

CAPES BLANC N°1 2010/2011
Master EFSVT Paris 7 - Paris 12
Composition sur un sujet de géologie

Durée : 5 heures

Connaître et comprendre la Terre profonde

Remarques importantes:

1- Le sujet est organisé en six parties indépendantes et une dernière partie de synthèse et comprend 11 documents dont 1 (document 3) est à rendre avec la copie.

2- Seront prises en compte dans la notation : la clarté de la présentation, la précision et la rigueur de l'analyse des documents, les illustrations personnelles, la rigueur des raisonnements et la concision des réponses aux questions.

3- Certains des documents pourront être joints à la copie si le candidat considère que des annotations en surcharge constituent des éléments appréciables de réponse aux questions. Il devra alors les coller sur la copie.

4- Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les initiatives qu'il est amené à prendre de ce fait.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Partie 1 :

La forme de la Terre

1a) Donnez rapidement deux arguments en faveur d'une Terre sphérique et non plate.

1b) Au XVIII^e siècle, lors d'expéditions au Pérou et en Laponie, des explorateurs mesurent la pesanteur, et en déduisent que la Terre est aplatie aux pôles par rapport à l'équateur. Comment appelle-t-on cette forme? Rappeler la formule du vecteur pesanteur \vec{g} , puis déterminez laquelle des deux pesanteurs obtenues en Laponie et au Pérou était la plus élevée.

Le document 1a présente la carte du géoïde à courtes longueurs d'onde sur l'Océan Pacifique.

1c) Qu'est-ce que le géoïde? Comment les courtes longueurs d'ondes du géoïde sont-elles mesurées sur les océans? (un schéma est attendu)

1d) A quoi est corrélé le géoïde à courtes longueurs d'onde?

1e) Quels sont les contextes géodynamiques notés 1 et 2 sur le document 1? Commentez et proposez une explication pour le géoïde à courtes longueurs d'ondes à leurs niveaux.

Le document 1b présente la carte mondiale du géoïde à grandes longueurs d'ondes.

1f) Comment le géoïde est-il calculé sur les continents?

1g) Comment peut-on interpréter les variations du géoïde à grandes longueurs d'onde?

Partie 2 :

La chimie de la Terre

Parmi les différents types de météorites, les chondrites sont considérées comme représentative de la composition chimique des planètes telluriques. Le document 2 présente les compositions massiques d'une chondrite moyenne et du manteau terrestre.

2a) Quelles sont les planètes telluriques du système solaire?

2b) Après avoir légendé et titré le document 3 expliquez l'origine de ce type d'échantillon.

On cherche à estimer la quantité de fer du noyau terrestre, et pour cela on considère que la Terre est formée uniquement d'un manteau et d'un noyau.

2c) Ecrivez le bilan de masse du fer dans la Terre en utilisant les variables:

- C_N et M_N , respectivement concentration massique en fer dans le noyau et masse du noyau,
- C_M et M_M , concentration massique en fer dans le manteau et masse du manteau terrestre,
- C_T et M_T , concentration massique en fer de la Terre globale et masse de la Terre.

2d) En considérant que les chondrites sont représentatives de la Terre globale, sachant que la masse du manteau est environ $2/3$ de celle de la Terre, estimez le paramètre C_N à l'aide du document 2.

Le document 4 présente les photographies de deux météorites.

2e) Rappelez le nom de ces deux météorites.

2f) Expliquez en quoi l'étude de ces deux météorites nous renseigne sur la différenciation de la Terre (on attend notamment une explication sur le lien génétique entre les corps parents des météorites et la Terre).

Partie 3 :

Les enveloppes de la Terre

Le développement de la sismologie au cours du XX^e siècle a permis la visualisation de plus en plus précise de la structure interne de notre planète.

3a) Illustrez le principe de la sismique-réfraction dans un milieu à deux couches. Le trajet des ondes est assimilé à une droite. Votre réponse comprendra entre autres une courbe hodochrone (temps d'arrivée = fonction (distance à la source)) de l'onde directe et l'onde réfractée.

Gutenberg découvre en 1914 l'existence d'une « zone d'ombre » dans les arrivées des ondes P après un séisme: aucune onde P n'arrive aux sismomètres situés entre 103 et 143° de distance angulaire de l'épicentre.

3b) Réalisez un schéma permettant d'expliquer cette zone d'ombre.

Le document 5 présente l'évolution des vitesses des ondes S et P avec la profondeur dans la Terre, ainsi que l'évolution de la densité déduite de ces vitesses.

3c) Après avoir rappelé les modes de propagation des ondes S et des ondes P, vous analyserez le document 5 pour en tirer des informations sur les dimensions et la nature physique des principales enveloppes terrestres.

Le document 6 présente le diagramme de phase de l'olivine et l'évolution de la densité dans le manteau (zoom du document 5).

3d) Comment le diagramme de phase de l'olivine a-t-il été construit? Réalisez un schéma fonctionnel du dispositif utilisé.

3e) Quelles informations sur la minéralogie du manteau donne la comparaison des documents 5 et 6?

Le document 7 présente un diagramme construit à partir des expériences balistiques de Francis Birch.

3f) Utilisez les documents 5 et 7 pour proposer une composition chimique du noyau.

Partie 4 :

Les hétérogénéités de la Terre

interne

Le document 8 présente les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mesurés dans différents basaltes.

4a) Rappelez la réaction de désintégration à l'origine du ^{87}Sr . Quel est le comportement de l'élément père du ^{87}Sr lors d'une fusion de roche?

4b) De quel processus est issu un basalte? Expliquez rapidement pourquoi le rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mesuré sur un basalte est représentatif du rapport de sa source mantellique.

4c) De quelle(s) partie(s) du manteau la source des basaltes de points chauds est-elle représentative? Quelle partie du manteau constitue la source des basaltes de dorsale? Comment le sait-on?

4d) Quelle hétérogénéité chimique du manteau terrestre peut-on déduire de l'analyse du document 8?

Le document 9 présente des profils de tomographie sismique à travers différentes régions du globe.

4e) Rappelez le principe de la tomographie sismique à l'aide d'un schéma illustré. Comment peut-on interpréter une anomalie de vitesse ?

4f) Proposez une explication des structures à anomalies de vitesses positives observées sur le document 9.

Partie 5 :

Bilan de chaleur

Le document 10 représente la carte mondiale du flux de chaleur dégagé par la Terre.

5a) Comment cette carte a-t-elle été construite? Vous rappellerez notamment l'expression du flux de chaleur en fonction du gradient géothermique de surface.

5b) Commentez rapidement la répartition du flux de chaleur à la surface de la Terre.

La chaleur perdue par la Terre est évaluée par l'intégration de la carte du flux de chaleur à laquelle on ajoute la chaleur perdue ponctuellement (volcans, séismes). Au total, on estime que la Terre perd environ $42 \cdot 10^{12}$ Watts.

5c) Quels sont les phénomènes produisant de la chaleur dans la Terre? La production de chaleur est-elle supérieure ou inférieure aux pertes? Quelle observation vient confirmer ce bilan thermique?

5d) Citez deux modes de transfert thermique. En argumentant votre réponse, précisez la localisation de chaque mode dans les différentes enveloppes terrestres.

Partie 6 :

Dynamique de la Terre profonde

6a) Rappelez brièvement (une demi-page maximum) les arguments en faveur du mouvement des plaques lithosphériques.

Le document 11 présente la localisation de sites de forages dans la chaîne sous-marine des monts Empereur et les paléolatitudes des échantillons prélevés.

6b) Citez une chaîne d'îles volcaniques ou monts sous-marins créée par un autre point chaud.

6c) Le document 11a indique les âges des plusieurs monts sous-marins. Quelles méthodes connaissez-vous pour obtenir l'âge des roches magmatiques océaniques?

6d) Comment la latitude de mise en place des roches magmatiques des monts sous-marins (paléolatitude) présentée dans le document 11b a-t-elle été déterminée?

6e) D'après le document 11b, le point chaud actuellement situé sous Hawaii est-il fixe à l'échelle des temps géologiques?

6f) Illustrez la mise en place de la chaîne des monts sous-marins Empereurs en repérant la latitude sur vos schémas.

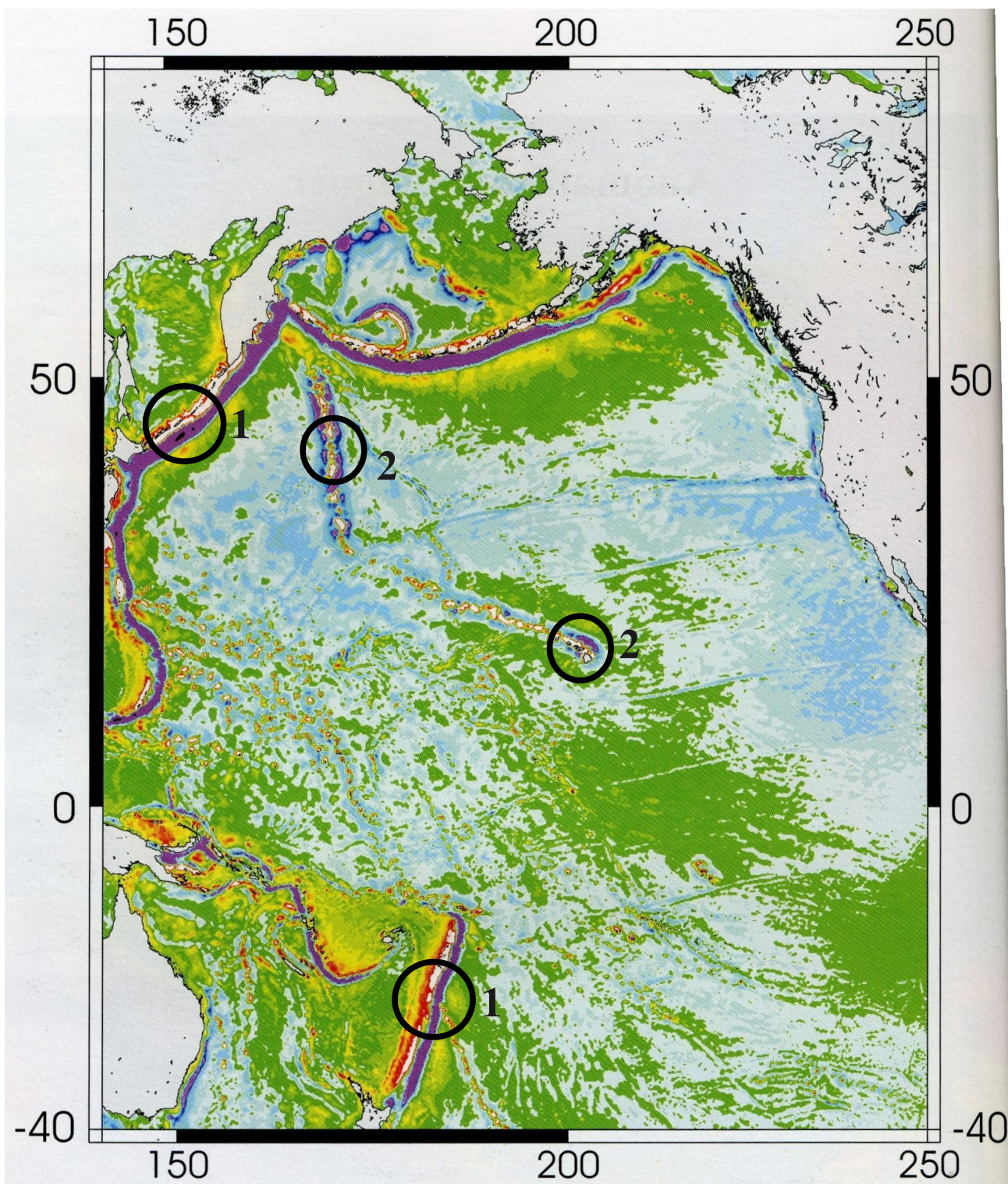
Partie 7 :

Synthèse et construction

d'un modèle de Terre interne

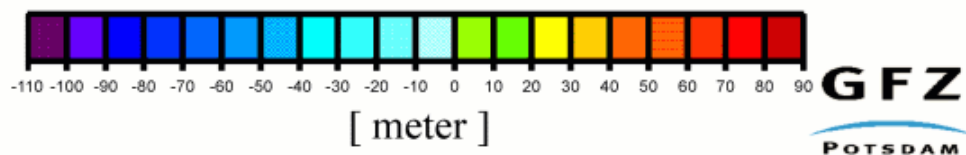
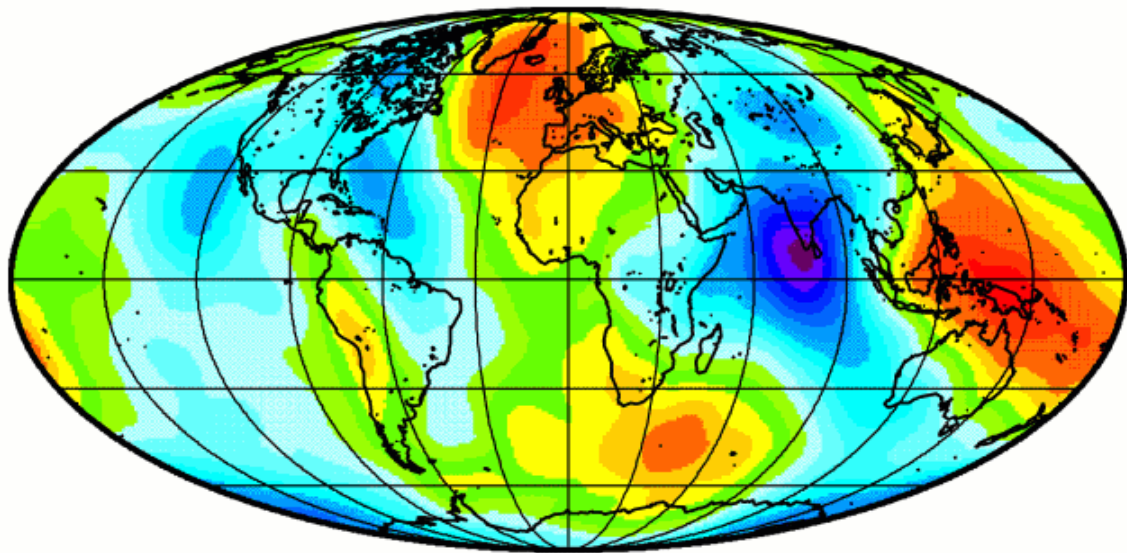
A partir de vos connaissances et des documents présentés, réalisez une synthèse (texte court) sur les outils et méthodes permettant la connaissance et la compréhension de la Terre profonde.

Vous réaliserez ensuite le schéma d'une coupe radiale de la Terre en y figurant le géotherme terrestre dont la construction sera argumentée.



Document 1a – Carte de la surface moyenne de la mer (géoïde) sur l'Océan Pacifique calculée à partir des satellites altimétriques ERS-1 et GEOSAT. Les longueurs d'ondes supérieures à 2000 km ont été retirées. L'échelle va de - 3 m (violet) à + 1 m (rouge foncé).

(Larroque et Virieux, *La Physique de la Terre Solide*, Gordon and Breach, 2001)



Document 1b – Carte du géoïde à grandes longueurs d'onde. L'échelle est en mètres.

(Document en ligne, Geo-Forschungs-Zentrum Potsdam)

	O	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Ni	K
Manteau terrestre	44.7	20.9	23.2	2.0	2.2	6.0	0.2	0.03
Chondrite	32.5	17.3	15.7	1.4	1.5	29.0	1.7	0.02

Document 2 – Compositions massiques élémentaires du manteau terrestre et d'une chondrite moyenne.

(d'après *SVT, 1ère S*, sous la direction de A. Duco , Editions Belin, 2001)

A rendre avec la copie

NOM:

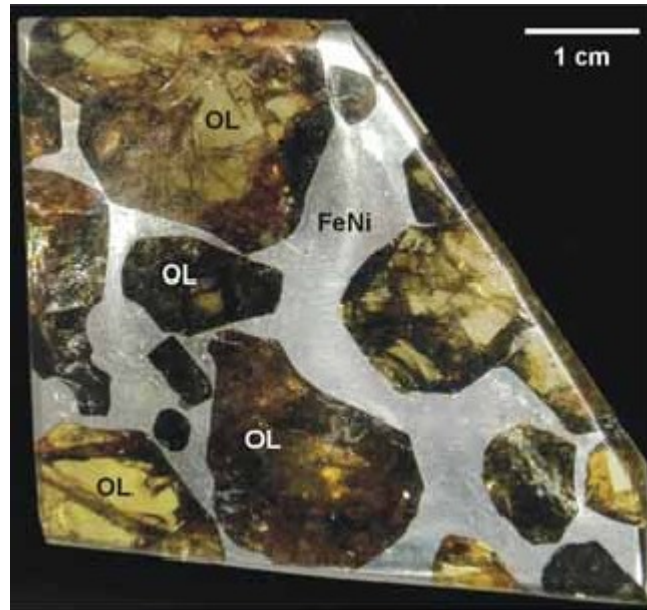
Prénom:



Document 3 – Légender et mettre un titre

Titre: _____

(Source personnelle)



(a)



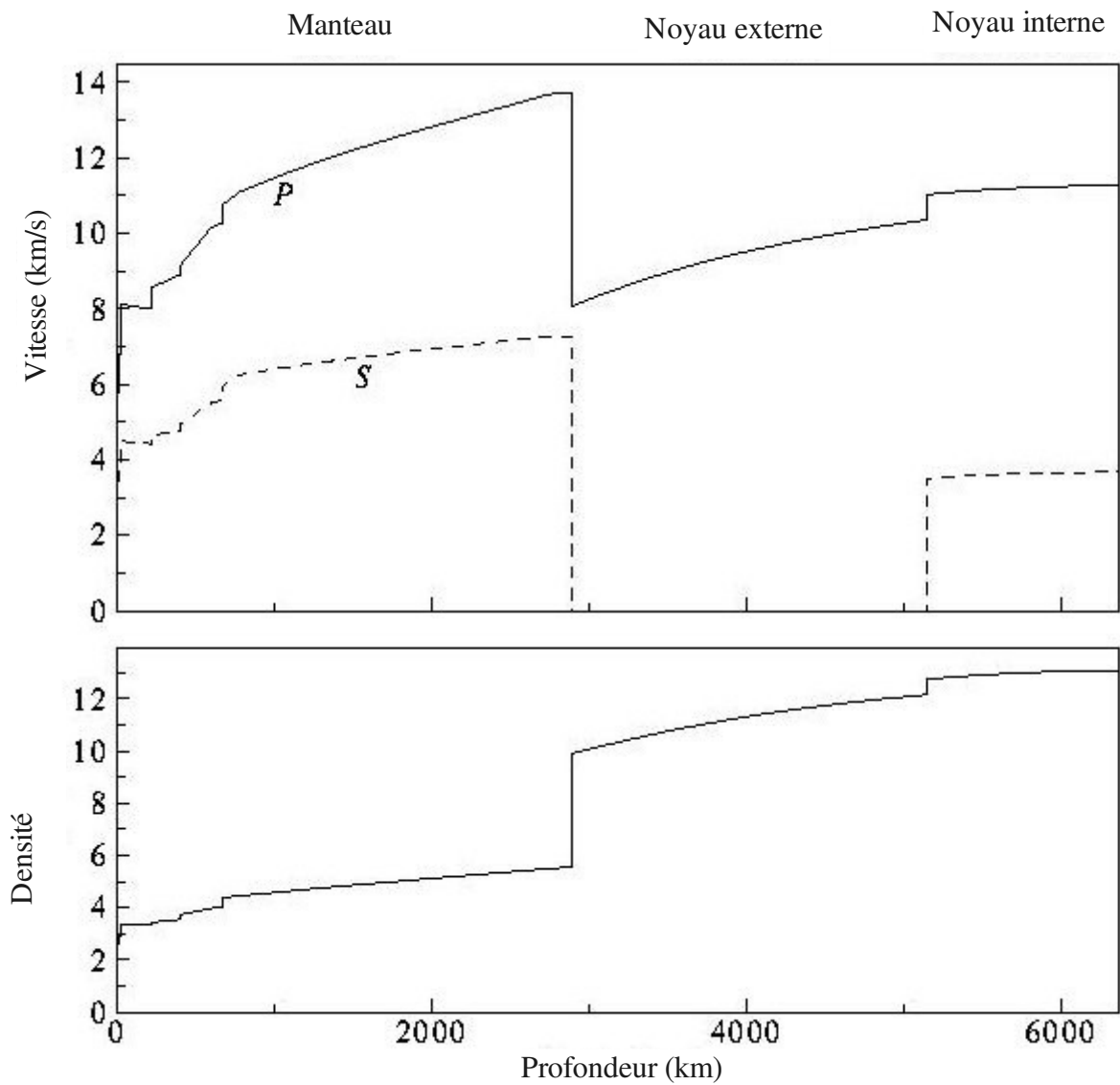
(b)

Document 4 – Photographies de météorites.

(a) Section polie d'une météorite de type 1. OL: olivine, FeNi: alliage fer/nickel métallique.

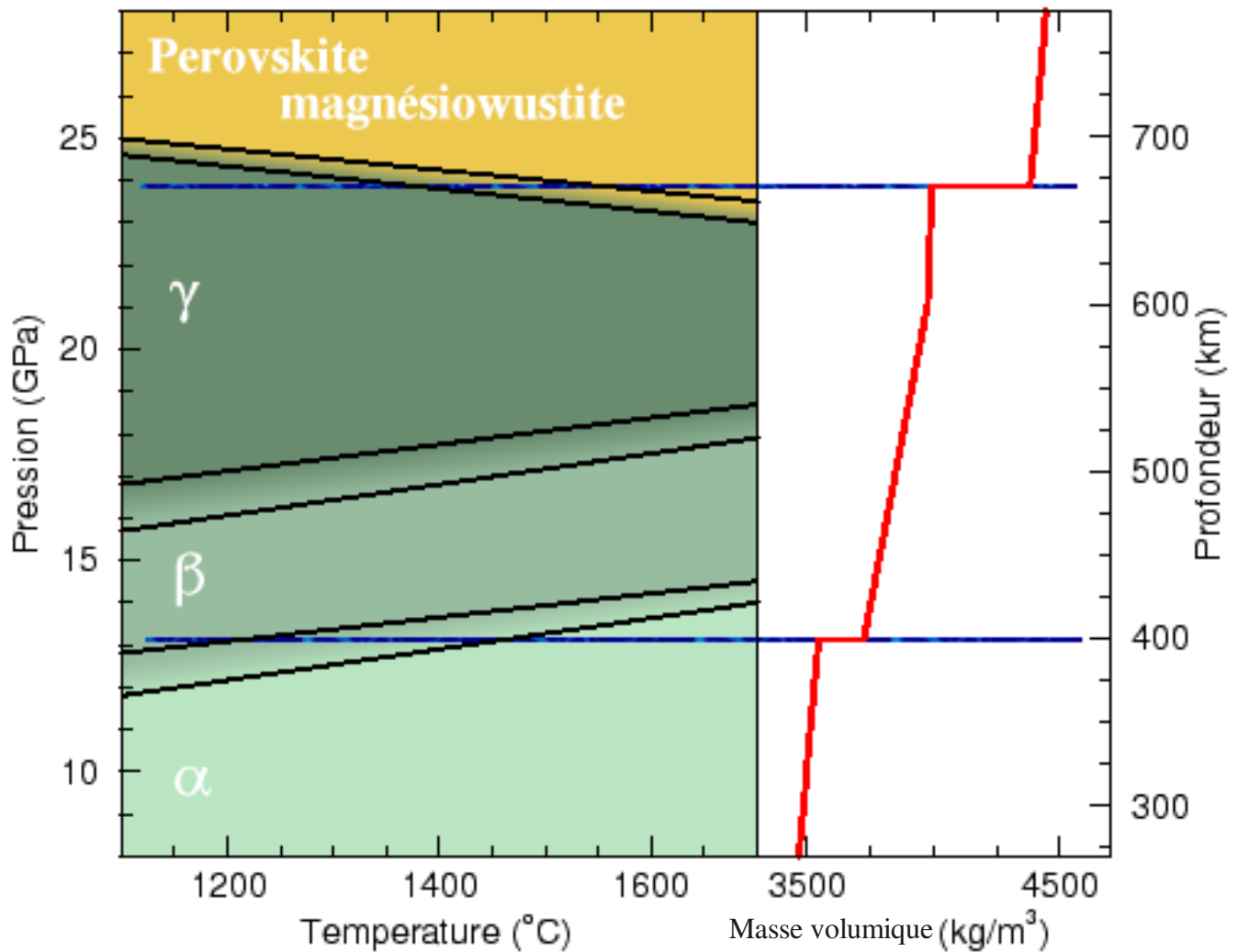
(b) Météorite de type 2 entièrement constituée d'un alliage fer/nickel métallique.

(Epreuve d'admissibilité en géologie au CAPES SVT, 2005)



Document 5 – Evolution de la vitesse des ondes S, de la vitesse des ondes P et de la densité dans la Terre.

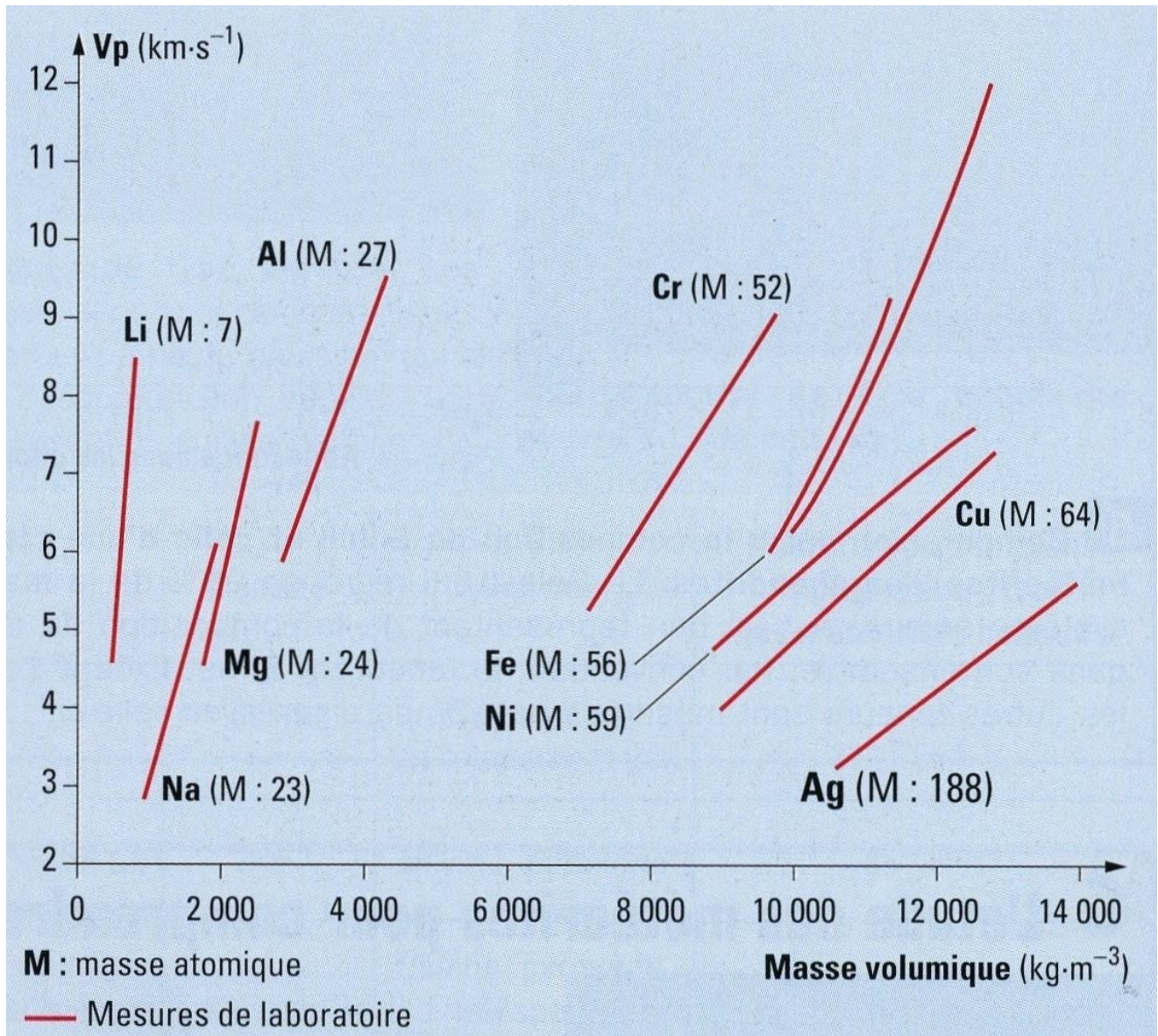
(<http://topex.ucsd.edu/es10/lectures/lecture11/>)



Document 6 – A gauche: diagramme des phases de l'olivine en fonction de la température et de la pression. A droite: évolution de la densité avec la profondeur dans la Terre (zoom du document 5 entre 300 et 700 kilomètres).

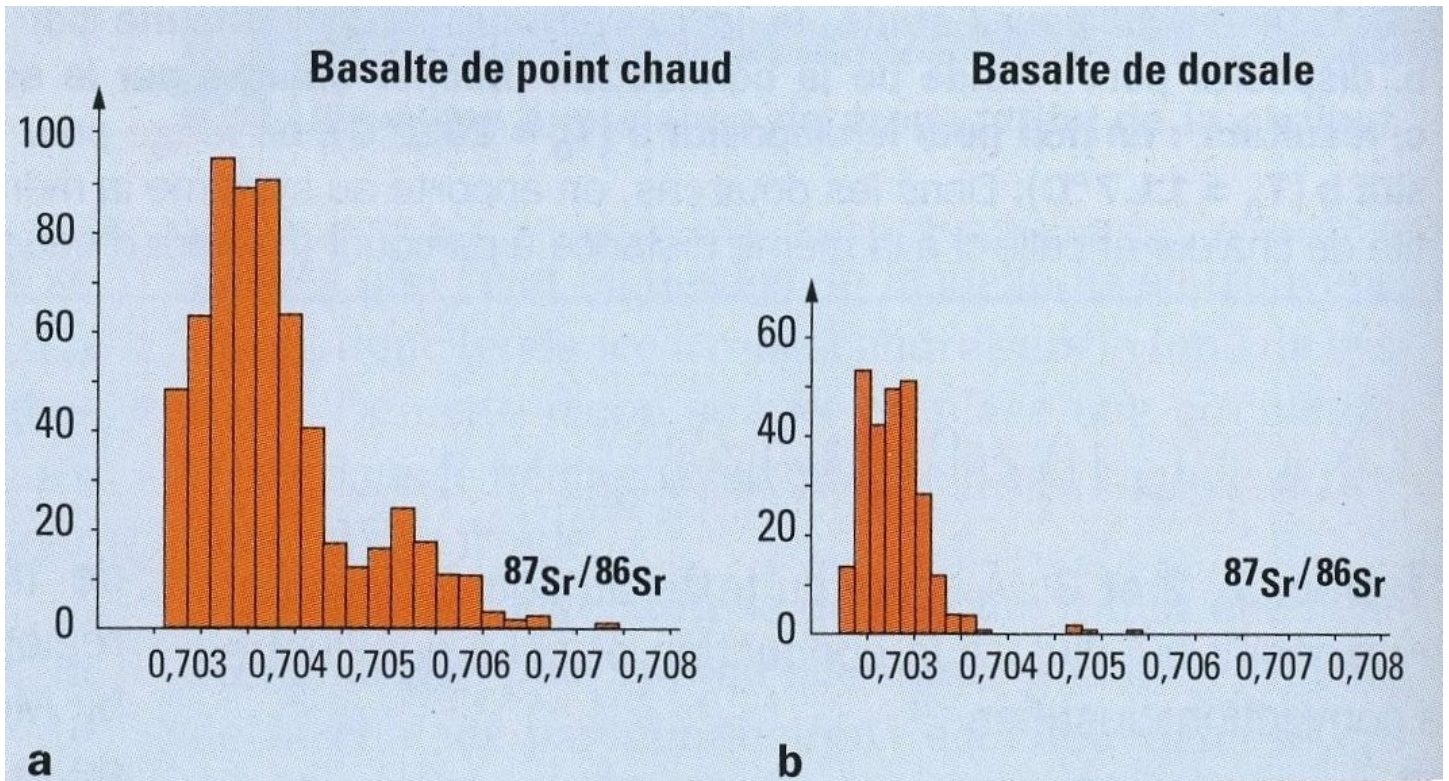
α : olivine α , β : olivine β , γ : olivine γ

(<http://merkel.zoneo.net/Olivine/>)



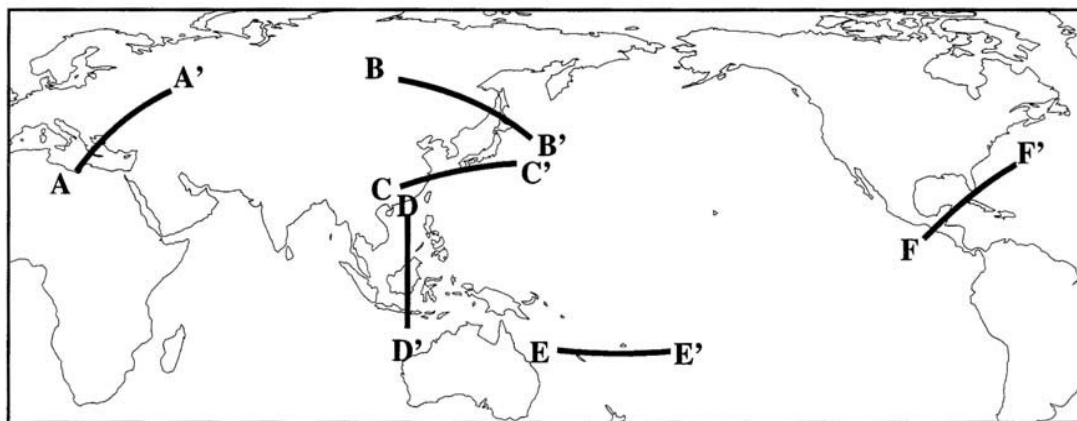
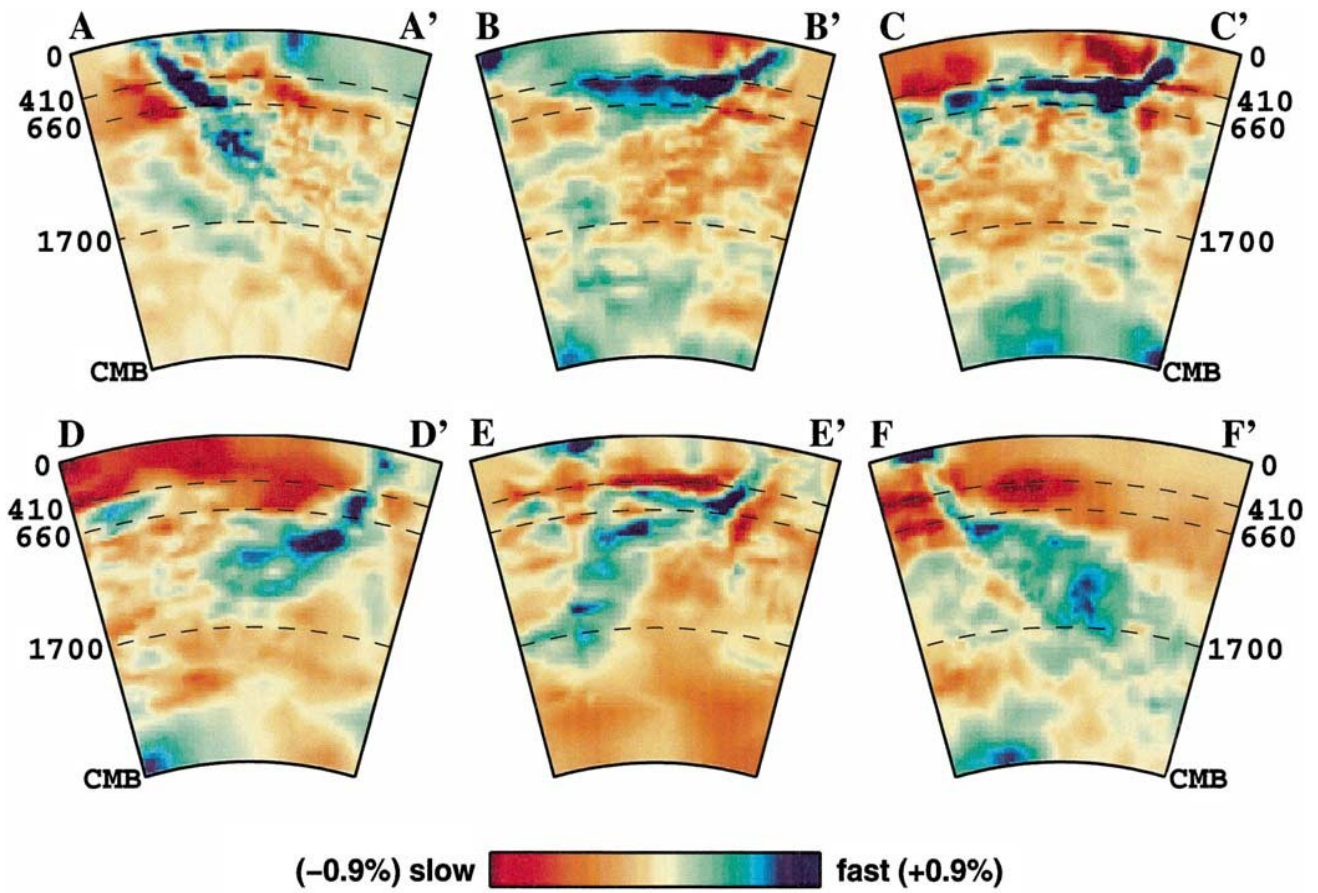
Document 7 – Relation empirique entre la masse volumique et la vitesse des ondes P dans différents matériaux.

(SVT, 1ère S, sous la direction de A. Duco , Editions Belin, 2001)



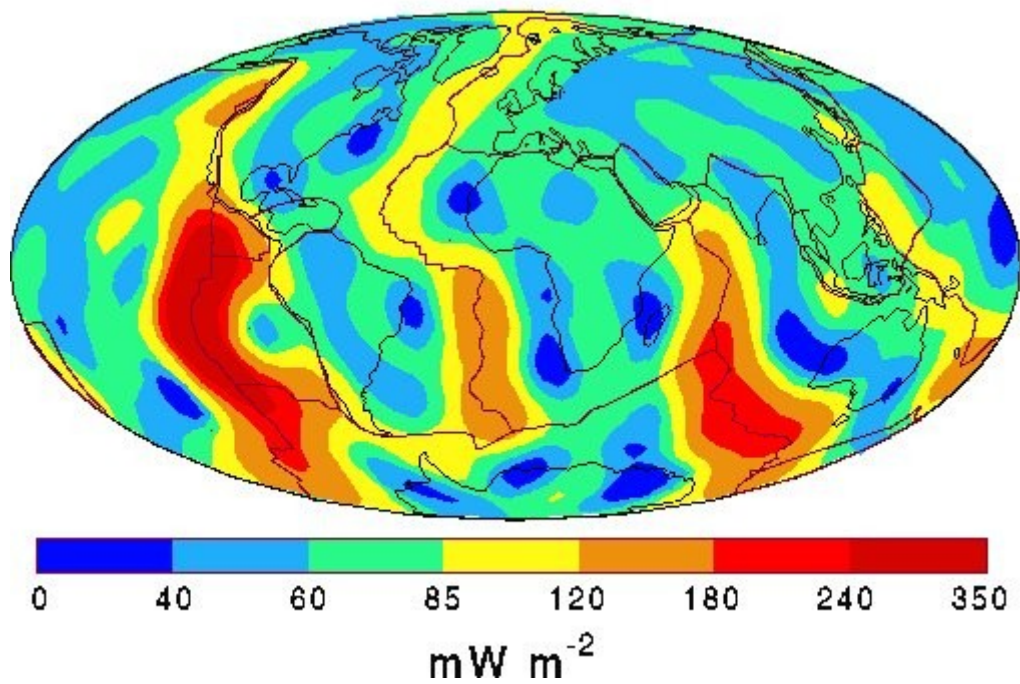
Document 8 – Histogramme de la composition isotopique en Strontium pour (a) les basaltes de point chaud (OIB) et (b) les basaltes de dorsale (MORB).

(SVT, 1ère S, sous la direction de A. Duco , Editions Belin, 2001)



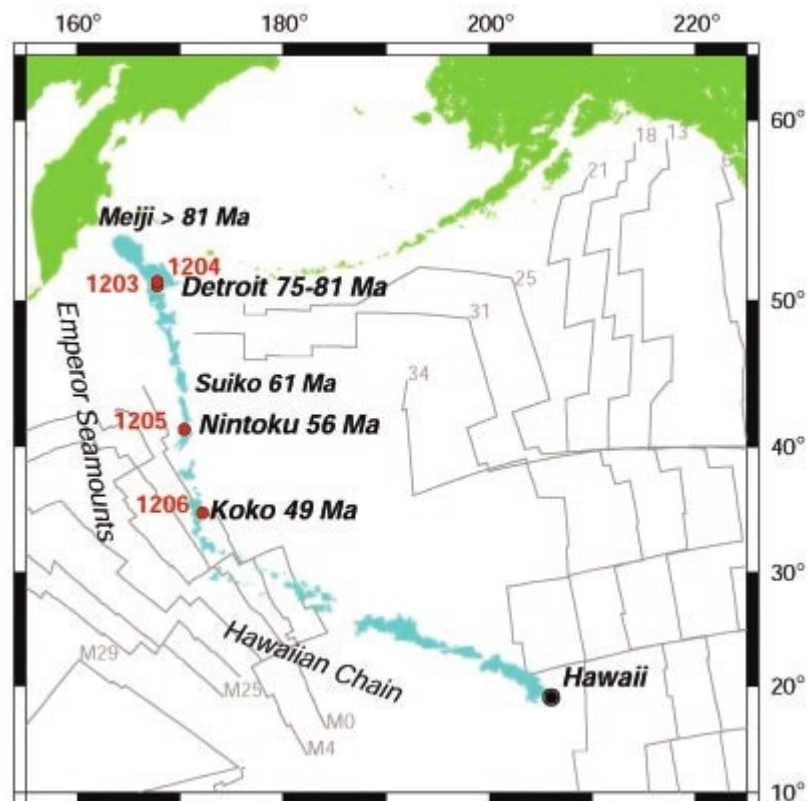
Document 9 – Profils de tomographie sismique et leurs localisations. Les anomalies de vitesse vont de -0.9% (*slow* = lent)) +0.9 % (*fast* = rapide).

(Karason and van der Hilst, Constraints on mantle convection from seismic tomography, *Geophysical monograph*, 2000)



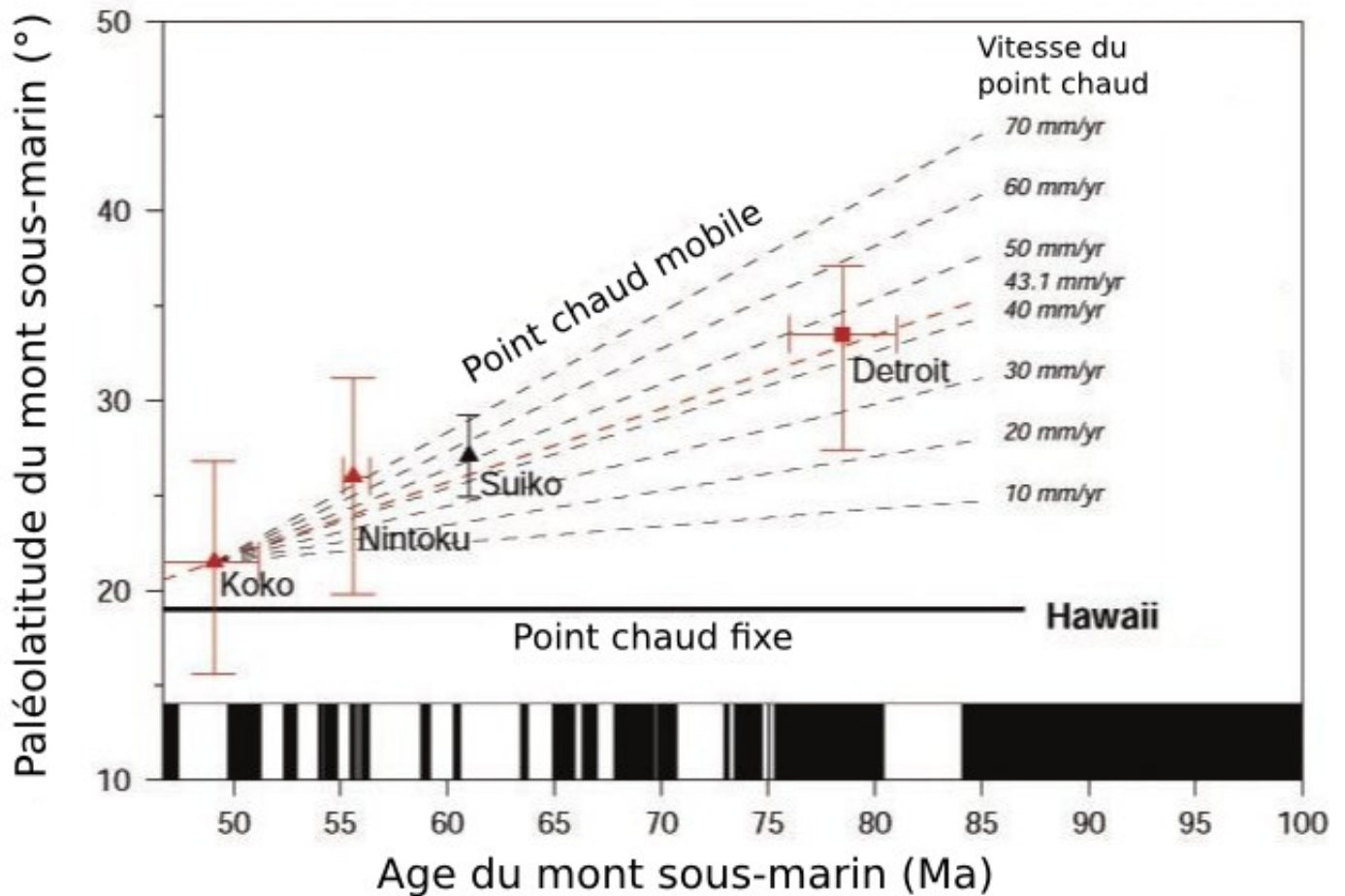
Document 10 –Carte du flux de chaleur en surface (harmoniques sphériques, degré 12: les unités de moins de 3000 km ne sont pas visibles).

(Département des Sciences de la Terre, Université du Michigan)



Document 11a – Localisation des volcans émergés ou sous-marins de la chaîne Hawaii-Empereur dans l'océan Pacifique. Koko, Suiko, Nintoku et Detroit sont des monts sous-marins. Les points rouges repèrent les sites de forages de l'étude.

(Tarduno et al., The Emperor Seamounts: Southward Motion of the Hawaiian Hotspot Plume in Earth's Mantle, *Science*, 2003)



Document 11b – Paléolatitude et âge des échantillons des monts sous-marins. Les lignes en pointillés représentent l'évolution de la paléolatitude avec le temps pour différentes vitesses du point chaud. La ligne pleine représente le cas du point chaud fixe.

mm/yr = millimetres per year = millimètres par an

(Tarduno et al., The Emperor Seamounts: Southward Motion of the Hawaiian Hotspot Plume in Earth's Mantle, *Science*, 2003)