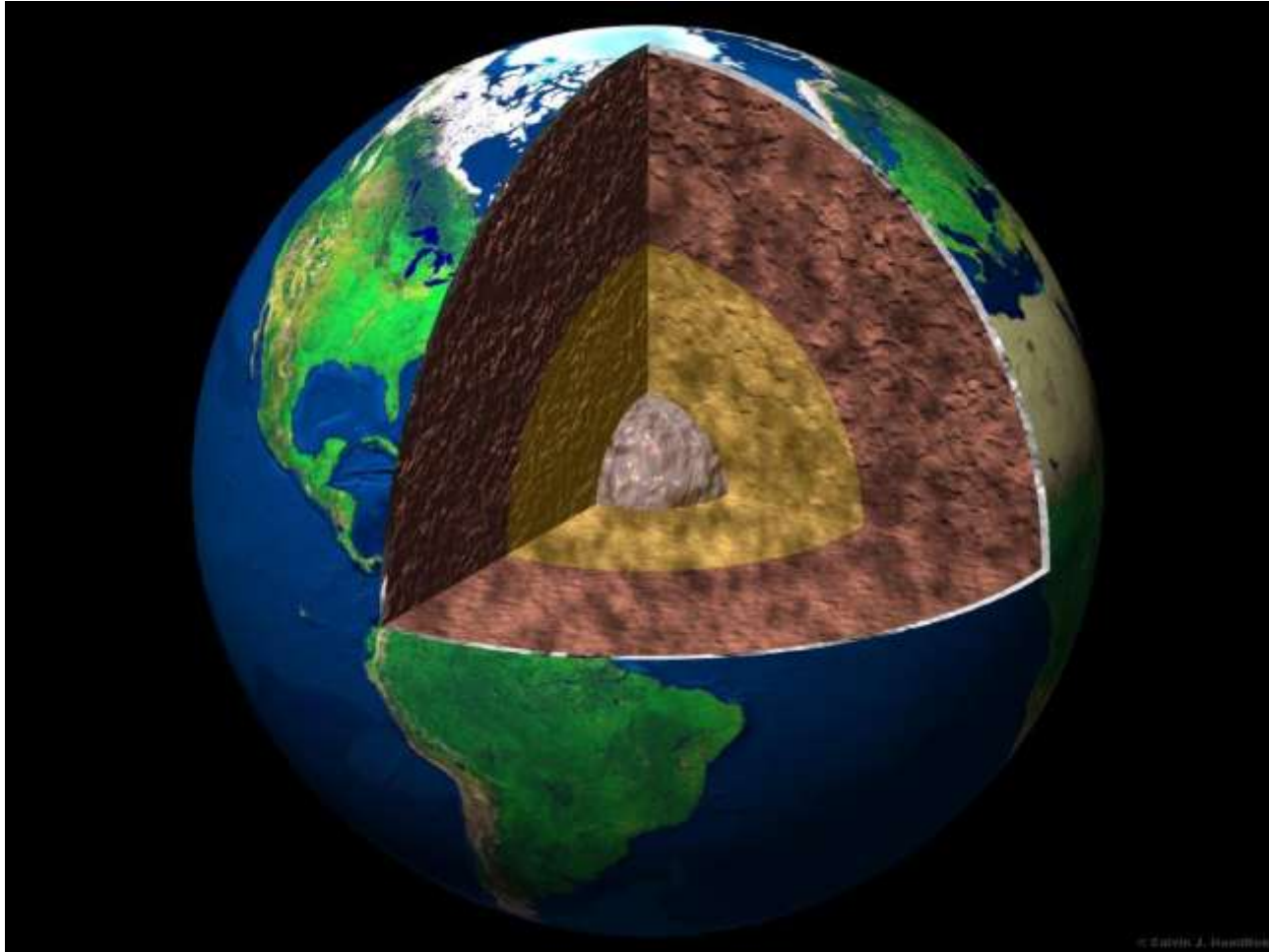
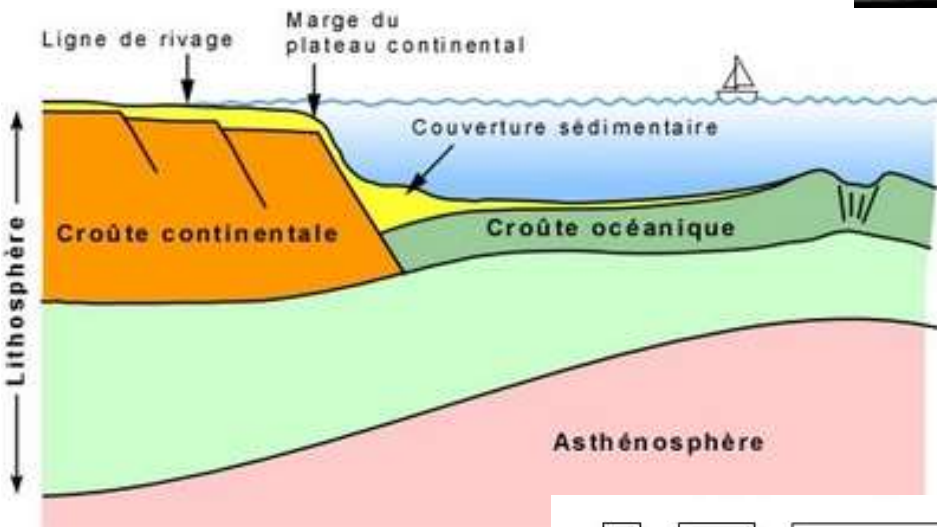
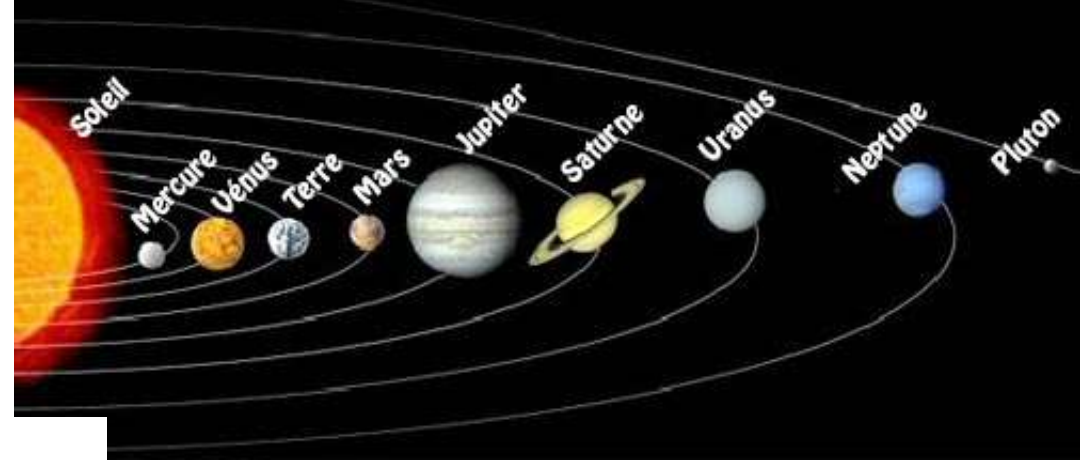


Sciences de la Terre

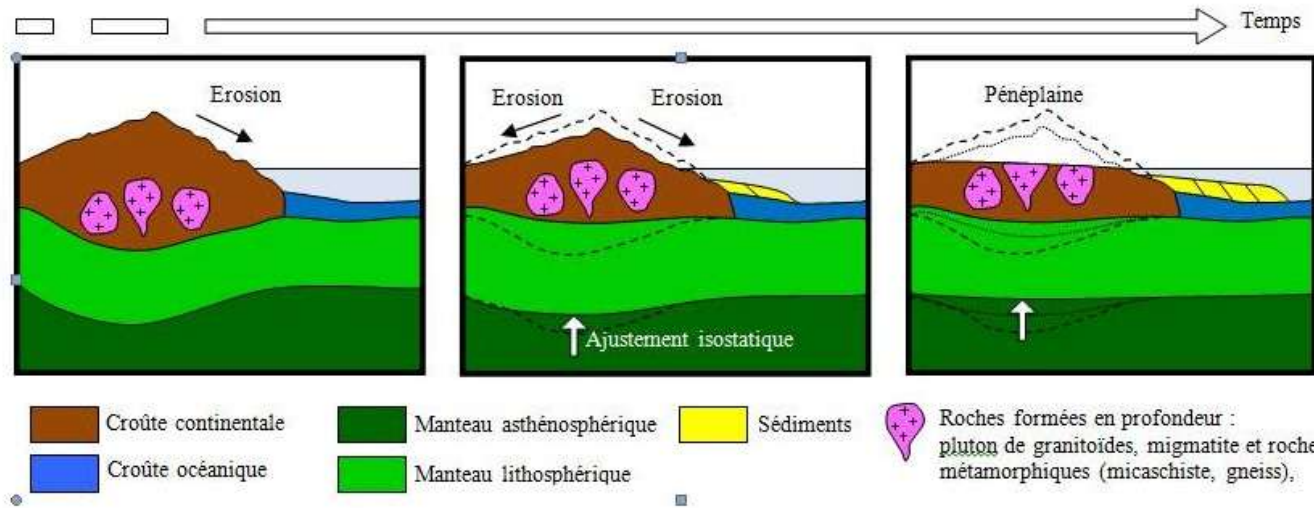
Partie I – La Terre, planète active



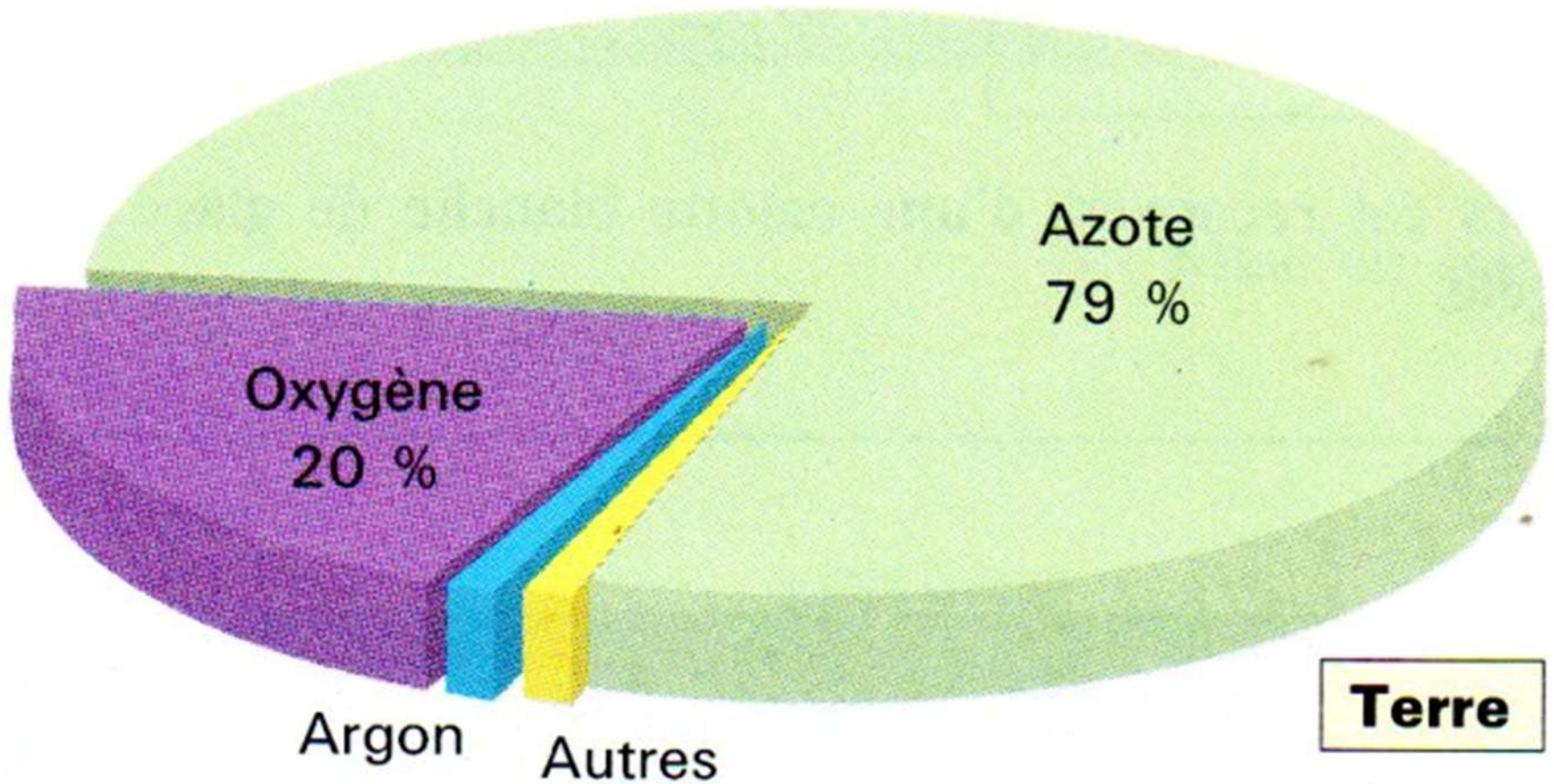
Chapitre I – A : Structure de la planète Terre



Quelques acquis du lycée....



Composition de l'atmosphère terrestre

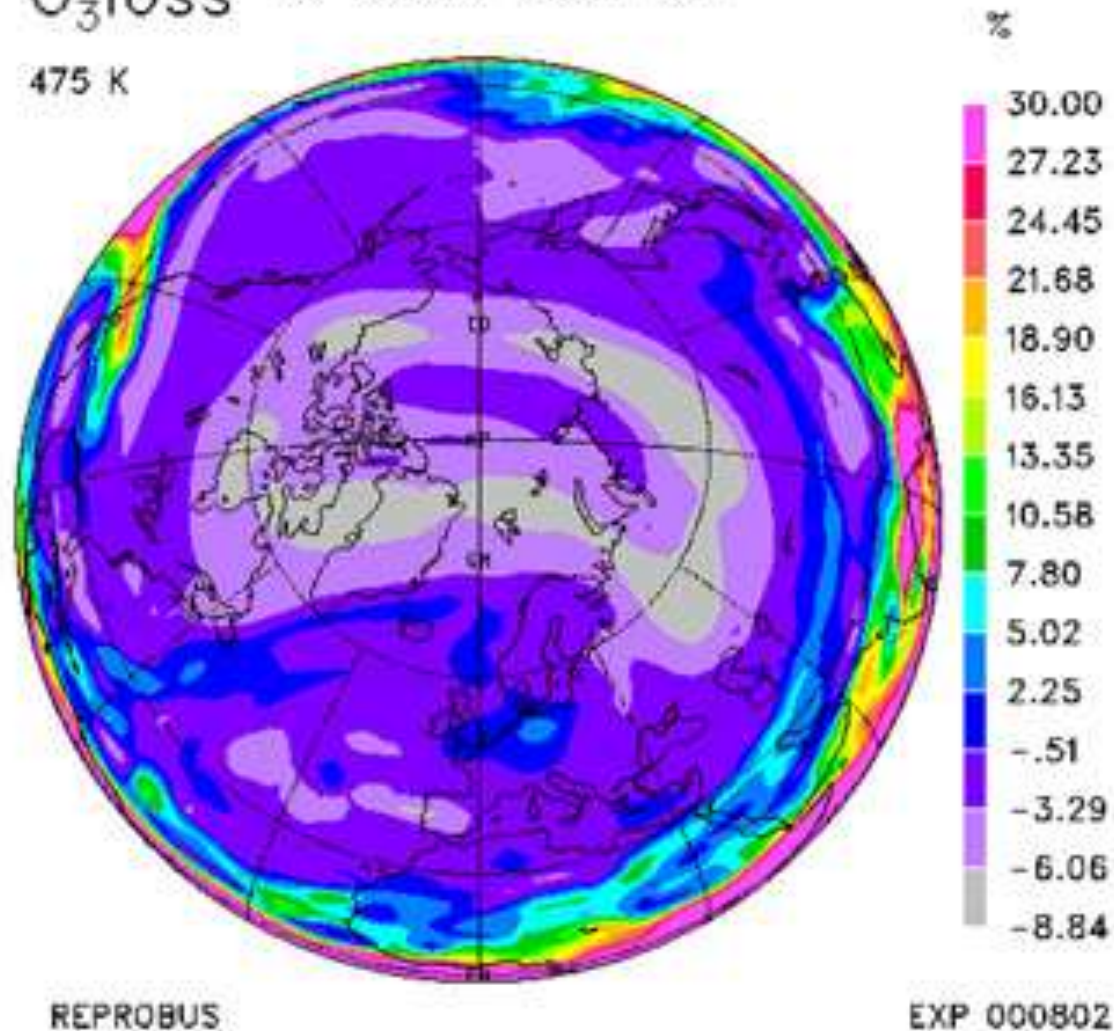


Document 1.
Composition
détaillée de
l'atmosphère
terrestre.

b Constituants dont la composition ne varie pas en fonction de l'altitude	
Gaz constituant l'air sec	Volume (en pourcentage)
Diazote (N ₂)	78,084
Dioxygène (O ₂)	20,948
Argon (A)	0,934
Dioxyde de carbone (CO ₂)	0,035
Néon (Ne)	1,8.10 ⁻³
Hélium (He)	5,24.10 ⁻⁴
Krypton (Kr)	1,14.10 ⁻⁴
Méthane (CH ₄)	2.10 ⁻⁴
Autres hydrocarbures	2.10 ⁻⁴
Constituants dont la composition varie...	
Gaz	Volume (en pourcentage)
Eau (H ₂ O)	0 à 7
Dioxyde de soufre (SO ₂)	0 à 10 ⁻⁴
Ozone (O ₃)	0 à 10 ⁻⁵

O₃loss 16 JANUARY 2000 12UT

475 K



REPROBUS

EXP 000802

Modèle photochimique à trois dimensions, simulant l'ozone de l'atmosphère et modélisant sa diminution dans la stratosphère arctique.

Le modèle a été réalisé le 16 janvier 2000 pendant la campagne Theseo/Solve.

Une atmosphère stratifiée

Stratification de la stratosphère observée le 22 juin 1996 depuis la navette spatiale lors du lever du Soleil.

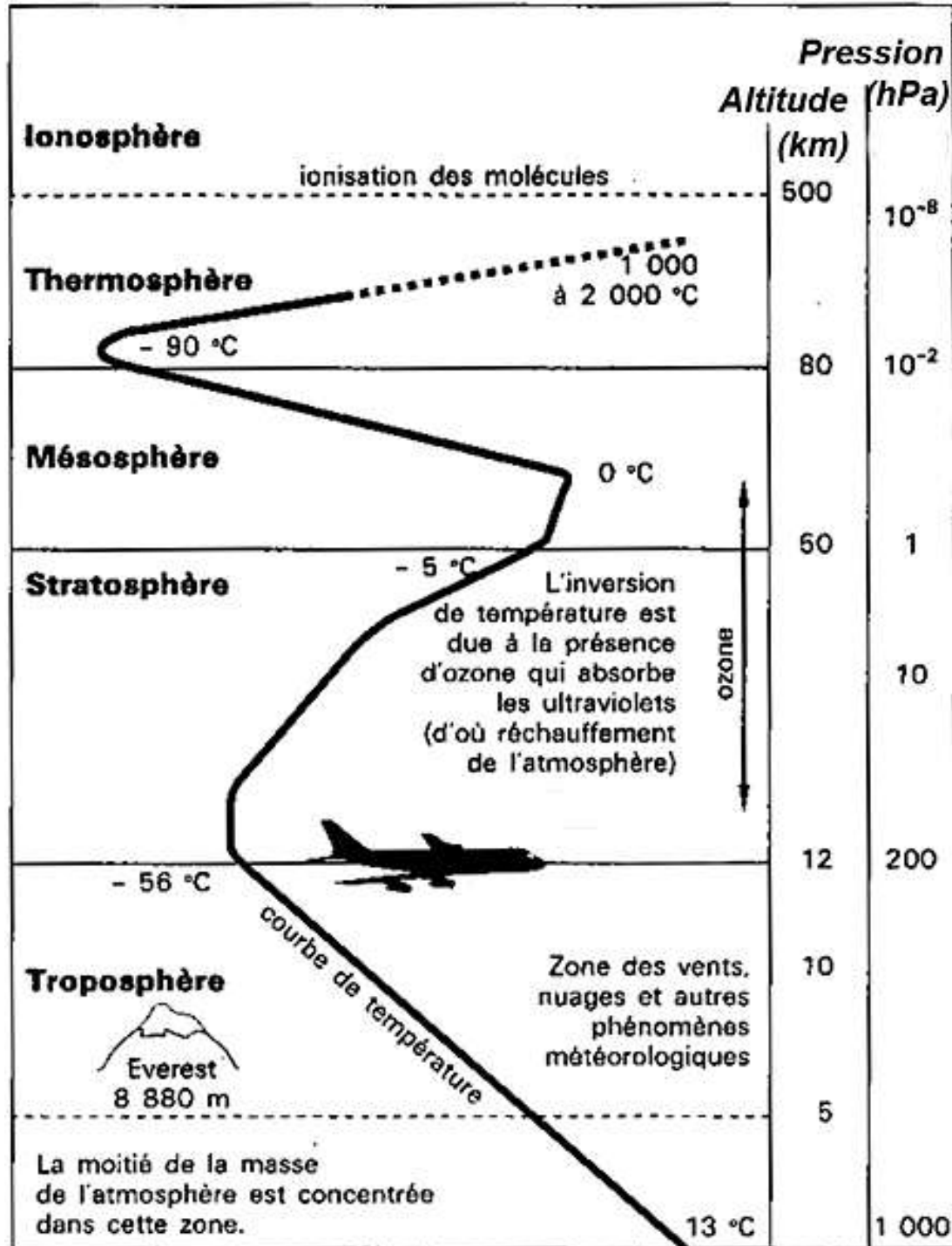


Le volcan Redoubt en éruption en Alaska le 21 avril 1990. Le dégagement de poussières et de gaz s'étend jusqu'à la tropopause mais, faute d'énergie suffisante, le nuage s'étale horizontalement et ne s'étend pas dans la stratosphère car cette région accuse une importante inversion de température, très peu d'humidité et pas de mouvements convectifs. La masse d'air est donc stratifiée et présente un caractère de stabilité quasi absolu.

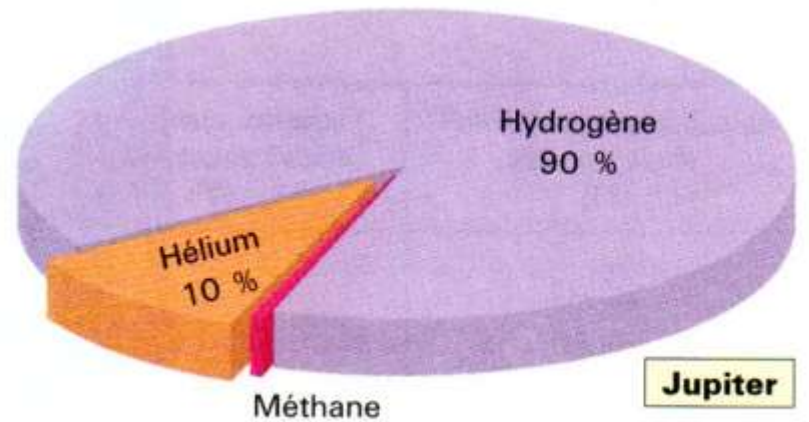
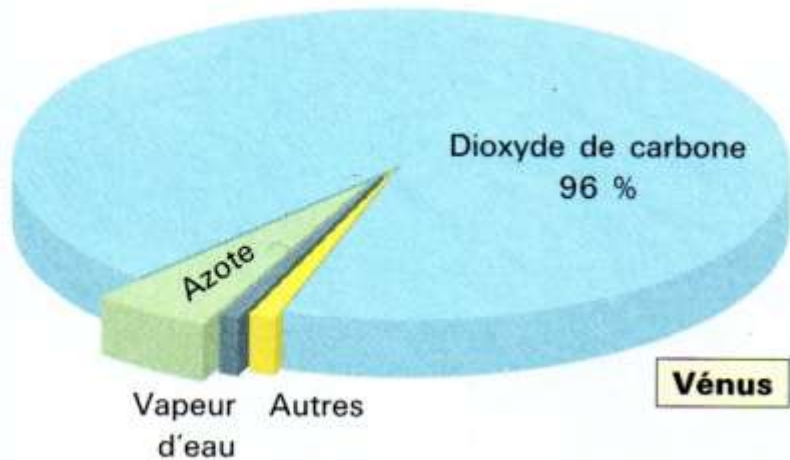
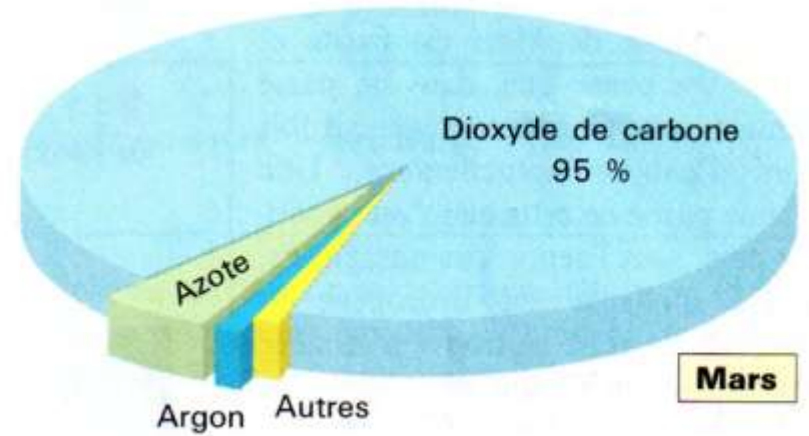
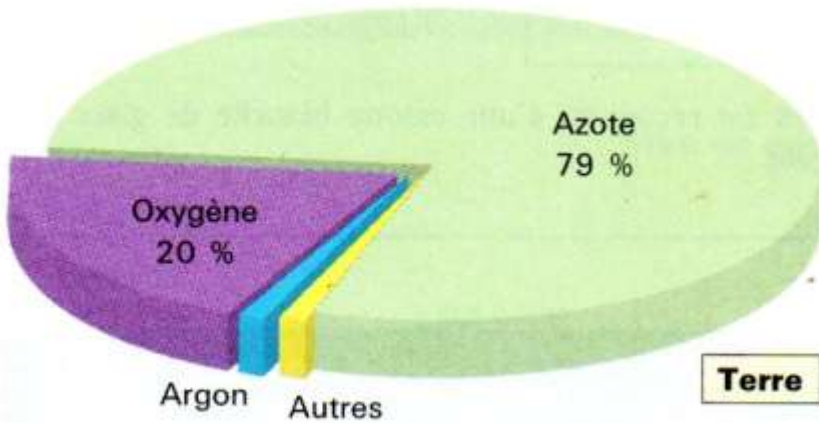


Document 2. Structure verticale de l'atmosphère (l'échelle des altitudes n'est pas respectée).

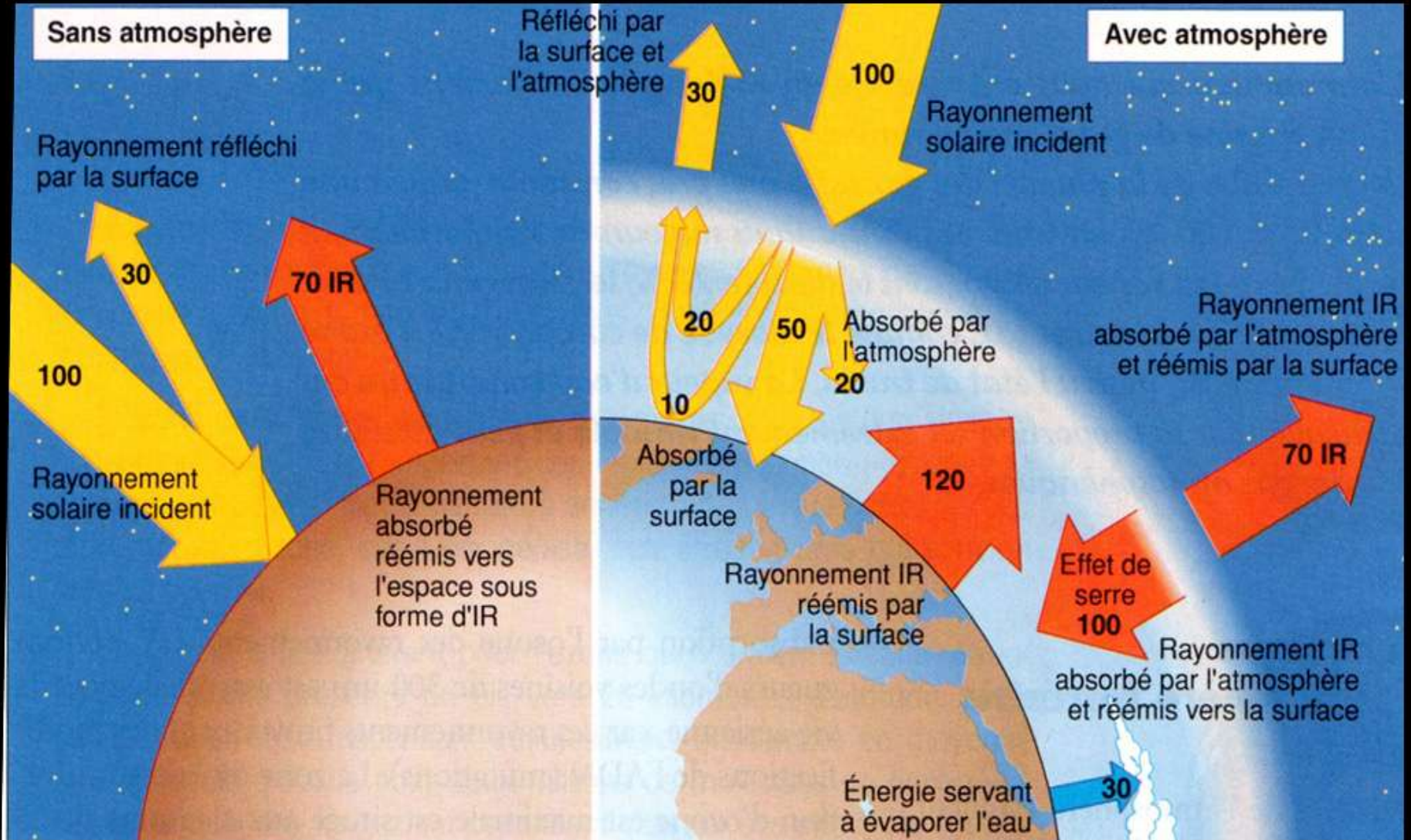
(Caron et coll. "Comprendre et enseigner la Planète Terre", Ophrys Ed.).



Document 3. Composition de l'atmosphère terrestre et d'autres planètes.

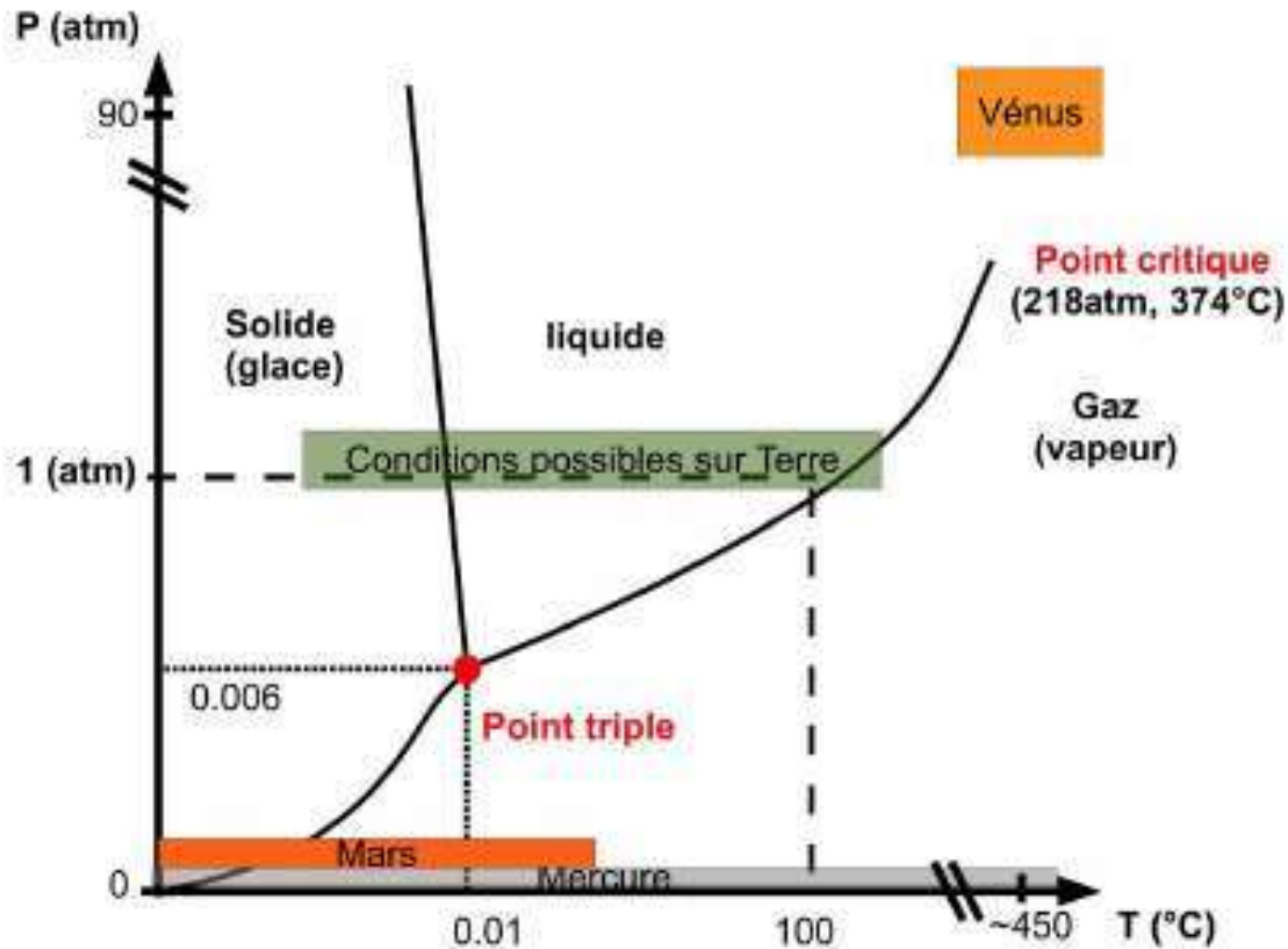


Atmosphère terrestre et effet de serre



T = -18°C

T = +14°C



Document 4. Diagramme de phase de l'eau avec les différentes conditions pression-température régnant sur les planètes telluriques.

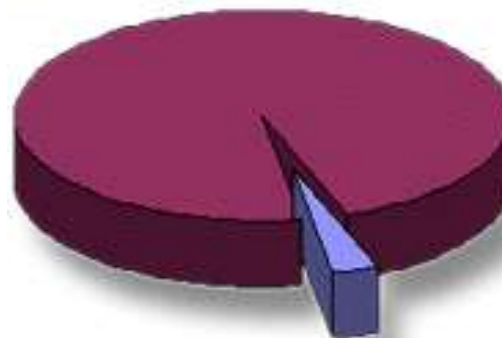
Document 5. Les réservoirs d'eau sur Terre.

(Caron et coll. «Comprendre et enseigner la Planète Terre», Ophrys Ed.).

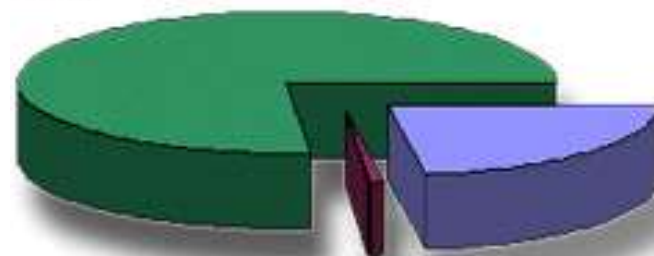
Les réservoirs	Les stocks
Océans	1 350 000 000
Eaux continentales	35 976 700
Glaciers	27 500 000
Eaux souterraines	8 200 000
Mers intérieures	105 000
Lacs d'eau douce	100 000
Humidité des sols	70 000
Rivières	1 700
Atmosphère (humidité de l'air)	13 000
Biosphère (cellules vivantes)	1 100

Données en km³

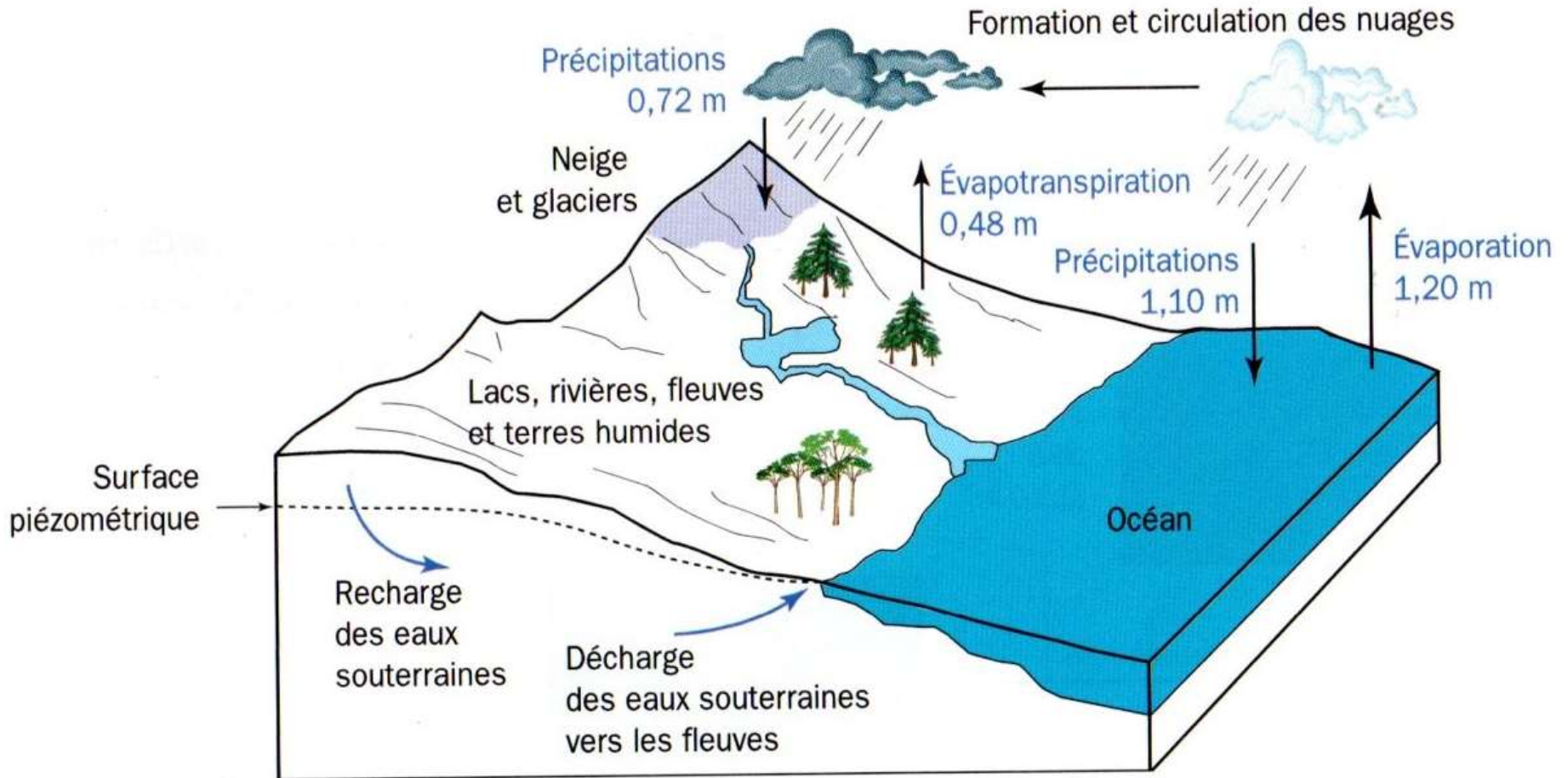
■ eaux salées
■ eaux douces



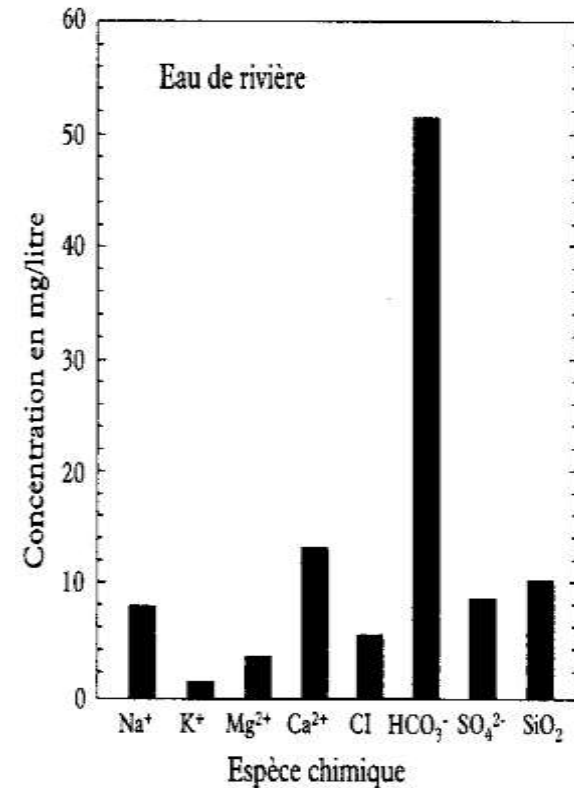
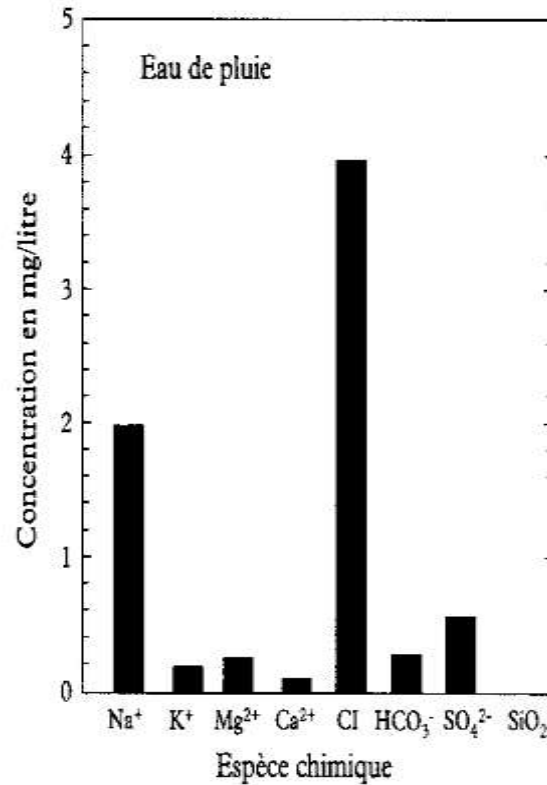
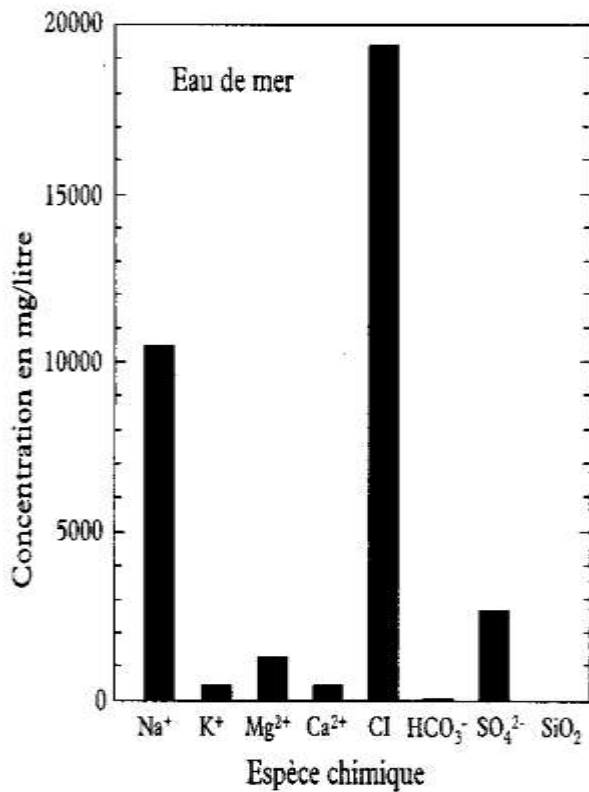
■ eaux souterraines
■ eaux superficielles
■ glaces polaires



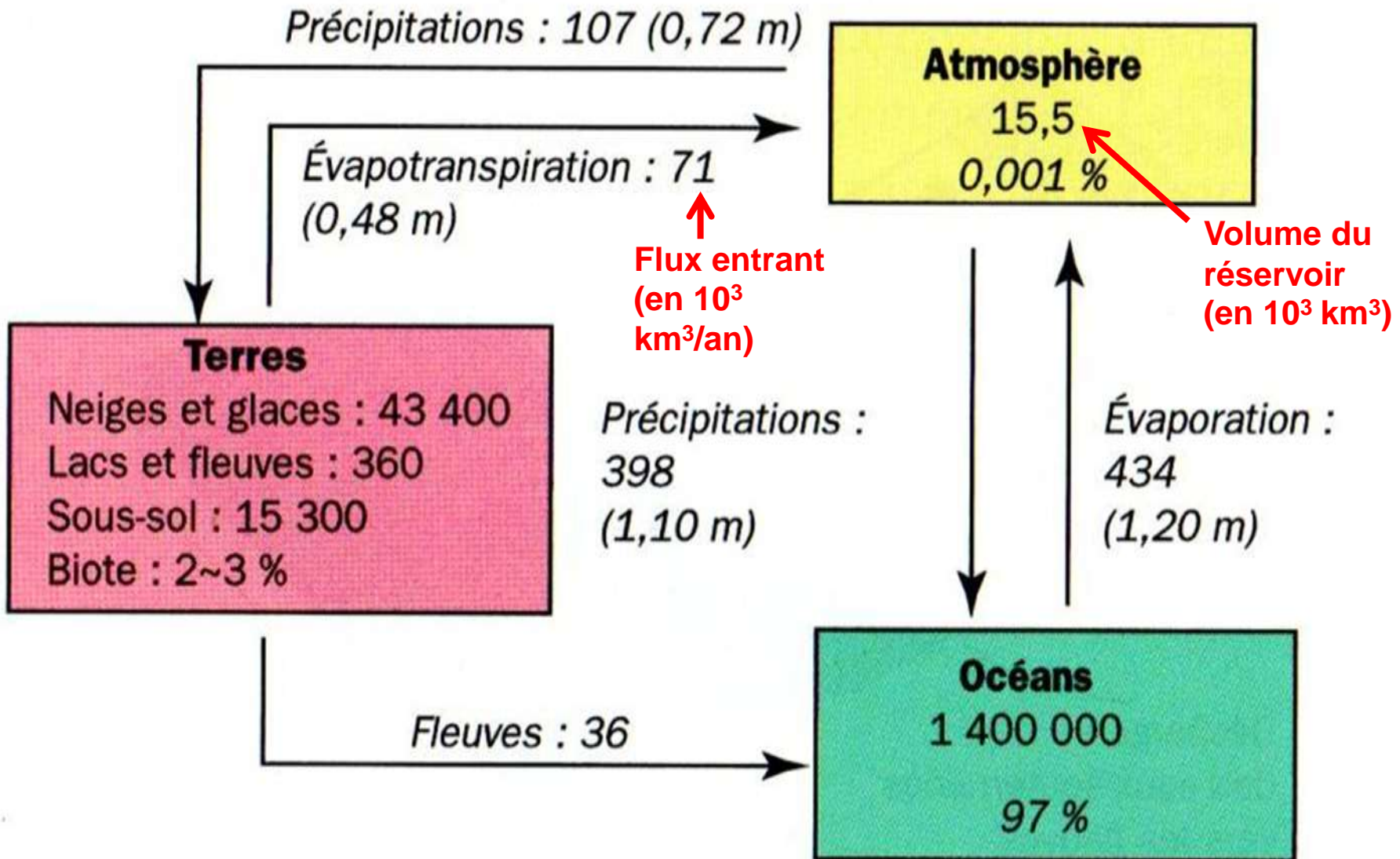
Document 6. Le cycle de l'eau.



Composition chimique de différents réservoirs superficiels



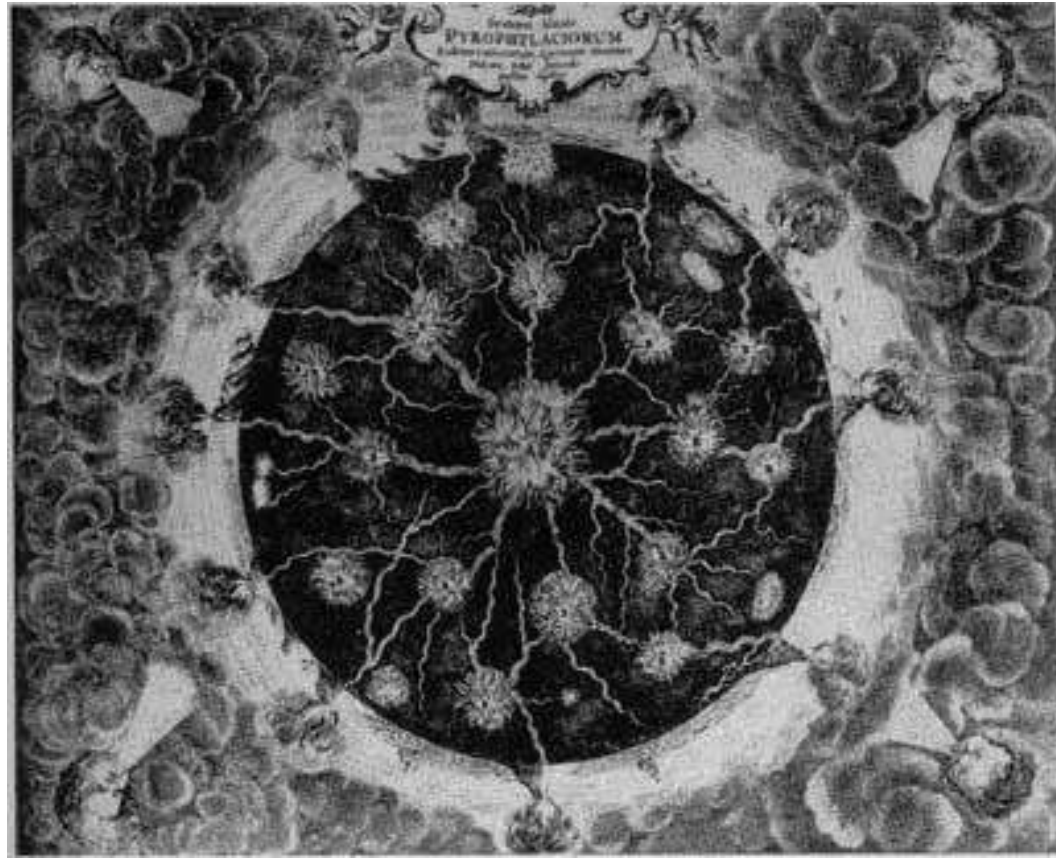
Approche quantitative : flux et temps de résidence de l'eau dans un réservoir





**La Terre entourée
d'eau, d'air et de feu
selon Aristote (IVe
siècle av. JC)**

**Le feu intérieur selon
Kirchner (1665)**



Roches magmatiques de la croûte continentale



Le granite



La granodiorite (haut) et
l'andésite (bas)



composition chimique moyenne en % pondéraux d'oxydes (ordre de grandeur)		
	Croûte continentale 30 km en moy.	Croûte océanique 7 km en moy.
SiO₂	60	50
Al₂O₃	15	15
FeO	10⁻	10⁺
MgO	5	8
CaO	7	12
Na₂O + K₂O	> 4	< 3

Document 7. Composition chimique moyenne des roches échantillonnées.



Basaltes faciès pillow

Roches
magmatiques de la
croûte océanique

Gabbro



C. Nicollet

composition chimique moyenne en % pondéraux d'oxydes (ordre de grandeur)		
	Croûte continentale 30 km en moy.	Croûte océanique 7 km en moy.
SiO₂	60	50
Al₂O₃	15	15
FeO	10⁻	10⁺
MgO	5	8
CaO	7	12
Na₂O + K₂O	> 4	< 3

Document 7. Composition chimique moyenne des roches échantillonnées.



L'ophiolite d'Oman

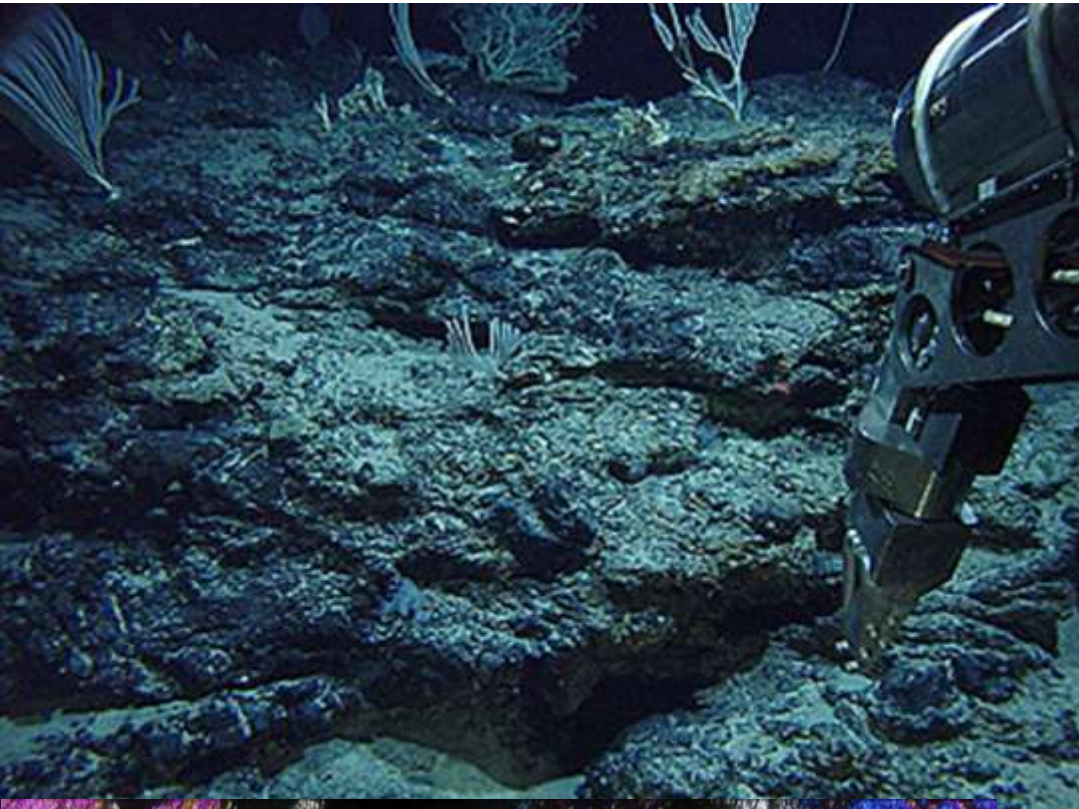
En **Oman**, cet "échantillon" fait plus de 500 km de long, 50 km de large en moyenne, et jusqu'à 15 km d'épaisseur.



www.dstu.univ-montp2.fr/.../1_situ.gif
www.geol.ucsb.edu/.../OmanOphiolite.jpg

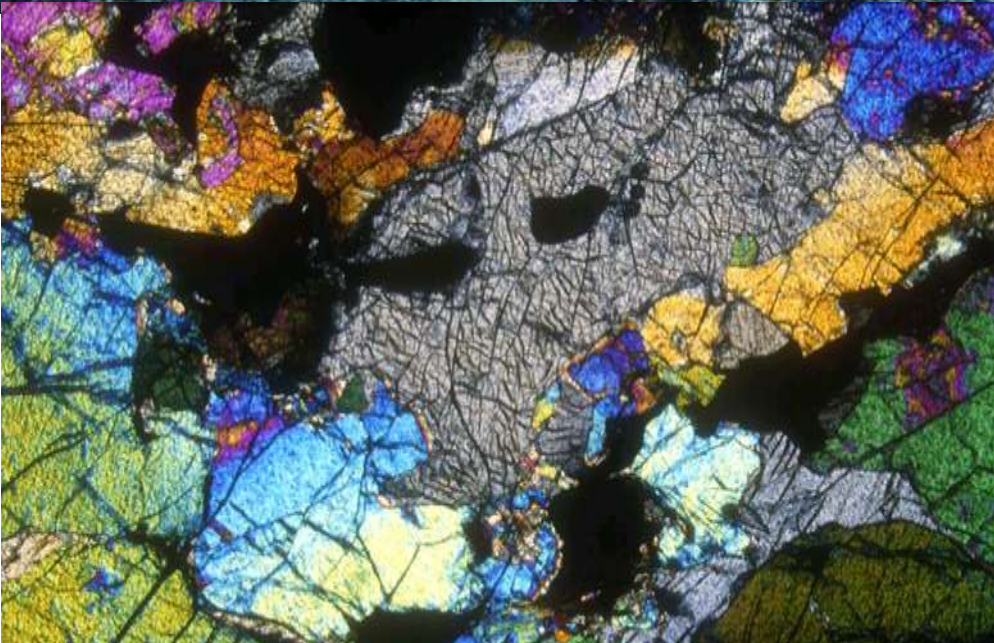
Péridotites de l'ophiolite
d'Oman





Echantillons du manteau terrestre :

- plancher océanique
- en enclave dans du basalte
- en lame mince (x 40)



composition chimique moyenne en % pondéraux d'oxydes (ordre de grandeur)	
	Moyenne des péridotites échantillonnées
SiO₂	45
Al₂O₃	3
FeO	7
MgO	40
CaO + Na₂O + K₂O	5

Document 7. Composition chimique moyenne des roches échantillonnées.

Par rapport aux roches crustales, les péridotites sont riches en fer et magnésium et pauvres en silice.

Les météorites



Chondrite

Achondrite
riche en
plagioclases
(clairs) et en
pyroxènes
(sombres)

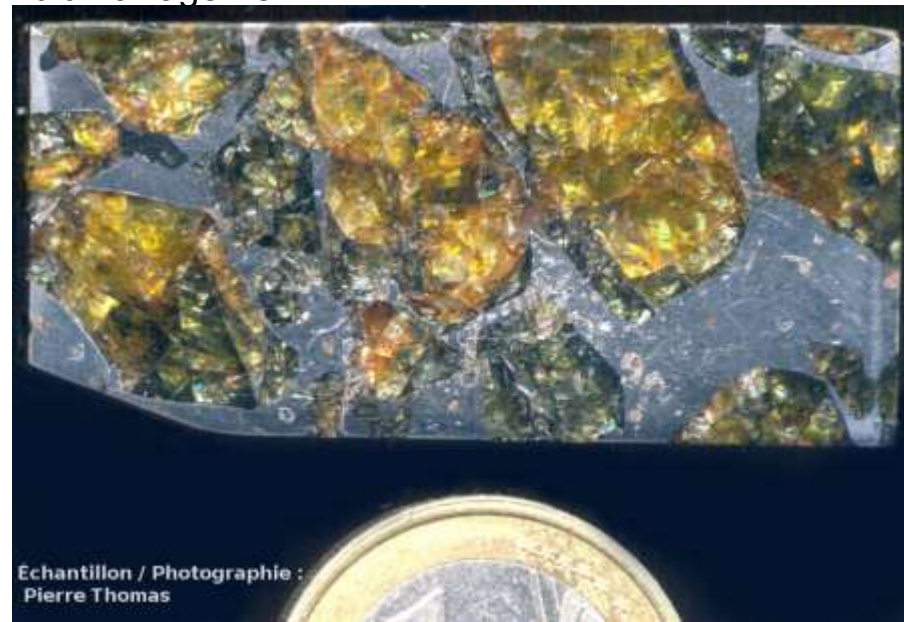


Pallasite

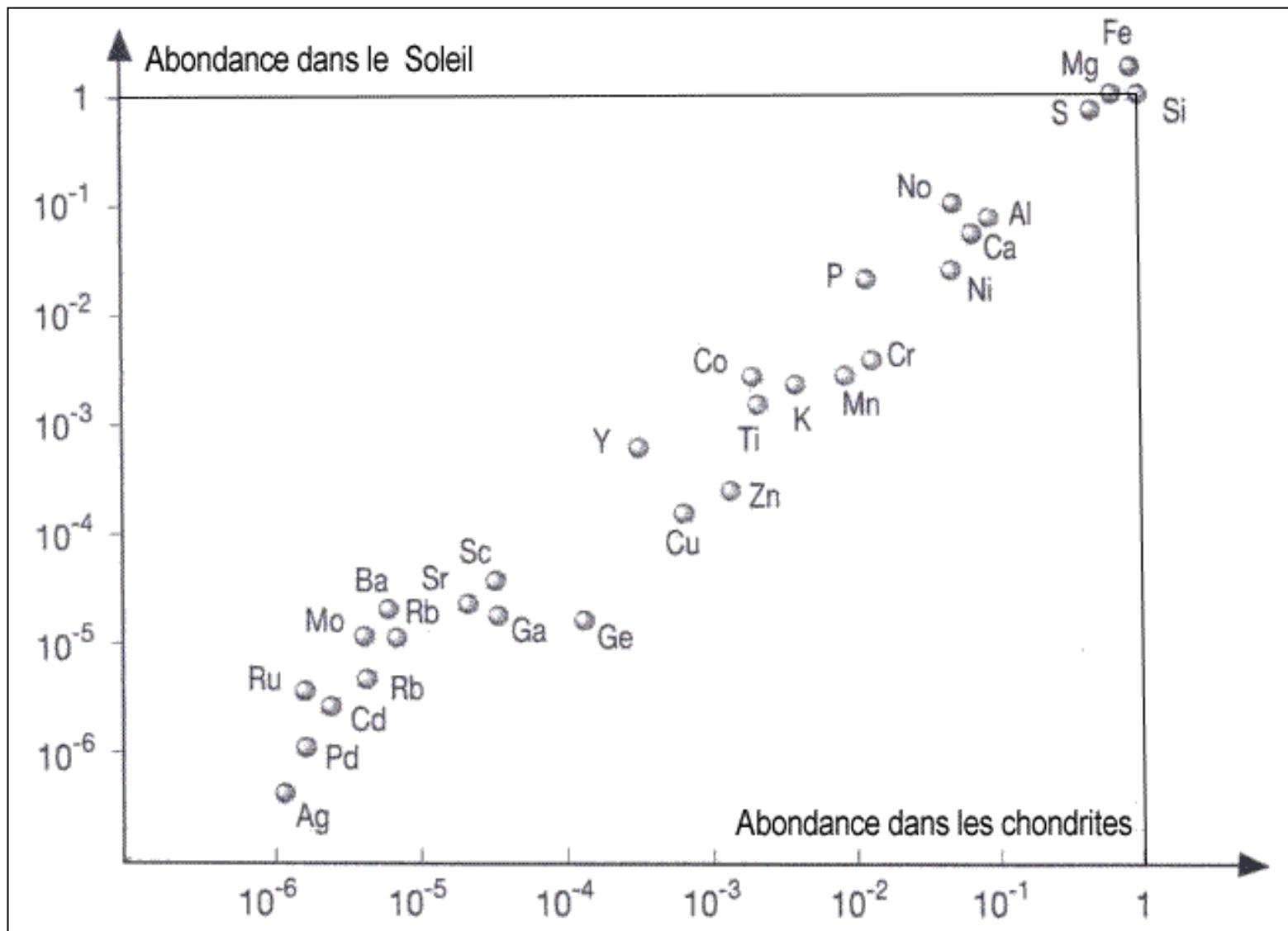
On remarque la géométrie parfaitement automorphe des cristaux d'Olivine (en bas à gauche), au sein d'un alliage Fe-Ni.

Sidérite

Les bandes entrecroisées correspondent à la séparation des zones pauvres et riches en nickel



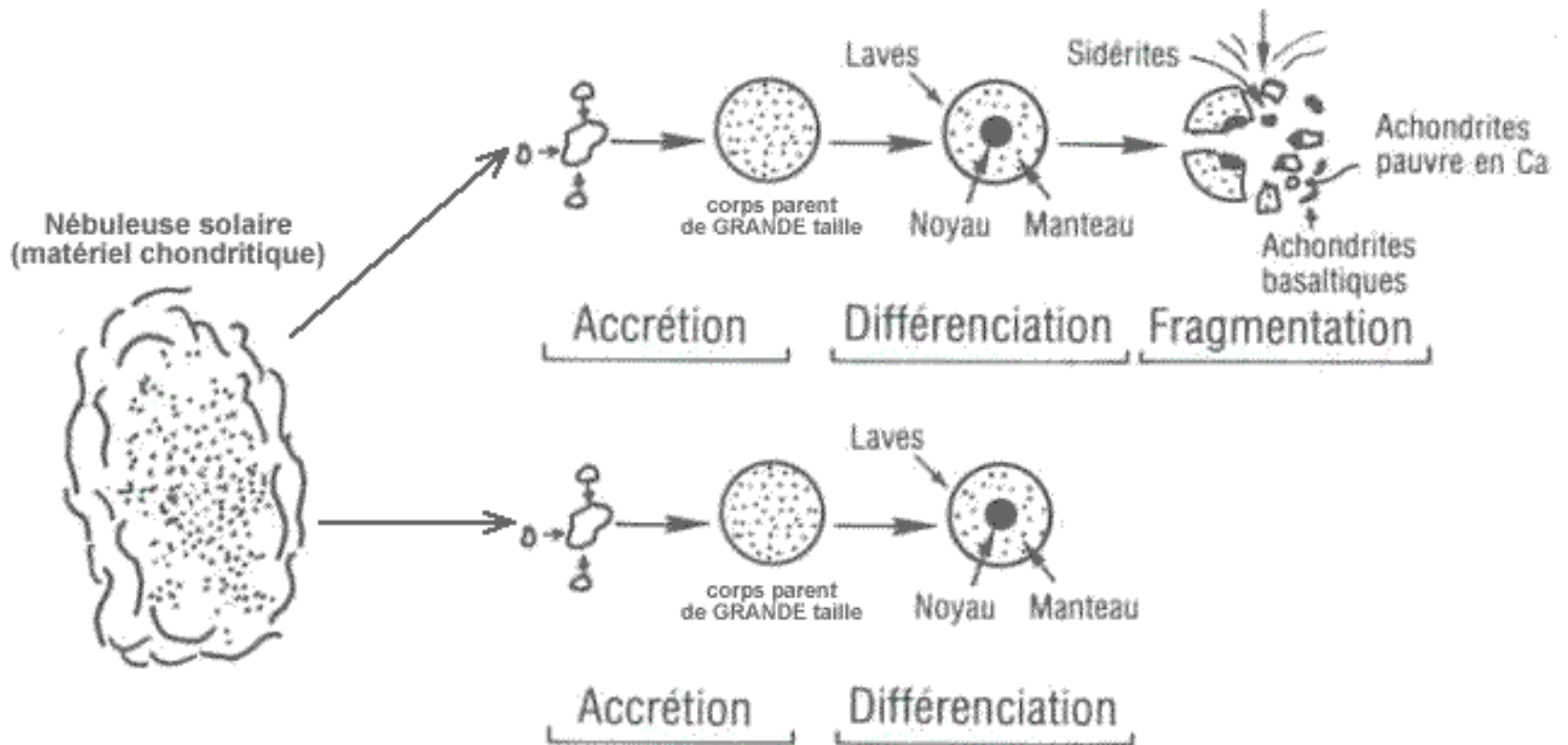
Echantillon / Photographie :
Pierre Thomas



Document 8 Comparaison de l'abondance des éléments chimiques dans les chondrites (chondrites carbonées de type I) et dans le Soleil.
 (en nombre d'atomes, normalisé au silicium (Si))

(D'après Mason, 1971)

La formation des météorites



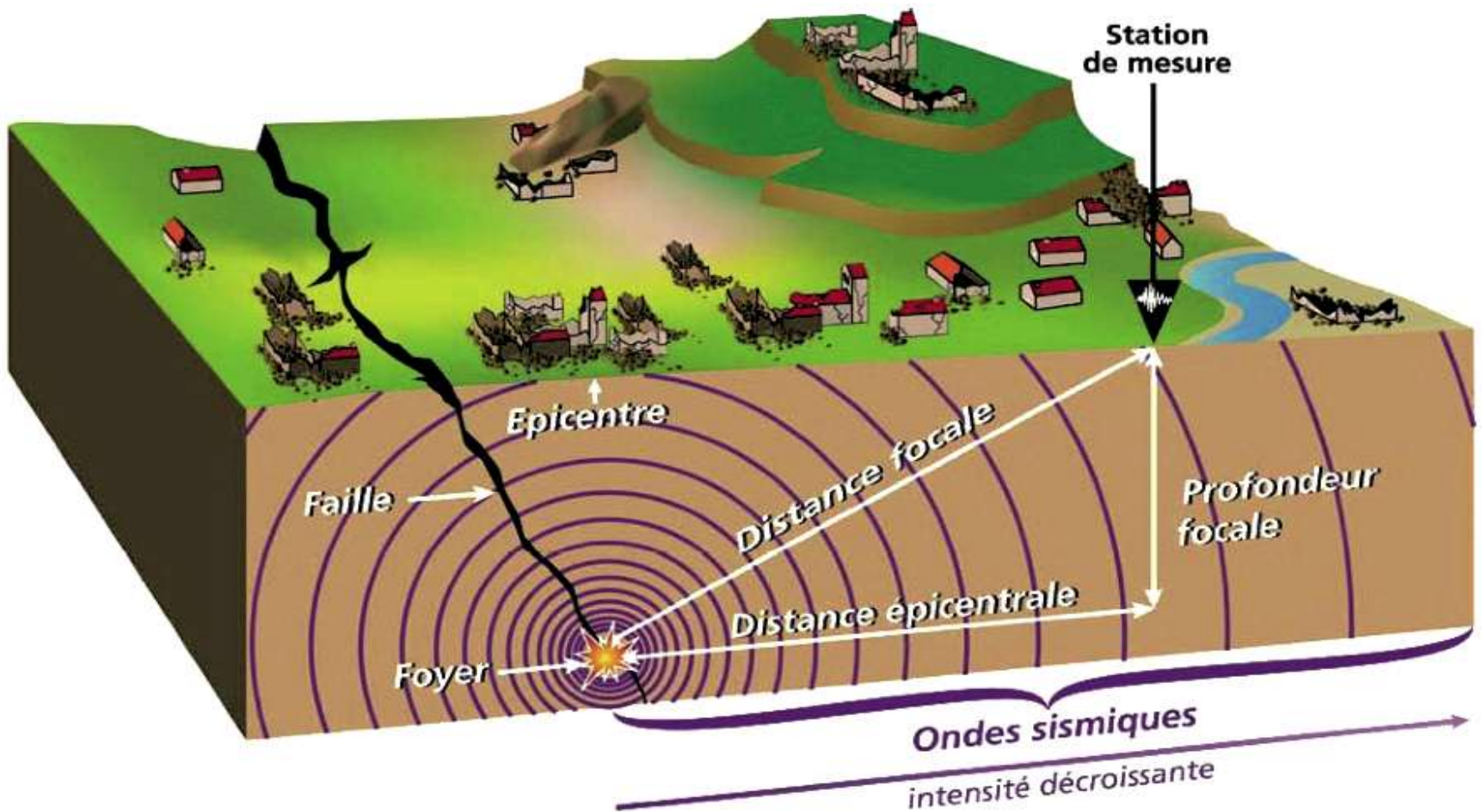
Proportions étudiées	Terre globale	Hydrosphère + atmosphère	Croûte continentale	Croûte océanique	Manteau	Noyau	Chondrite	Achondrite	Sidérite
% de la masse de la Terre	100	0.02	0.7	0.3	74	25	-	-	-
% d'O	30	88	49	44	39	?	31	49	0.7
% de Si	17	-	28	22	23	?	18.5	27	-
% d'Al	1	-	8	7	1.3	-	2	4.8	-
% de Ca	1.1	-	4	7	1.5	-	3.5	7.1	-
% de Mg	18	-	2	8	24	-	14	8.8	-
% de Fe	3	-	3	8	4	-	4.1	1	2.6
% de Fe métallique	23	-	-	-	-	80	23.3	-	94
% de Na	0.5	1	2	1.5	0.7	-	0.6	1.5	-
% de K	0.2	-	2	0.5	0.3	?	0.4	0.2	-
% autre éléments (Ni, H, S, C, P...)	6.2	11	2	2	6.2	20	2.6	0.6	2.7

Document 9. Composition chimique de la Terre globale, de ses enveloppes et de météorites.

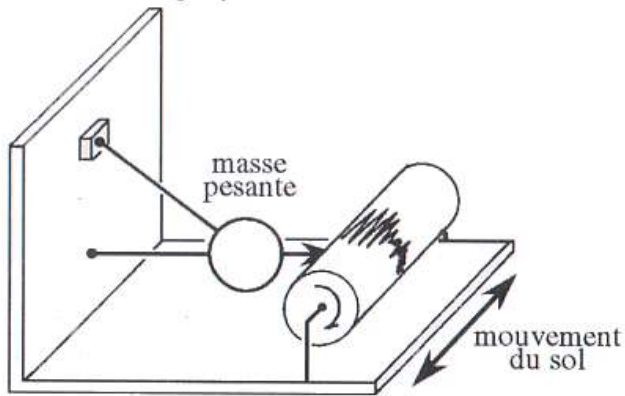
La Terre globale correspond à l'ensemble des enveloppes solides et fluides qui constituent la planète. Les éléments indiqués sont présents sous forme d'oxydes dans les minéraux.

(SVT 1°S, Nathan).

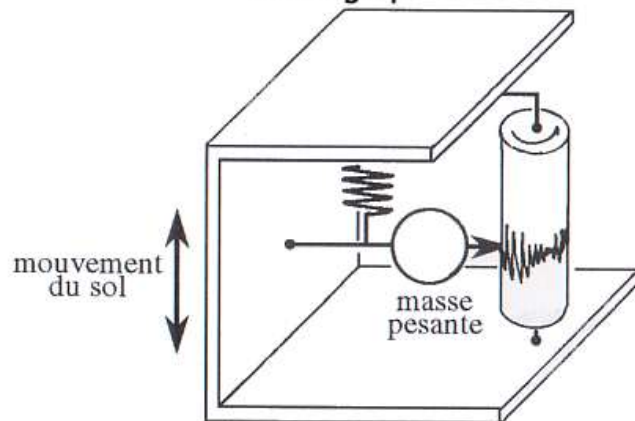
Les séismes



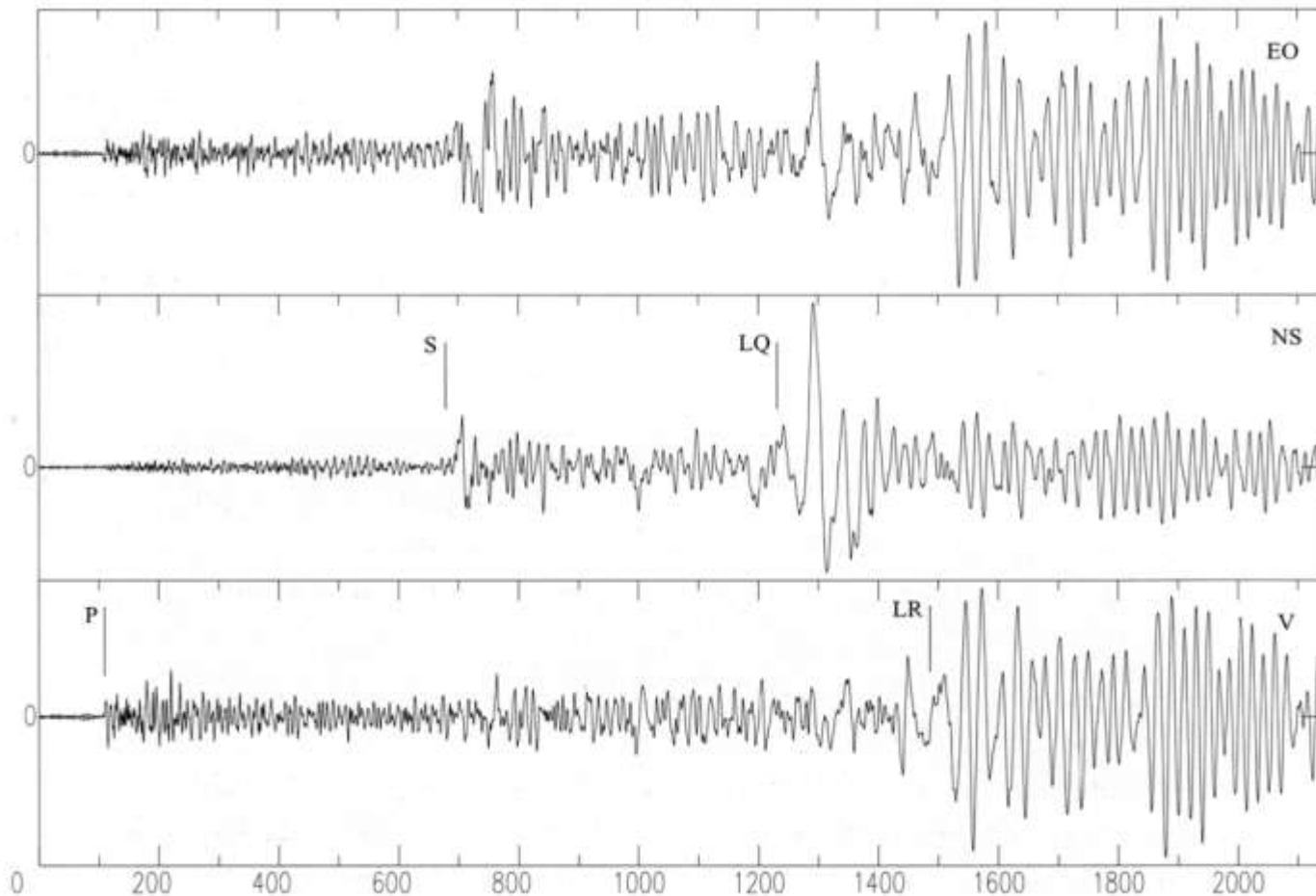
Sismographe horizontal



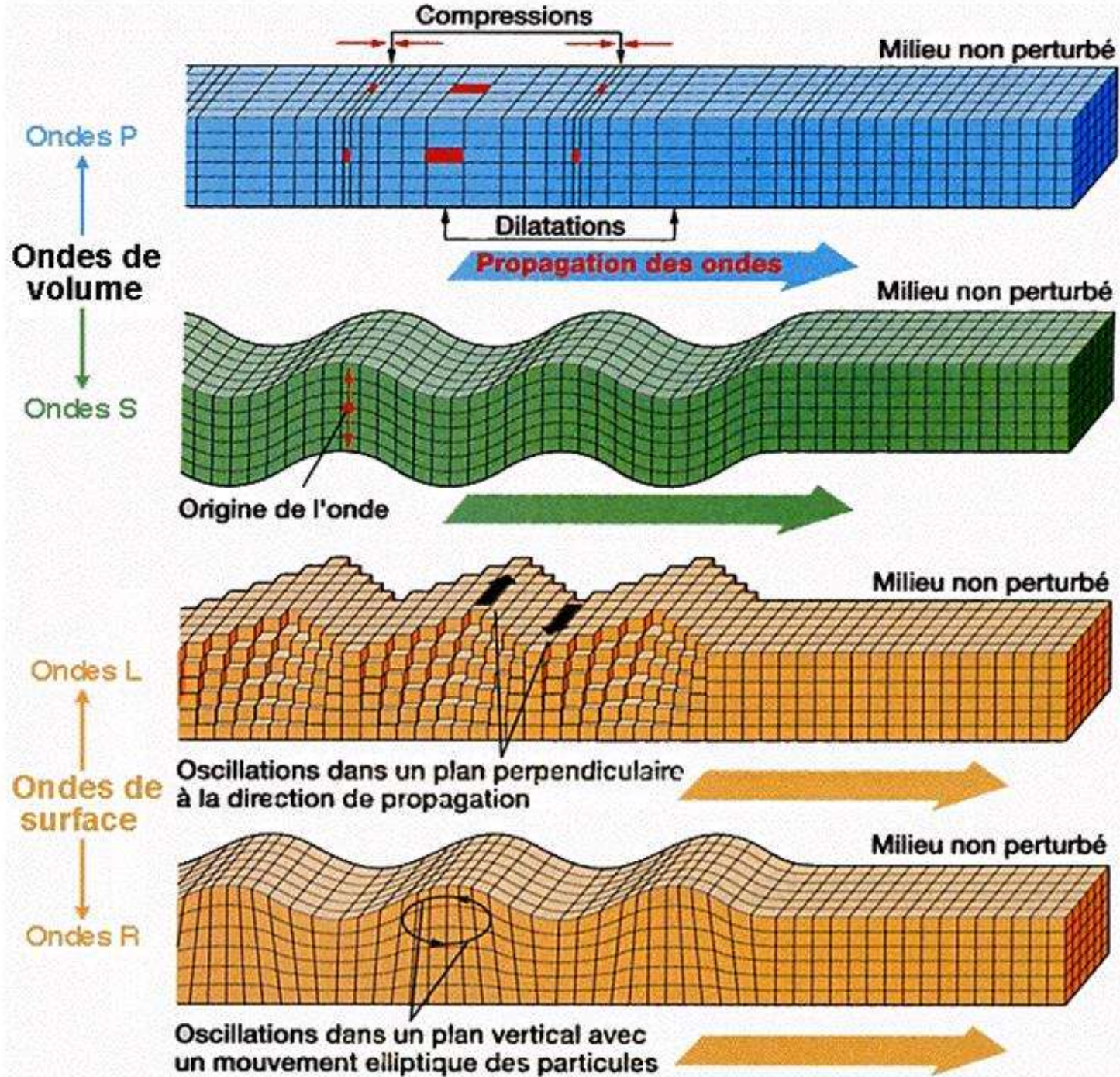
Sismographe vertical

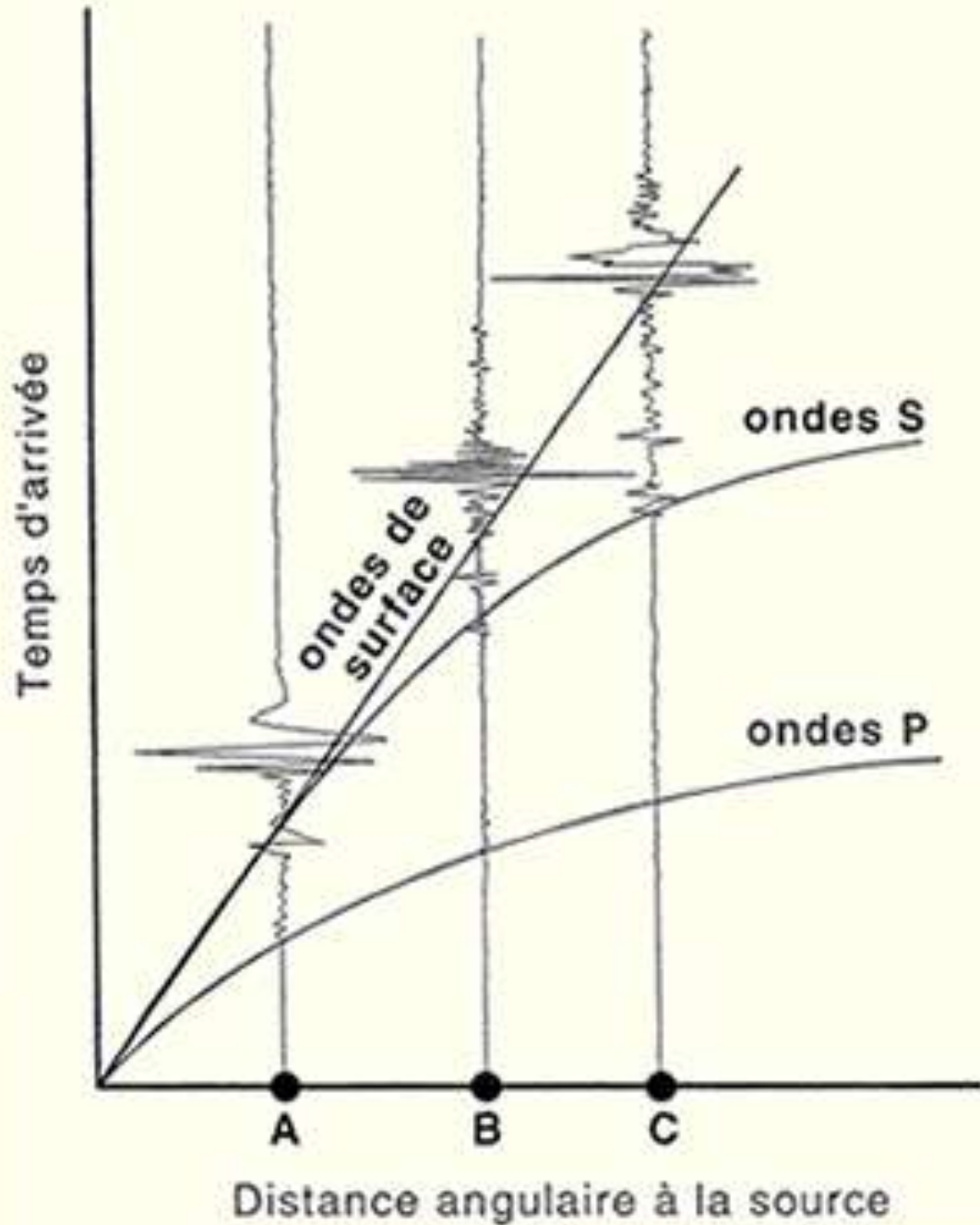


Document 10.
Sismographes et
3 sismogrammes
d'un même
séisme.



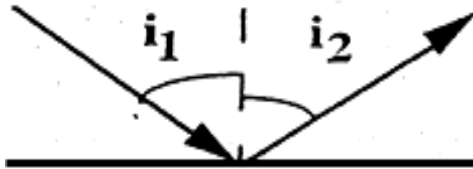
Les différents types d'ondes sismiques.





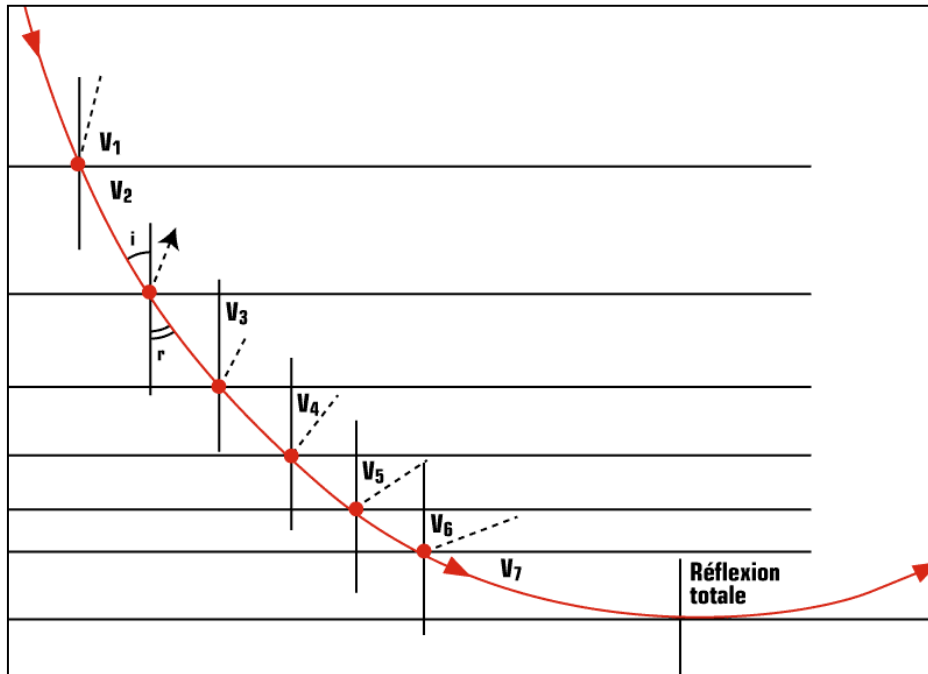
Document 11.
Courbes
hodochrones.

REFLEXION

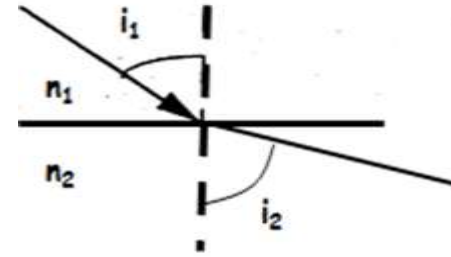


$$i_1 = i_2$$

Notion de rai sismique



REFRACTION



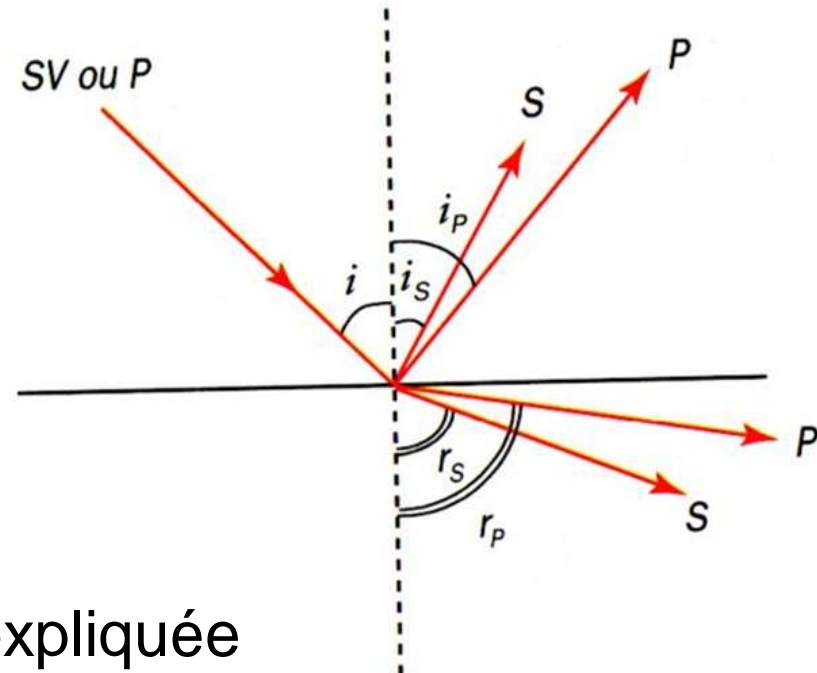
$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$$

OR

$$v = 1/n$$

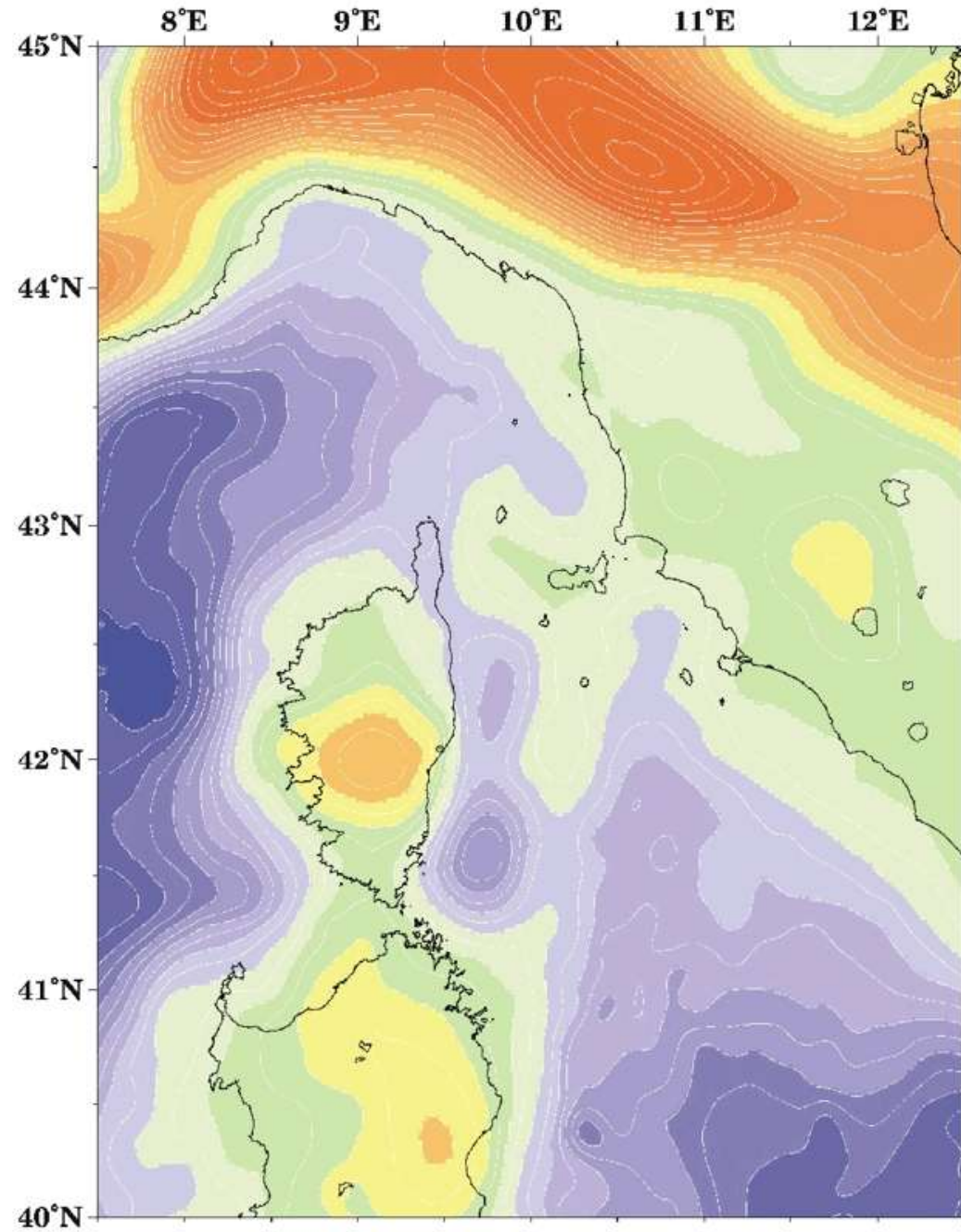
donc

$$v_2 \cdot \sin i_1 = v_1 \cdot \sin i_2$$

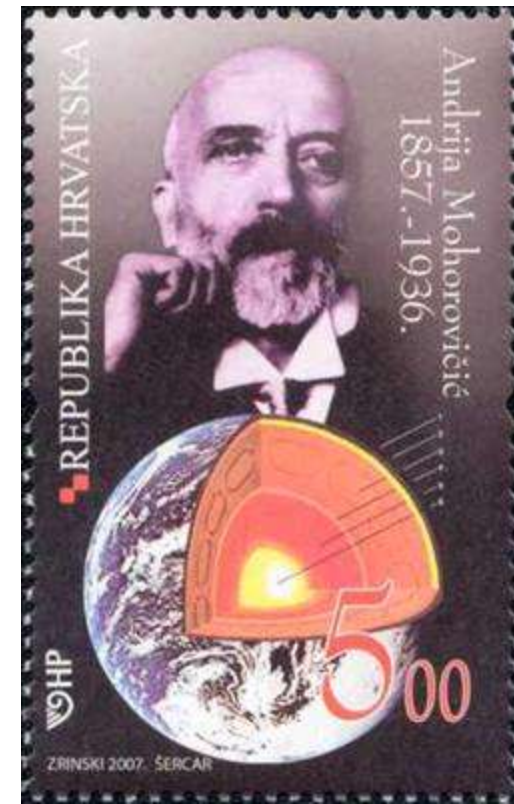
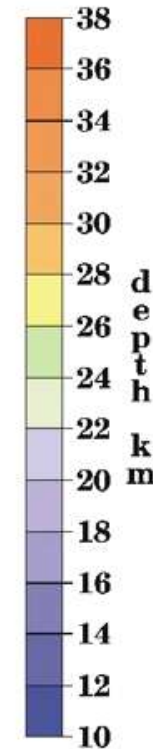


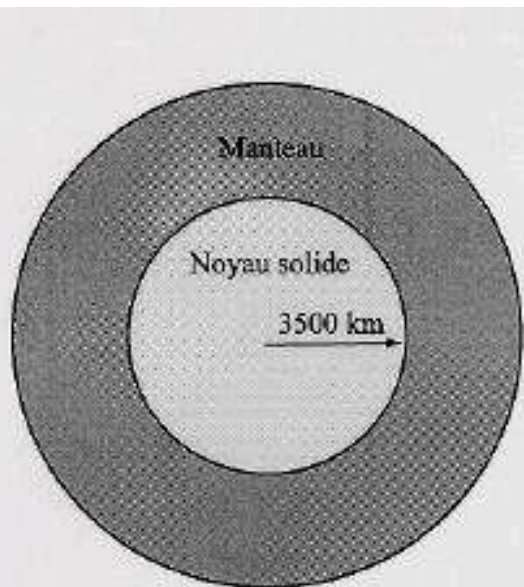
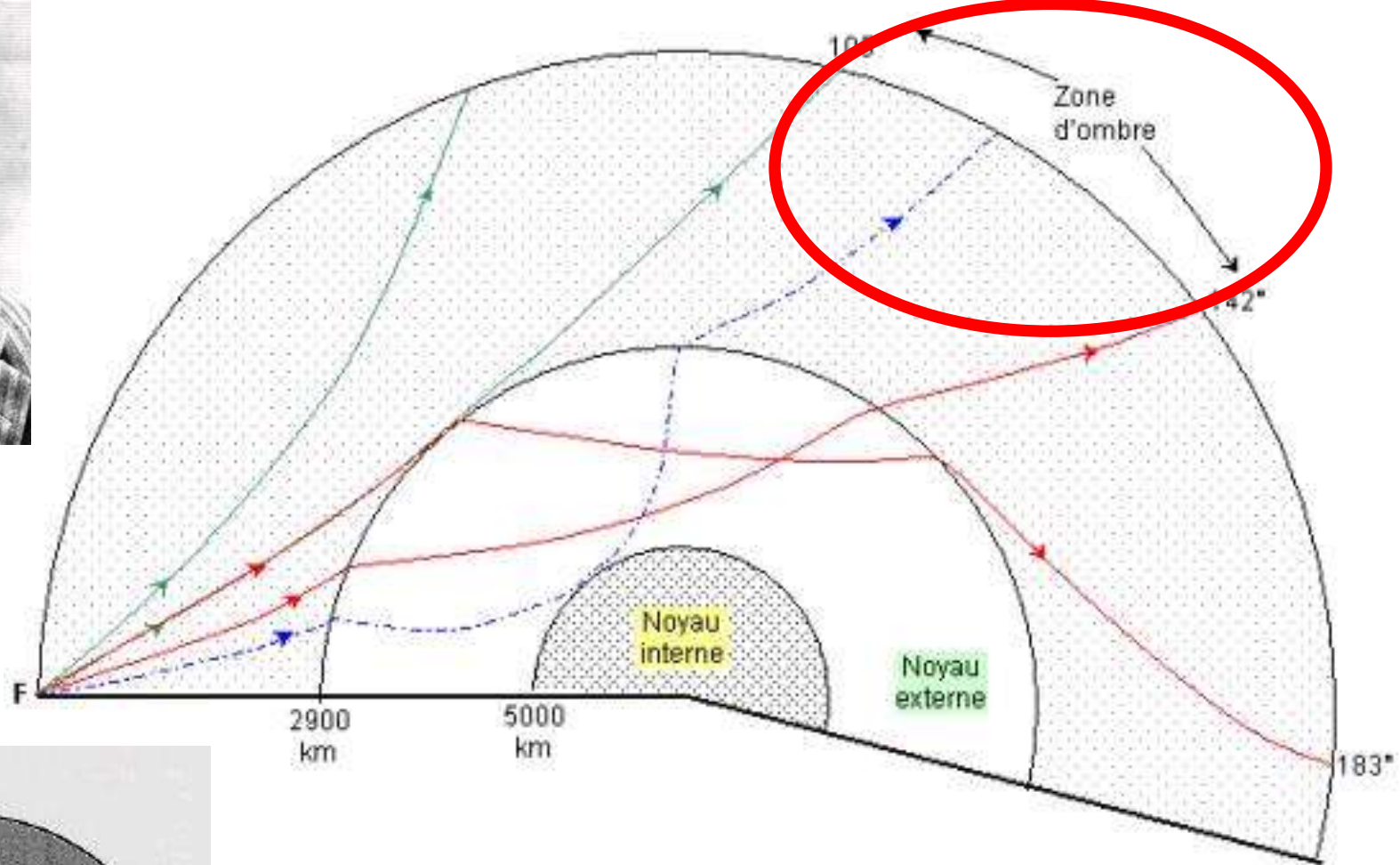
La « courbure » des rais sismiques expliquée

Corrected MOHO Depth (26km/0.55)

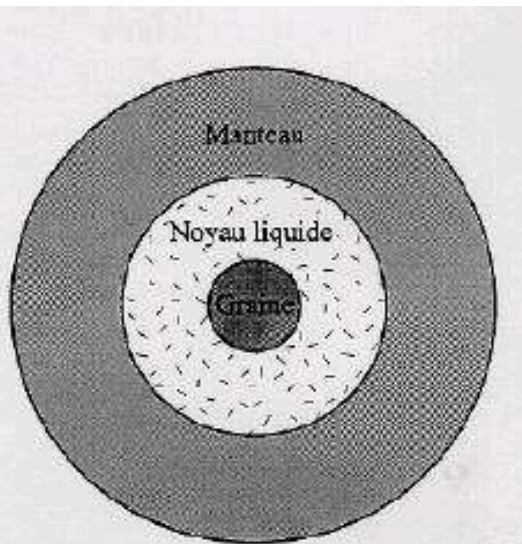
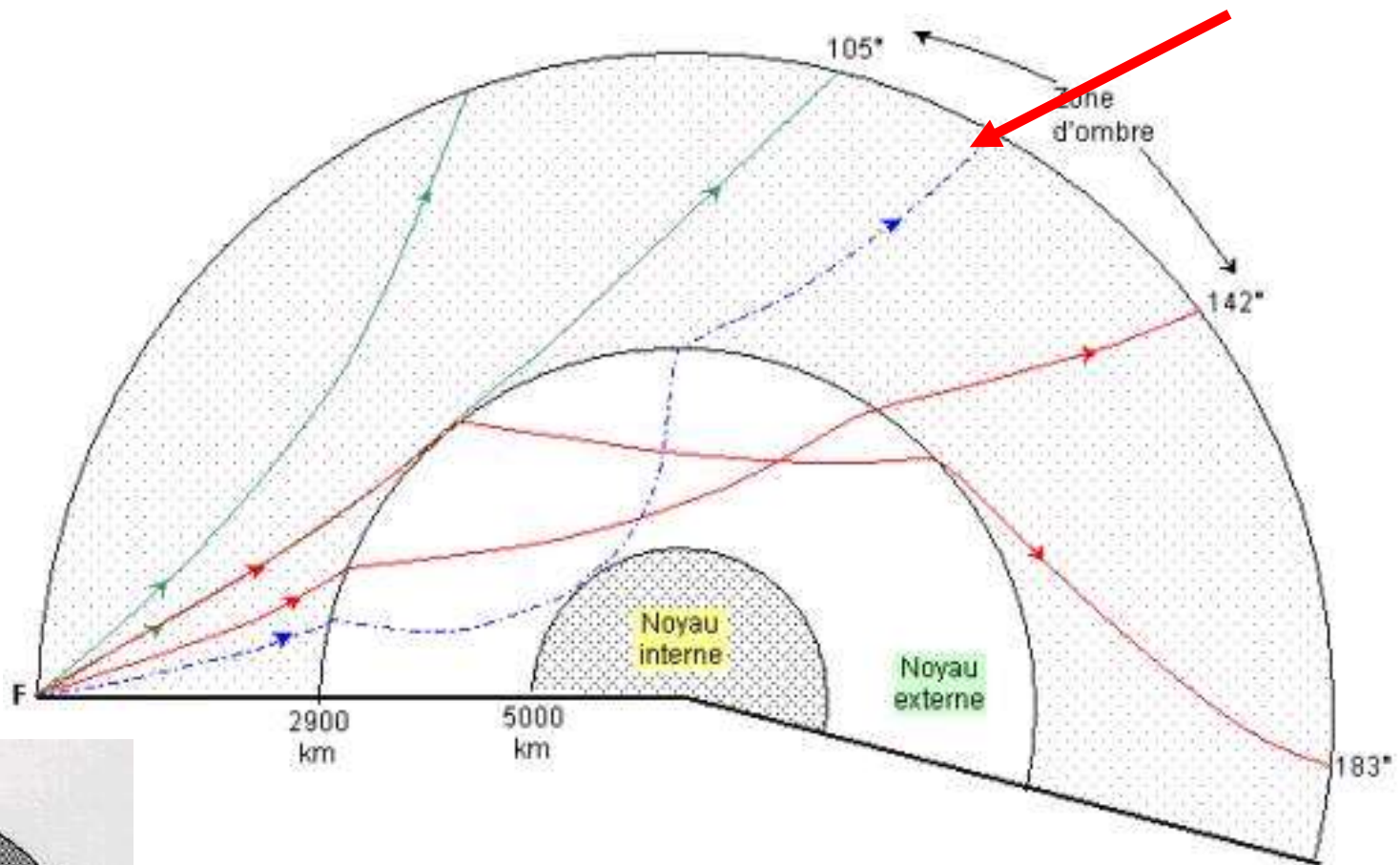


Le Moho est plus profond en domaine continental qu'en domaine marin





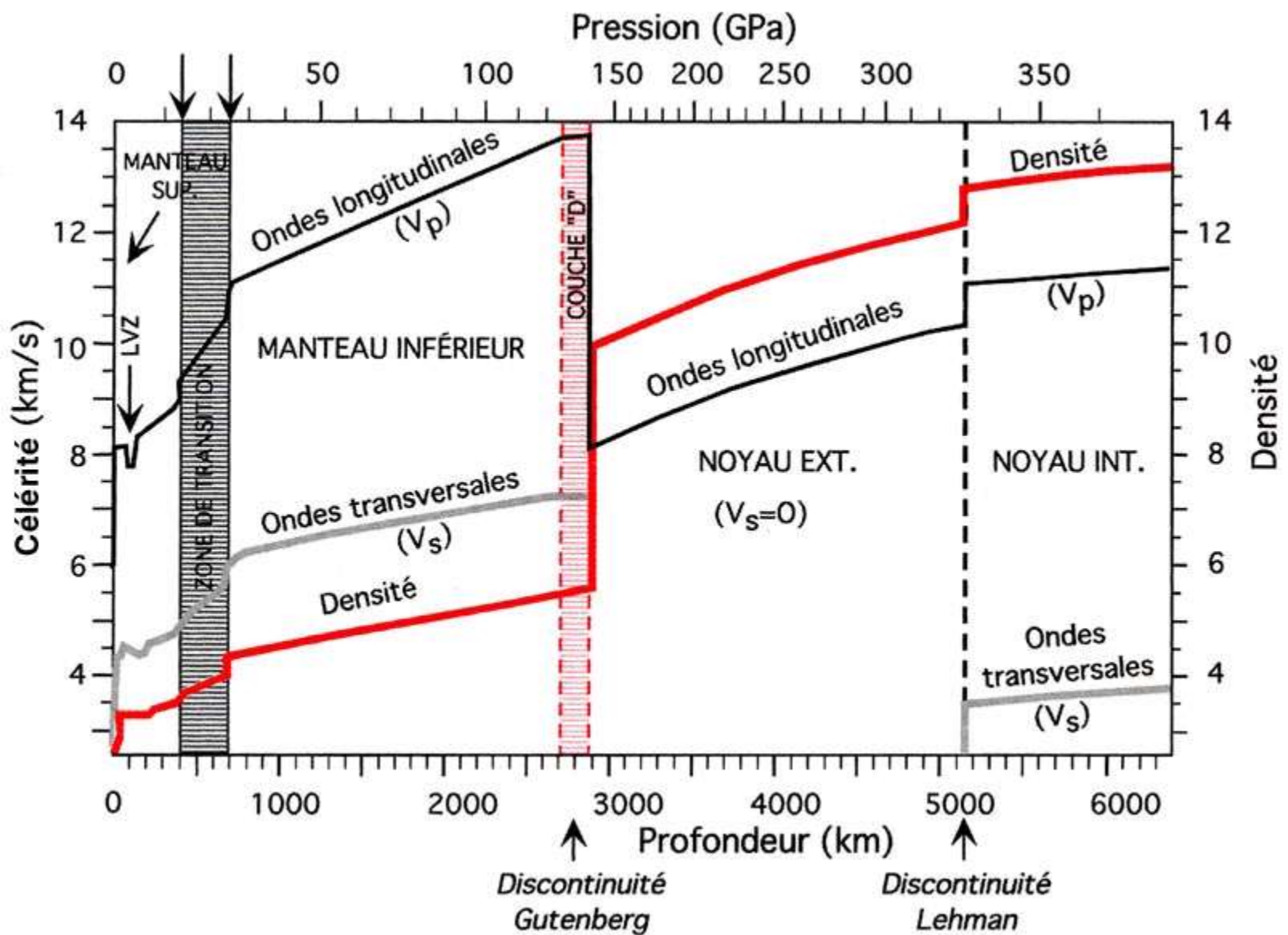
Document 12. La discontinuité noyau/manteau : discontinuité de Gutenberg



La discontinuité noyau externe/graine :
discontinuité de Lehmann

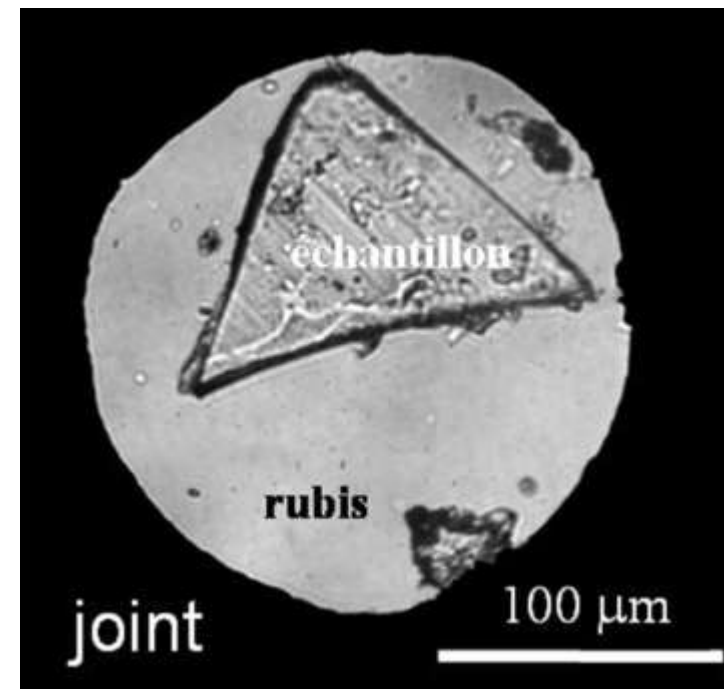
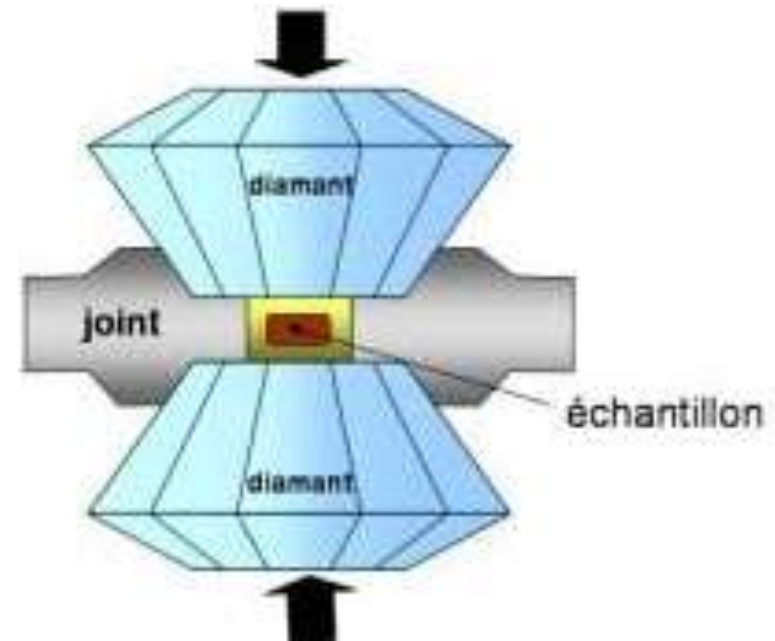
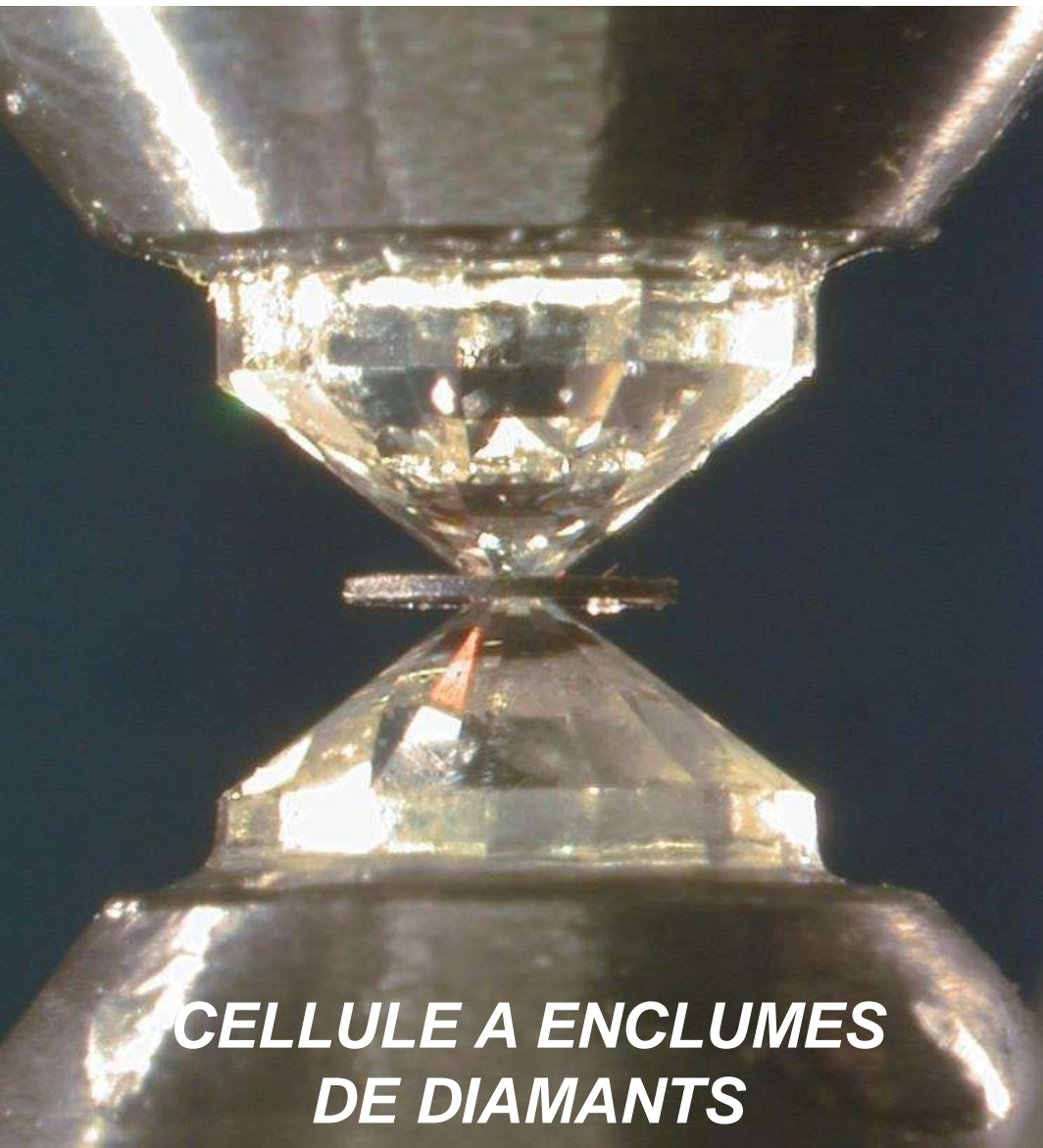
z (km)	r (km)	V _P (km/s)	V _S (km/s)	ρ (g/cm ³)	P (kbar)	K (kbar)	μ (kbar)	g (cm/s ²)
80	6 291	8,1	4,5	3,37	25	1 303	674	986
150	6 221	8,0	4,4	3,37	48	1 287	665	988
220	6 151	8,6	4,6	3,44	71	1 529	741	991
400	5 971	8,9	4,8	3,54	134	1 735	806	997
400	5 971	9,1	4,9	3,72	134	1 899	906	997
500	5 871	9,7	5,2	3,85	171	2 181	1 051	999
600	5 771	10,2	5,5	3,98	210	2 489	1 210	1 000
670	5 701	10,3	5,6	3,99	238	2 556	1 239	1 001
670	5 701	10,8	5,9	4,38	238	2 999	1 548	1 001
771	5 600	11,1	6,2	4,44	283	3 133	1 730	1 000
1 071	5 300	11,6	6,4	4,62	419	3 638	1 918	996
1 571	4 800	12,3	6,7	4,90	655	4 448	2 215	993
2 071	4 300	12,9	7,0	5,16	906	5 246	2 502	1 002
2 571	3 800	13,5	7,2	5,41	1 173	6 095	2 794	1 030
2 891	3 480	13,7	7,3	5,57	1 358	6 556	2 938	1 068
2 891	3 480	8,1	0	9,90	1 358	6 441	0	1 068
3 071	3 300	8,4	0	10,18	1 547	7 116	0	1 028
3 571	2 800	9,1	0	10,85	2 056	8 889	0	904
4 071	2 300	9,6	0	11,39	2 521	10 451	0	767
4 571	1 800	10,0	0	11,81	2 922	11 775	0	617
5 150	1 221	10,4	0	12,17	3 289	13 047	0	440
5 150	1 221	11,0	3,5	12,76	3 288	13 434	1 567	440
5 571	800	11,2	3,6	12,95	3 487	13 898	1 676	291
6 071	300	11,2	3,7	13,07	3 617	14 203	1 749	110
6 371	0	11,3	3,7	13,09	3 639	14 253	1 761	0

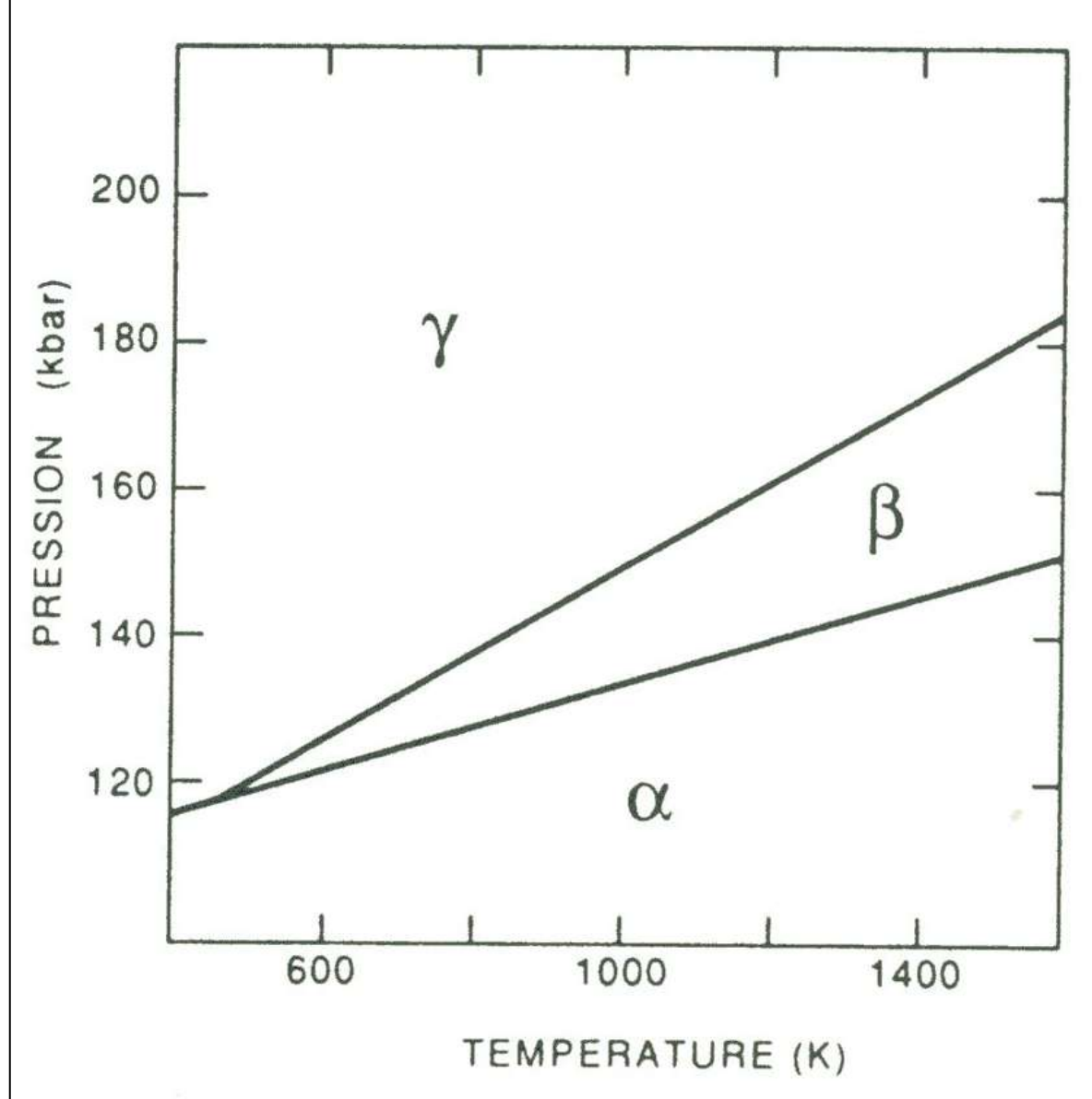
Modèle PREM



Document 15. Le modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model).

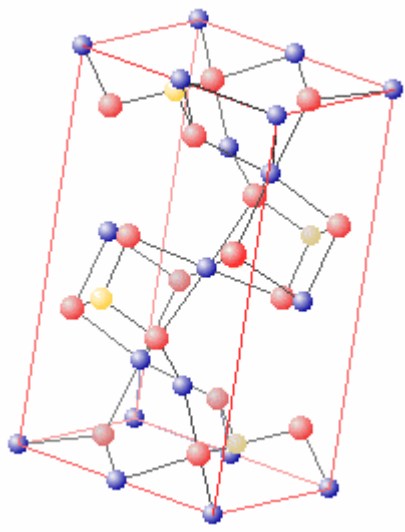
Document 16. Principe de la cellule à enclumes de diamant.





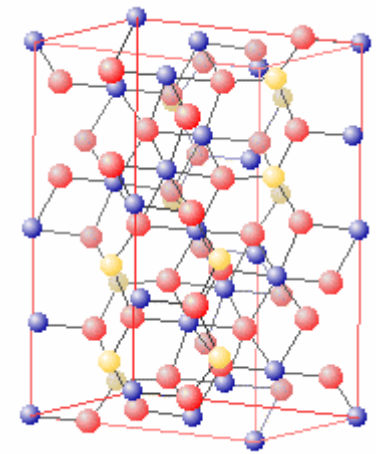
Document 18. Diagramme pression – température des phases de l'olivine Mg₂SiO₄.

(Poirier J. « Les profondeurs de la Terre » ; Masson Ed.).

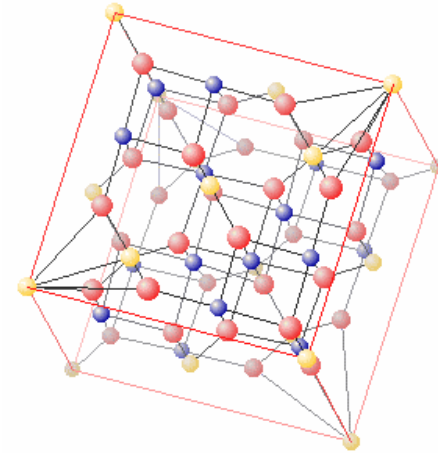


**Manteau supérieur,
de 400 à 670 km :**

Olivine de phase β
 (wadsleyite) $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
 Système cristallographique :
 orthorhombique
 Volume molaire: $40,54 \text{ cm}^3/\text{mol}$

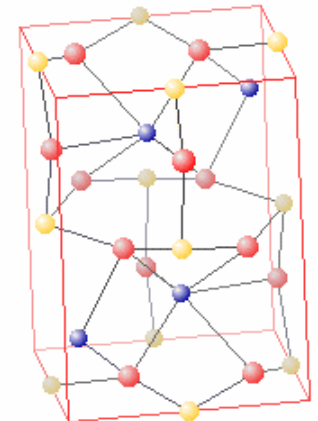


Puis phase γ (ringwoodite)
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
 Système cristallographique :
 cubique
 Volume molaire: $39,65 \text{ cm}^3/\text{mol}$






**Manteau inférieur, au-delà de
670 km : « Perovskite »**

$(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$
 [+ $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ = magnésioiwüstite]
 Système cristallographique :
 orthorhombique
 (sans structure tétraédrique)
 Volume molaire: $24,5 \text{ cm}^3/\text{mol}$

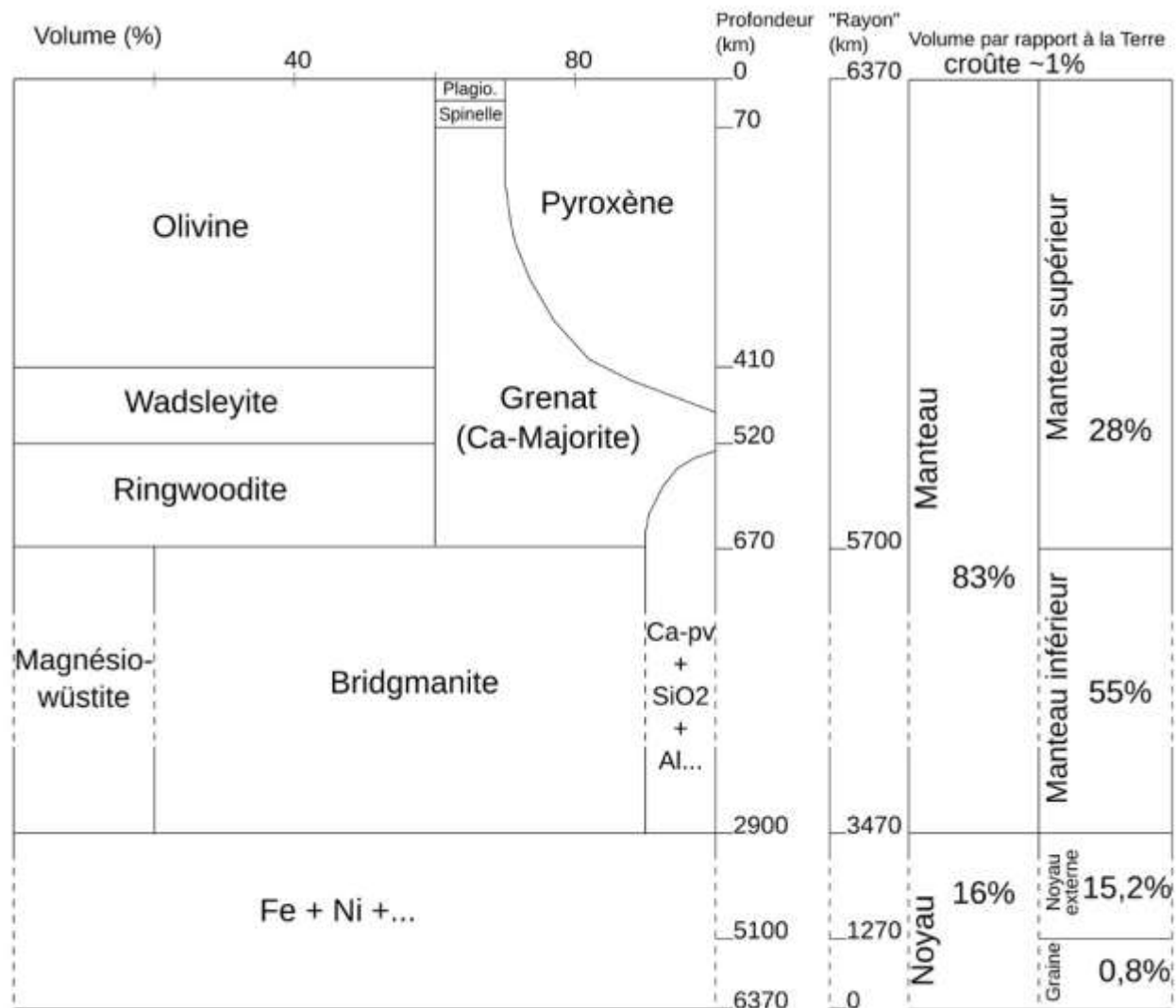
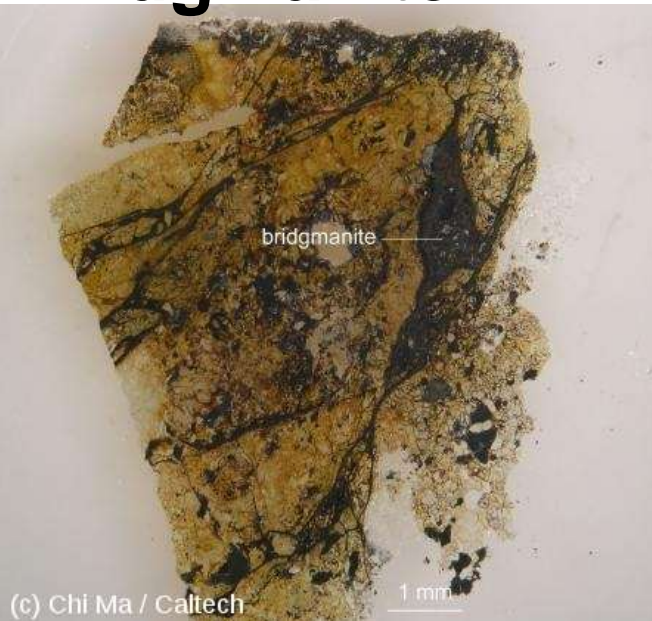


Du Moho à 400 km :
Olivine de phase α
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
 Système cristallographique :
 orthorhombique
 Volume molaire: $43,67 \text{ cm}^3/\text{mol}$

	atome d'oxygène O
	atome de fer Fe ou de magnésium Mg
	atome de silicium Si

**Les changements de
phase de l'olivine**

La « Perovskite » porte désormais un nom officiel : Bridgmanite



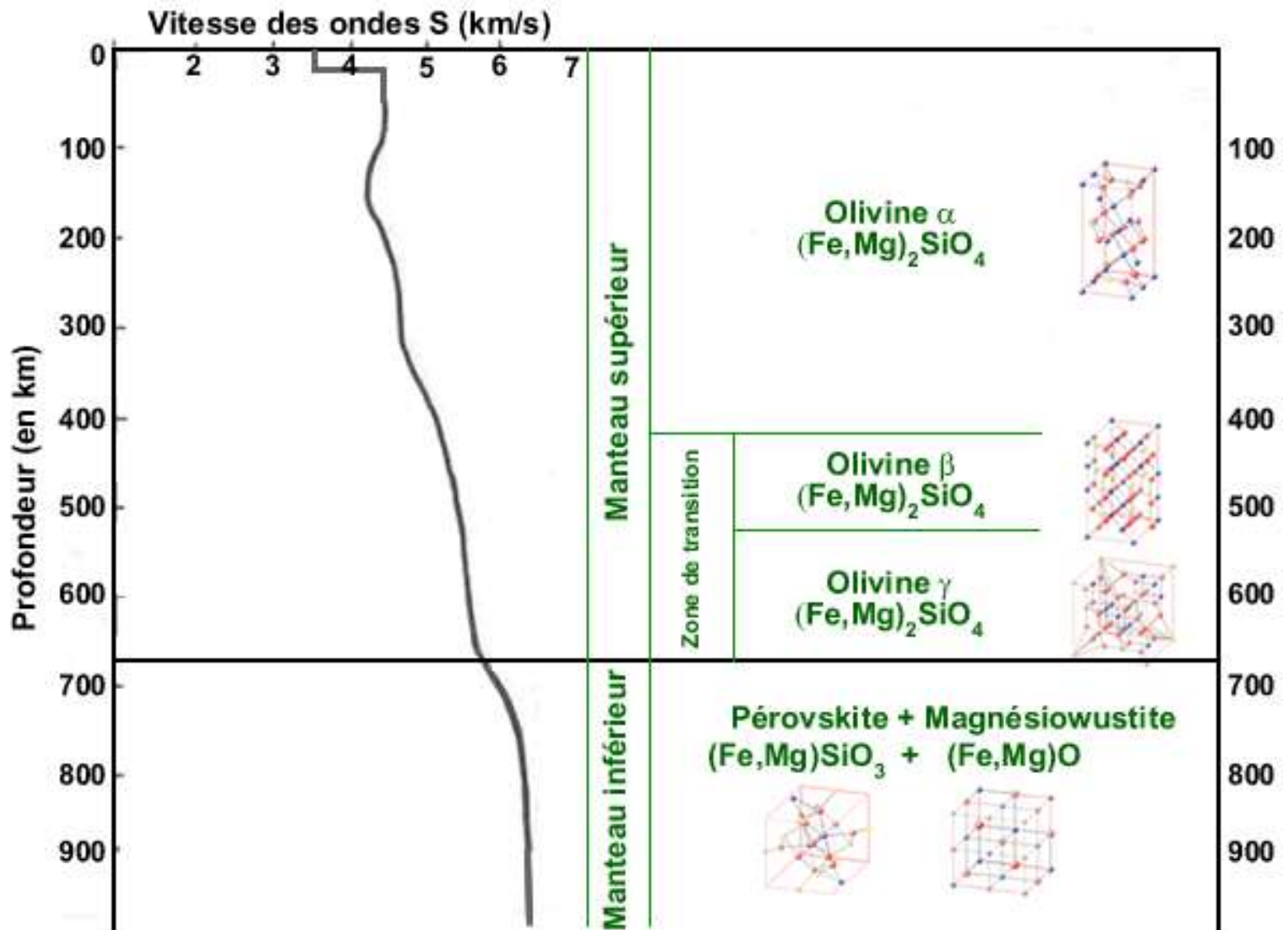
Ca-pv= CaSiO₃= Ca-pérovskite / SiO₂= silice de THP (stishovite)
Al...= phases alumineuse / Plagio.=plagioclase

Veine de choc dans la météorite de Tenham, dans laquelle la bridgmanite a pu être décrite.

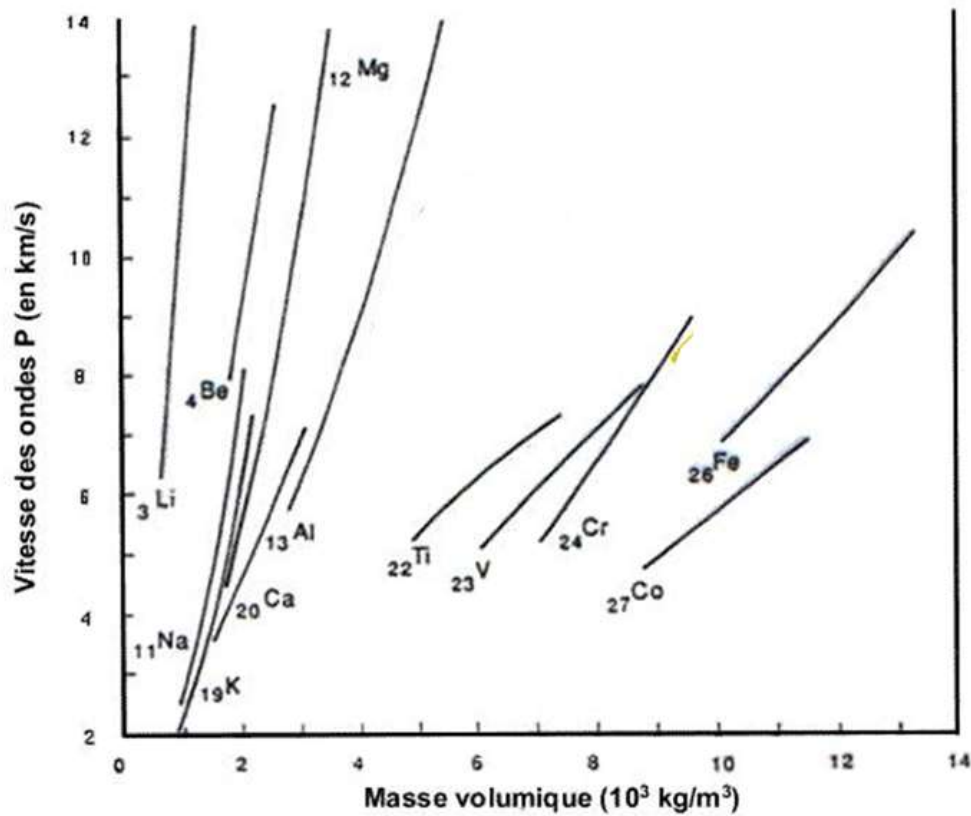
Depuis le 2 juin 2014, elle porte ce nom officiel en l'honneur du physicien américain Bridgman, prix Nobel de physique en 1946 pour ses travaux sur les systèmes permettant de reproduire de très hautes pressions en laboratoire.

Evolution minéralogique d'une péridotite en fonction de la profondeur.

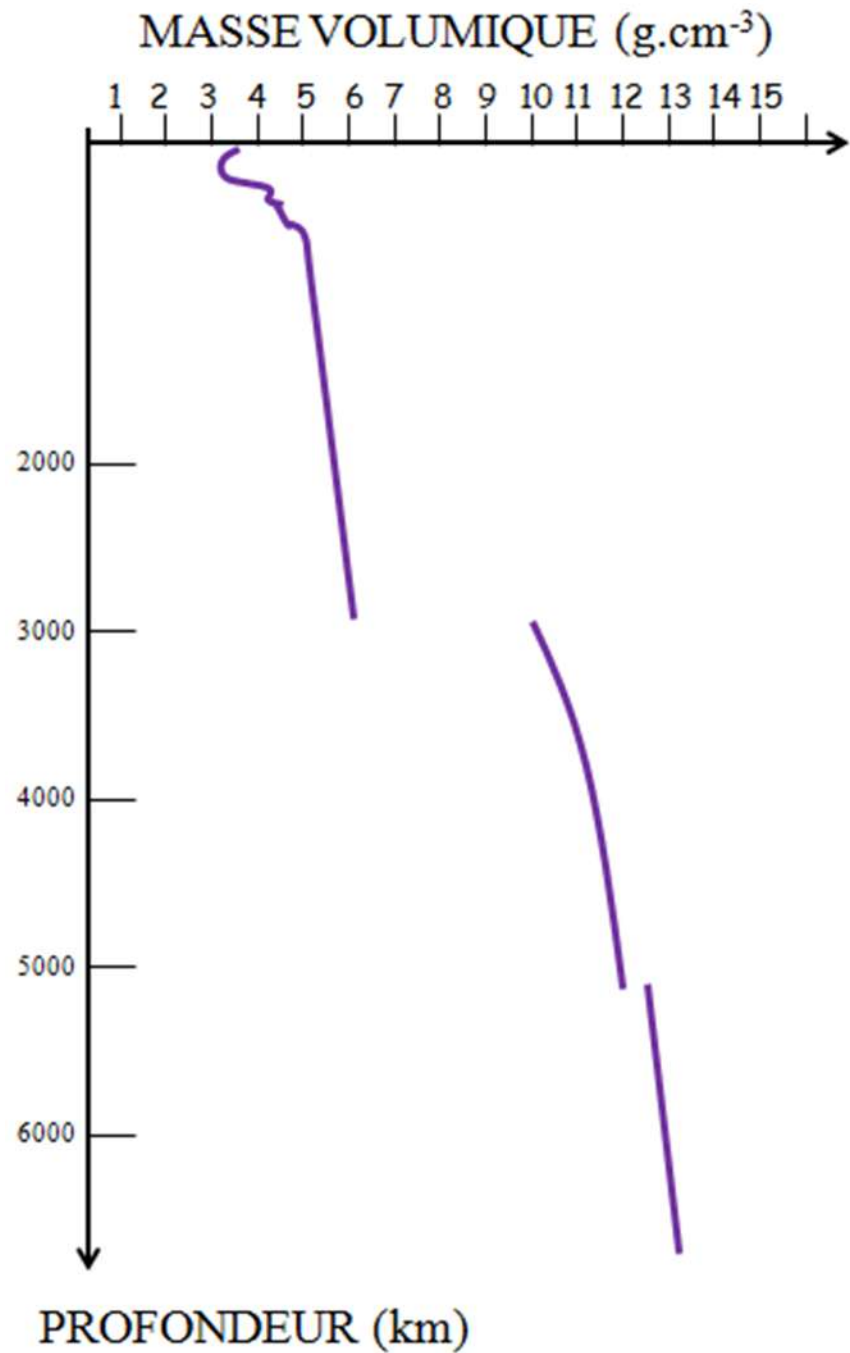
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bridgmanite-mineralogie-manteau.xml>

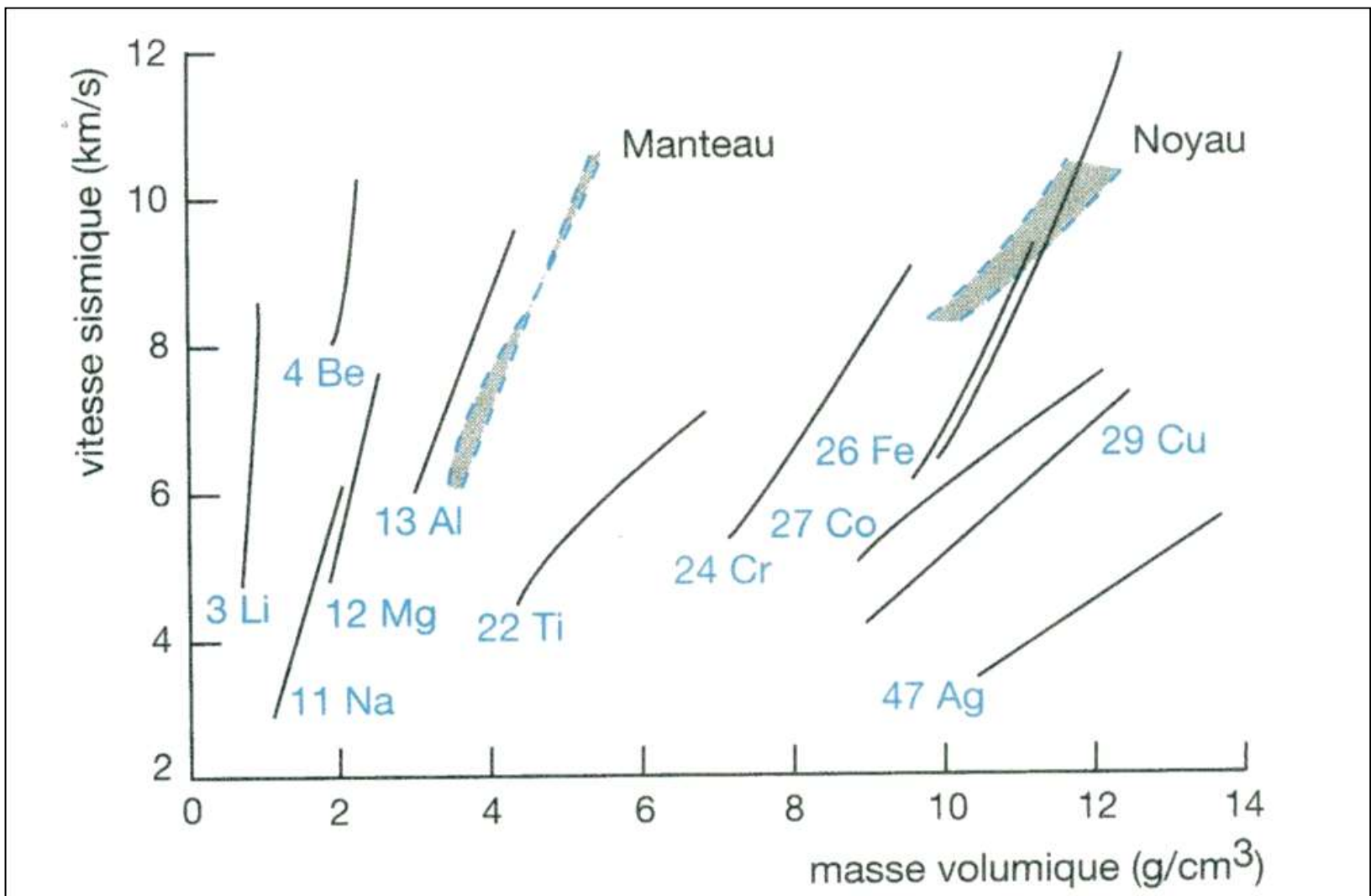


Document 17. Discontinuités dans le manteau et transitions de phases de l'olivine.



Travaux de Birch





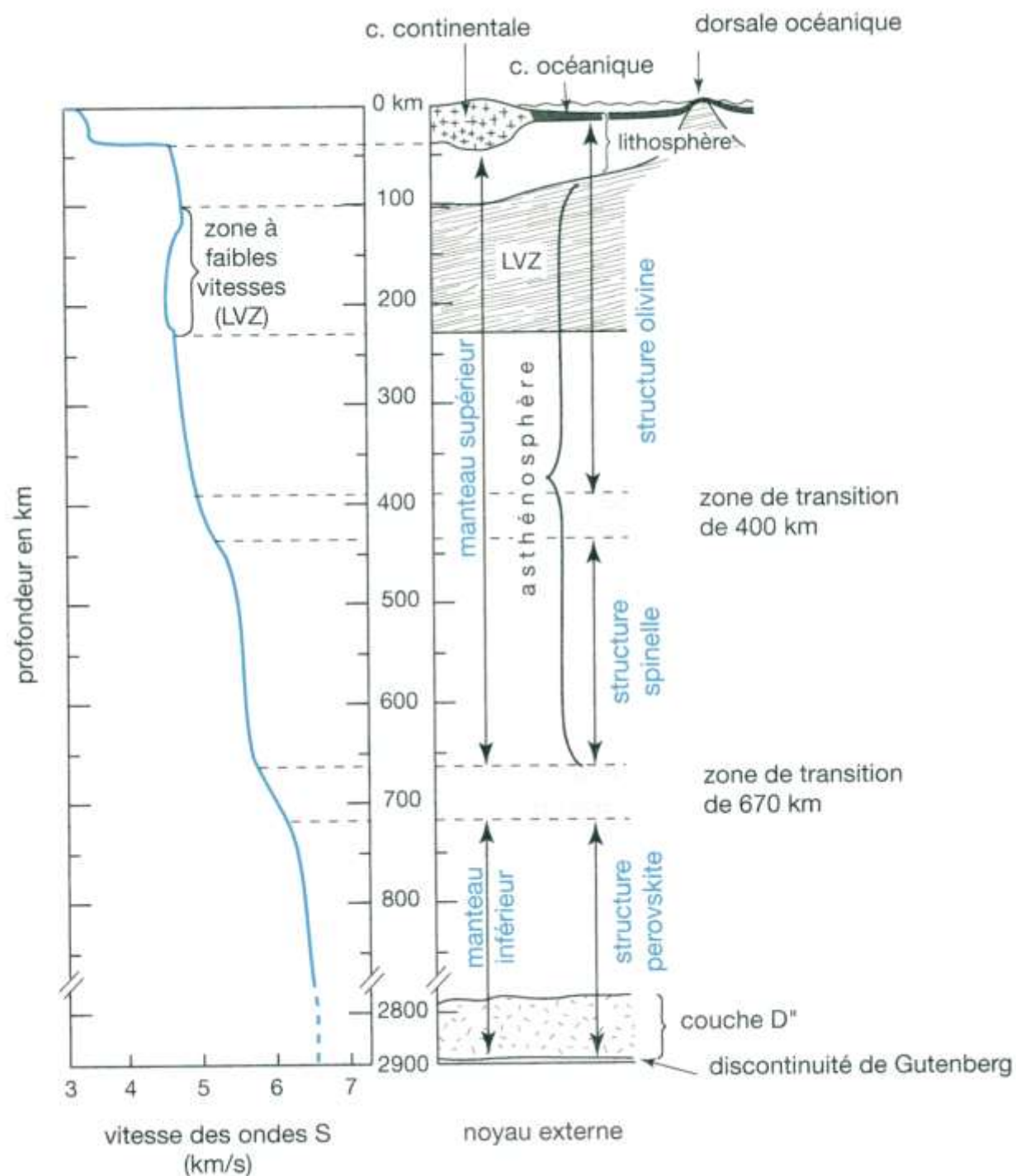
Document 19. Corrélation expérimentale entre la vitesse de propagation d'ondes de choc et la masse volumique de divers éléments.

(Schaff A. et Coll. « Sciences de la Terre et de l'Univers », Vuibert Ed.).

Document 20.

Variations des vitesses des ondes S et structuration de la croûte et du manteau terrestre.

(Schaff A. et Coll.
« Sciences de la Terre et de l'Univers », Vuibert Ed.).



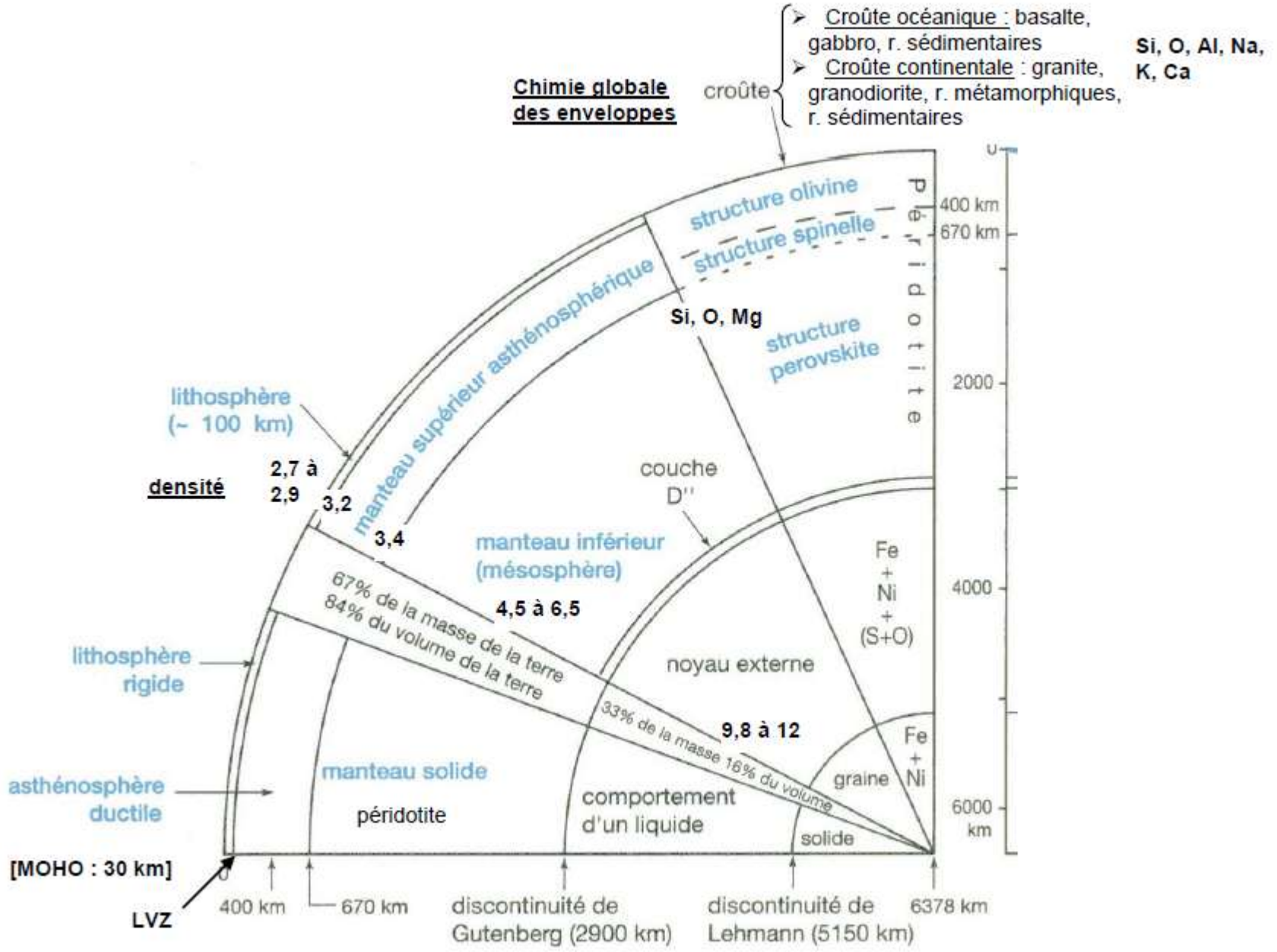


Schéma - bilan