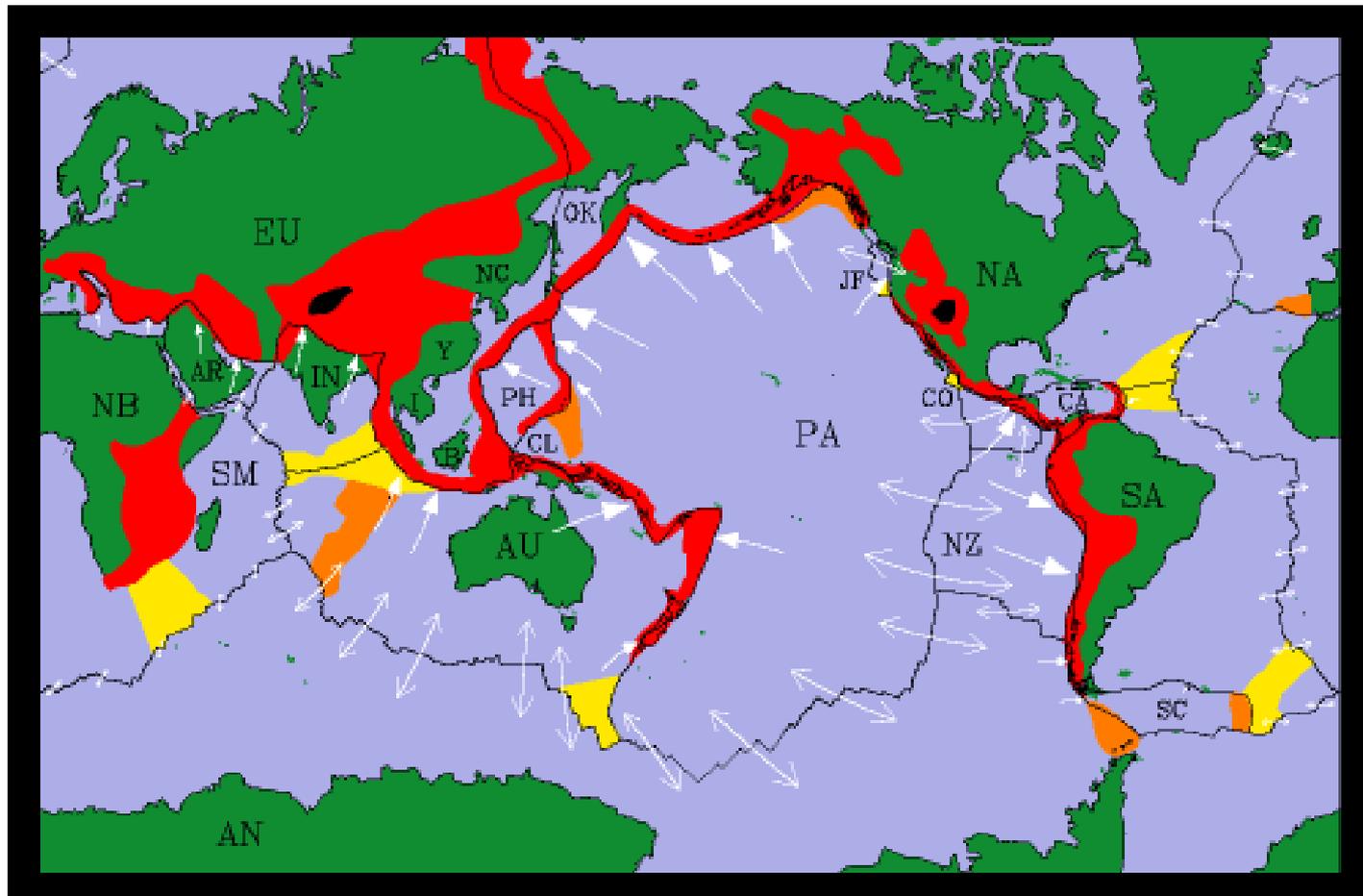


LA MACHINE TERRESTRE

3

Jean-Paul Montagner, Elise Delavaud,
Université Paris VII-Denis Diderot, Institut de Physique du Globe



Plan

I- Une brève Histoire de la Terre

-observations de surface: calculs à la surface de la terre

Calcul de la masse des planètes

- l'aventure Wegenerienne

II- Le champ magnétique terrestre

-Définition

-Modèle de champ dipolaire

-Les inversions

-Aimantation des roches, PGV

III- Tectonique des plaques

-Expansion des fonds océaniques

-Théorème d'Euler

-Modèle cinématique- cinématique sur la sphère

-Différents types de frontière- Différents types de données

IV- Déformations, contraintes, rhéologie (très sommaire)

V- Sismologie

-sismomètres

-séismes, localisation, ondes P, ondes S

-structure radiale de la terre (1D)

-Notions de tomographie sismique

VI- Imagerie des objets géologiques

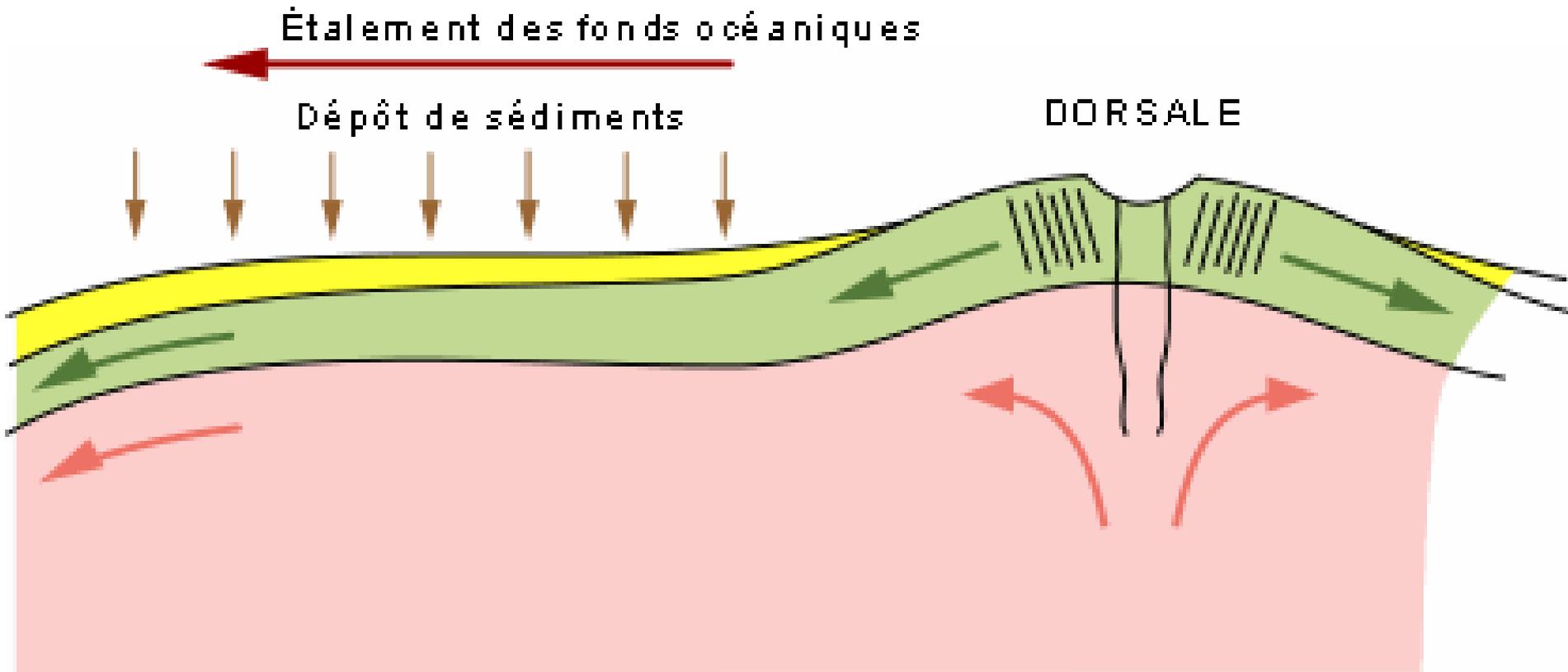
-Modèles globaux 3D

- Concept de lithosphère

- Slabs

-Hotspots- panaches

VII-Développements actuels



http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

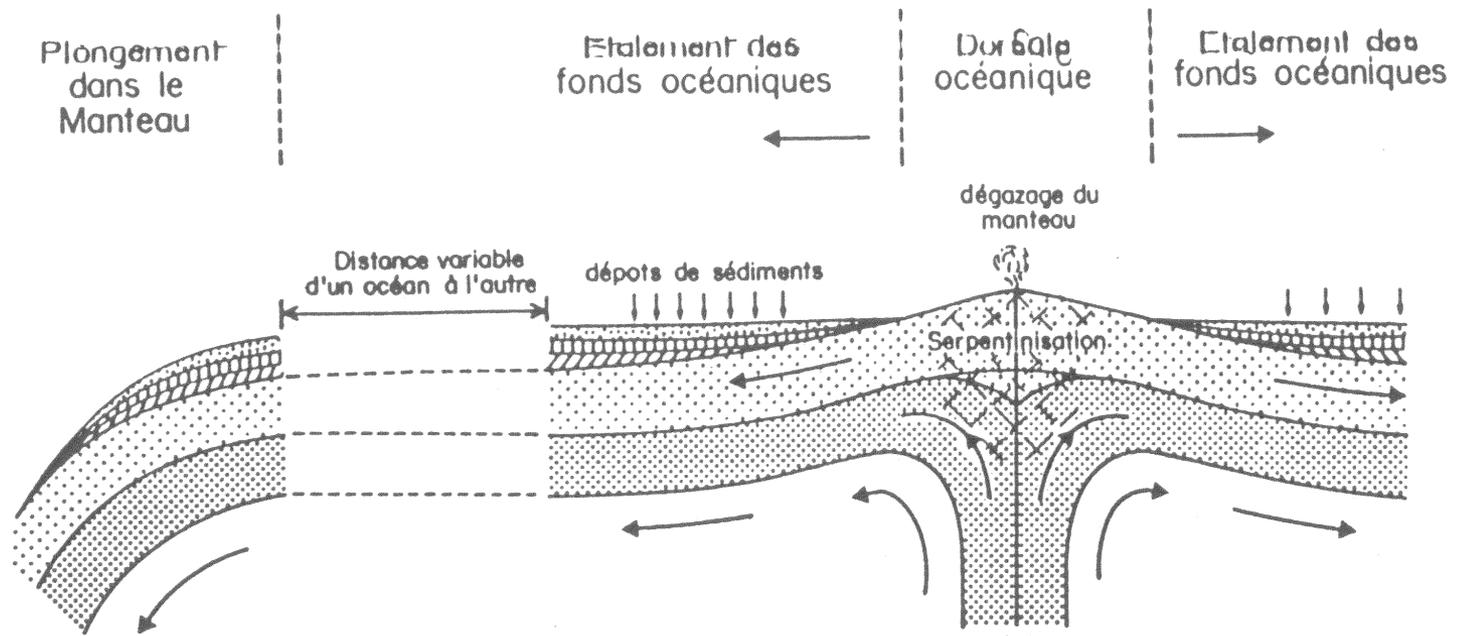
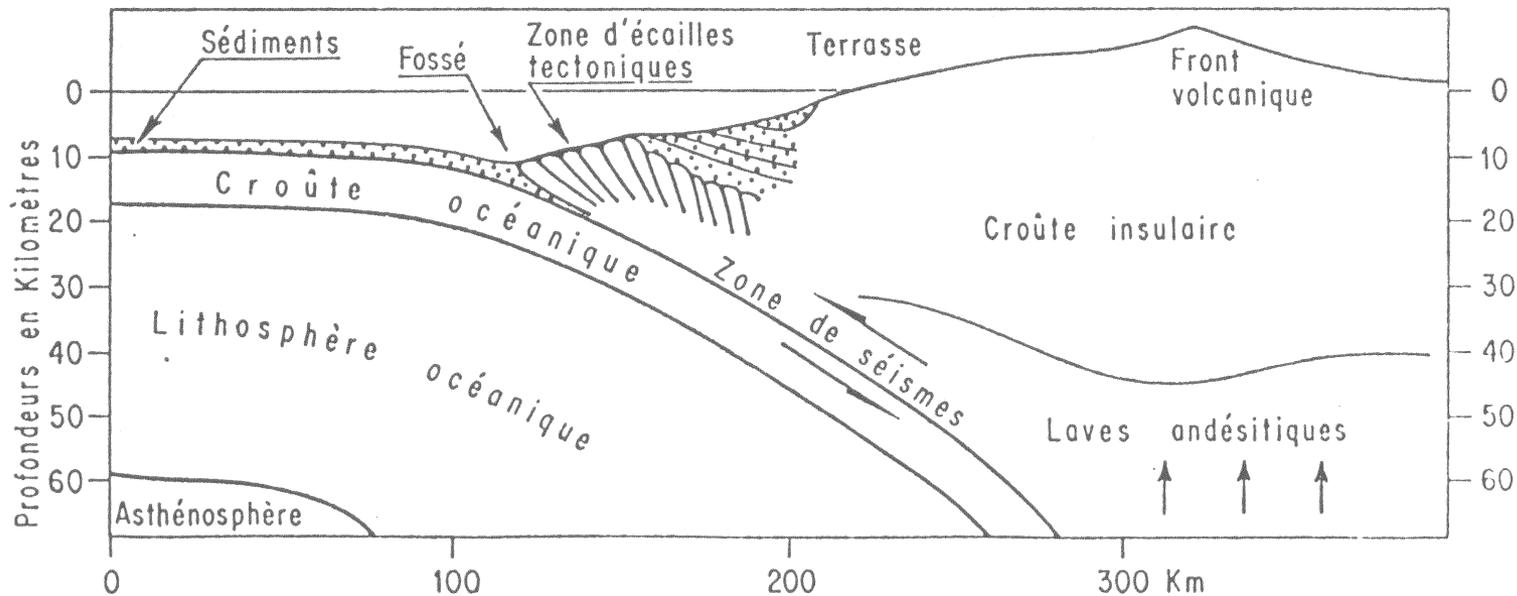


FIG. — La représentation de Hess de l'expansion des fonds océaniques est dessinée à l'échelle d'un seul océan. On constate qu'au niveau de la dorsale océanique Hess concevait l'existence d'une zone de serpentinisation où l'eau expulsée du manteau réagit avec le matériel ultrabasique pour donner naissance à de la serpentine. Il attribuait à ce phénomène les différences observées entre les vitesses de propagation des ondes sismiques de type (P). On notera que sur le tapis roulant se déposent des sédiments. Après une certaine distance variable, représentée ici par les pointillés, le tapis roulant plonge dans le manteau (d'après le schéma de Hess adapté).

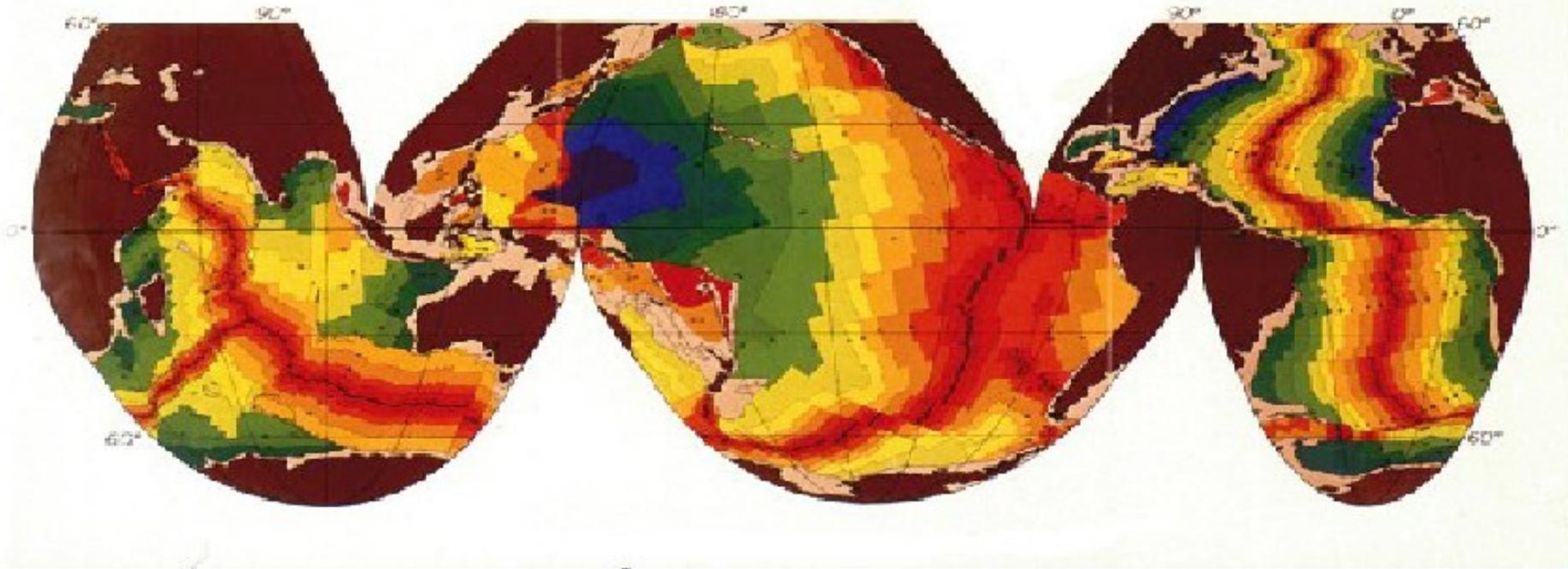
Allègre, 2002



— Schéma montrant le processus de plongement de la lithosphère océanique sous une guirlande d'îles (exagération verticale : $\times 2$).

10

Carte de l'âge des fonds océaniques (Sclater, Parsons, Jaupart, 1981)



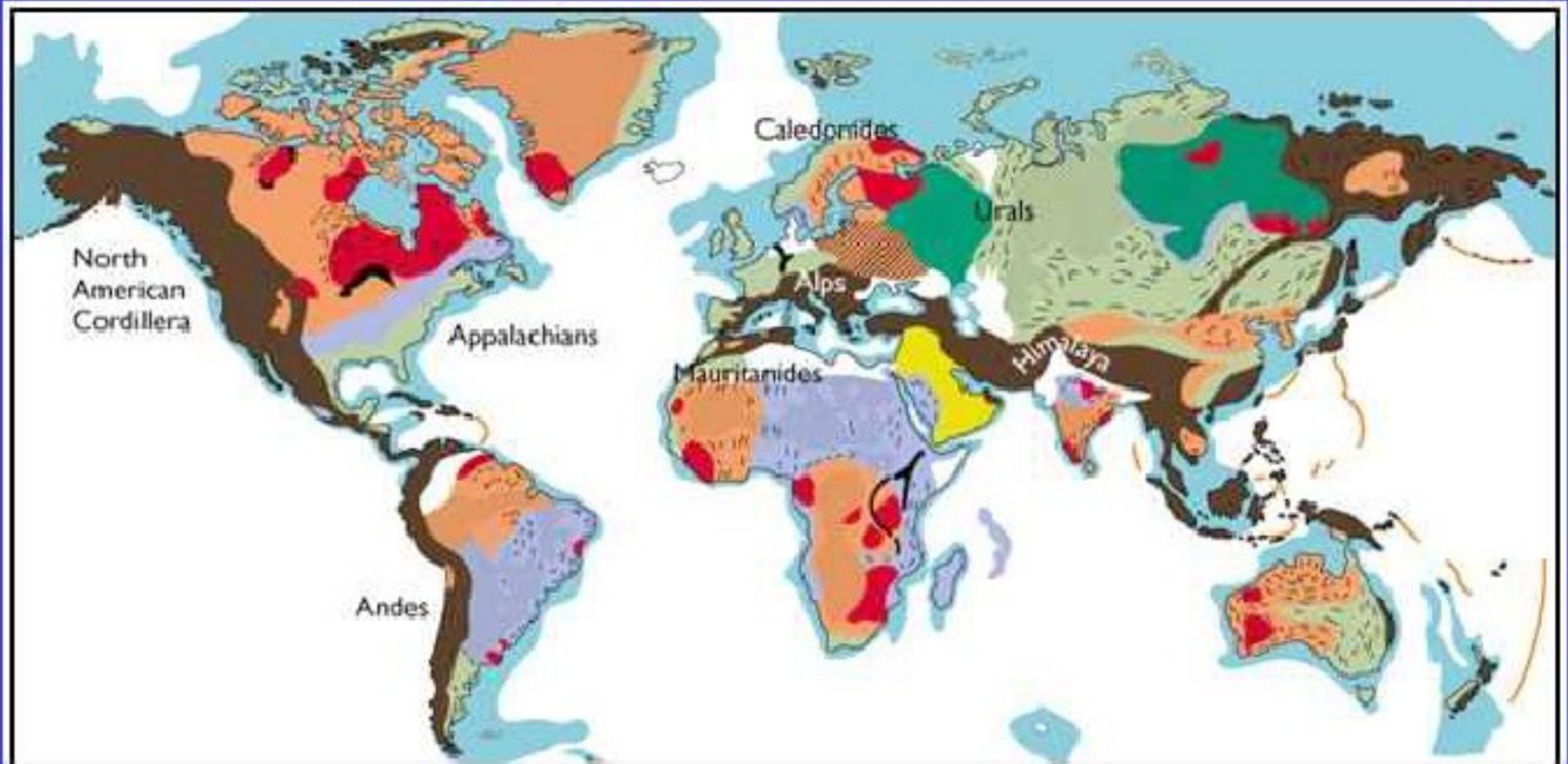
C'est la carte géologique du fond des océans, la plus moderne, chaque couleur correspond à un intervalle de temps. L'âge augmente en allant du rouge au blanc. Les âges sont indiqués en MA sur les frontières. Les limites intercouleur correspondent aux âges suivants (exprimés en millions d'années) :

Rouge foncé :	0 - 1 MA	Jaune-vert :	65 - 80 MA
Rouge moyen :	1 - 4 MA	Vert clair :	80 - 95 MA
Rouge clair :	4 - 9 MA	Vert moyen :	95 - 110 MA
Orange :	9 - 20 MA	Vert foncé :	110 - 125 MA
Marron :	20 - 35 MA	Vert bleu :	125 - 140 MA
Marron clair :	35 - 52 MA	Bleu :	140 - 160 MA
Jaune :	52 - 65 MA	Violet :	160 - 180 MA

Elle a été établie par l'Écossais John Sclater et le Français Claude Jaupart alors qu'ils travaillaient ensemble au M.I.T.

On notera que pour les dorsales dites rapides, celles pour lesquelles la vitesse d'expansion est grande, la couleur rouge qui traduit les périodes récentes est large (exemple, la dorsale à l'ouest du Pacifique). Pour les dorsales lentes, à vitesse d'expansion faible, la couleur rouge est plus mince (exemple, la dorsale médiane de l'Atlantique). Le cas de l'océan Indien est particulièrement intéressant. On y voit une dorsale nord-sud (dite de Carlsberg) à vitesse faible, à figuré rouge mince, rencontrer en un point triple deux dorsales, l'une lente vers l'ouest, l'autre rapide vers l'est.

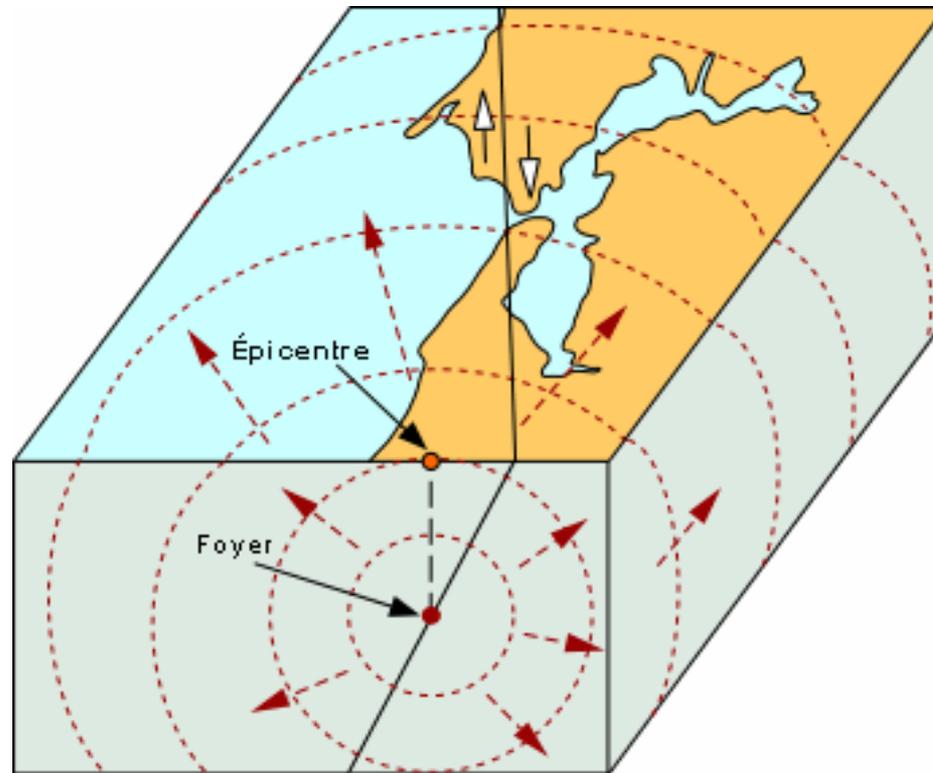
Age de la croûte continentale



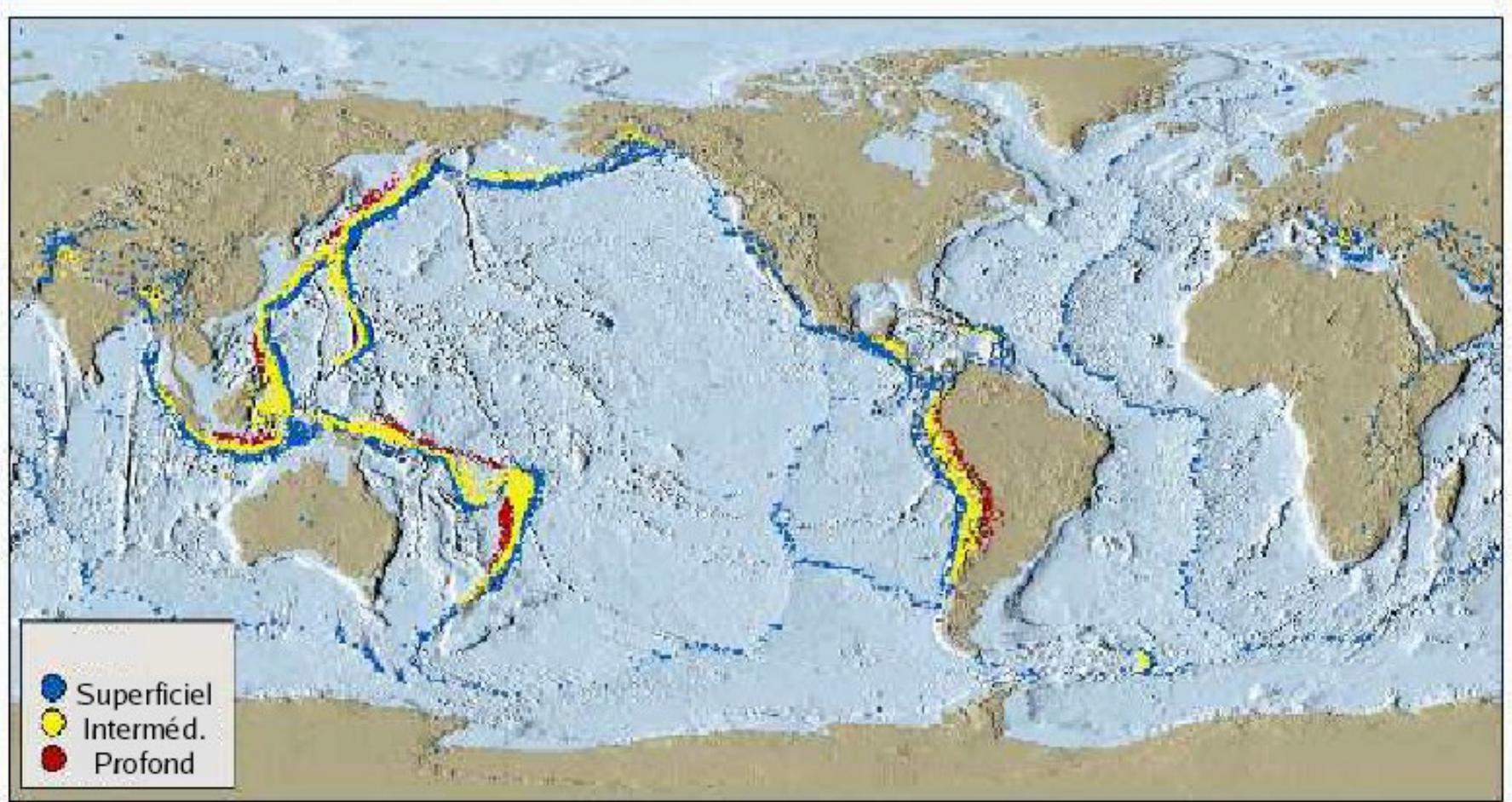
Age en milliards d'années
(En bleu = croûte continentale sous-marine)



PREUVES SISMOLOGIQUES



Distribution des tremblements de Terre



SISMOSCOPE

CHINOIS

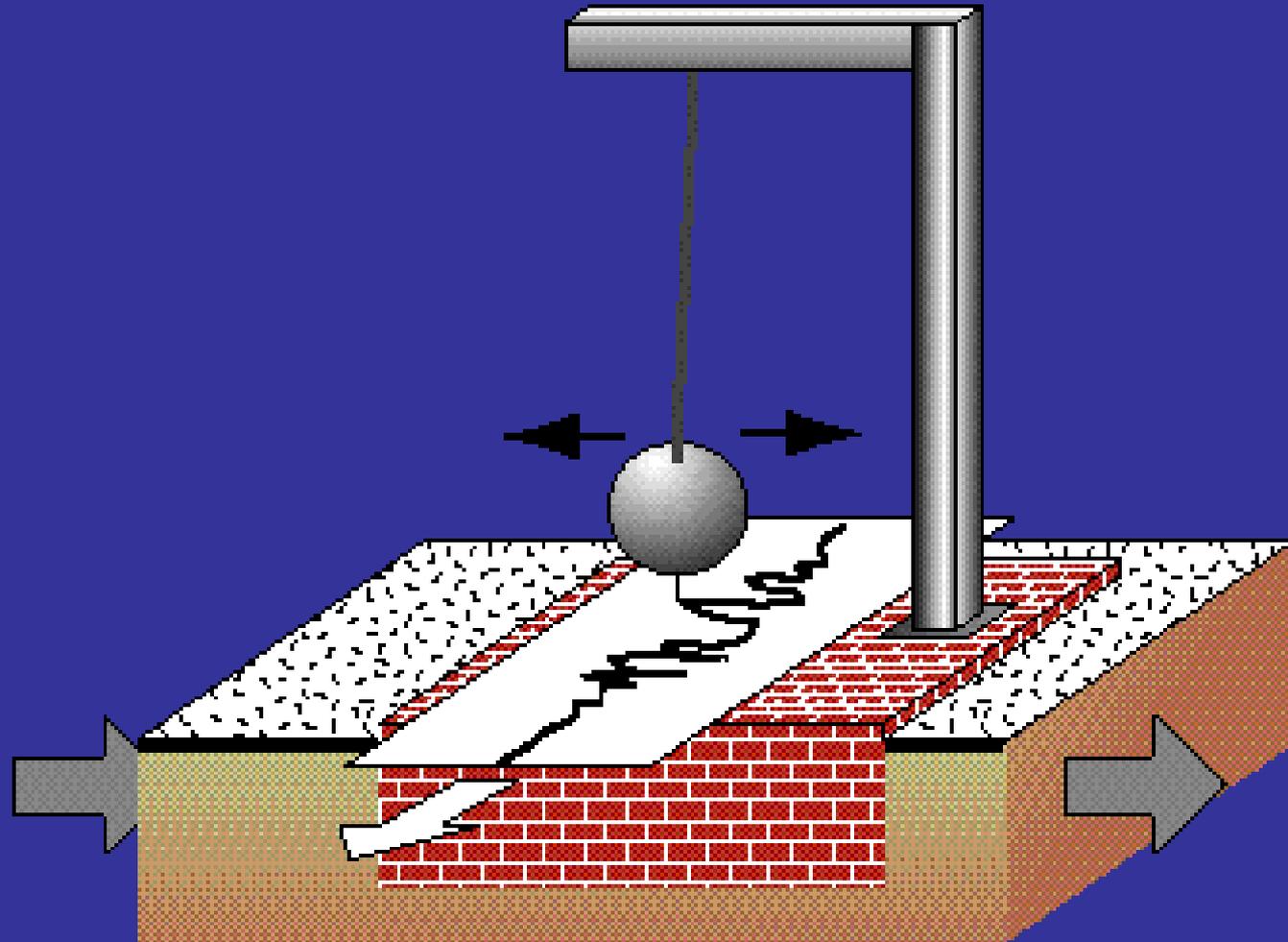


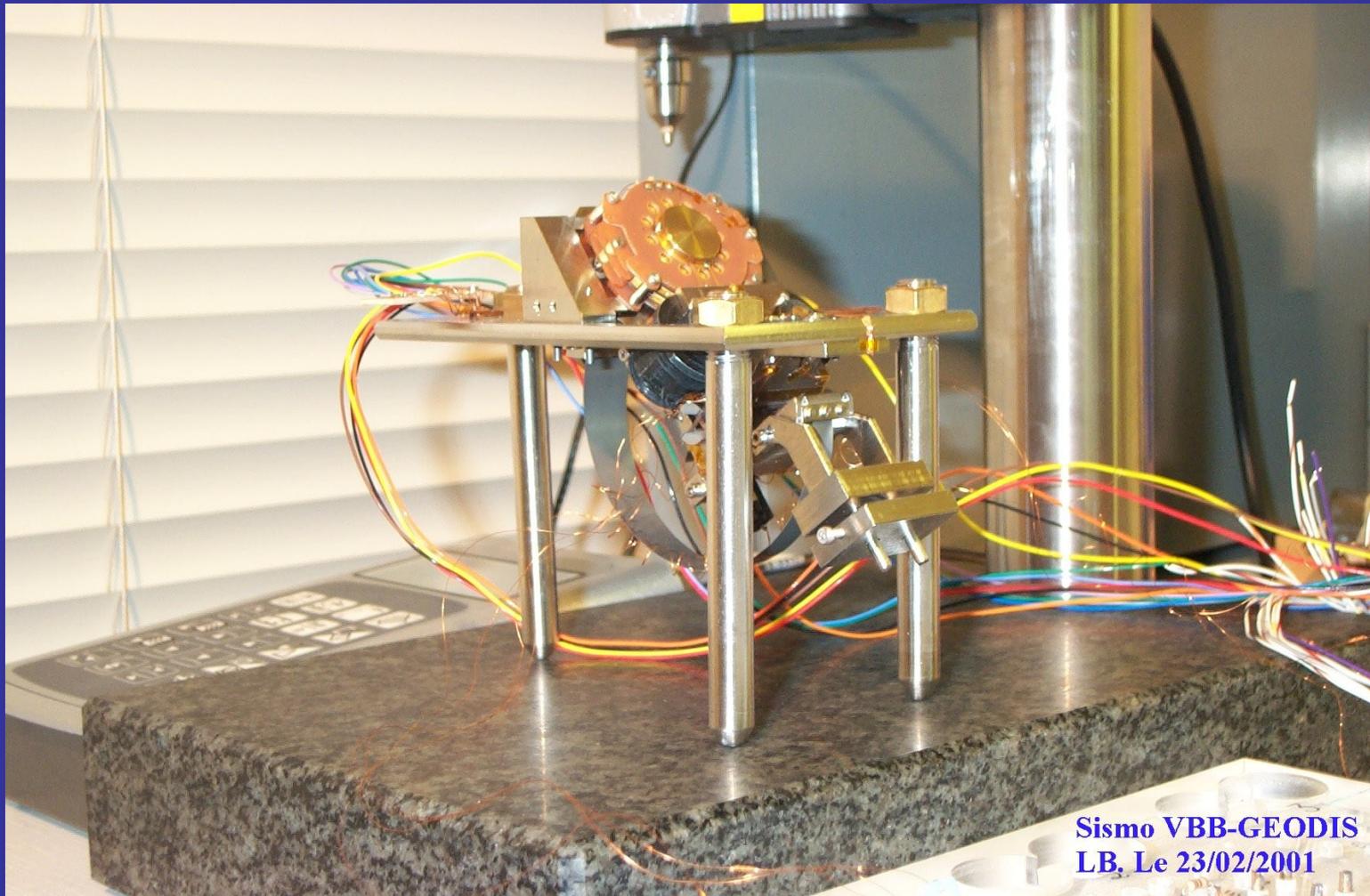
2007

La Machine Terrestre

SISMOMETRE

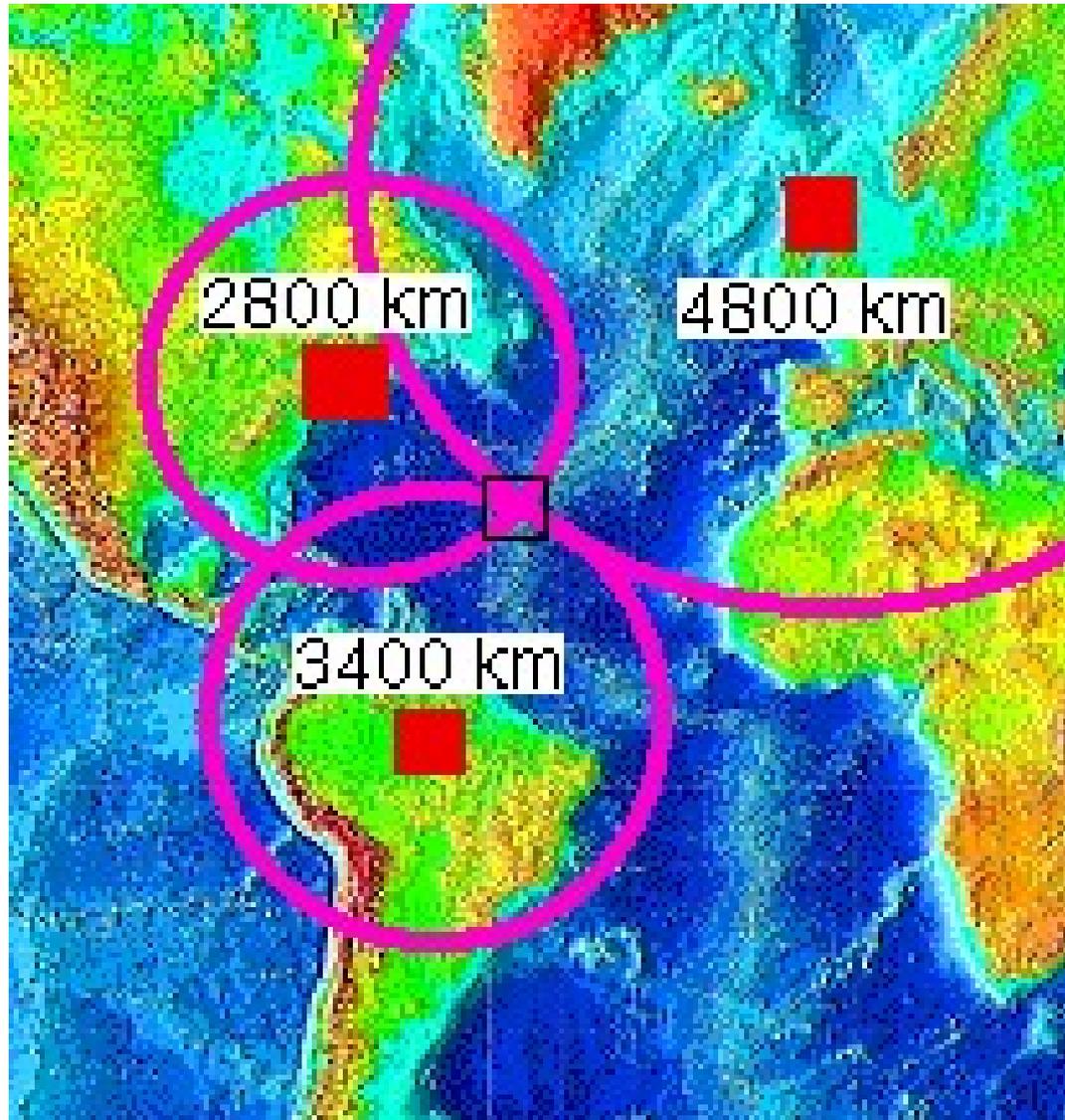
MODERNE





Sismo VBB-GEODIS
LB, Le 23/02/2001

Beguery et al., 2002

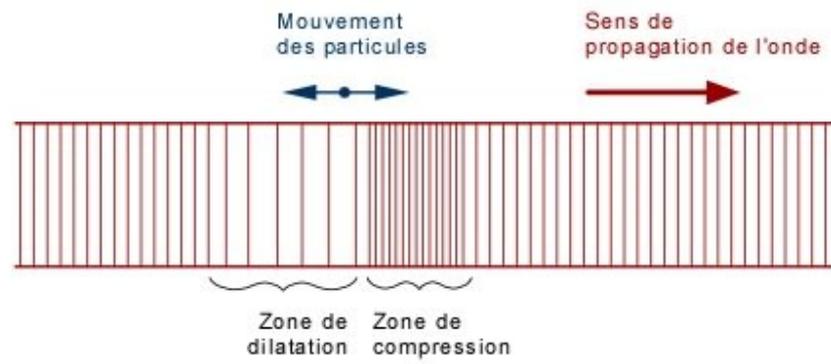
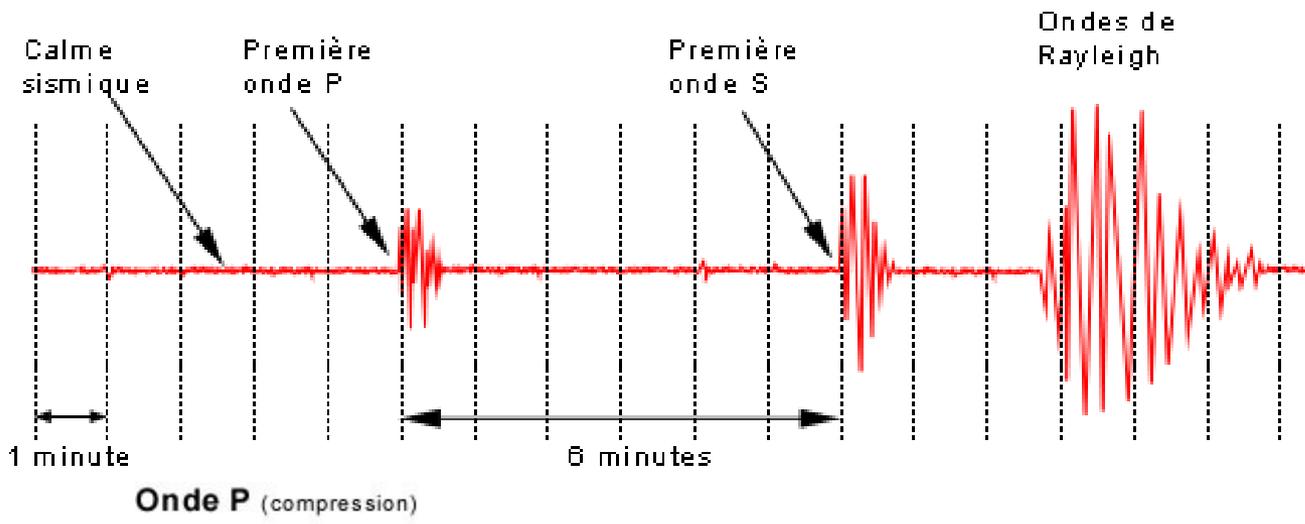


2007

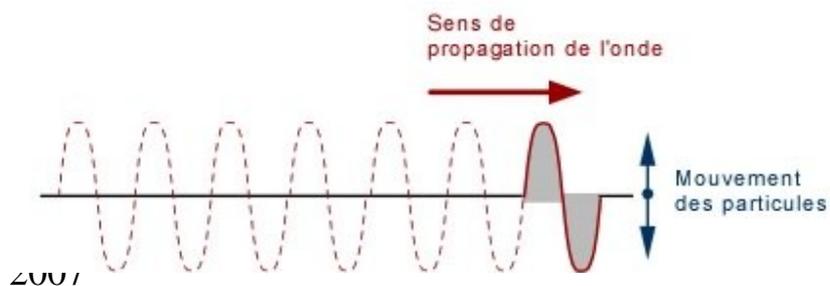
La Machine Terrestre

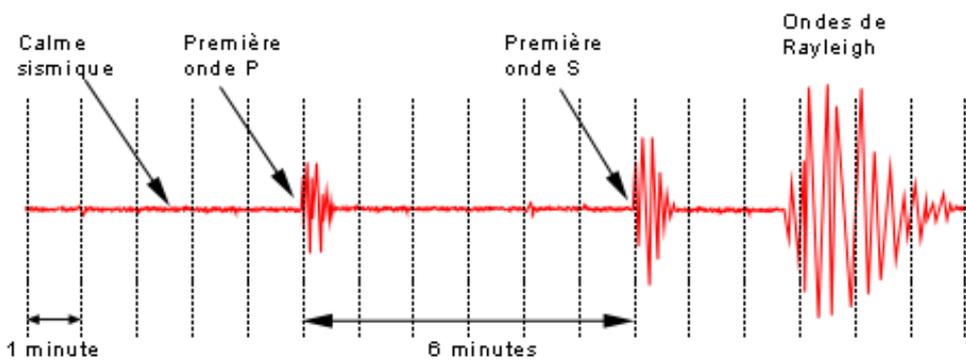
Chaljub et al., 2002



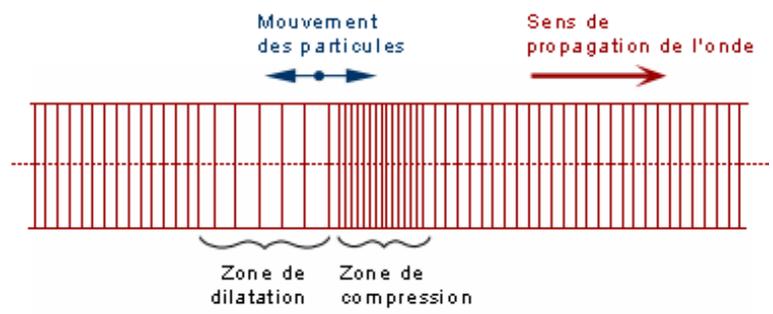


Onde S (cisaillement)

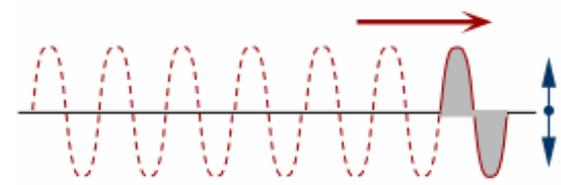




Onde P (compression)



Onde S (cisaillement)



Onde L (de Love) (cisaillement)



Onde de Rayleigh

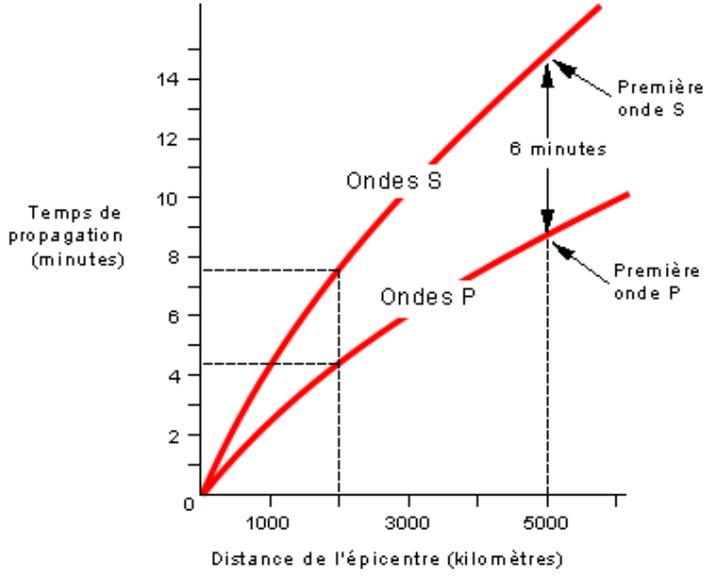
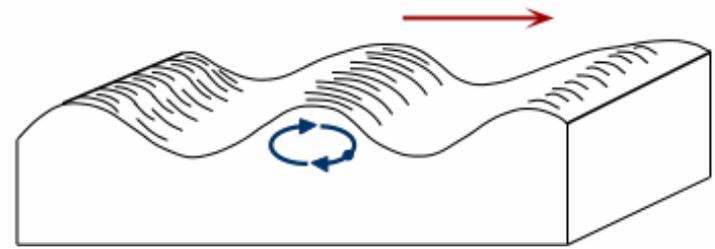
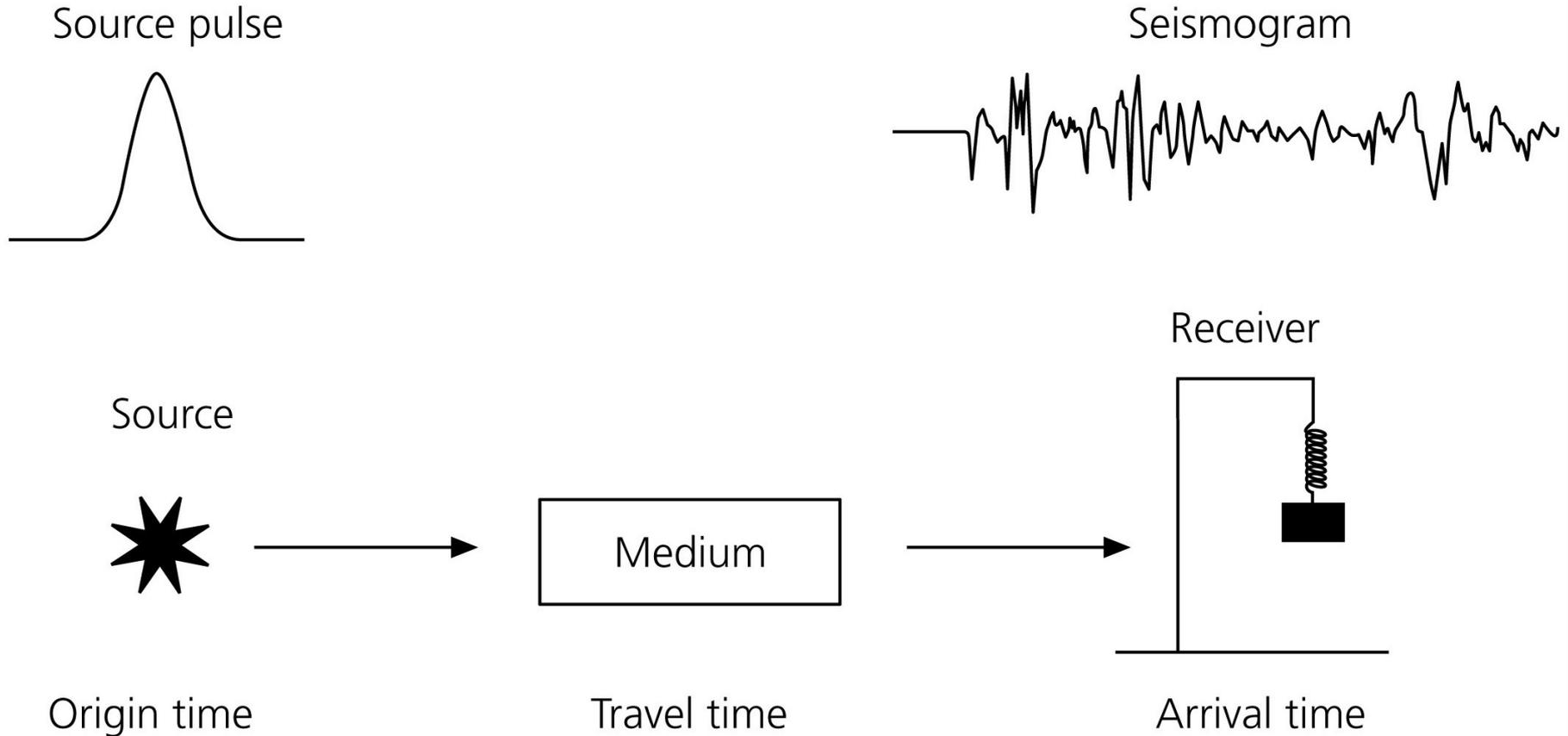


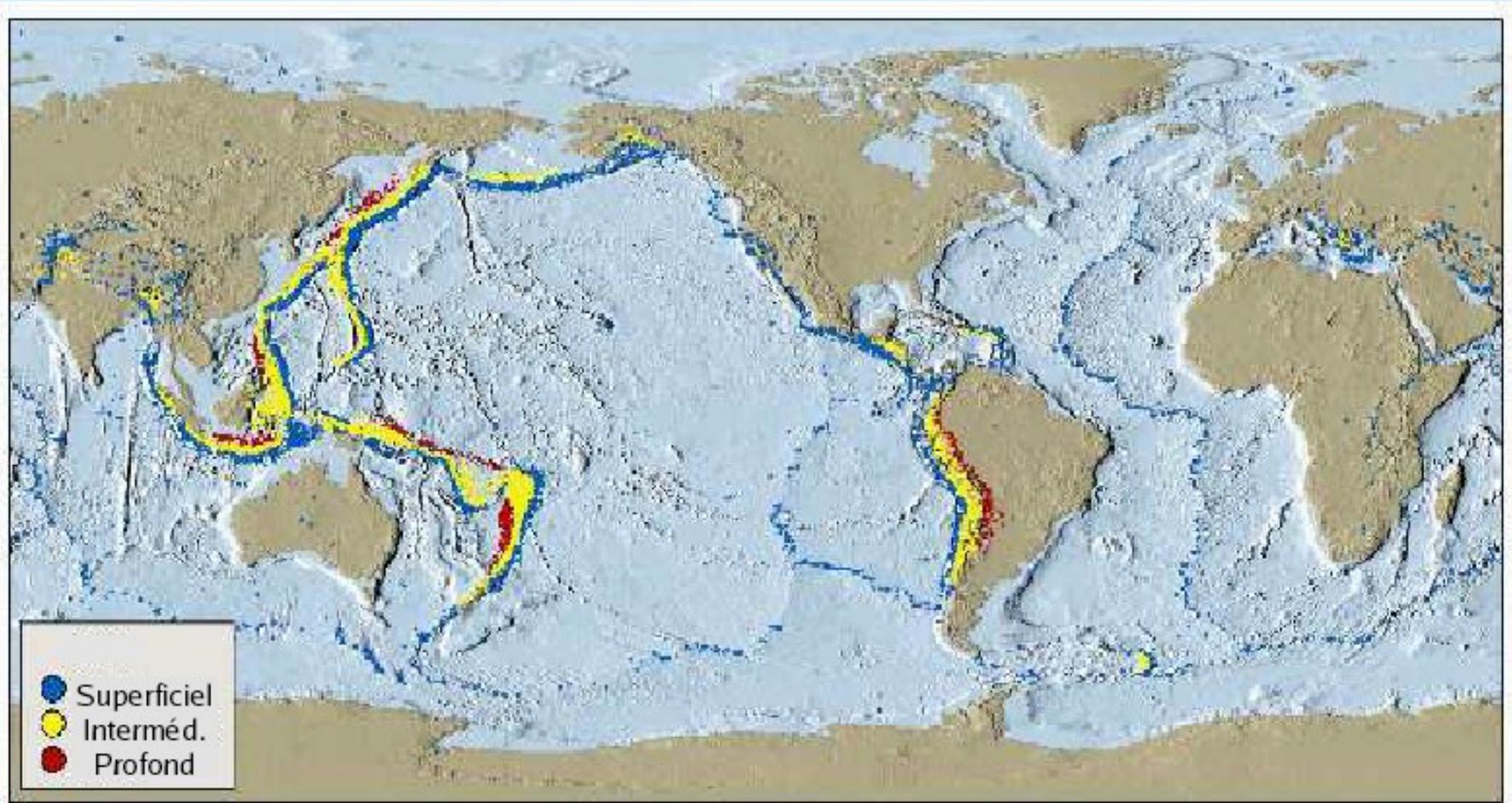
Figure 1.1-1: Schematic geometry of a seismic experiment.



ETUDIER À LA FOIS SOURCE ET MILIEU

Le signal du seismologue est le bruit des autres

Distribution des tremblements de Terre

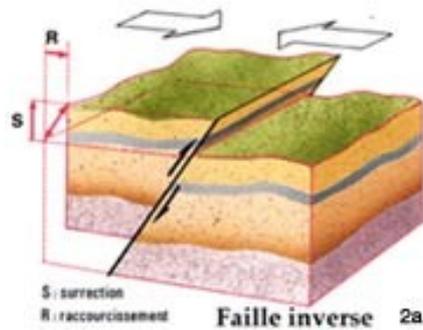
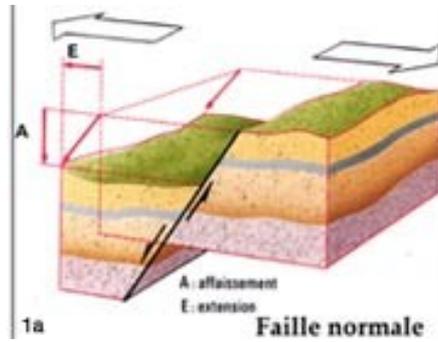
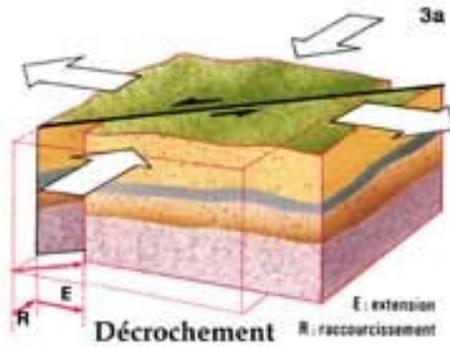


San Andreas Fault



2007

La Machine Terrestre



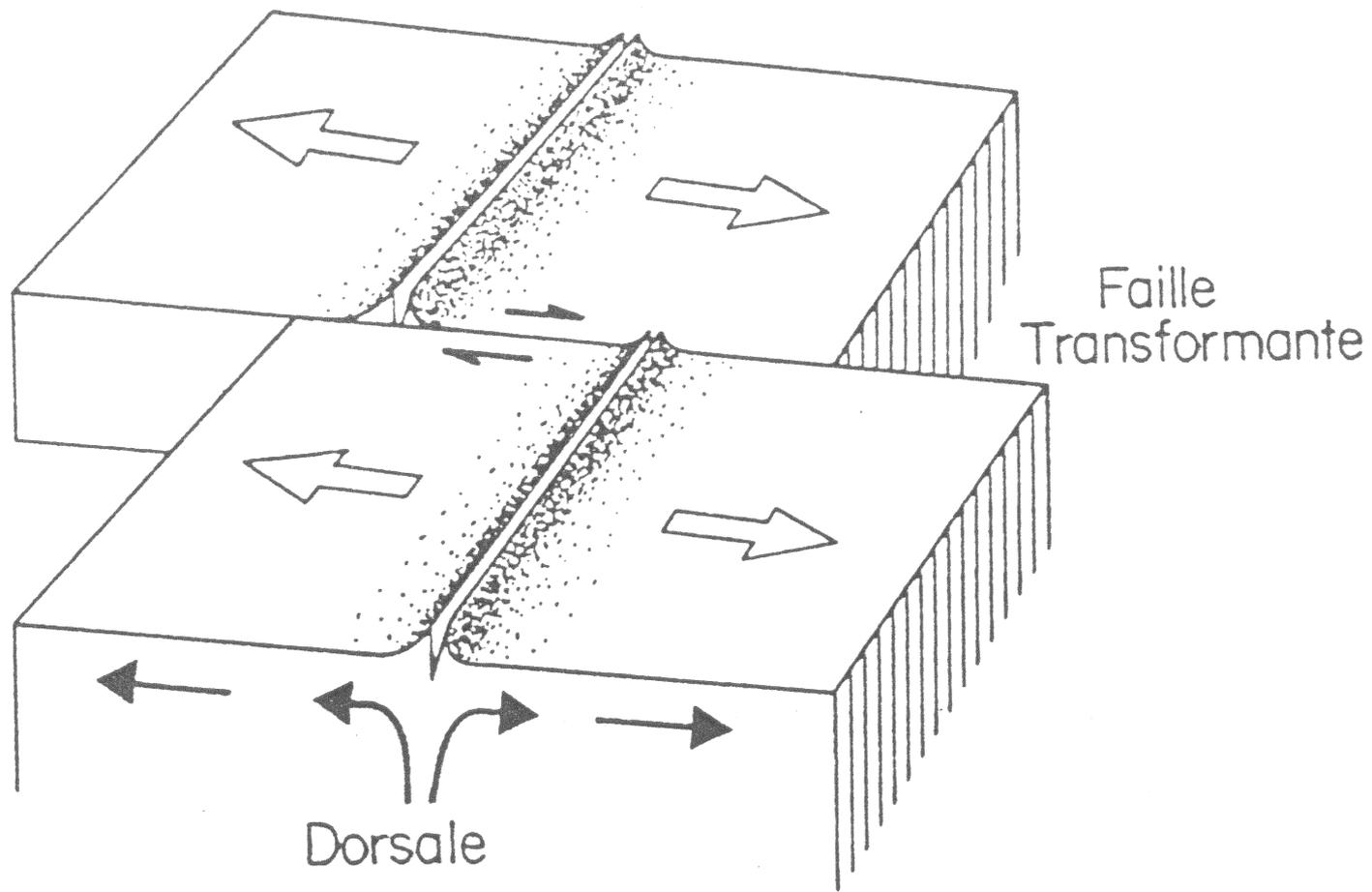
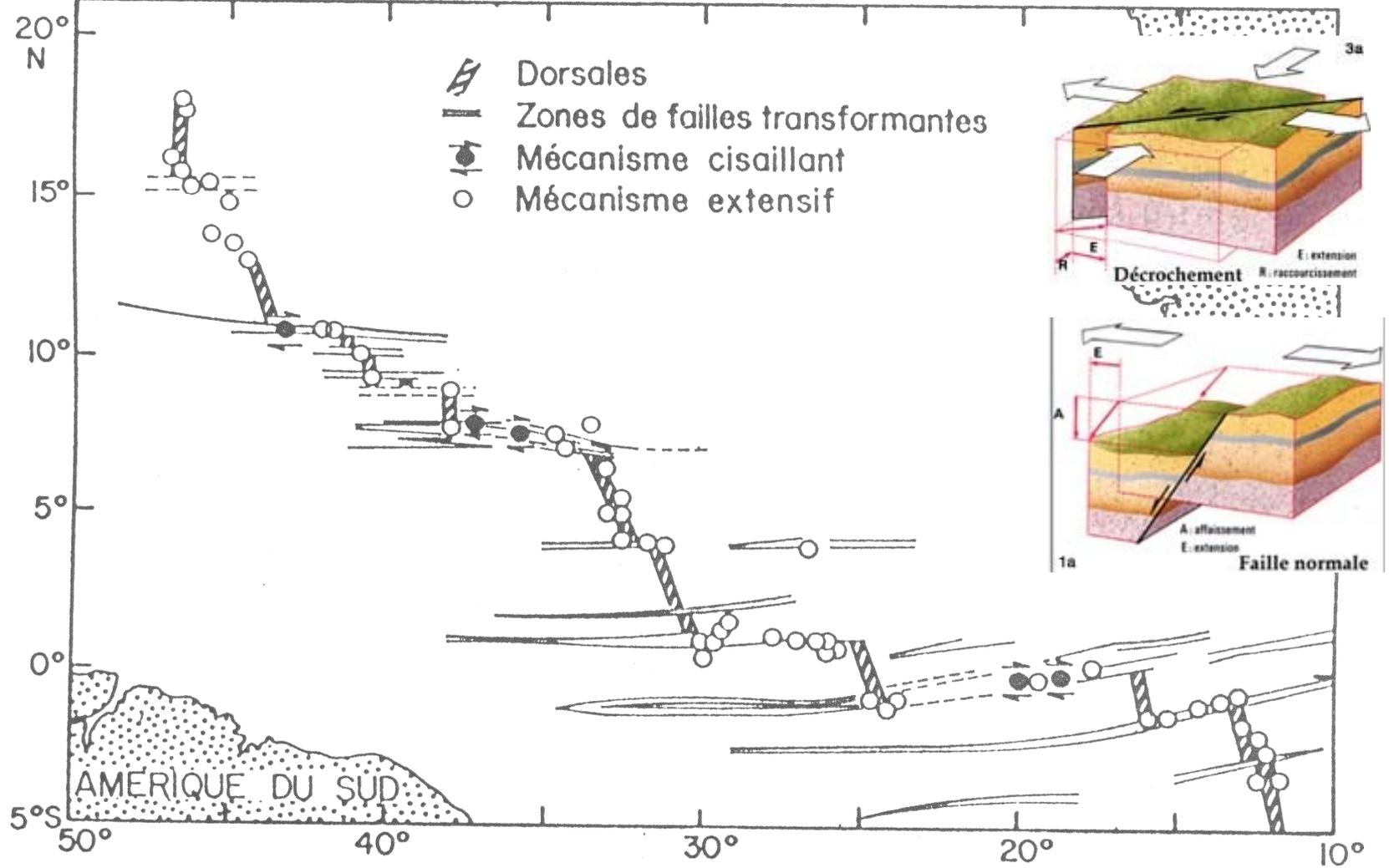
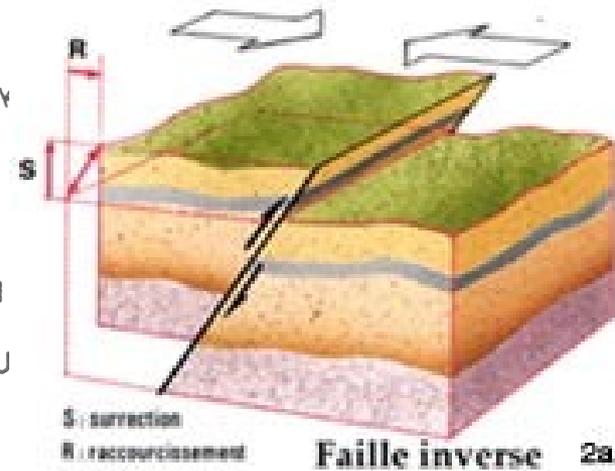
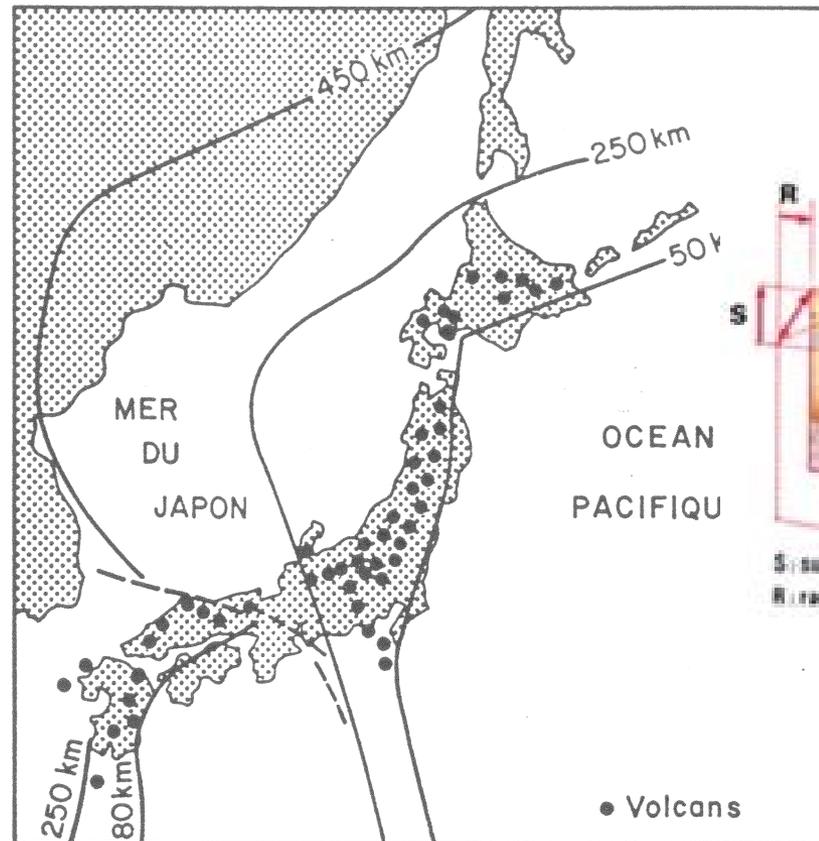


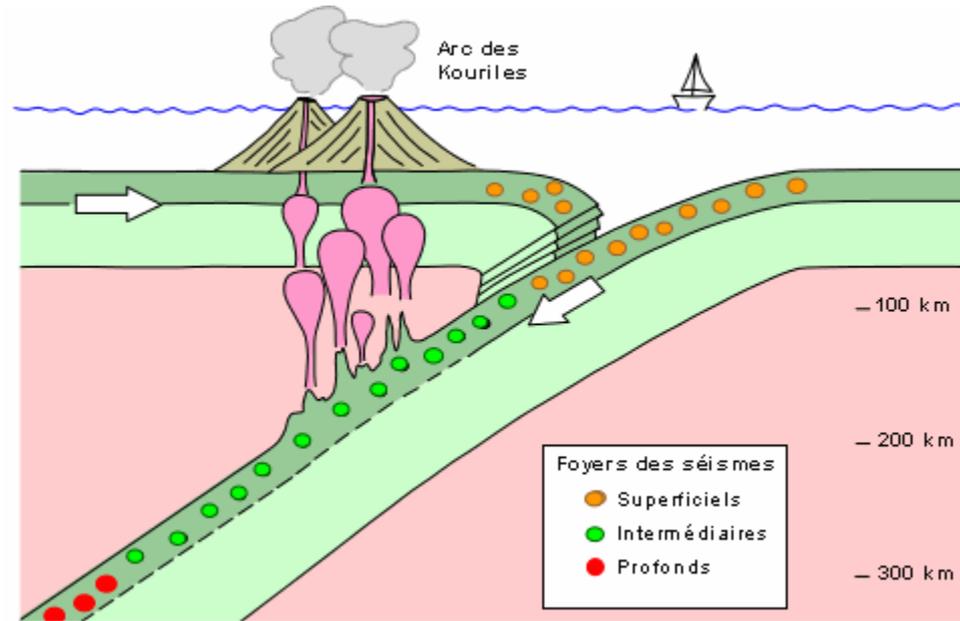
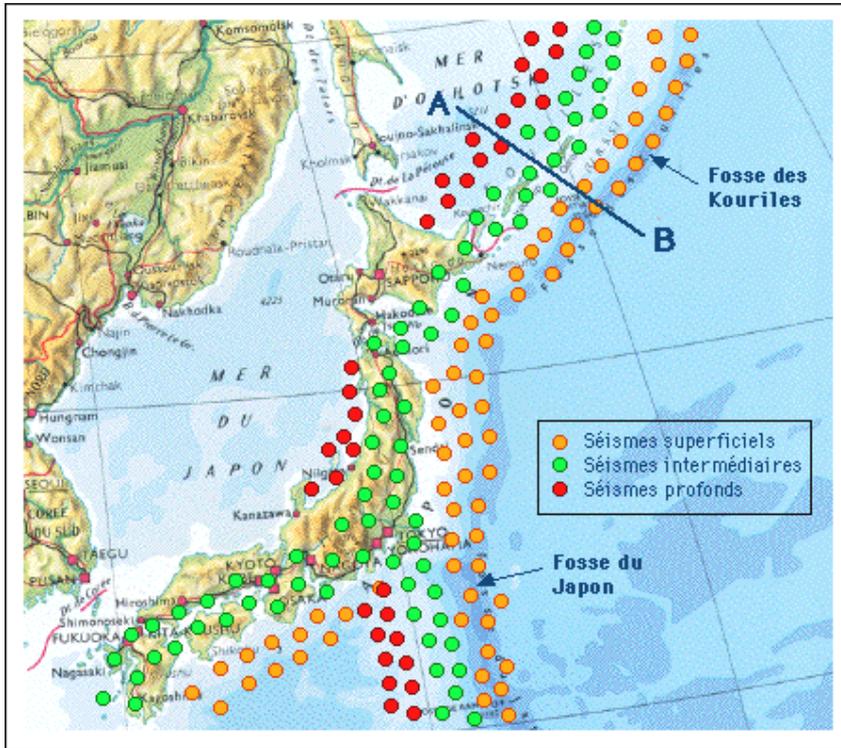
FIG. 16. — Une faille transformante dite dorsale-dorsale est représentée par un bloc-gramme. On notera que dans la zone située entre les deux dorsales il existe une différence de direction entre les mouvements du plancher océanique existant de part et d'autre de la faille. Dans cette zone au niveau de la faille, il existe un « couple cisailant ». Par contre, à l'extérieur de cette zone, les directions de mouvement sont parallèles et de même sens de part et d'autre de la faille.

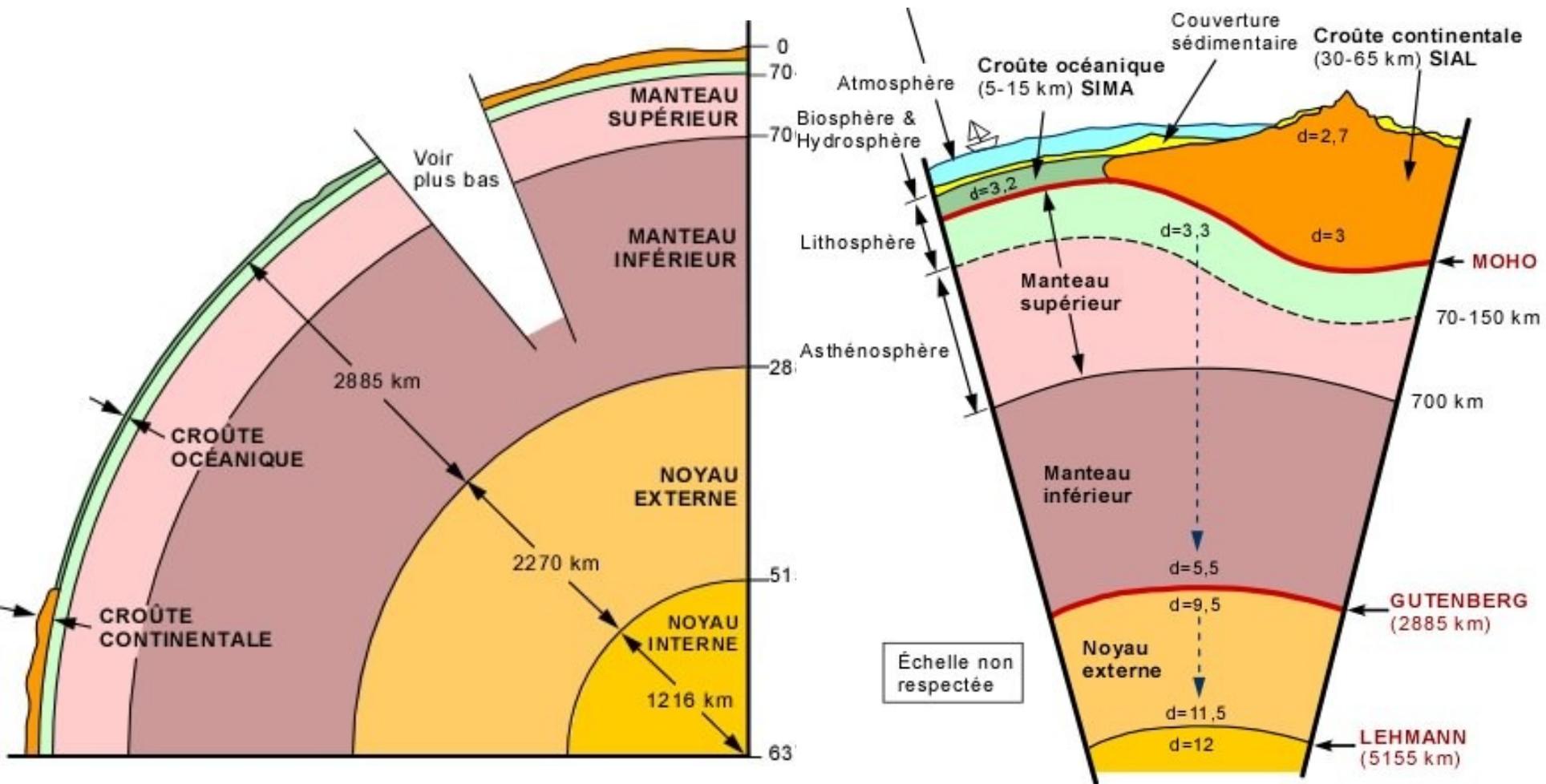


— Il s'agit ici d'un schéma de détail extrait d'une étude de Lynn Sykes du Lamont portant sur la dorsale Nord-Atlantique. De l'étude exacte reportée en haut, on peut déduire deux informations importantes schématisées en bas. La majorité des tremblements de terre sont localisés soit sur les dorsales soit sur la partie de failles transformantes comprise entre deux dorsales. Les mécanismes au foyer montrent que lorsque le séisme est situé sur la dorsale il est extensif, lorsqu'il est sur la faille transformante, il est cisailant. Rappelons que tous ces tremblements de terre sont superficiels (d'après la figure originale de Lynn Sykes).



— Distribution des volcans actifs au Japon. Les lignes en traits pleins représentent la trace de l'enfoncement du plan de Benioff-Wadati à diverses profondeurs (courbes de niveau). On notera vers le sud une complication du fait de la présence d'un second plan de Benioff-Wadati.





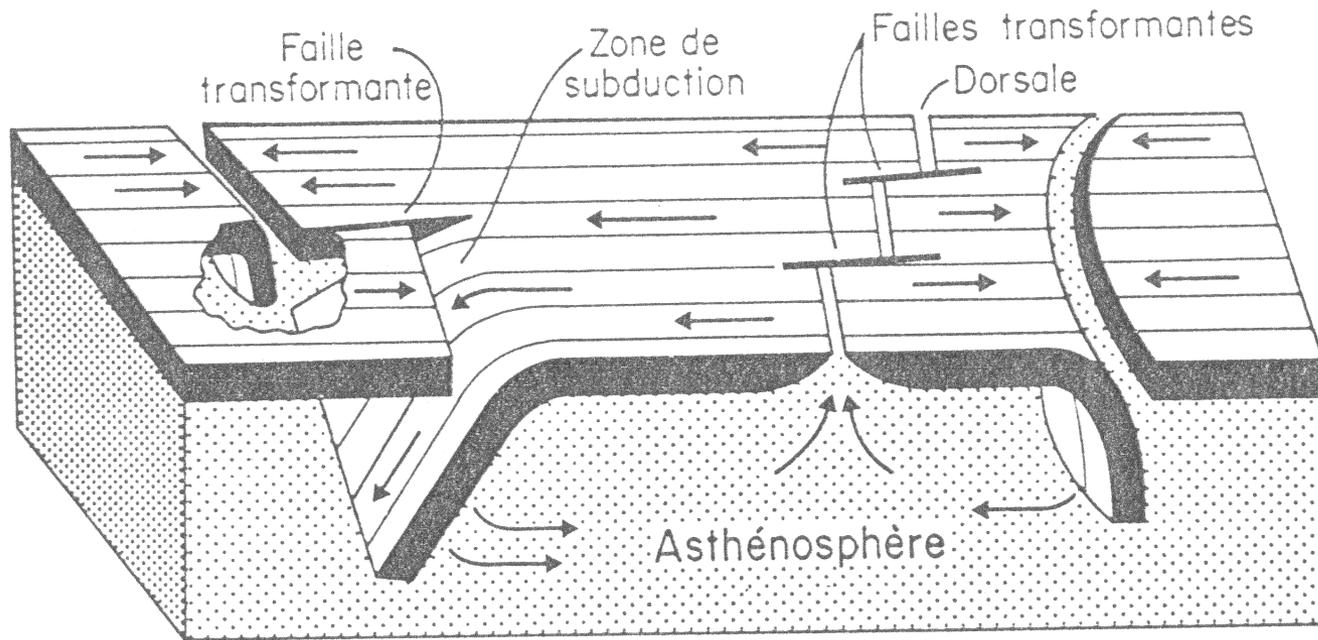
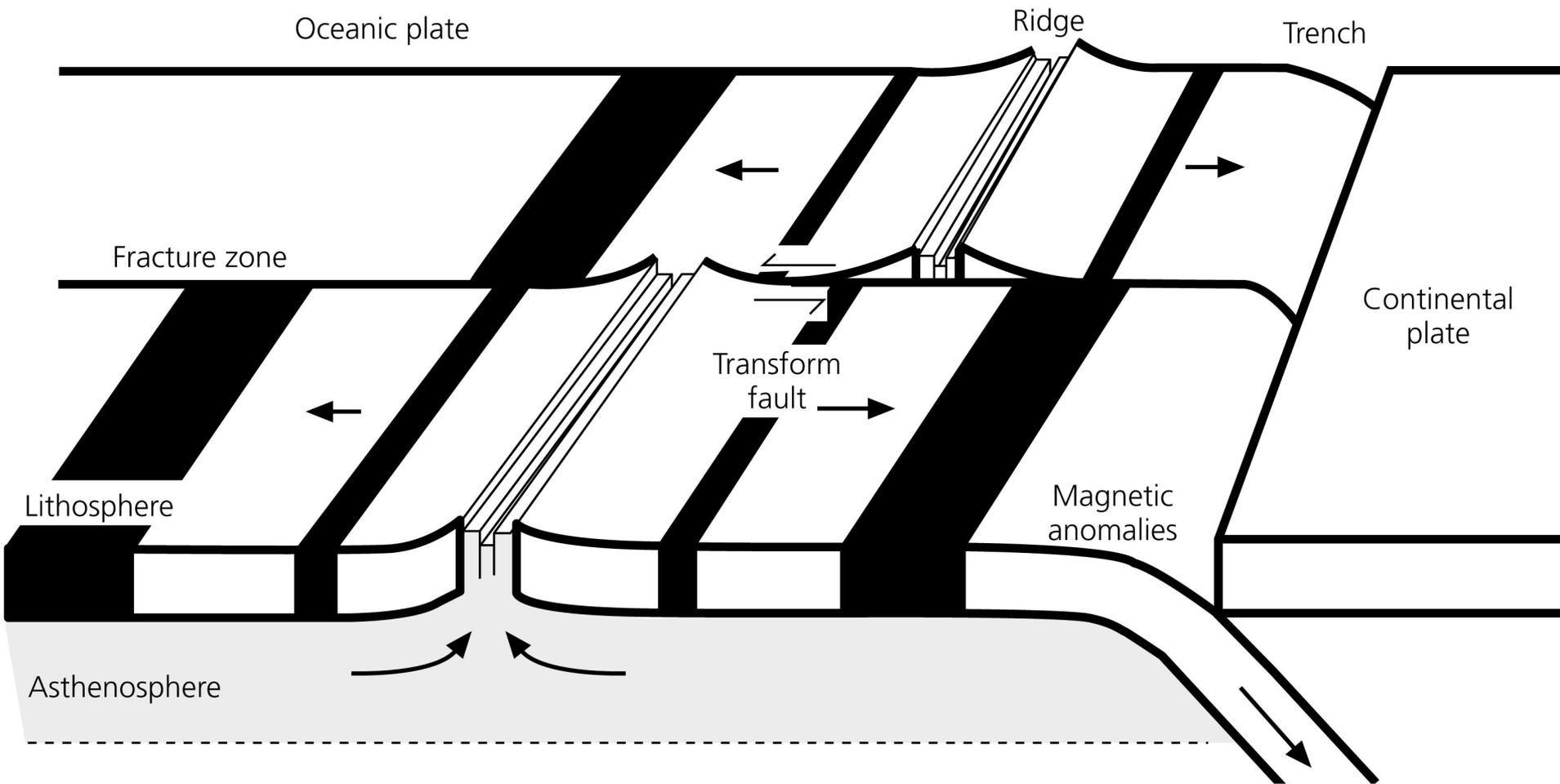
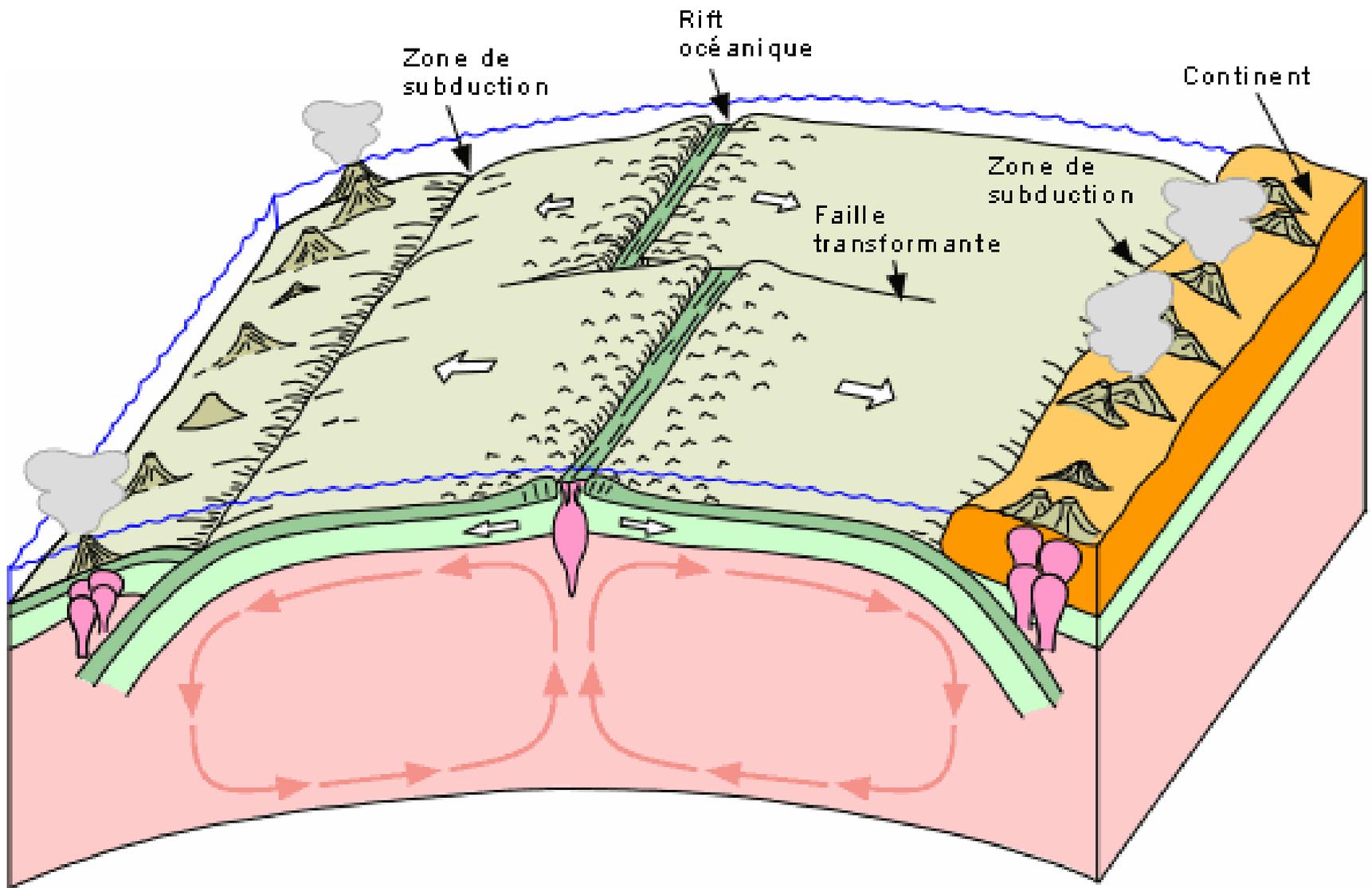


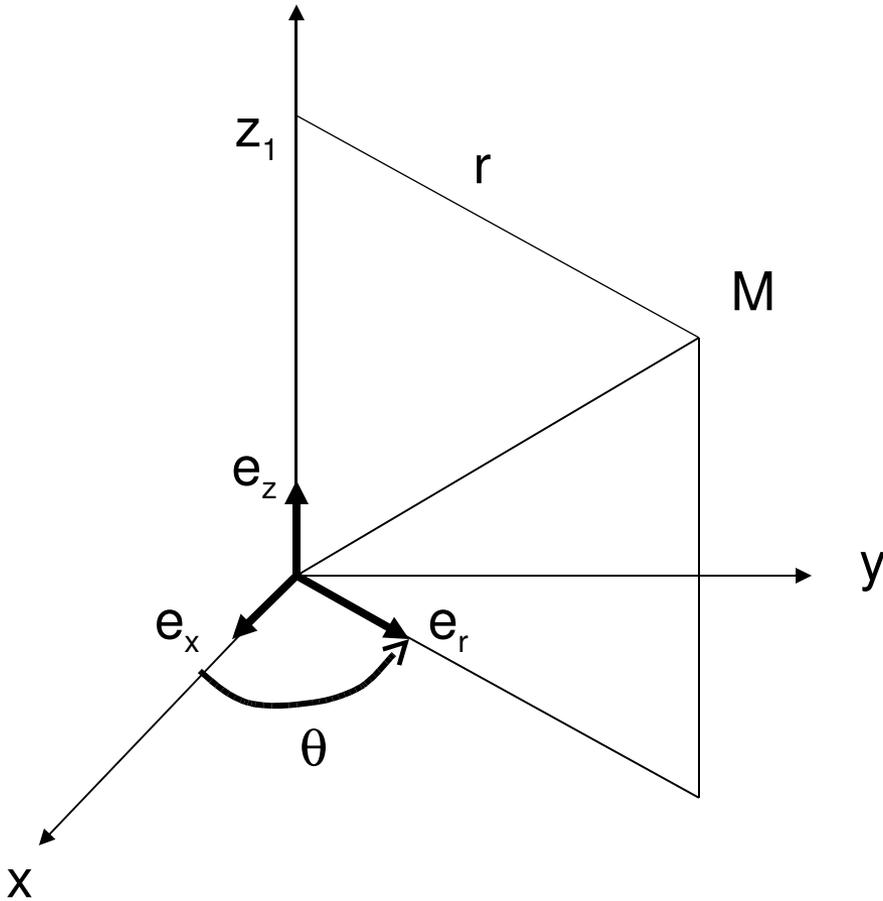
FIG. 19. — Le bloc diagramme ci-dessus est extrait de l'article original Isaacs-Oliver-Sykes et représente en relief une série de situations types de la mécanique plaquiste. Les plaques lithosphériques de 70 km d'épaisseur sont créées au niveau des dorsales, glissent sur l'asthénosphère et s'enfoncent dans l'asthénosphère au niveau des zones de subduction.





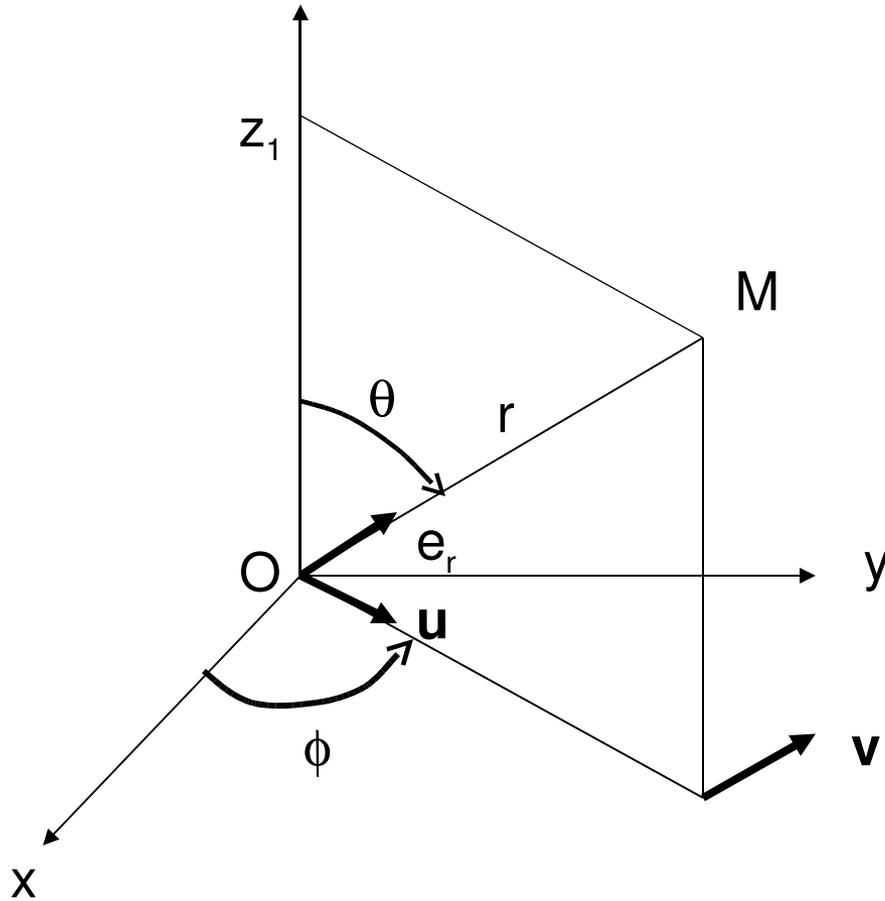
Cinématique des Plaques

Coordonnées polaires



$$M \begin{cases} x = r \cos \Theta \\ y = r \sin \Theta \\ z = z_1 \end{cases}$$

Coordonnées sphériques



$$M \begin{cases} x = r \sin \theta \cos \phi \\ y = r \sin \theta \sin \phi \\ z = r \cos \theta \end{cases}$$