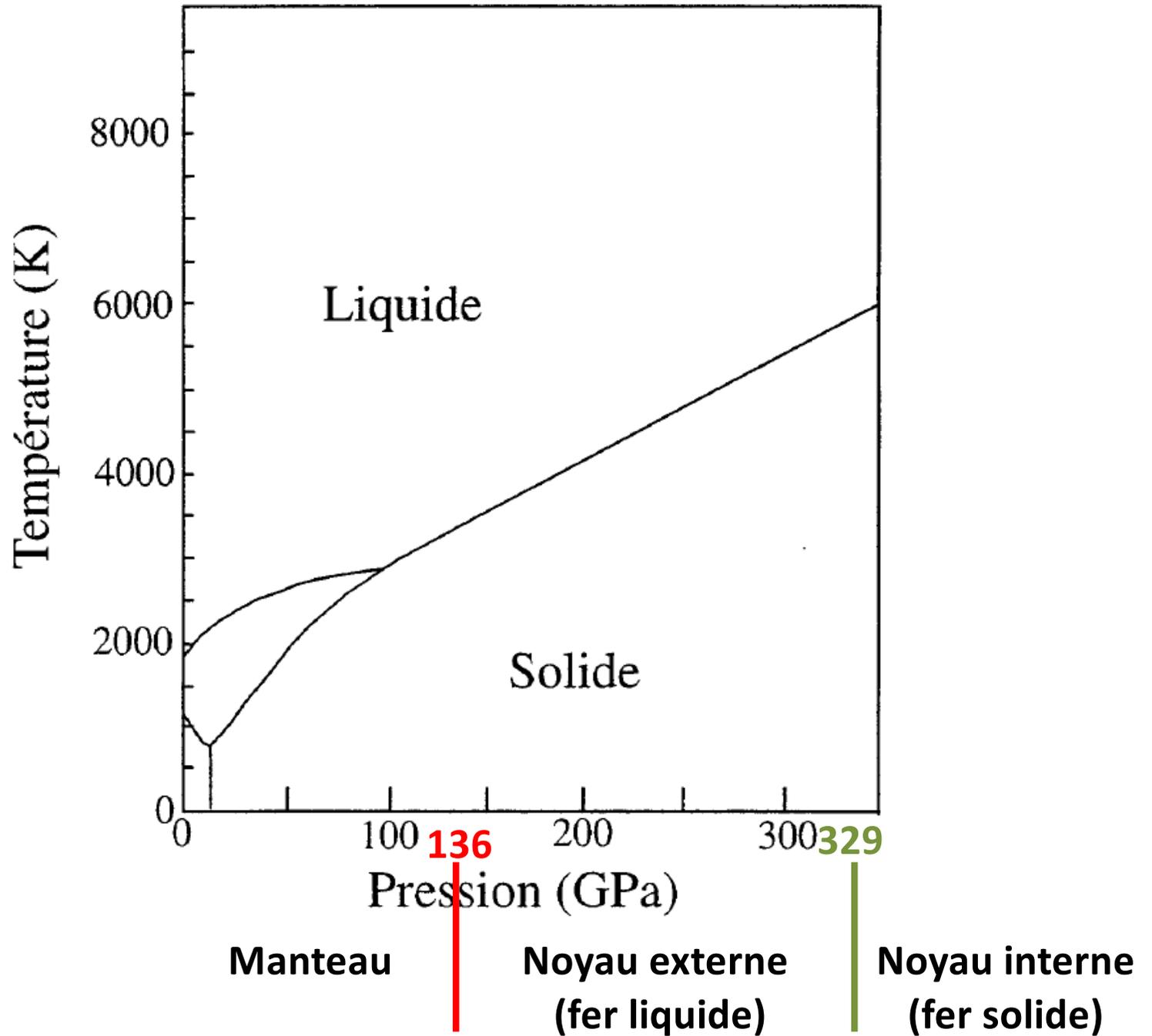
Dès que le manteau lithosphérique atteint 9 fois l'épaisseur de la croûte océanique, la subduction est spontanée sous l'effet de la masse de la lithosphère océanique

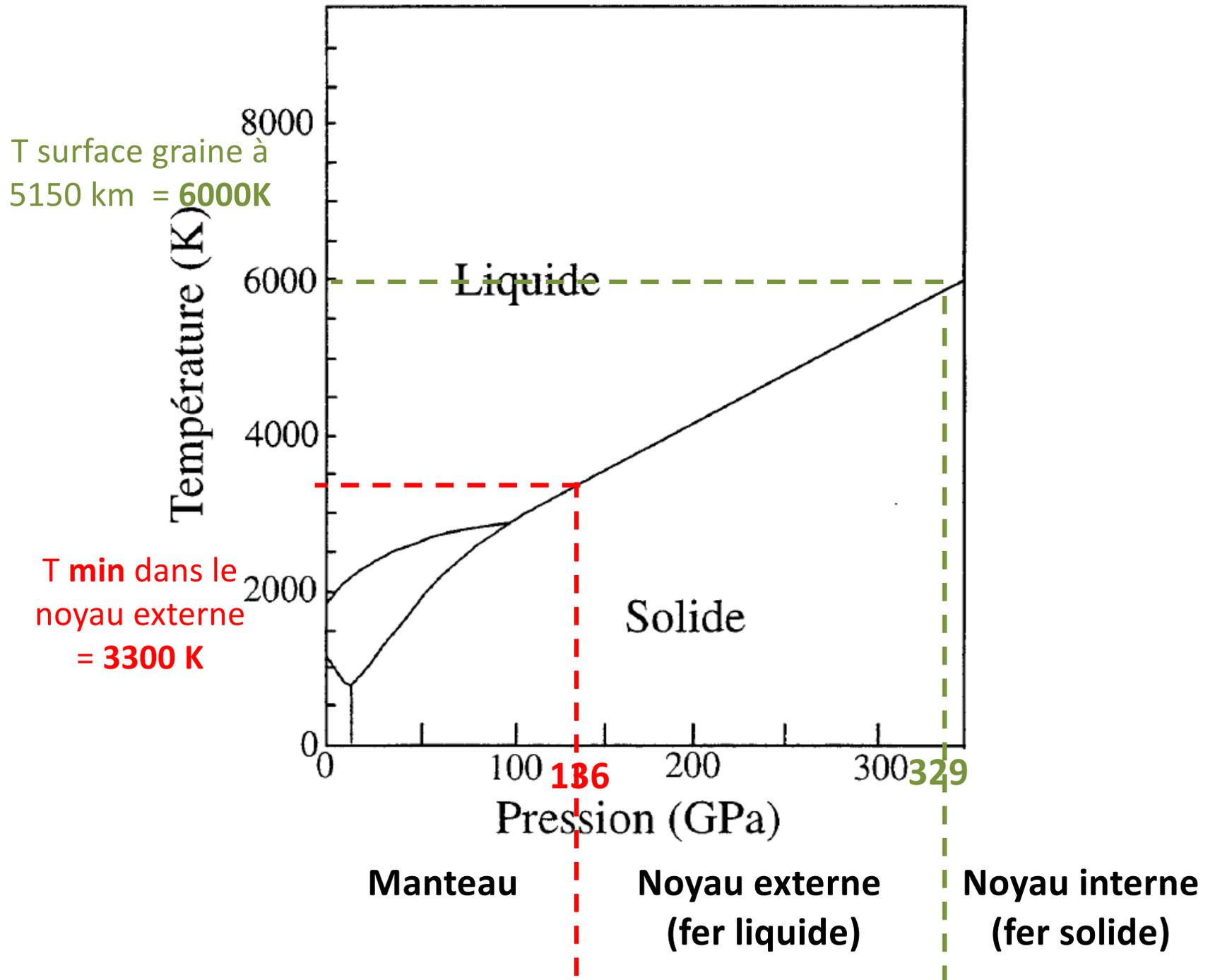
Exercice n°6 : construction du géotherme terrestre

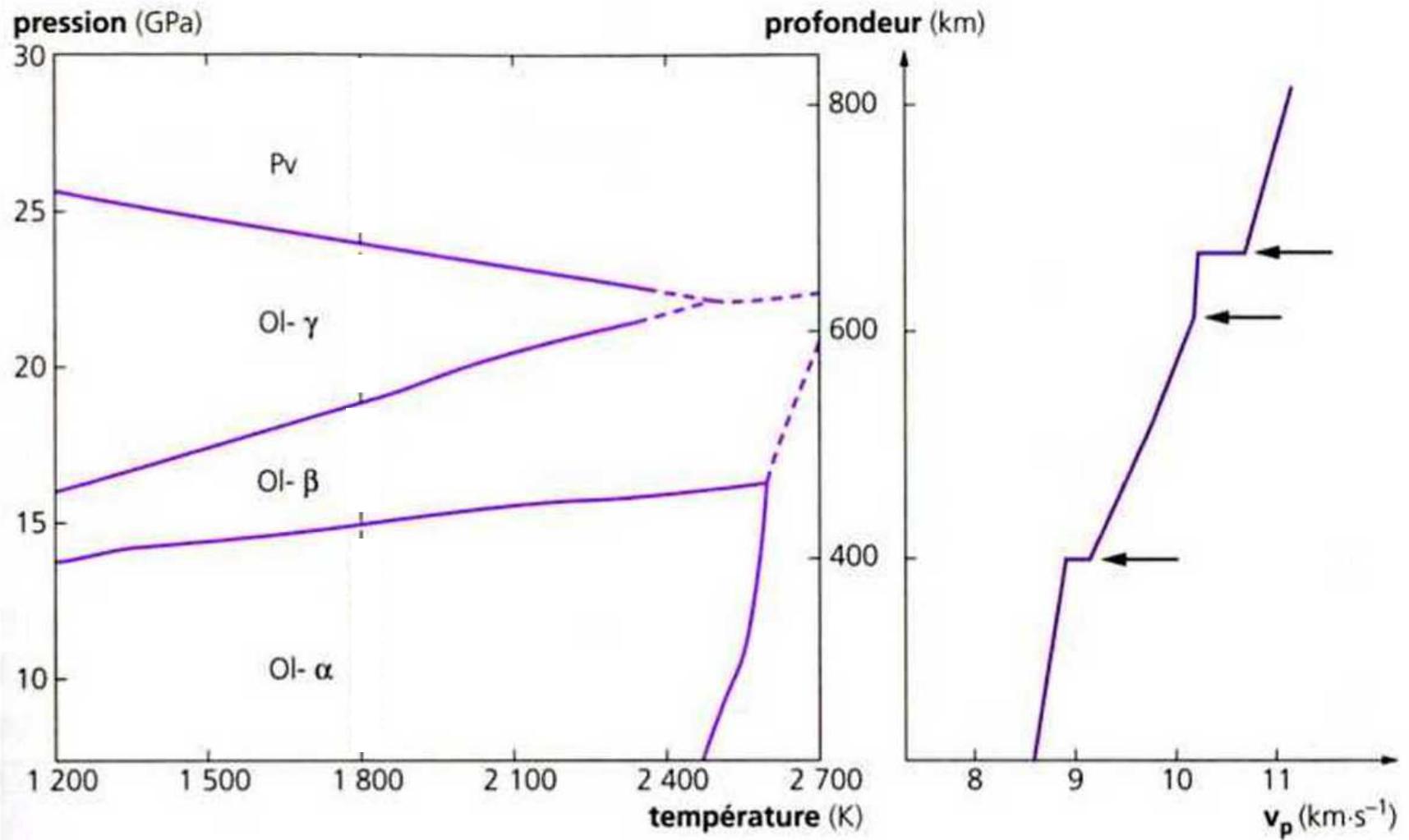


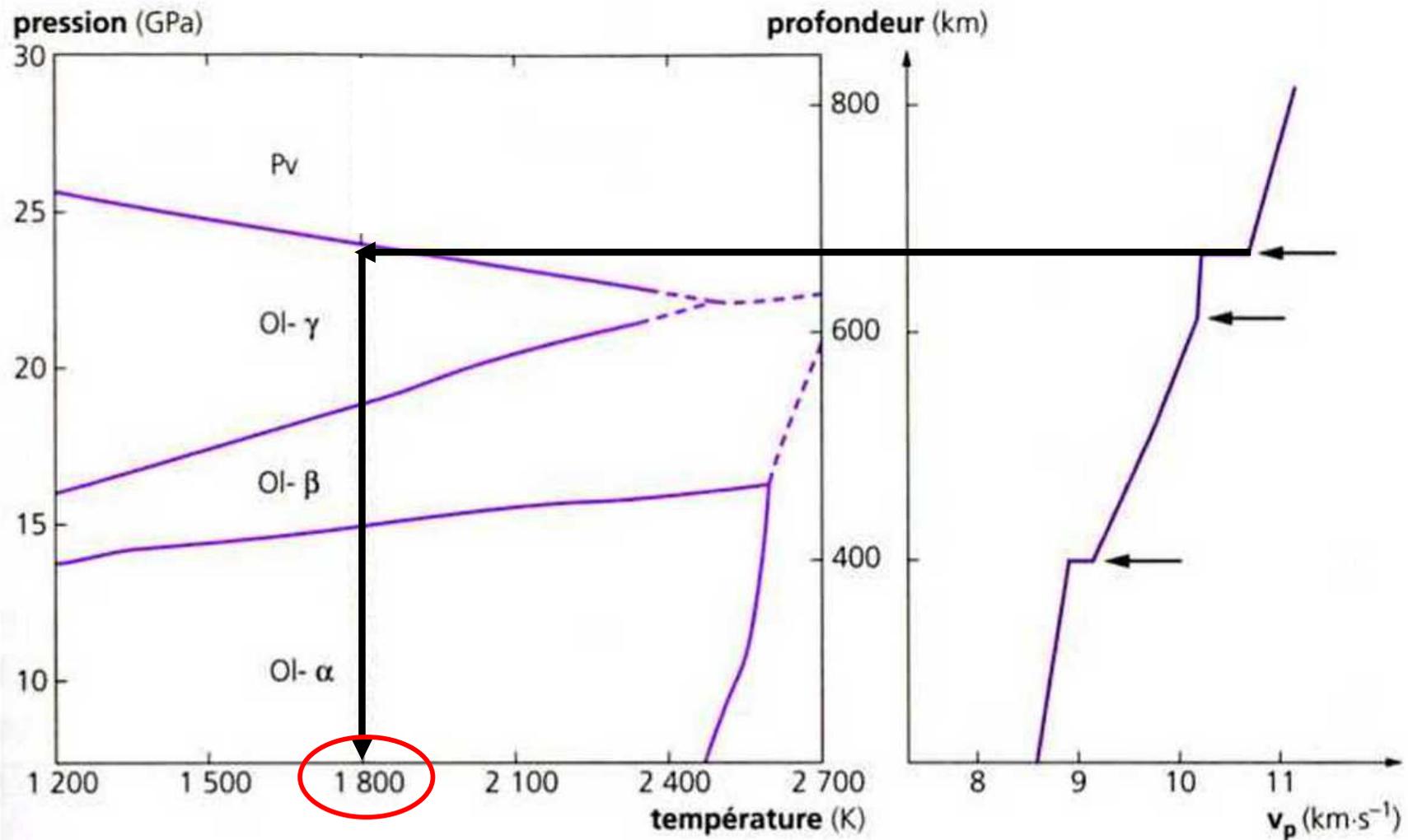




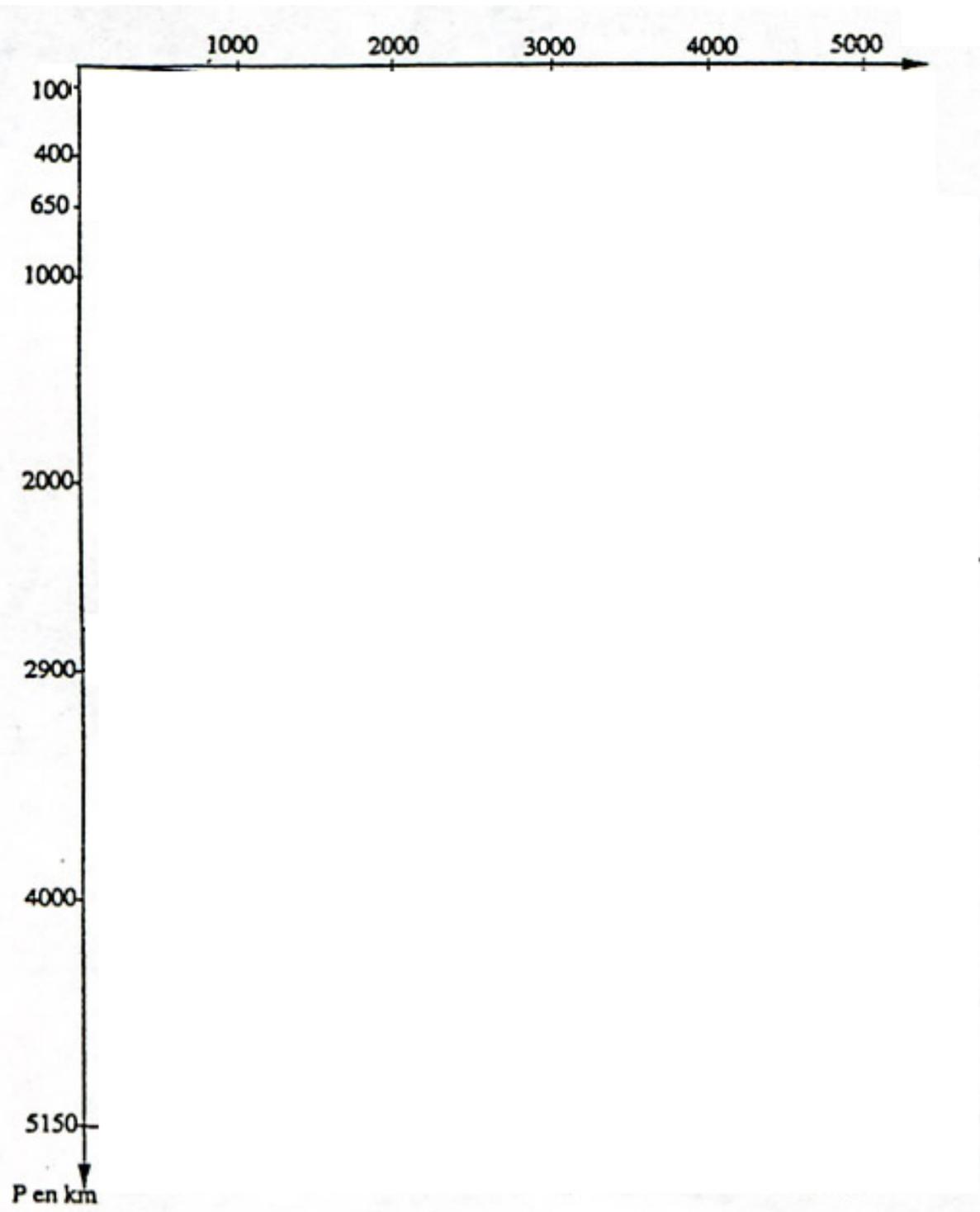








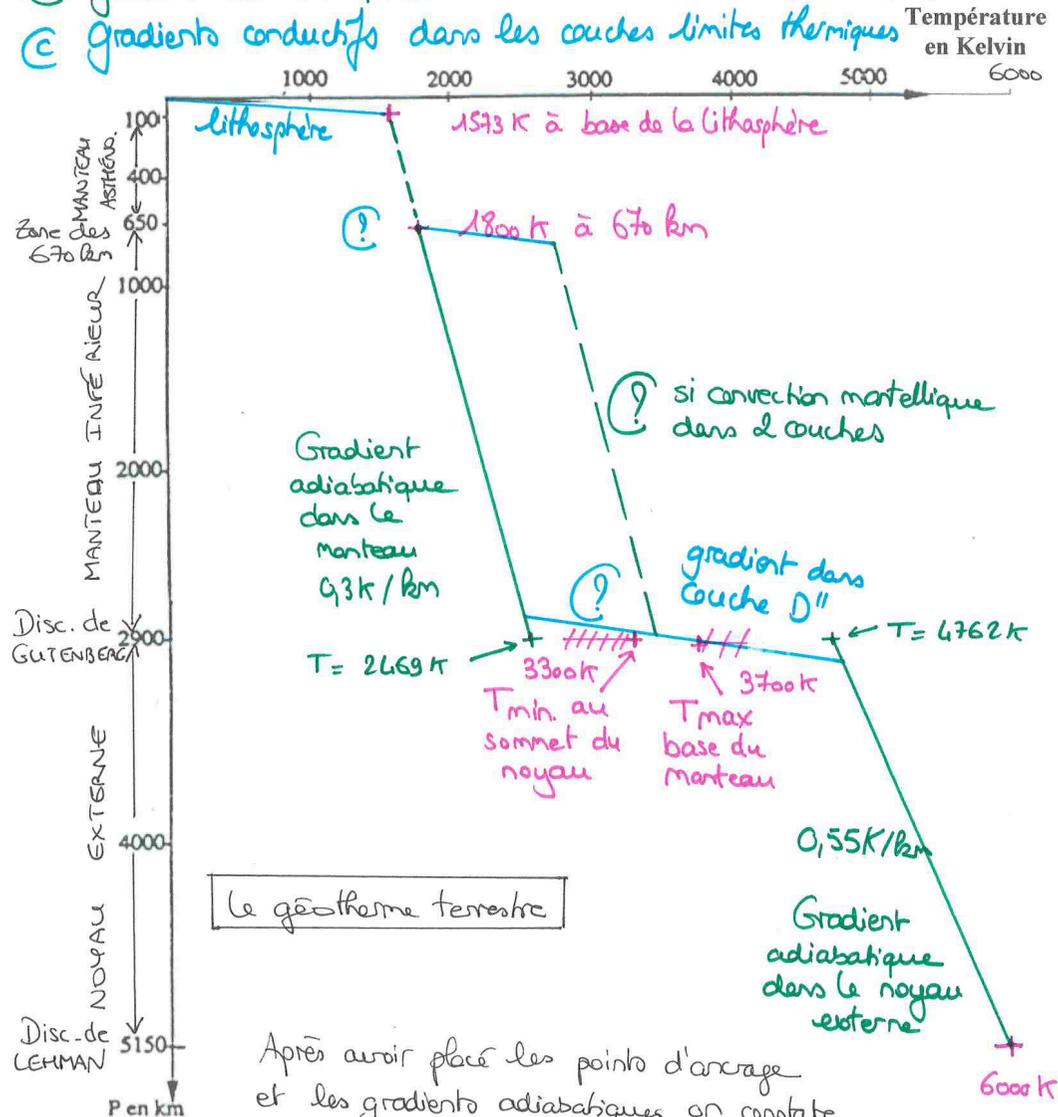
T à 670 km = 1800 K



a) Points d'ancrage du géotherme

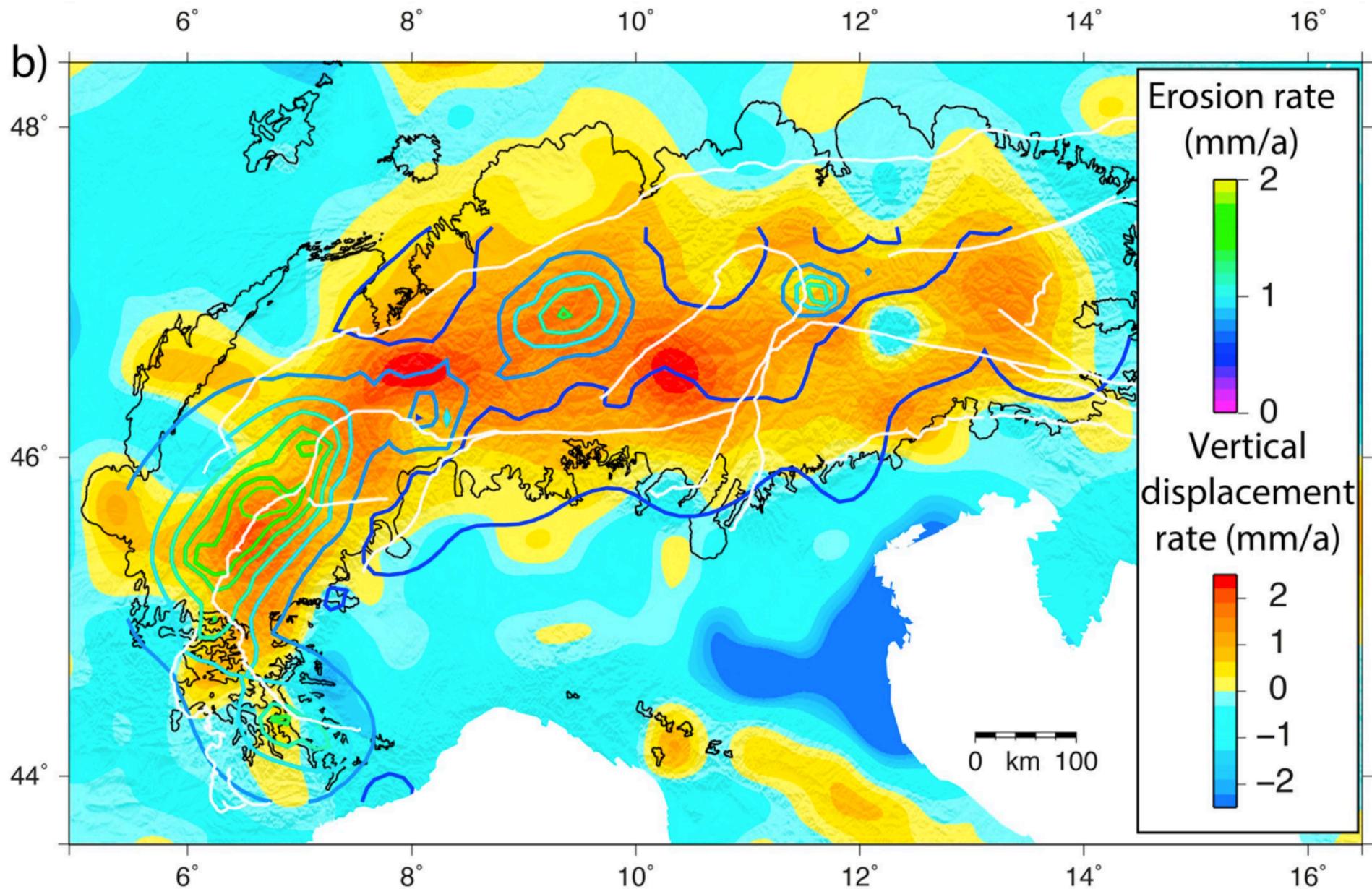
b) Gradients adiabatiques dans les milieux en convection

c) Gradients conductifs dans les couches limites thermiques



Après avoir placé les points d'ancrage et les gradients adiabatiques, on constate que les différents segments du géotherme ne se rejoignent pas, en particulier au niveau des 670 km et 2900 km. En supposant que les zones des 670 km et 2900 km (couche D'') soient des zones de conduction, on peut tracer des gradients de T élevés (= gradients conductifs) qui permettent de relier les segments du géotherme.

III. Etude des mouvements verticaux isostatiques.



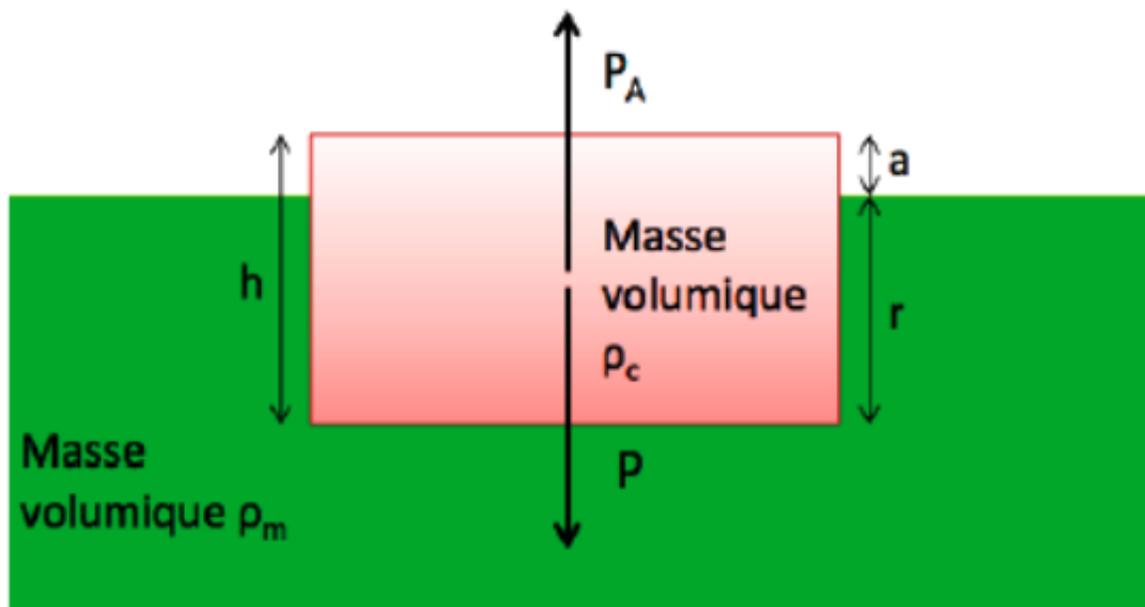
Comparison between erosion rates averaged during the 2–0 Ma time window (Fox et al., 2015) and observed rock uplift rates (Sternai et al., 2019) (caption on next page)

III. Etude des mouvements verticaux isostatiques.

La couche superficielle rigide est en **équilibre hydrostatique** (elle « flotte ») sur la couche profonde plus visqueuse suivant le principe d'Archimède : cet équilibre est appelé **isostasie** (du grec stasi = immobilité, équilibre).

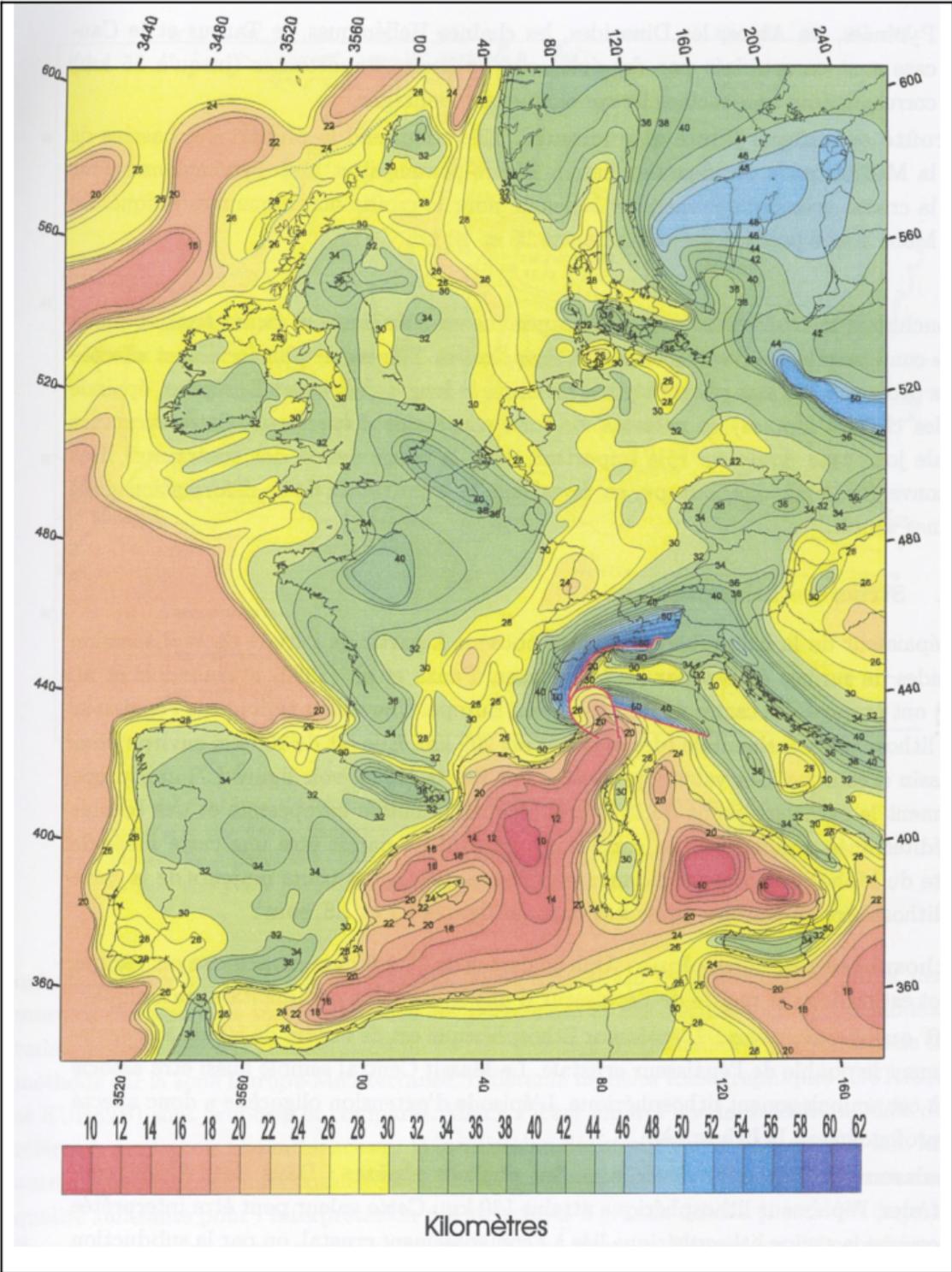
Ce mécanisme implique l'existence en profondeur d'une surface virtuelle, dite **surface de compensation**, telle que la **pression** correspondant au poids des colonnes de roche situées au-dessus soit la même partout.

La surface de compensation n'a pas de réalité physique : elle ne correspond pas à une discontinuité.

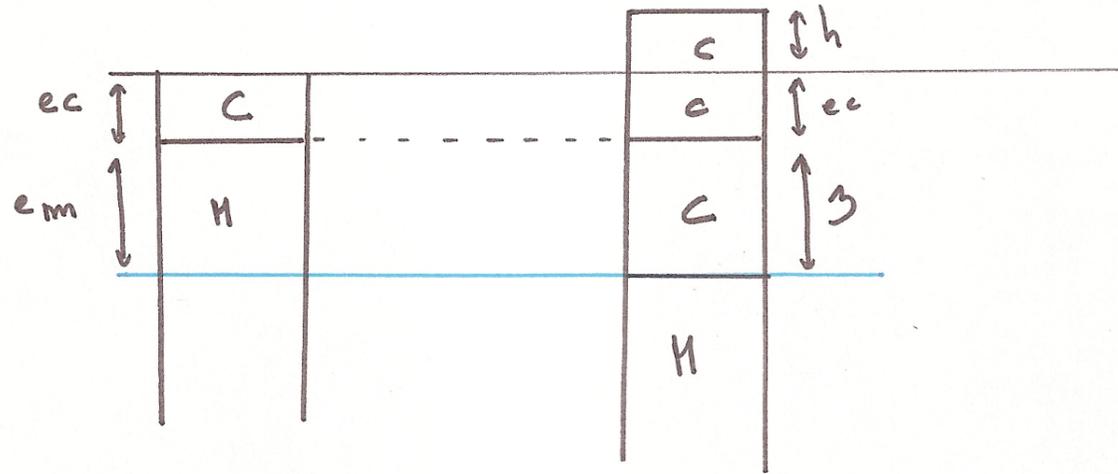


P_A = Poussée d'Archimède
 P = Poids de l'objet
 h = hauteur du bloc
 r = racine (partie immergée)
 a = altitude (partie émergée)
 $h = r + a$
 ρ_m et ρ_c = Masses volumiques

Carte de France des isobathes du Moho



①



$$e_c \rho_c + e_m \rho_H = (h + e_c + z) \rho_c \quad \text{avec } \underline{z = e_m}$$

$$\rightarrow e_m \rho_H = h \rho_c + z \rho_c$$

$$z \rho_H = h \rho_c + z \rho_c$$

$$z (\rho_H - \rho_c) = h \rho_c$$

$$\Rightarrow z = h \frac{\rho_c}{\rho_H - \rho_c}$$

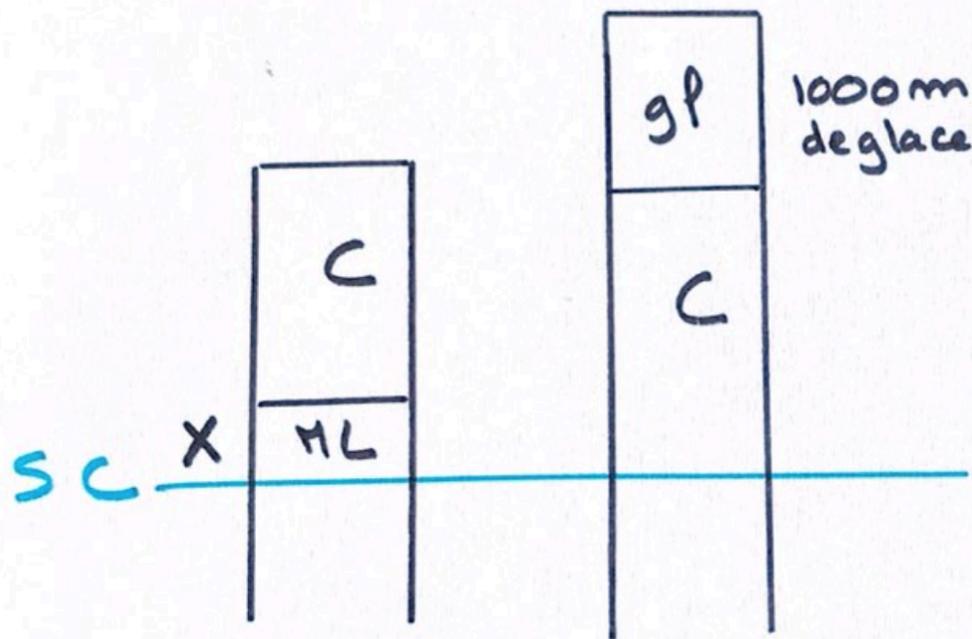
$$\boxed{z = 5,4h}$$

② érosion : $h + 5,4h = 6,4h$ à éroder .

$$h = 4800 \text{ m} \rightarrow \underline{30720 \text{ m}} \text{ à éroder}$$

$$\Rightarrow \underline{t = 10,24 \text{ MA}}$$

$$t = \frac{h_{\text{érosion}}}{N_{\text{érosion}}}$$



$$X \rho_{ML} = 1000 \rho_{gp}$$

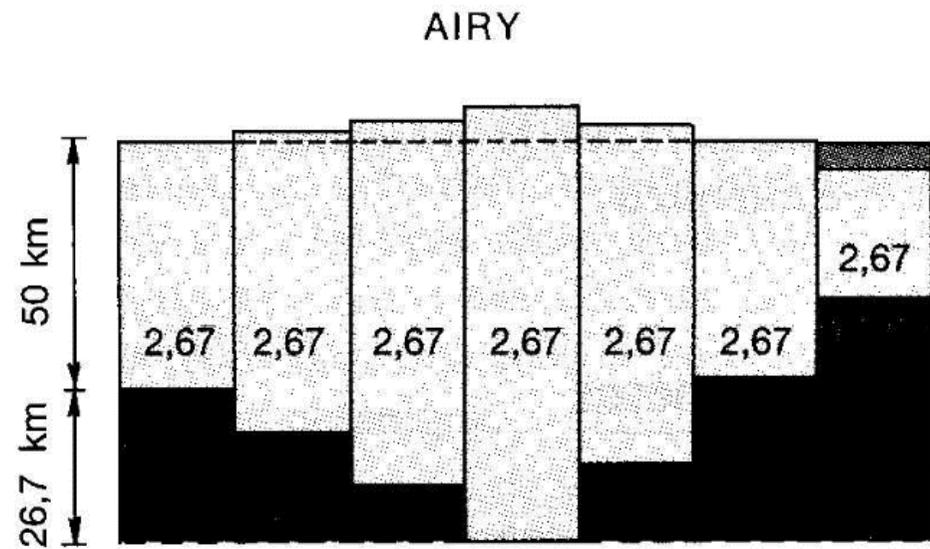
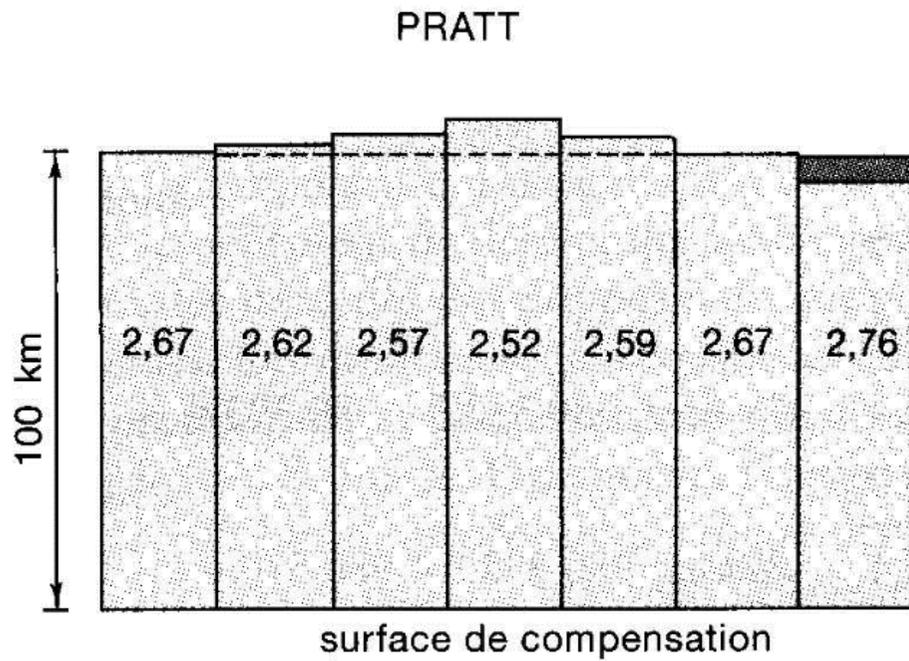
$$3,2 X = 917$$

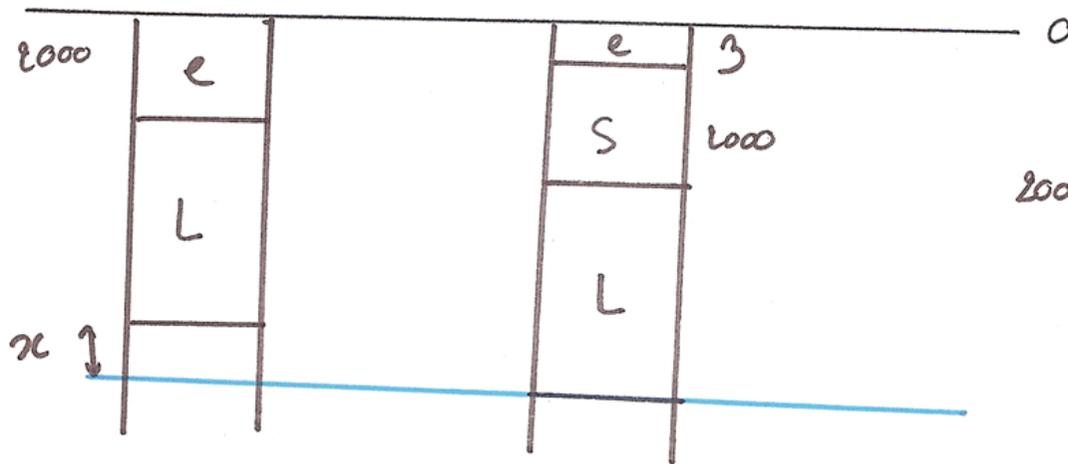
$$X = 286,5 \text{ m}$$

→ nouvelle altitude :

$$4800 + 1000 - 286,5 = \underline{\underline{5513,5 \text{ m}}}$$

Exercice n°8 : conséquences du dépôt de sédiments sur le fond océanique





$$2000 + L + x = 3 + 2000 + L$$

$$\rightarrow \underline{3 = x}$$

$$2000 d_e + x d_A = 2000 d_s + x d_e$$

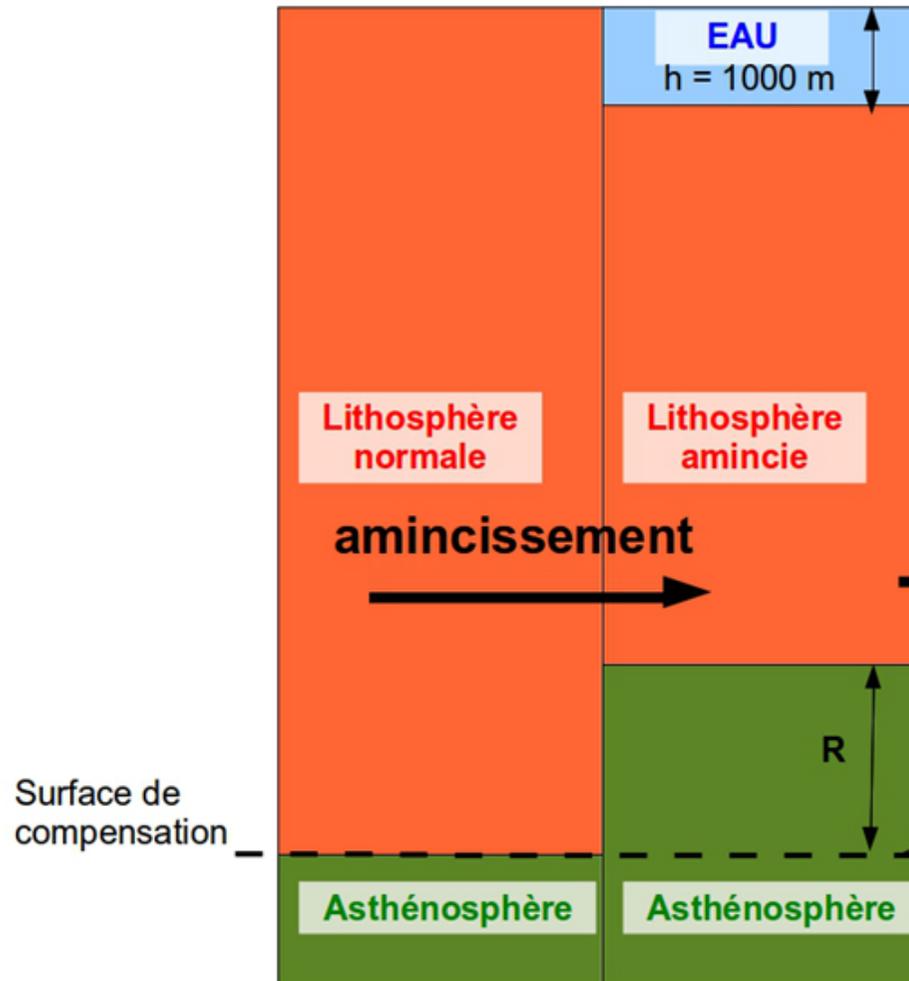
$$x (d_e - d_A) = 2000 (d_e - d_s)$$

$$\underline{x = \frac{(d_e - d_s) 2000}{d_e - d_A}} = 2000 \times \frac{1,16}{2,22}$$

$$\underline{x = 1045m}$$

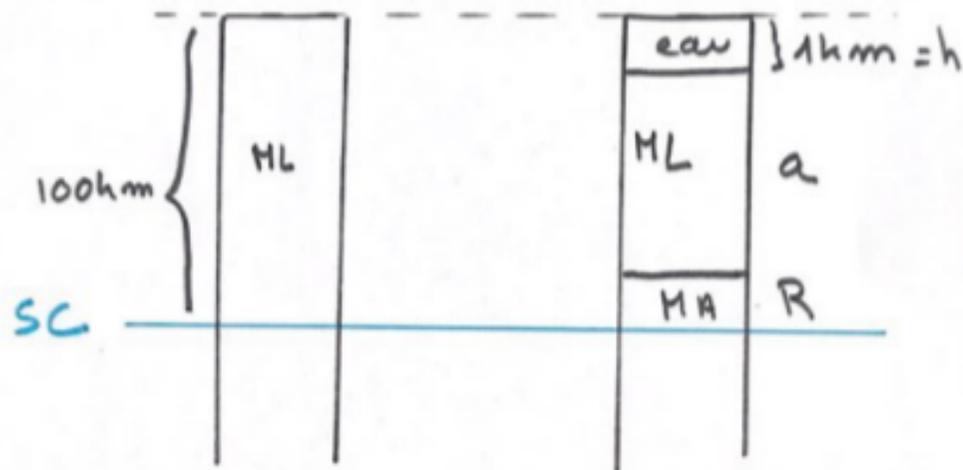
Exercice n°9 : quantifier l'épaisseur d'une lithosphère amincie et sa subsidence par accumulation de sédiments

Modèle d'Airy avec 2 compartiments (lithosphère et asthénosphère) ; la surface de compensation est arbitrairement placée à la base de la lithosphère.



Ex 3 :

①



$$100\rho_{ML} = e + a\rho_{ML} + R\rho_{MA}$$

$$\text{or } 100 = 1 + a + R \Rightarrow \underline{R = 99 - a}$$

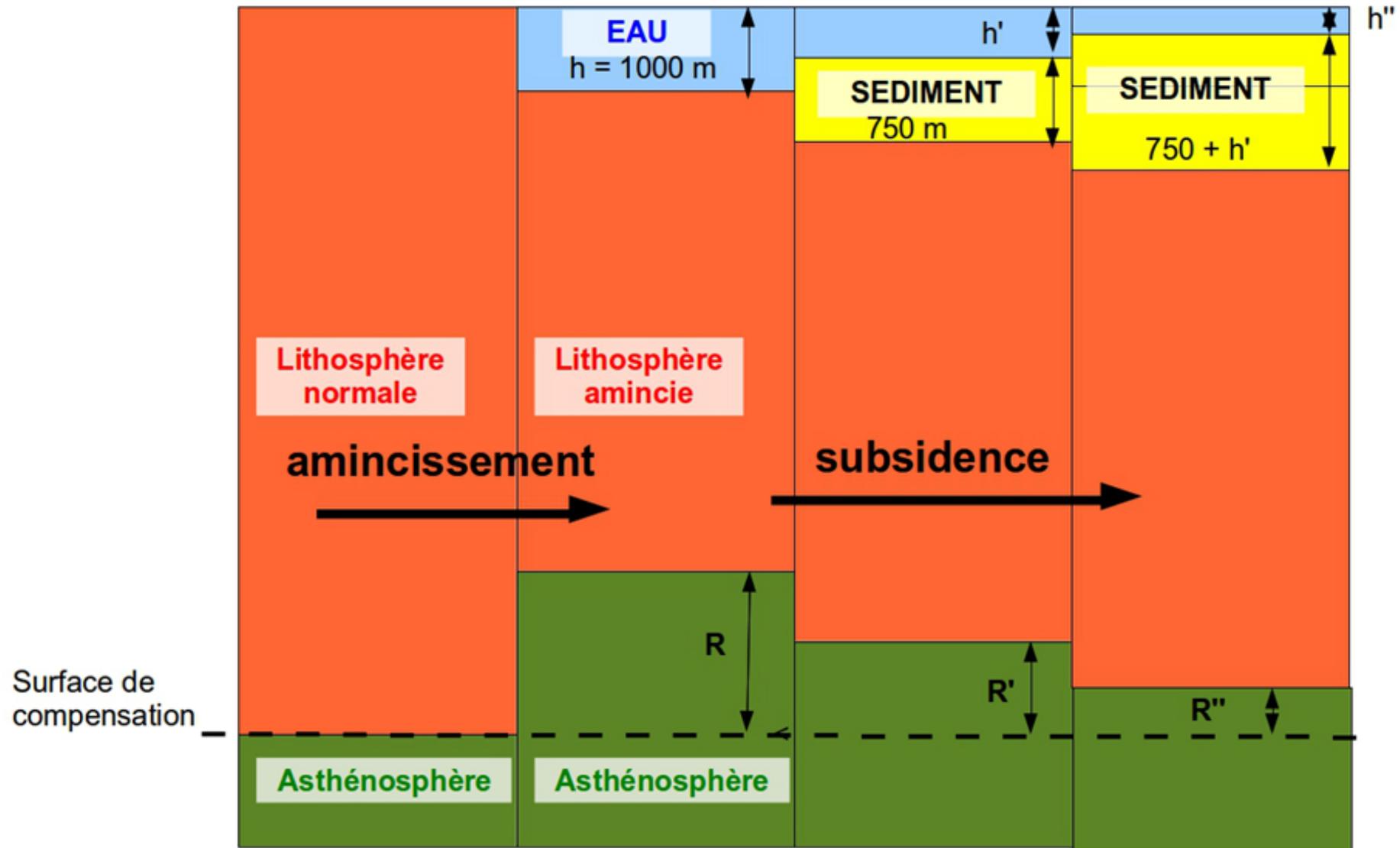
$$\rightarrow 100\rho_{ML} = e + a\rho_{ML} + (99 - a)\rho_{MA}$$

$$100\rho_{ML} = e + a(\rho_{ML} - \rho_{MA}) + 99\rho_{MA}$$

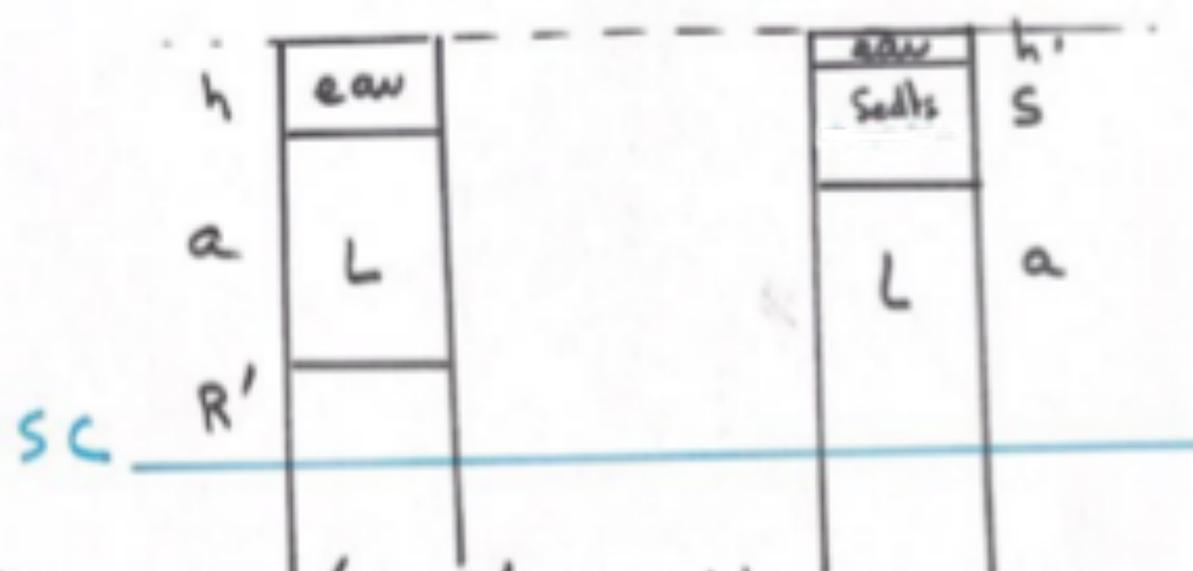
$$a = \frac{100\rho_{ML} - 99\rho_{MA} - e}{\rho_{ML} - \rho_{MA}} = \underline{91 \text{ km}}$$

$$\Rightarrow \underline{R = 8 \text{ km}}$$

Exercice n°9 : quantifier l'épaisseur d'une lithosphère amincie et sa subsidence par accumulation de sédiments



②



$$h\rho_{\text{eau}} = a\rho_{\text{H}} + R'\rho_{\text{H}} = h'\rho_{\text{eau}} + S\rho_{\text{H}} + a\rho_{\text{H}}$$

or $h+a+R' = h'+S+a \rightarrow \underline{R' = S+h'-h}$

$$\rightarrow h\rho_{\text{eau}} + (S+h'-h)\rho_{\text{H}} = h'\rho_{\text{eau}} + S\rho_{\text{H}}$$

$$h' = \frac{h\rho_{\text{eau}} + (S-h)\rho_{\text{H}} - S\rho_{\text{H}}}{\rho_{\text{eau}} - \rho_{\text{H}}}$$

$$\underline{h' = 652 \text{ m}}$$