

Plan du cours

I - Introduction

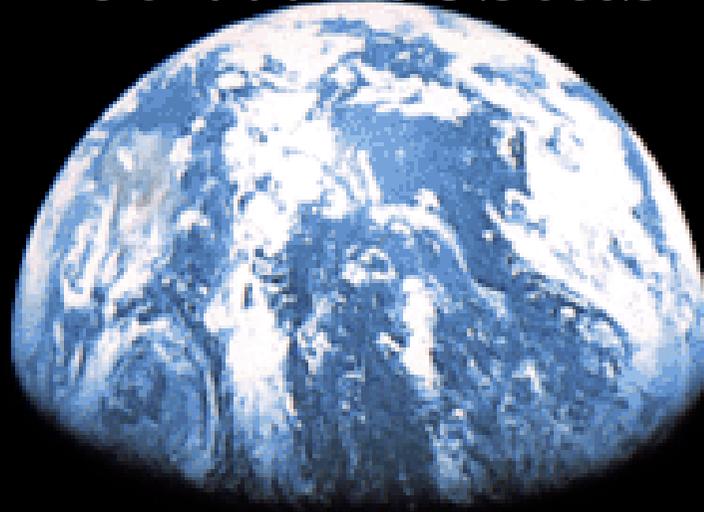
1°) La Terre dans l'Univers

2°) La Terre Active

3°) Pression et Température

Chapitre 3

Pression, température et ... isostasie



Pourquoi s'intéresser à la pression et à la température ?

1. 2 variables d'état pour caractériser les matériaux (thermodynamique).
2. Déterminent les relations de phase (fusion, cristallisation).
3. Déterminent le mode de déformation des roches.

Pourquoi s'intéresser à la pression et à la température ?

4. Pression : permet de comprendre le relief terrestre.
5. Température : dépend de l'histoire thermique de la planète.
6. Température : ses variations et les variations de densité induites sont à l'origine des mouvements internes de la Terre.

La pression : 3 principes fondamentaux

1. dûe au poids du matériau (fluide)

(dépend de la densité et de l'attraction de la pesanteur).

2. s'exerce perpendiculairement à toute surface

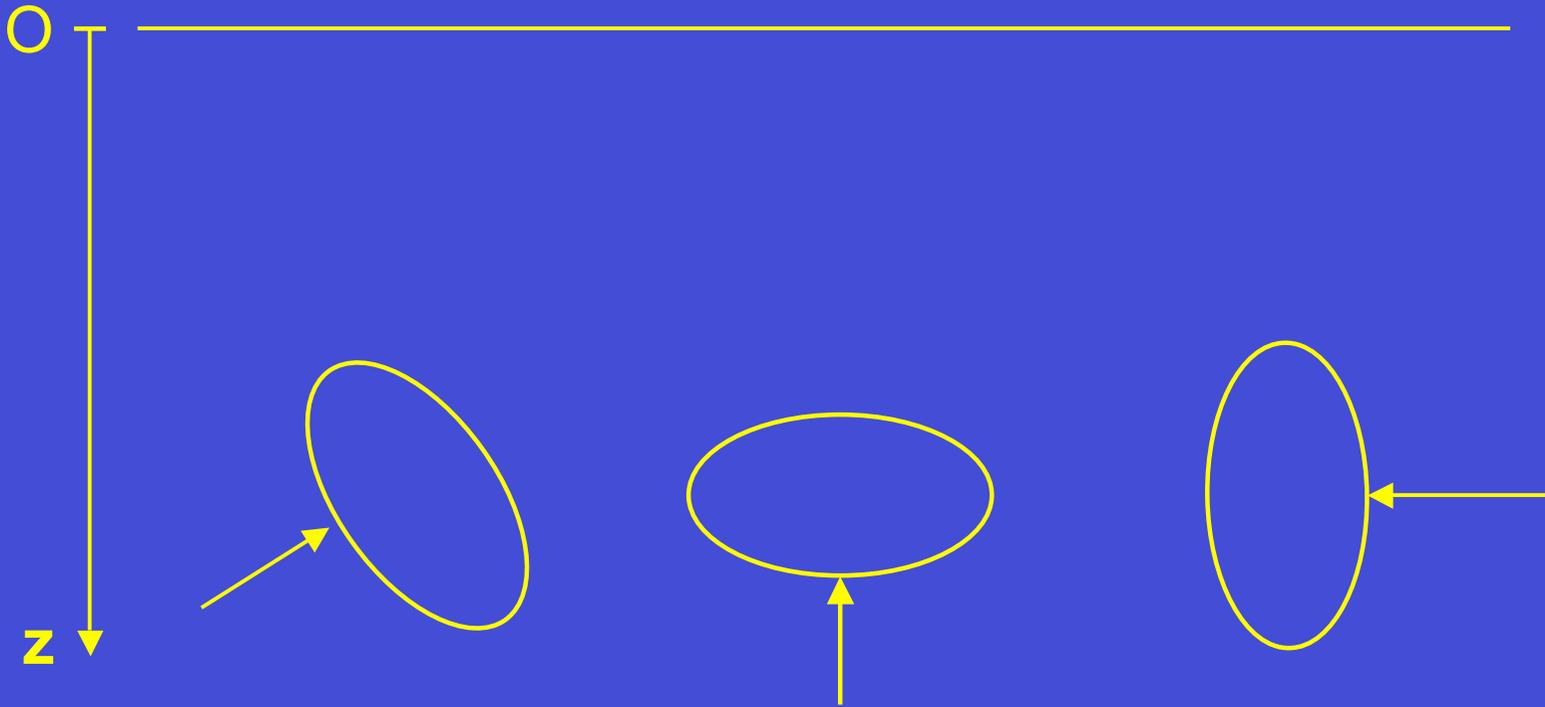
(quelle que soit son orientation).

3. est une force par unité de surface

(une contrainte)

donc : F exercée = pression x surface.

La pression s'exerce perpendiculairement à toute surface



Calcul de la pression

Cas

$\rho = \text{constante}$

**Equilibre
entre poids
et
pression**

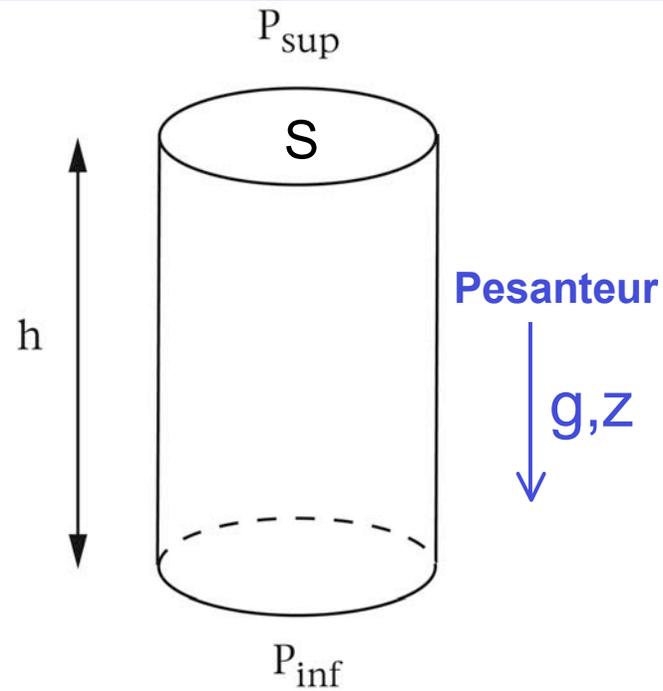
**Poids = mg
= $\rho V g$**

Calcul de la pression

Cas
 $\rho = \text{constante}$

Equilibre
entre poids
et
pression

Poids = mg
= $\rho V g$



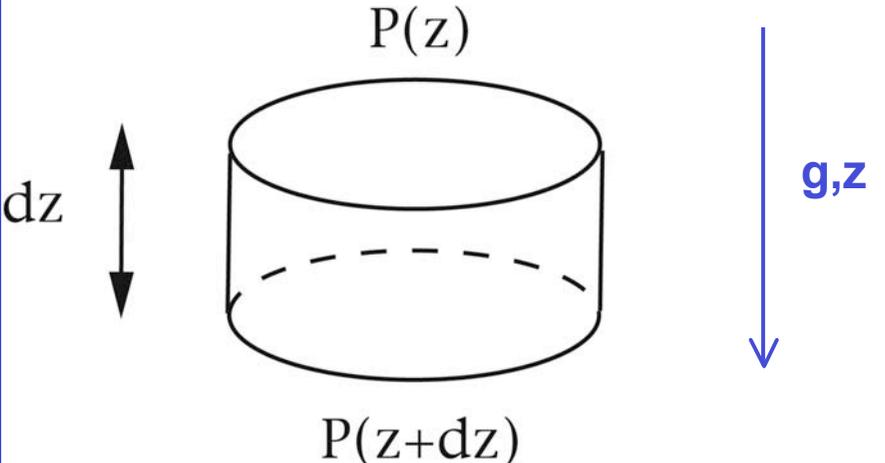
Somme des forces appliquées = **0**

Sur la verticale:

$$\rho (S h) g + P_{sup} S - P_{inf} S = 0$$

$$P_{inf} = P_{sup} + \rho g h$$

Equation différentielle pour ρ variable



$P(z)$

dz

$P(z+dz)$

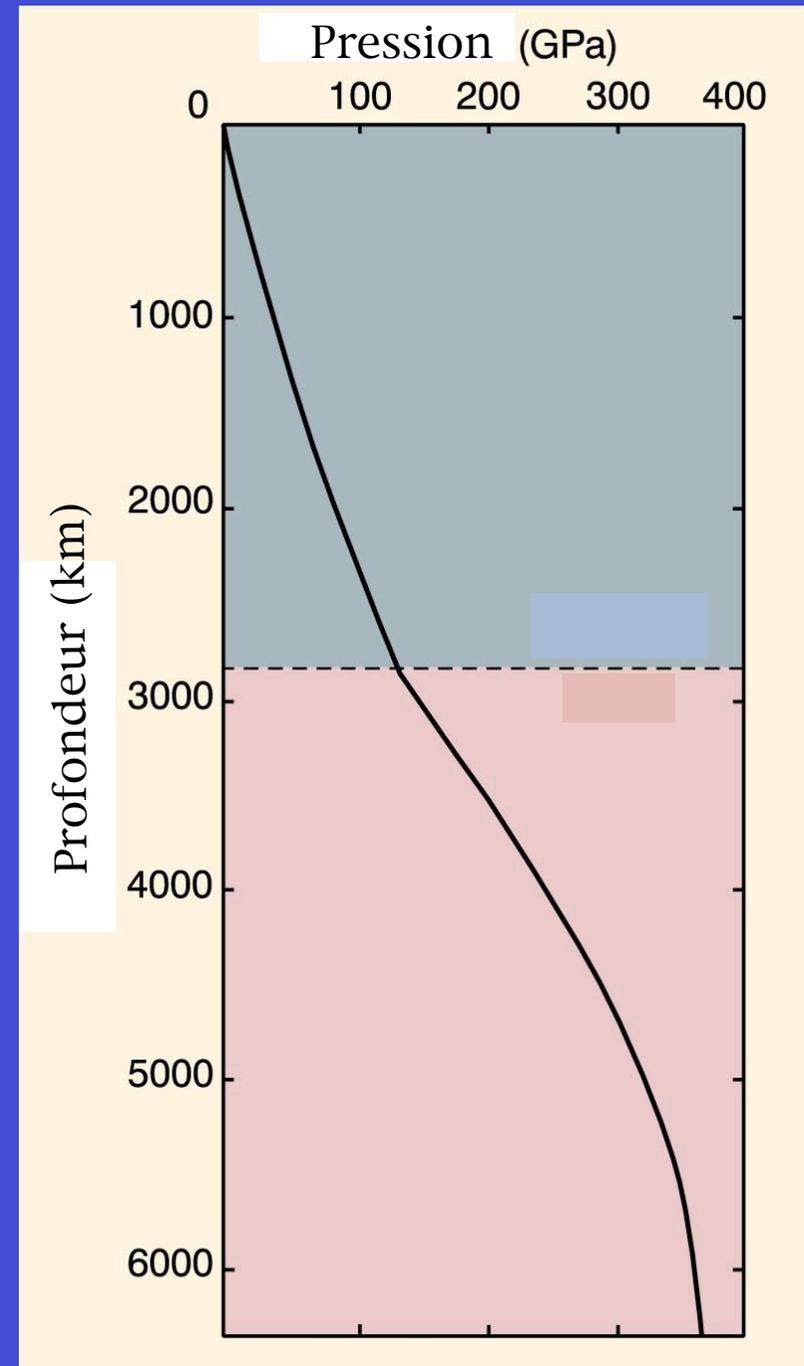
g, z

$$g \rho S dz + P(z) S - P(z+dz) S = 0$$
$$\frac{P(z+dz) - P(z)}{dz} = \rho g$$

$$\frac{dP}{dz} = \rho g$$

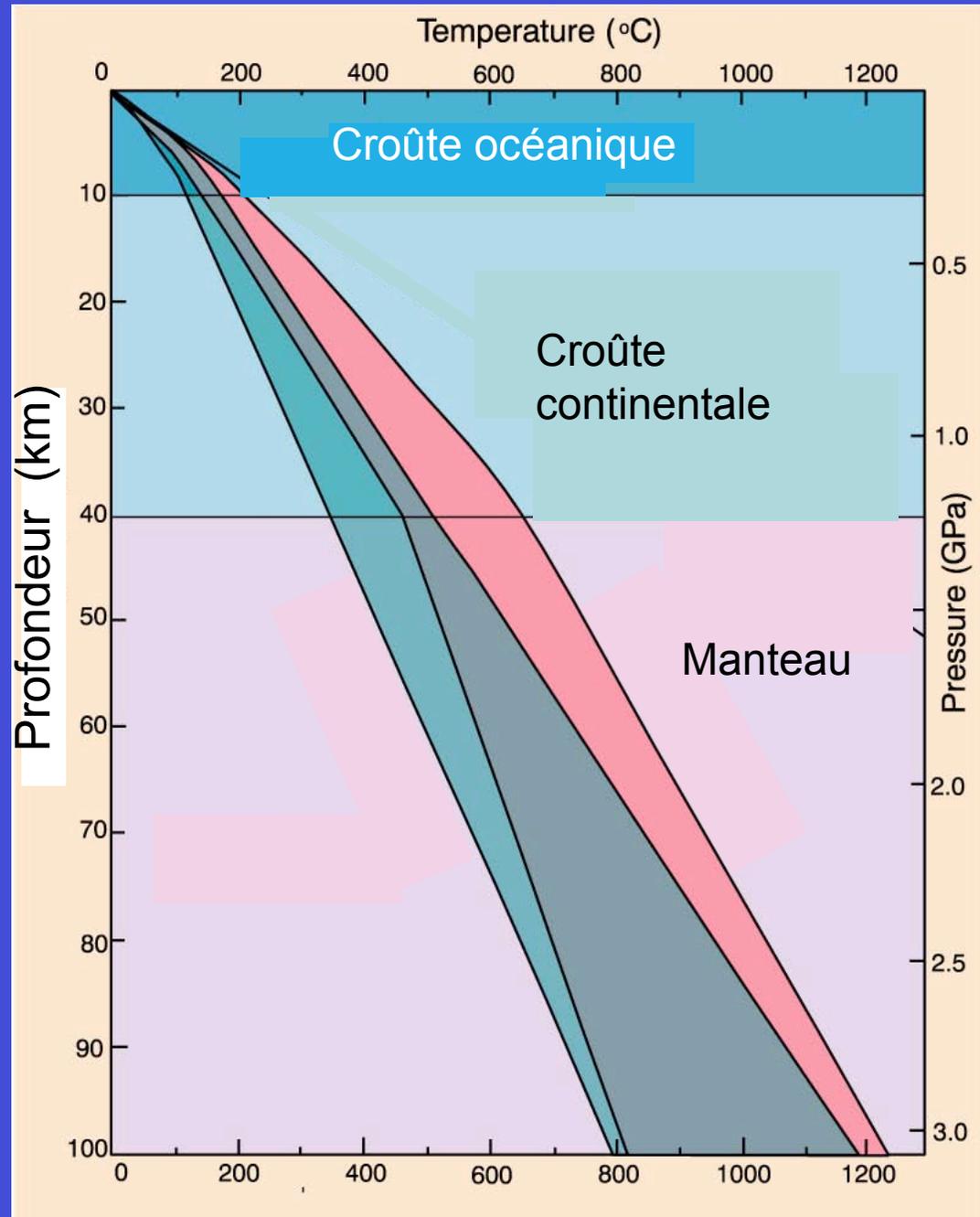
Les pressions dans la Terre

- 1 GPa à la base de la croûte
($10^9 \text{ Pa} = 10^4 \times P_{\text{atm}}$)
- Manteau
P augmente $\sim 30 \text{ MPa/km}$

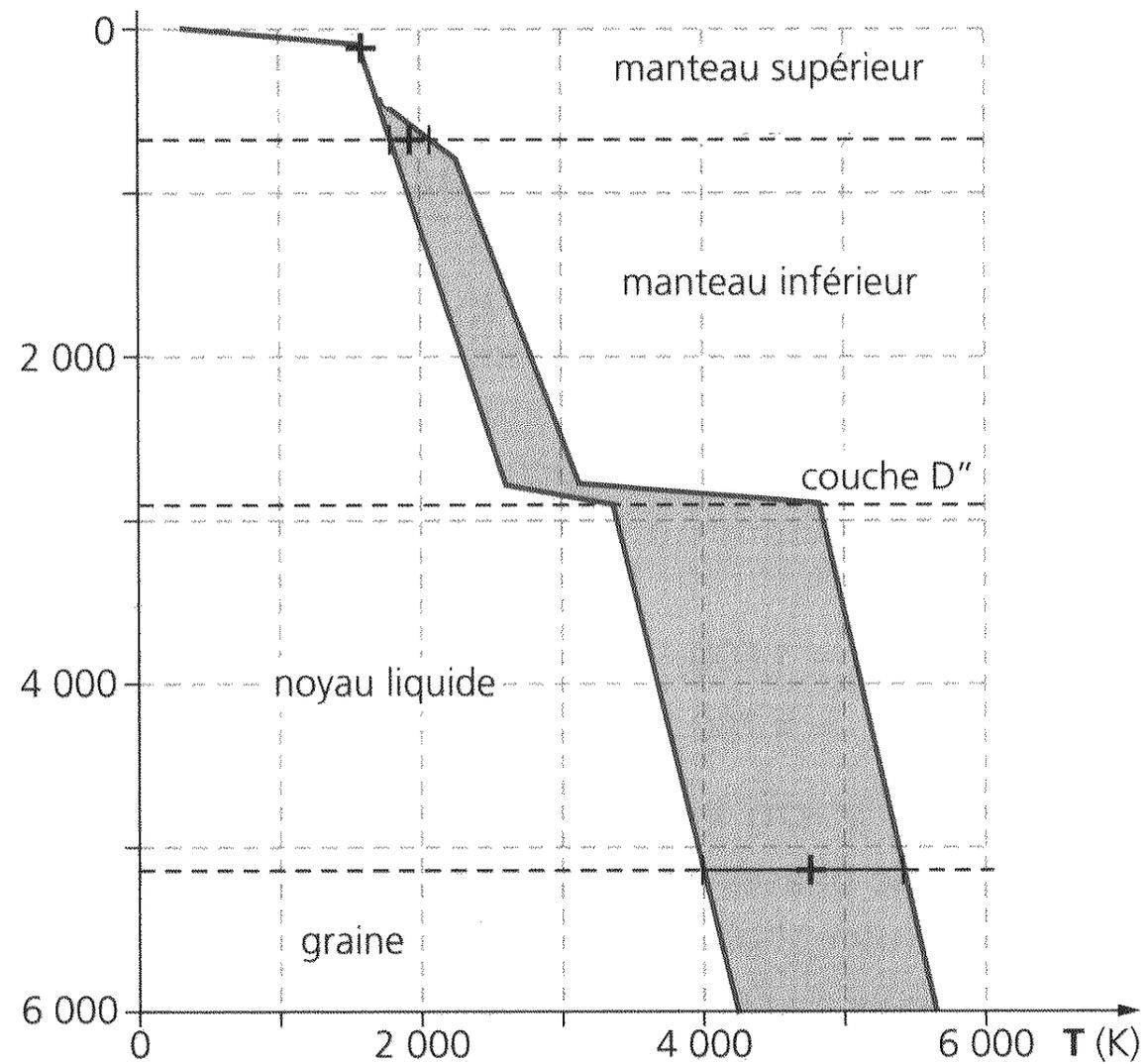


Les
températures:

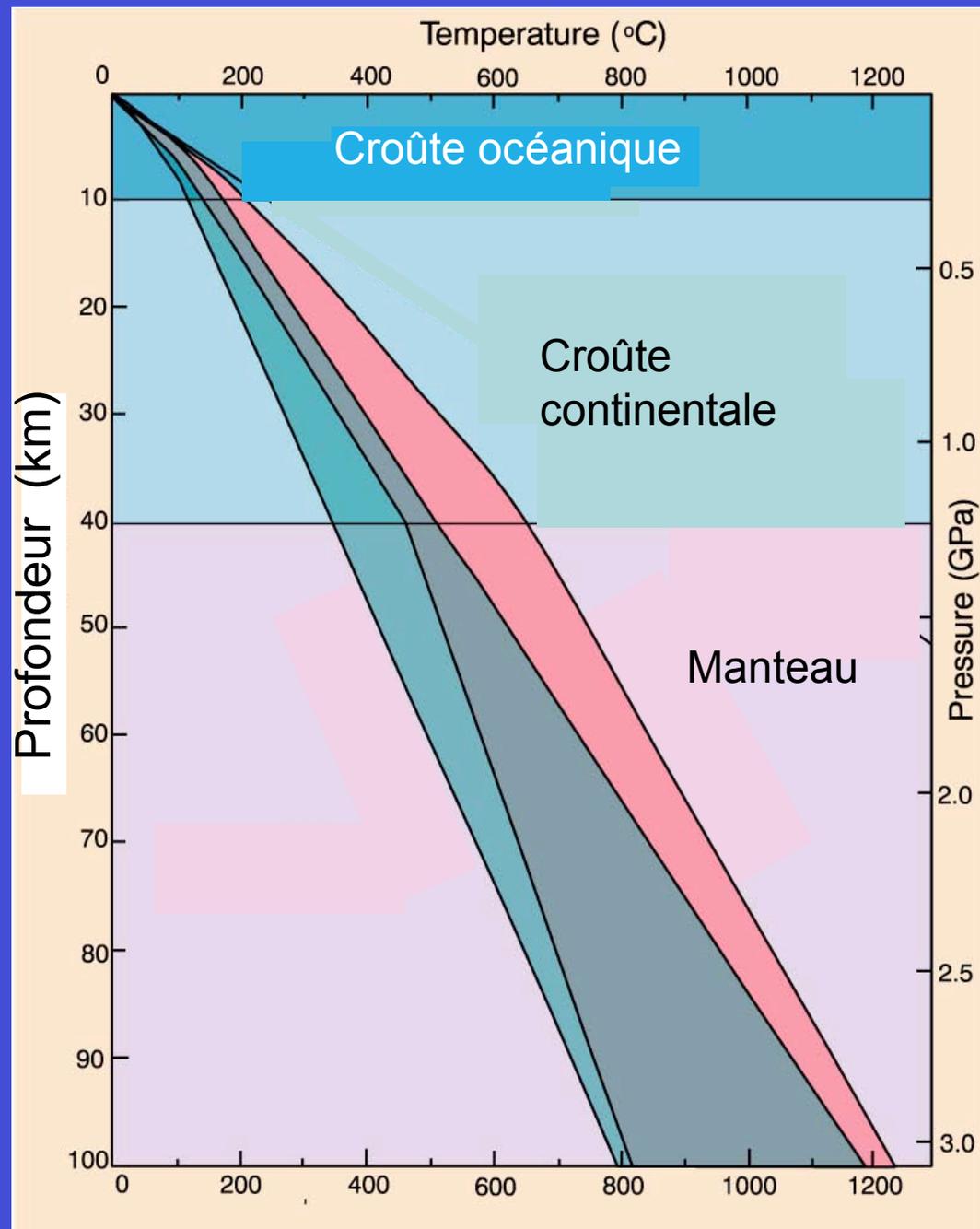
varient
beaucoup,
sont élevées
en profondeur.



profondeur (km)



ET LA FUSION DES ROCHES ?

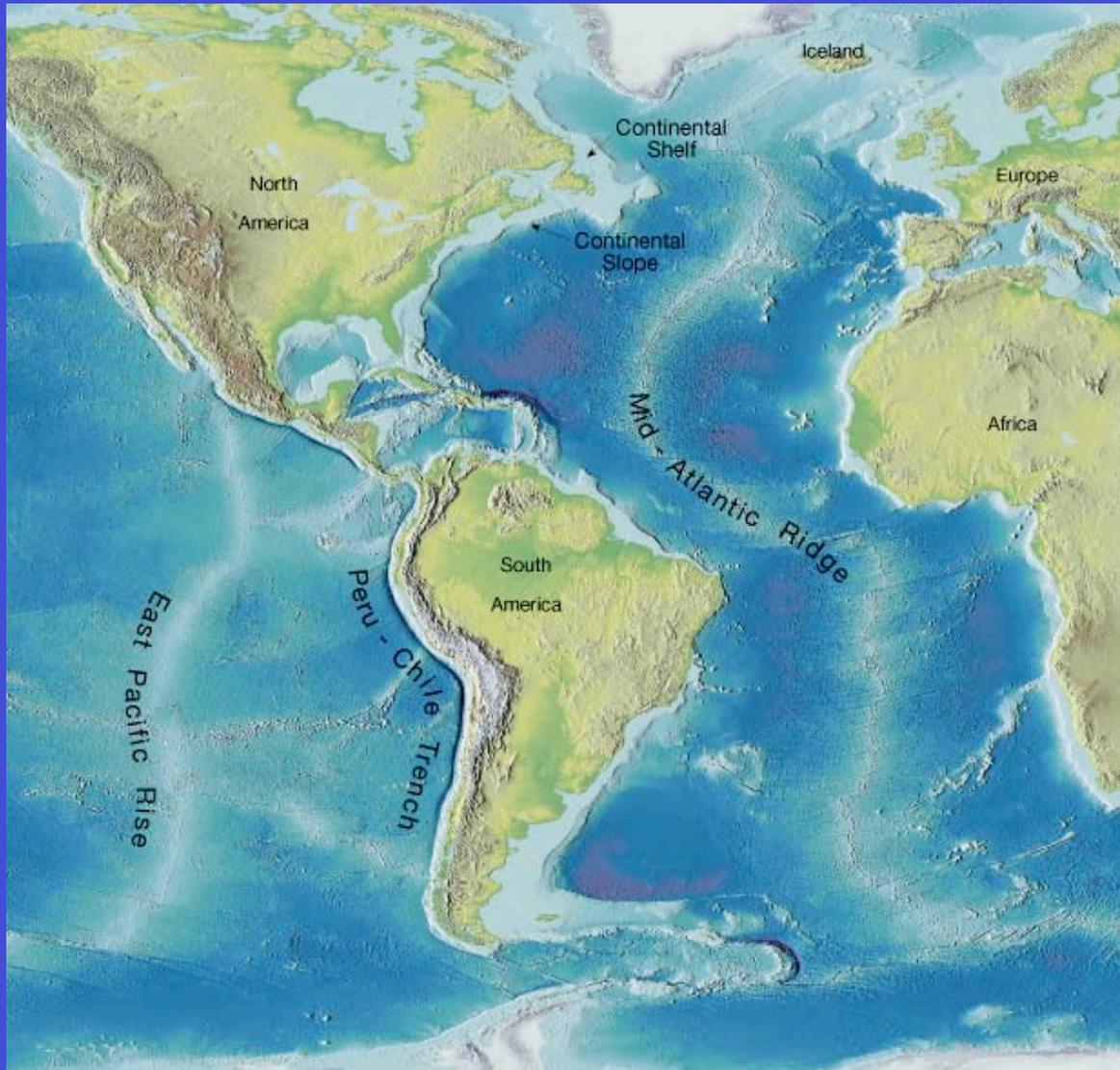


CONCLUSION

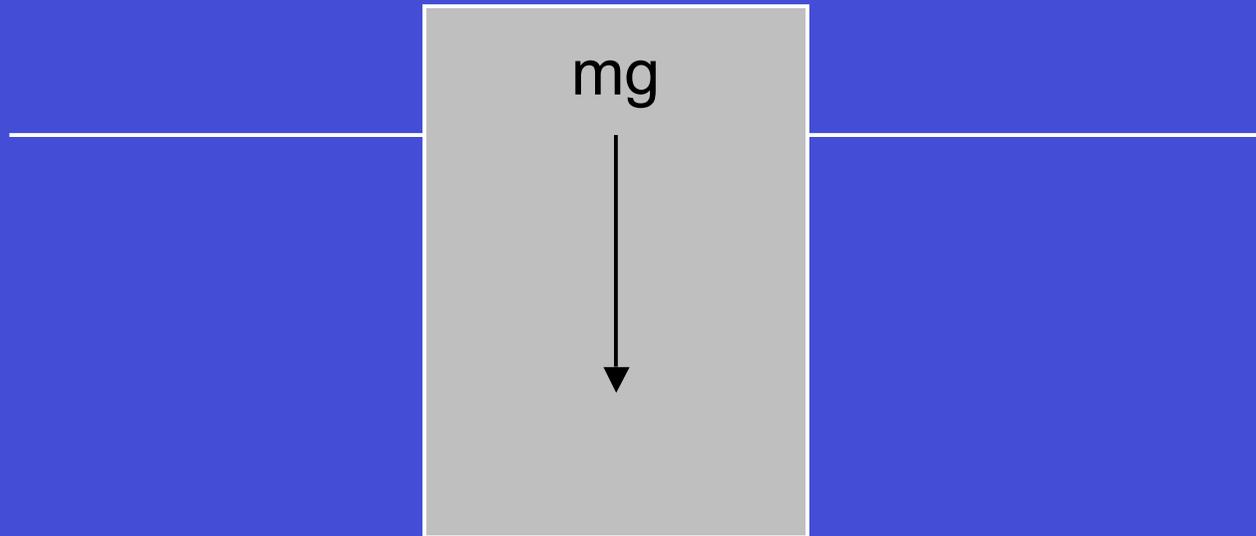
Il n'y a pas de liquide (magma)
dans la Terre "normale".

Comment expliquer le volcanisme ?

LE RELIEF TERRESTRE : EQUILIBRE ISOSTATIQUE

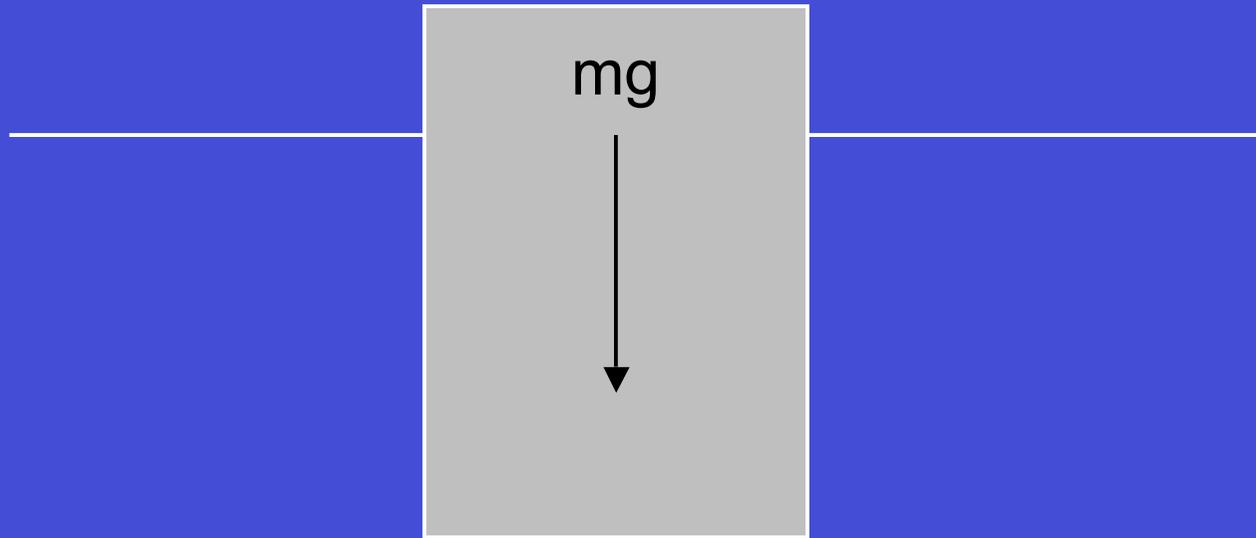


La pression et la force d'Archimède : le cas d'un bateau.



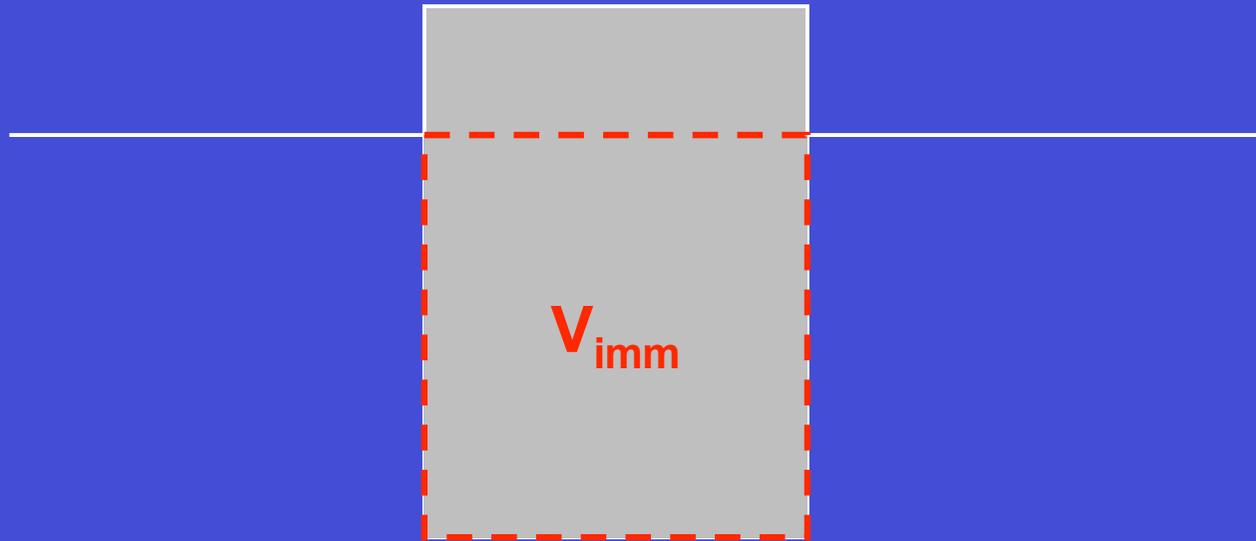
Comment assurer l'équilibre ?
(Quelle force vient s'opposer au poids ?)

La pression et la force d'Archimède : le cas d'un bateau.



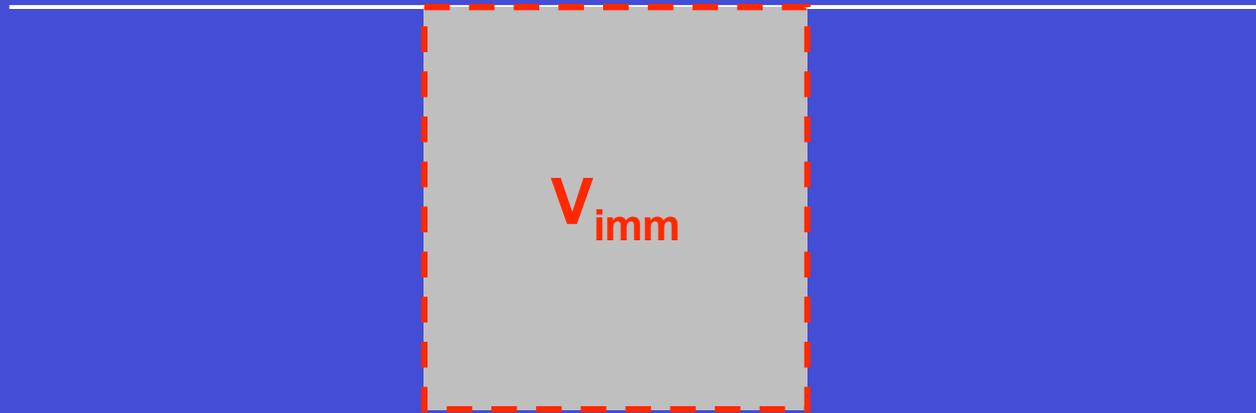
Quelle force vient s'opposer au poids ?
Les forces de pression.

Calcul d'Archimède :



A l'équilibre, le volume immergé peut être remplacé par de l'eau.
Ce volume est évidemment en équilibre.

Calcul d'Archimède :



Pour ce volume d'eau V_{imm} , l'équilibre s'écrit :

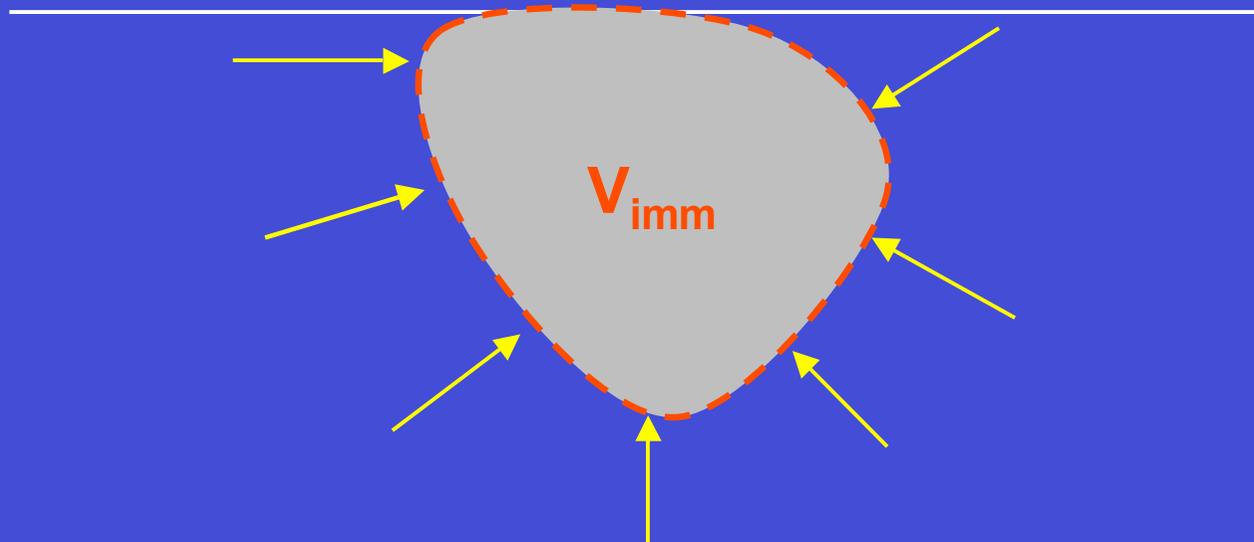
$$\rho_{eau} V_{imm} g = F_{pression}$$

(On néglige la pression atmosphérique)

Pour le bateau, on aura donc:

$$m g = F_{pression} = \rho_{eau} V_{imm} g$$

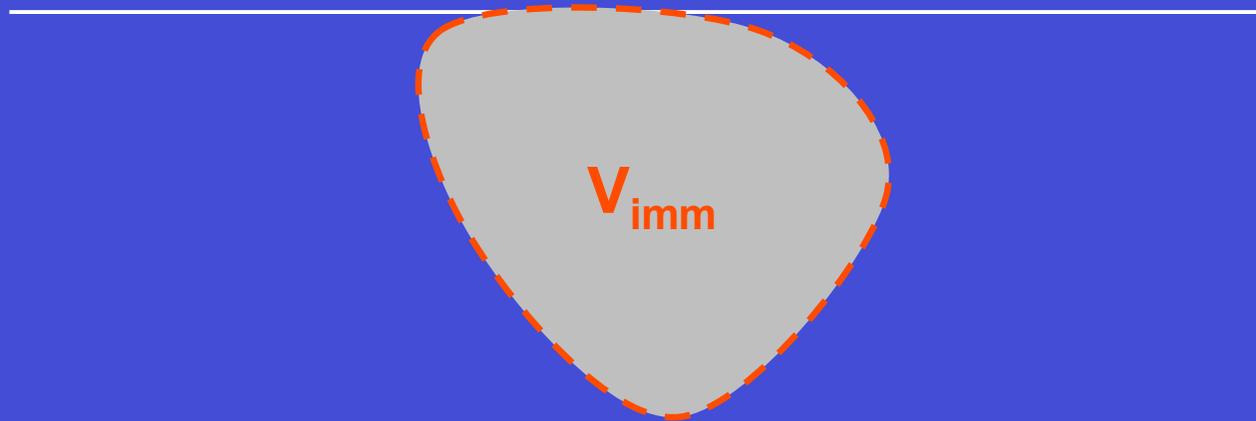
Calcul d'Archimède :



Calcul direct de la résultante
des forces de pression:
complexe pour une forme complexe.

Calcul d'Archimède :

GENIAL !

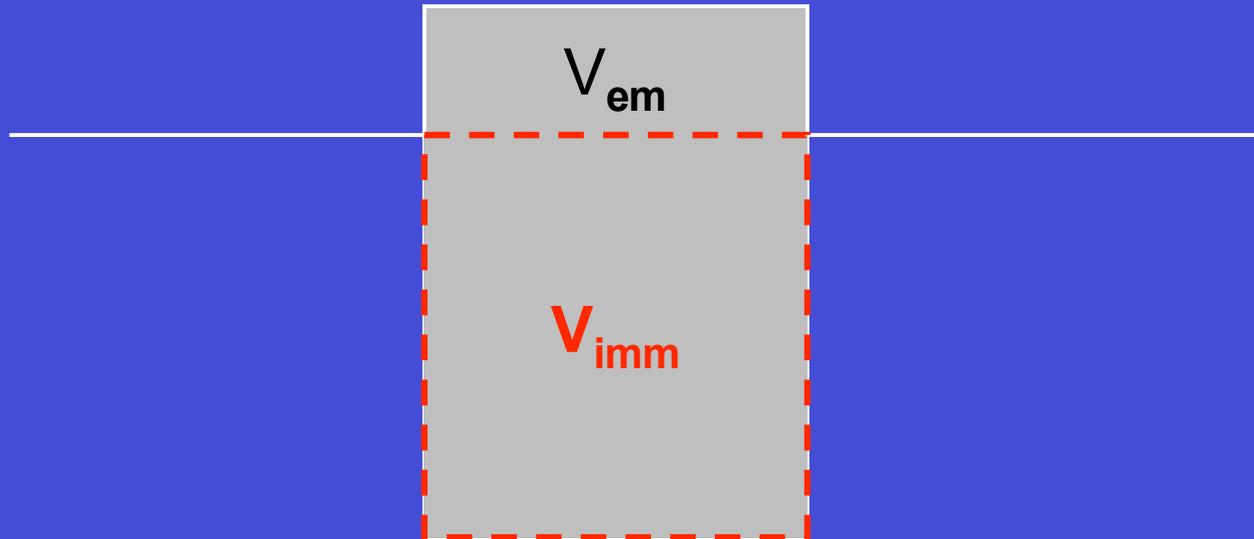


Quelle que soit la forme

du volume immergé,

$$F_{\text{pression}} = \rho_{\text{eau}} V_{\text{imm}} g.$$

Pour le bateau :



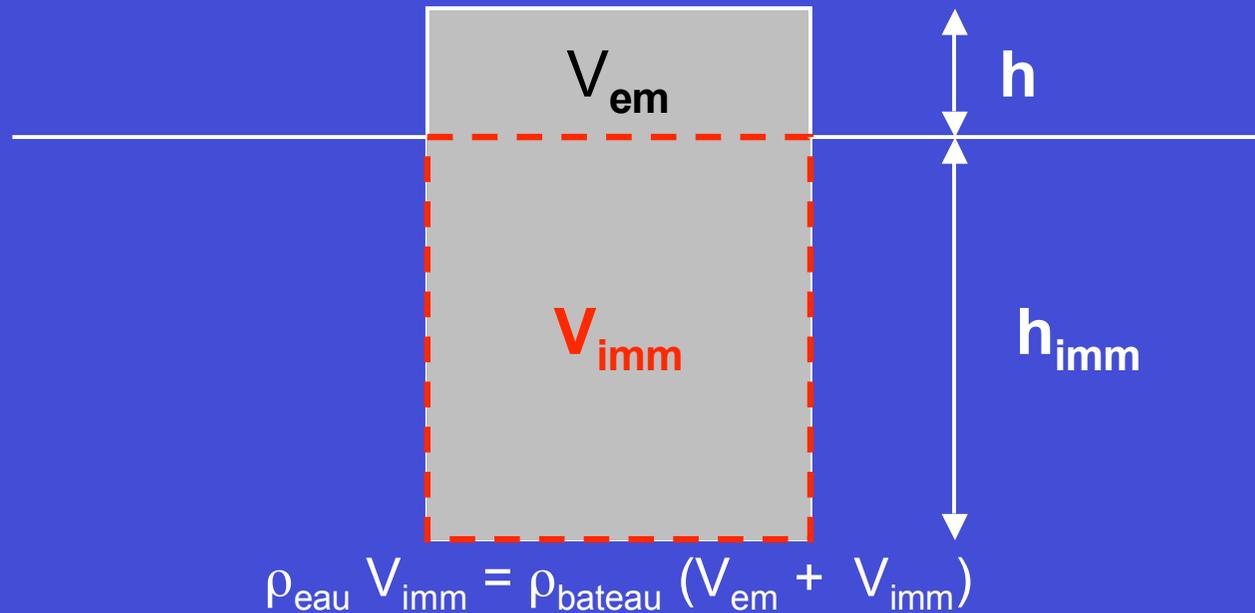
$$m g = F_{\text{pression}} = \rho_{\text{eau}} V_{\text{imm}} g.$$

$$\text{On a } m = \rho_{\text{bateau}} (V_{\text{em}} + V_{\text{imm}})$$

et on en déduit:

$$\rho_{\text{eau}} V_{\text{imm}} = \rho_{\text{bateau}} (V_{\text{em}} + V_{\text{imm}})$$

Pour une même forme (même section horizontale) :
 $V = S h$



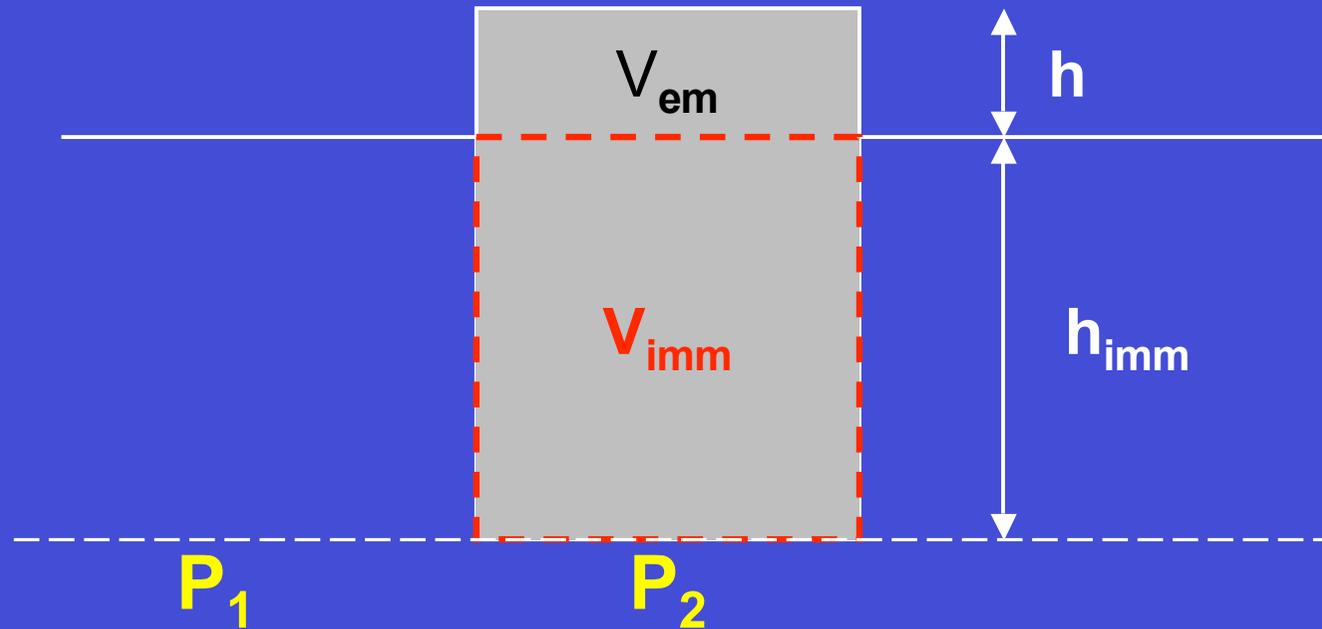
se réécrit :

$$\rho_{\text{eau}} h_{\text{imm}} = \rho_{\text{bateau}} (h + h_{\text{imm}})$$

et encore :

$$h_{\text{imm}} = h \frac{\rho_{\text{bateau}}}{\rho_{\text{eau}} - \rho_{\text{bateau}}}$$

Quelles valeurs de la pression ?



NOTE : $\rho_{eau} h_{imm} = \rho_{bateau} (h + h_{imm})$

correspond à l'égalité des pressions

à la profondeur h_{imm} sous le bateau et ailleurs dans l'eau:

$$P_1 = P_2.$$

Pour que le principe d'Archimède puisse s'appliquer à la Terre:
2 conditions doivent être réunies

1. Variations de densité
2. Comportement d'un fluide

Variations de densité

Mesurées en laboratoire.
Roches du plancher océanique
= basaltes et péridotites.
 $\rho_o \approx 3.0.$

Roches continentales
= sédiments, granites et gneiss.
 $\rho_c \approx 2.7.$

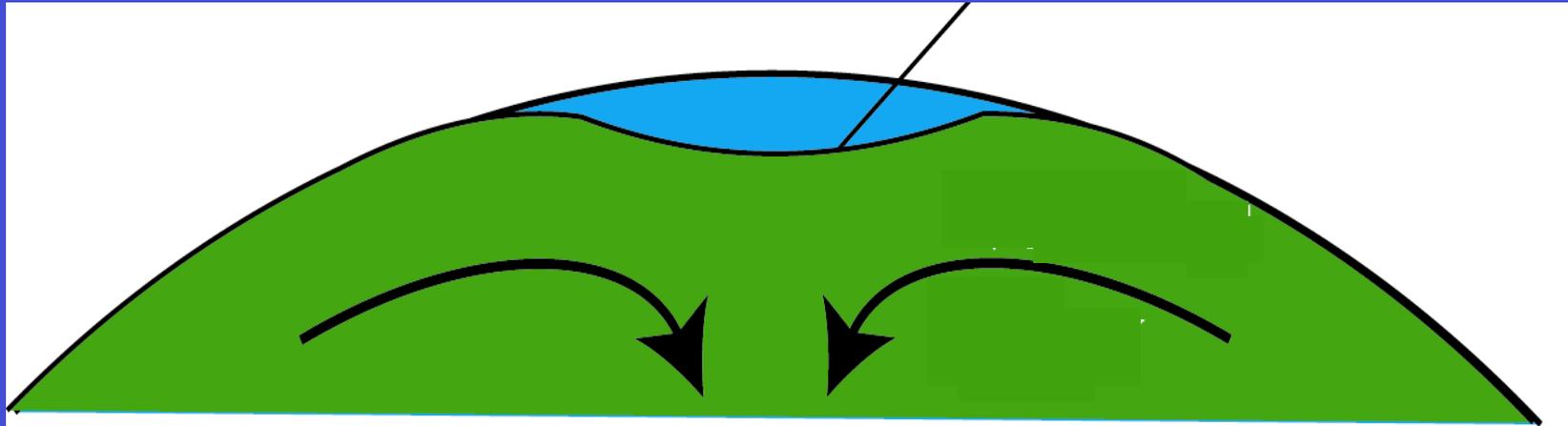
La densité baisse avec la température.

Comportement d'un fluide

A cause des températures élevées.

Expérience naturelle :
le rebond post-glaciaire.

Calotte glaciaire = charge de surface



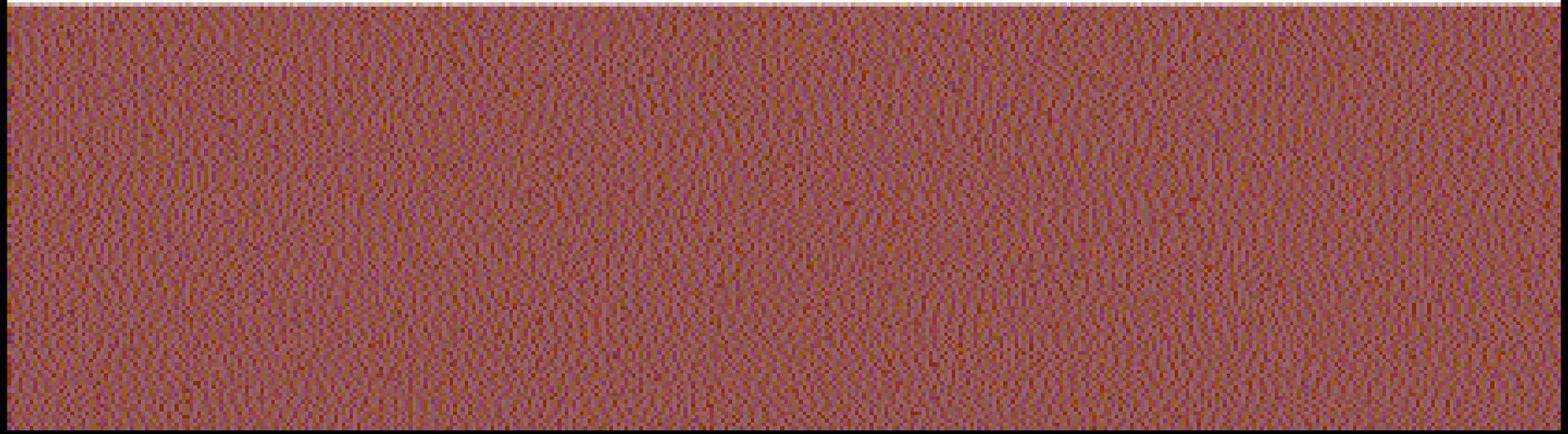
La surface se déforme (s'écoule)

Calotte glaciaire continentale : inlandsis

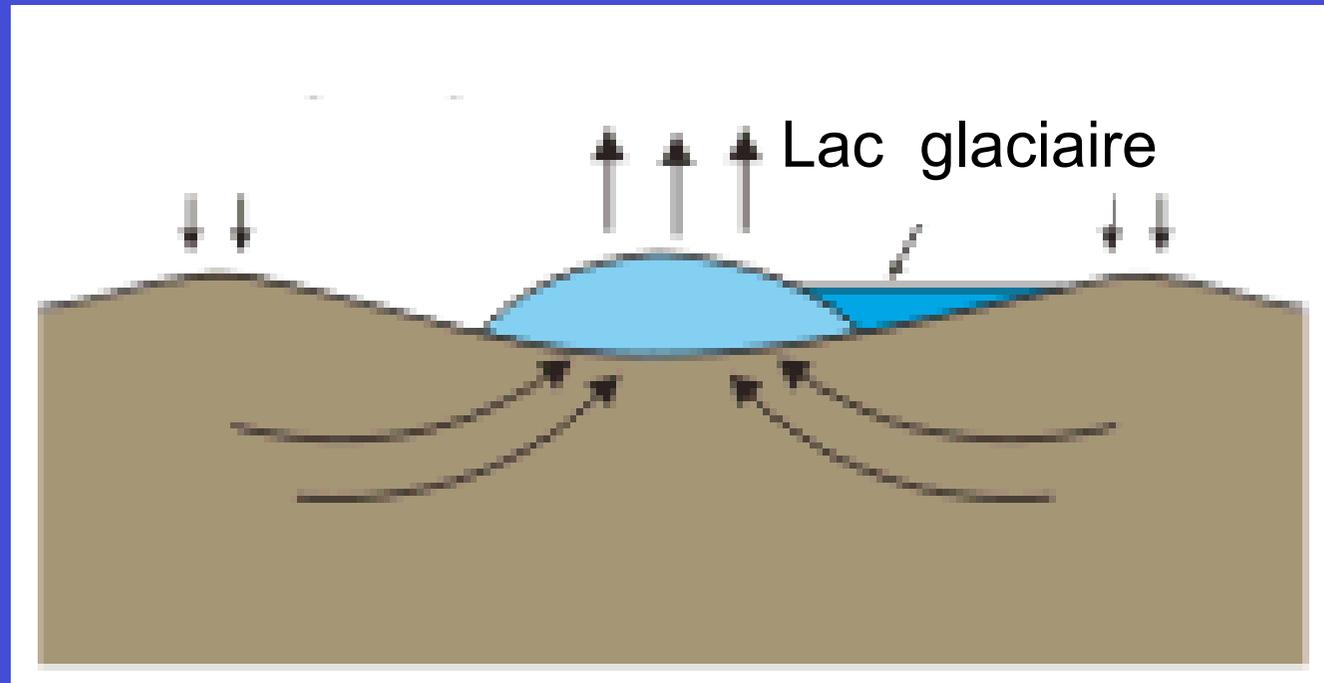


Bord de la calotte glaciaire Canadienne
Ile Ellesmere

Interglacial



Déglaciation



La surface remonte
(retour à l'équilibre)

SEDIMENTS LACUSTRES RECENTS



Couches sédimentaires au bord d'un lac (aujourd'hui disparu)

Corail de Floride

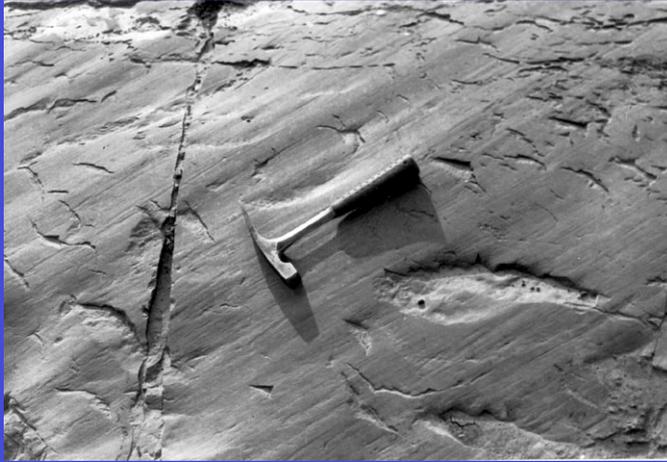


Traces de la glace Arctique en Sibérie

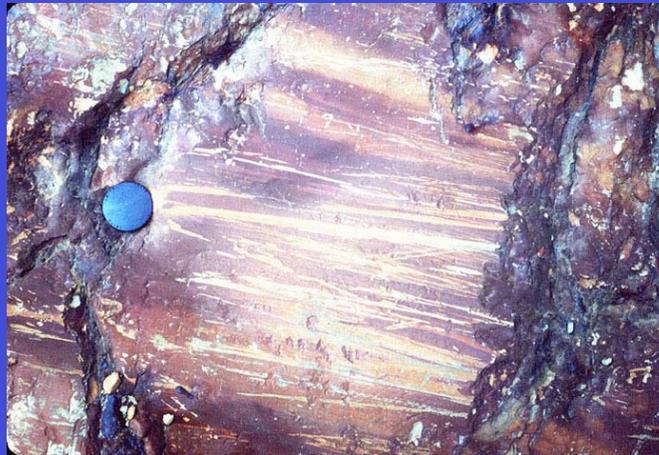


Les traces d'un glacier

Sillons



Esquilles



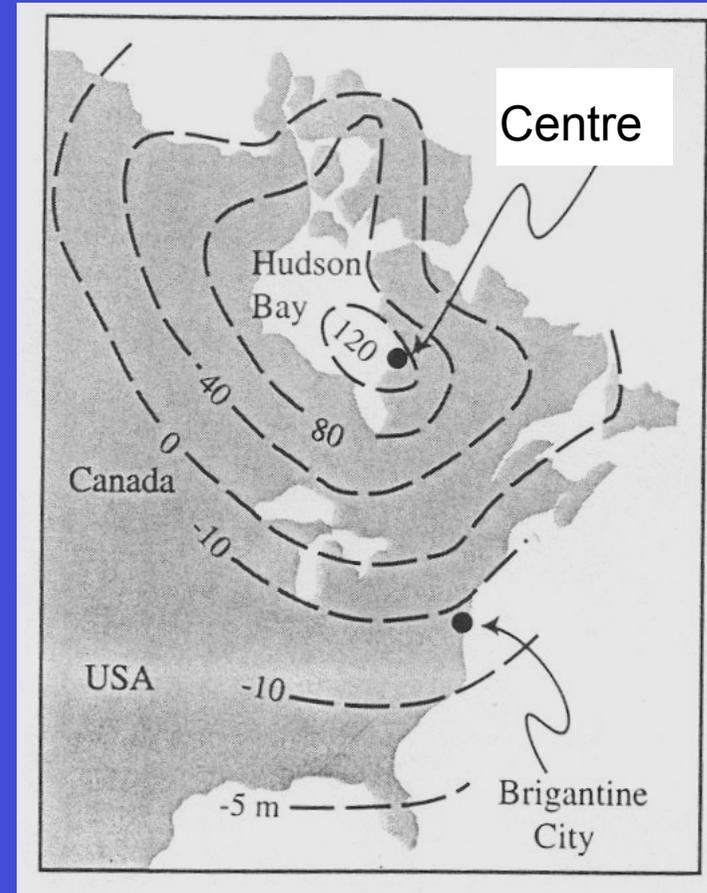
Stries

Les marques d'un glacier



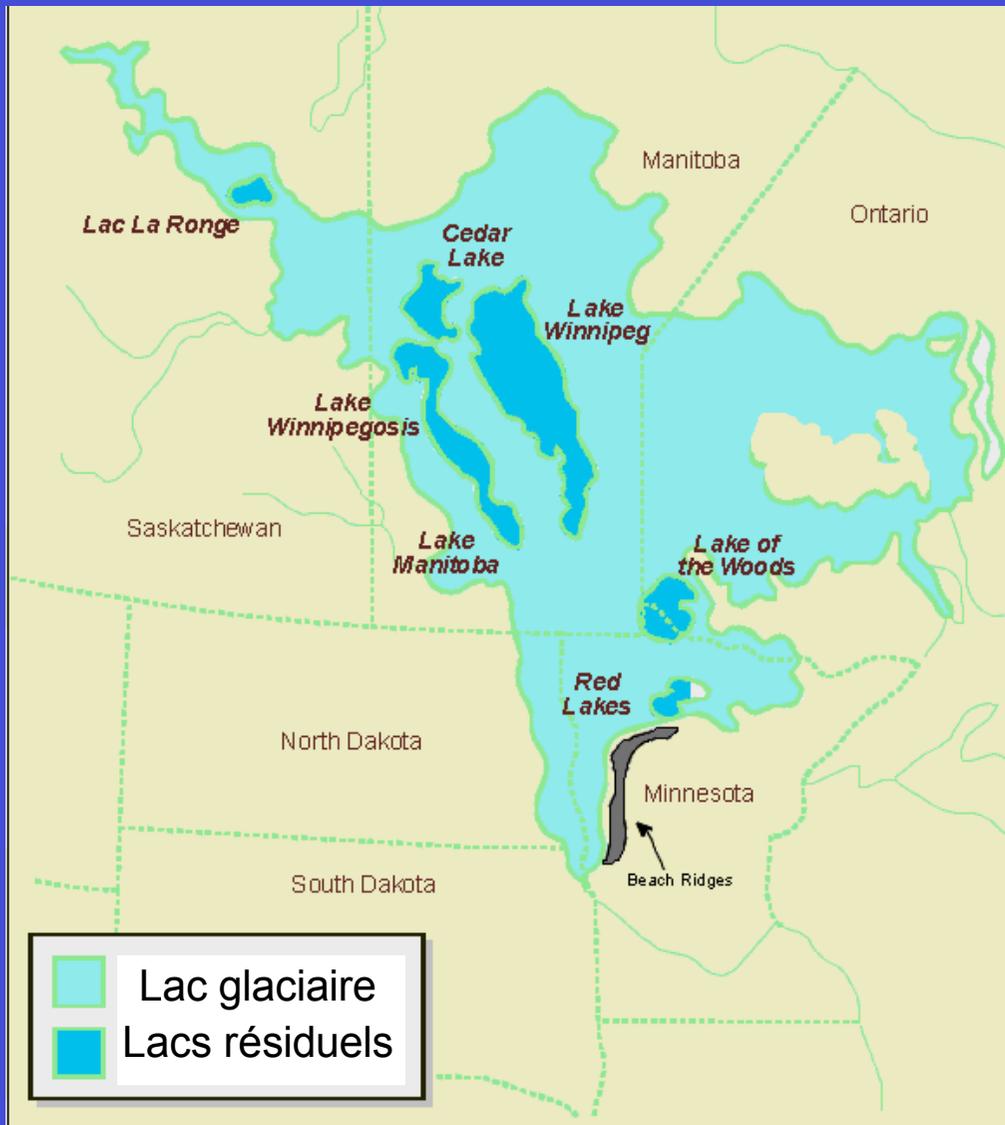
Vue de l'état de Manitoba près de Winnipeg.
Les grands carrés sont des quadrillages du cadastre (1500 x 1500 m)..

- Baisse du niveau apparent des mers (soulèvement du continent)
- 100-150 mètres en < 18,000 années.



Soulèvement/Subsidence
(mètres)

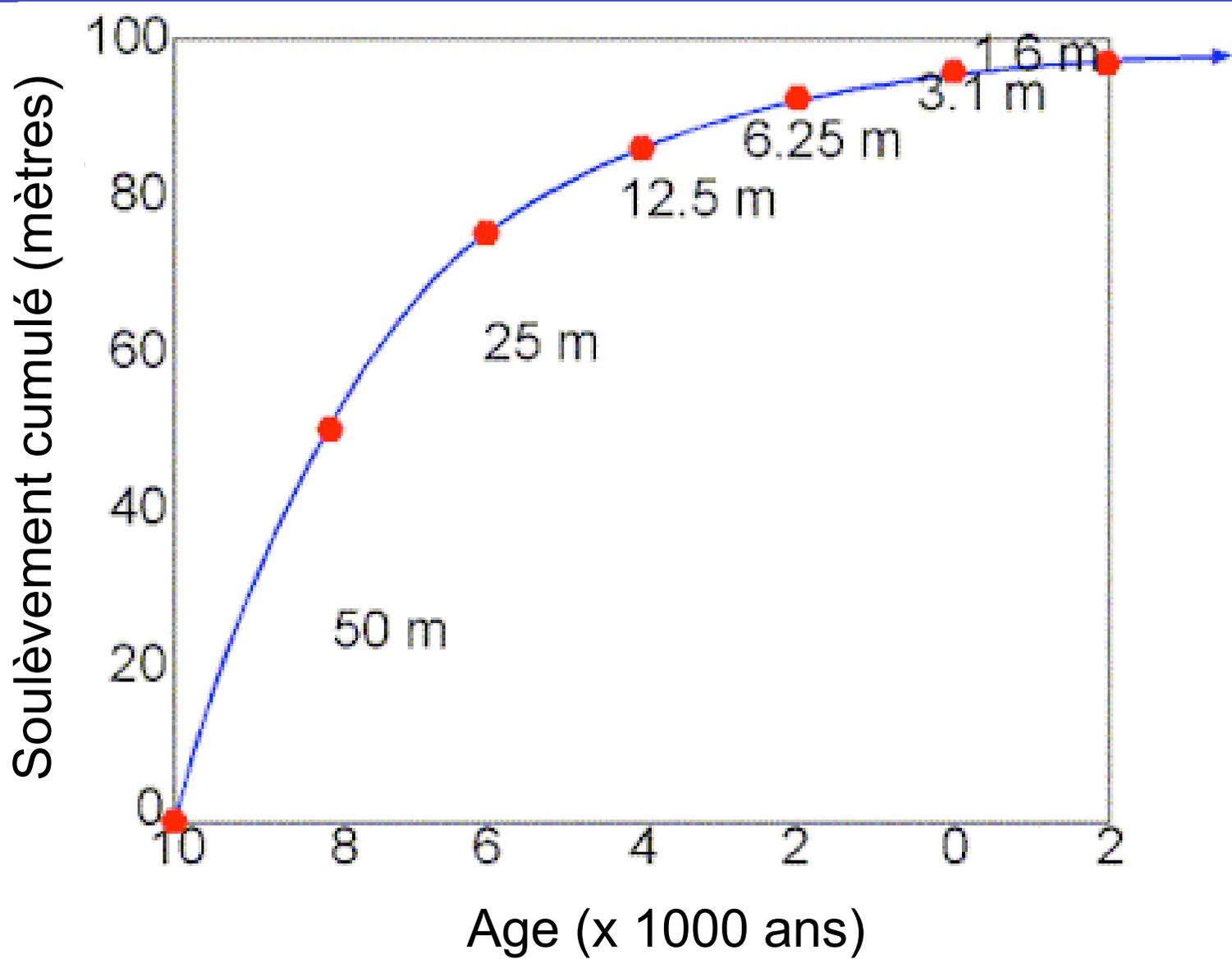
LAC AGASSIZ (Amérique du Nord)



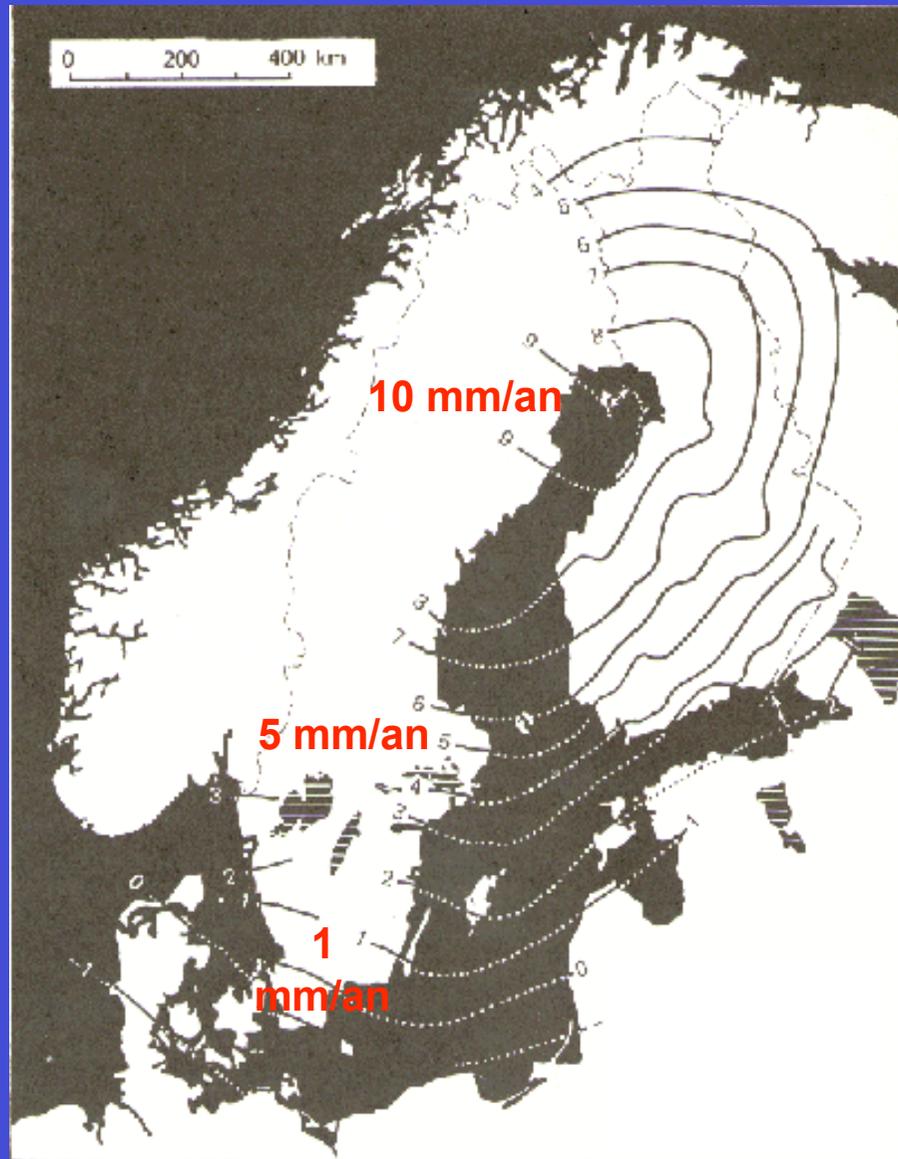
Surface totale =
350,000 km².

Il y 7,500 ans, la ville
de Winnipeg était sous
213 mètres d'eau.

Aujourd'hui, le lac
Winnipeg a
10 mètres de
profondeur.



Vitesse de soulèvement (en mm/an) en Scandinavie



CONCLUSIONS

A l'échelle des temps géologiques,
les matériaux terrestres se comportent comme un fluide.

CONSEQUENCES

Principe d'équilibre isostatique.
Tout relief est dû à des différences de densité.

Physiographie de la Surface Terrestre

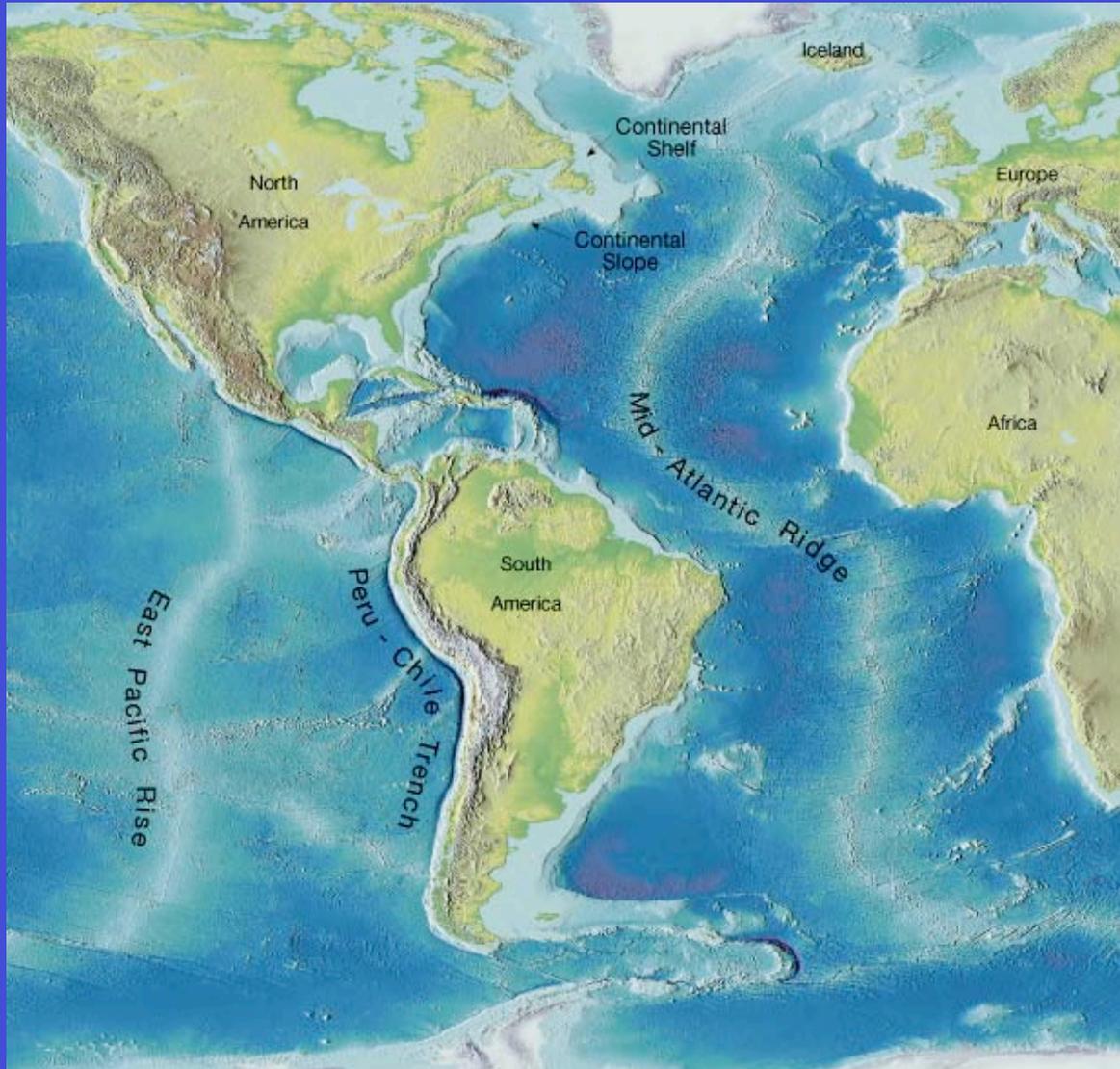


Subdivision 1
Continents
Bassins océaniques

Subdivision 2
Continents:
Chaînes de Montagne
Fossés (Rhin)
Océans:
Dorsales
Fosses (Antilles, Japon)

Variations de température

topographie des fonds marins (dorsales)



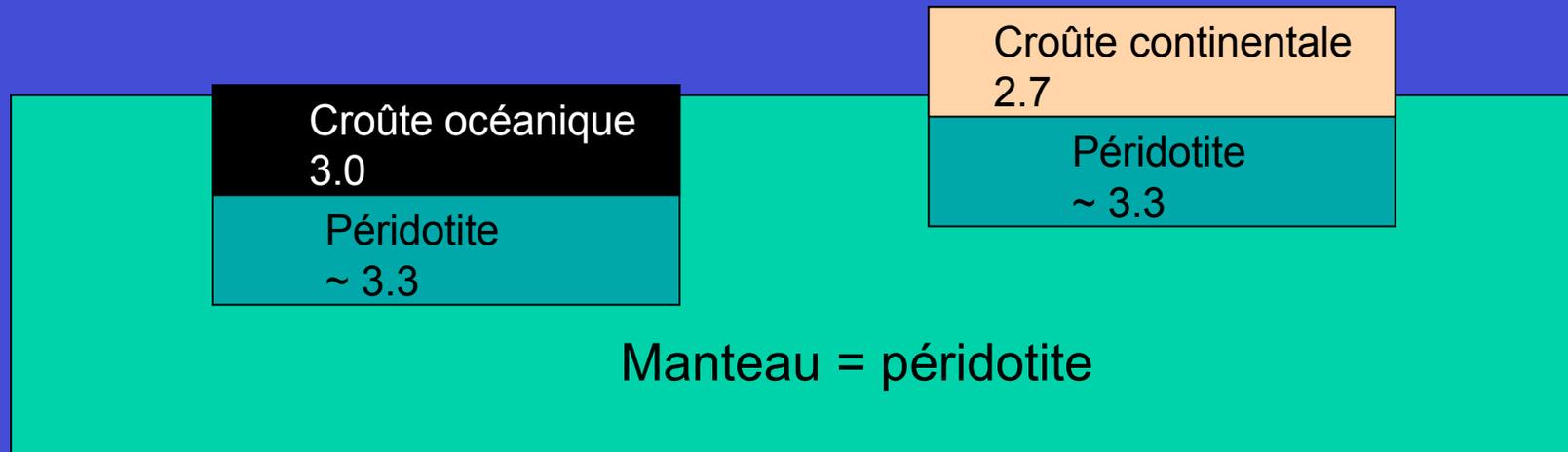
**Le relief terrestre est dû
aux variations de la distribution verticale de la
densité
qui sont elles-même dûes aux variations**

- de la composition des roches de surface (de la croûte)
différence océans-continents
- d'épaisseur de la croûte continentale
chaînes de montagne
bassins sédimentaires

ET

- de température
topographie des fonds marins

Variations de la composition des roches de surface (de la croûte)
différence océans-continents

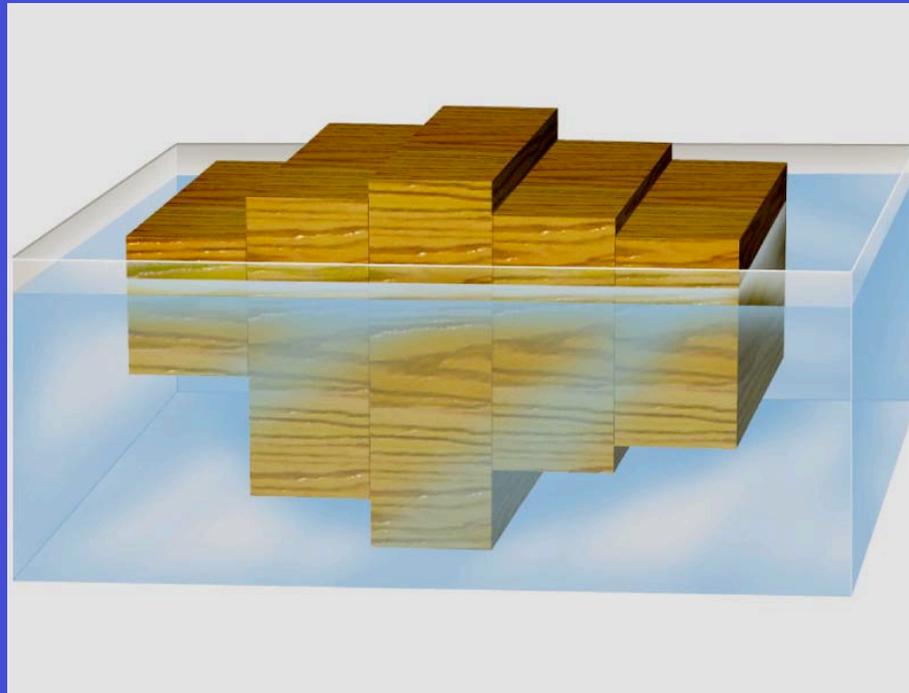


Un bloc continental s'élève plus haut qu'un bloc océanique.

Variations d'épaisseur de la croûte continentale

Chaînes de montagne (en positif)

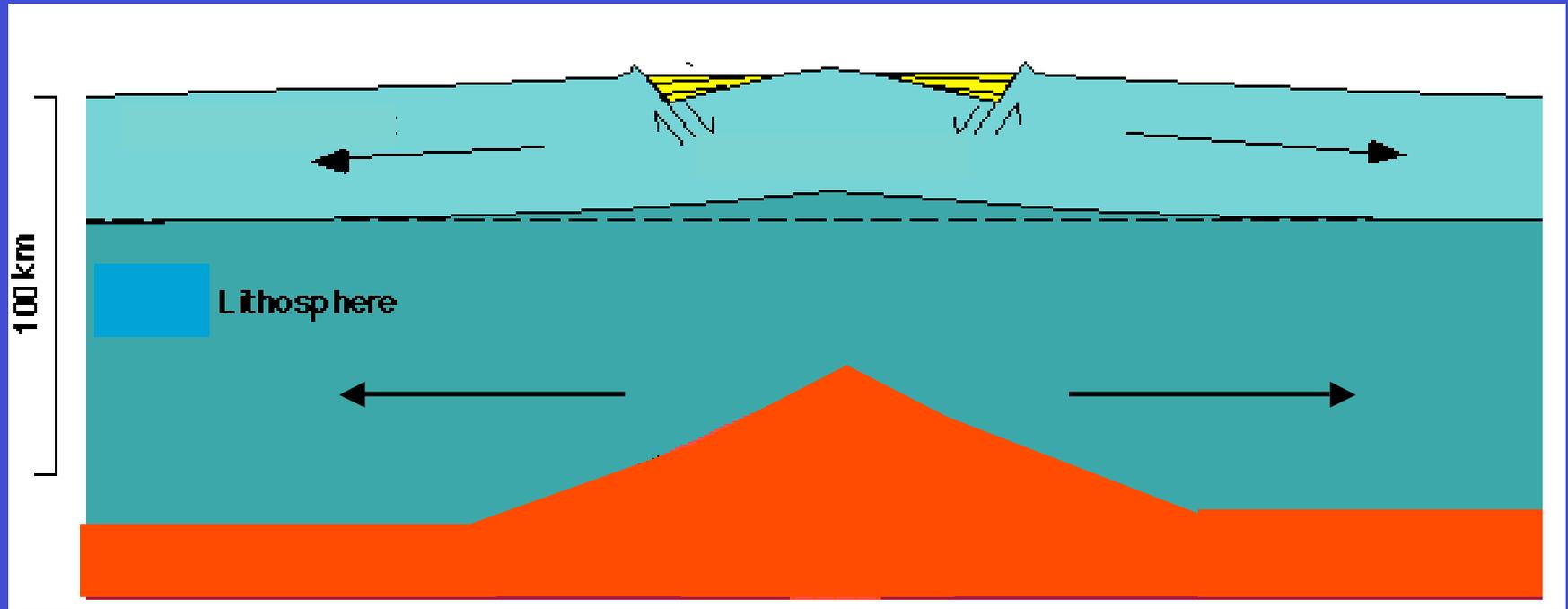
CROUTE EPAISSIE



Variations d'épaisseur de la croûte continentale

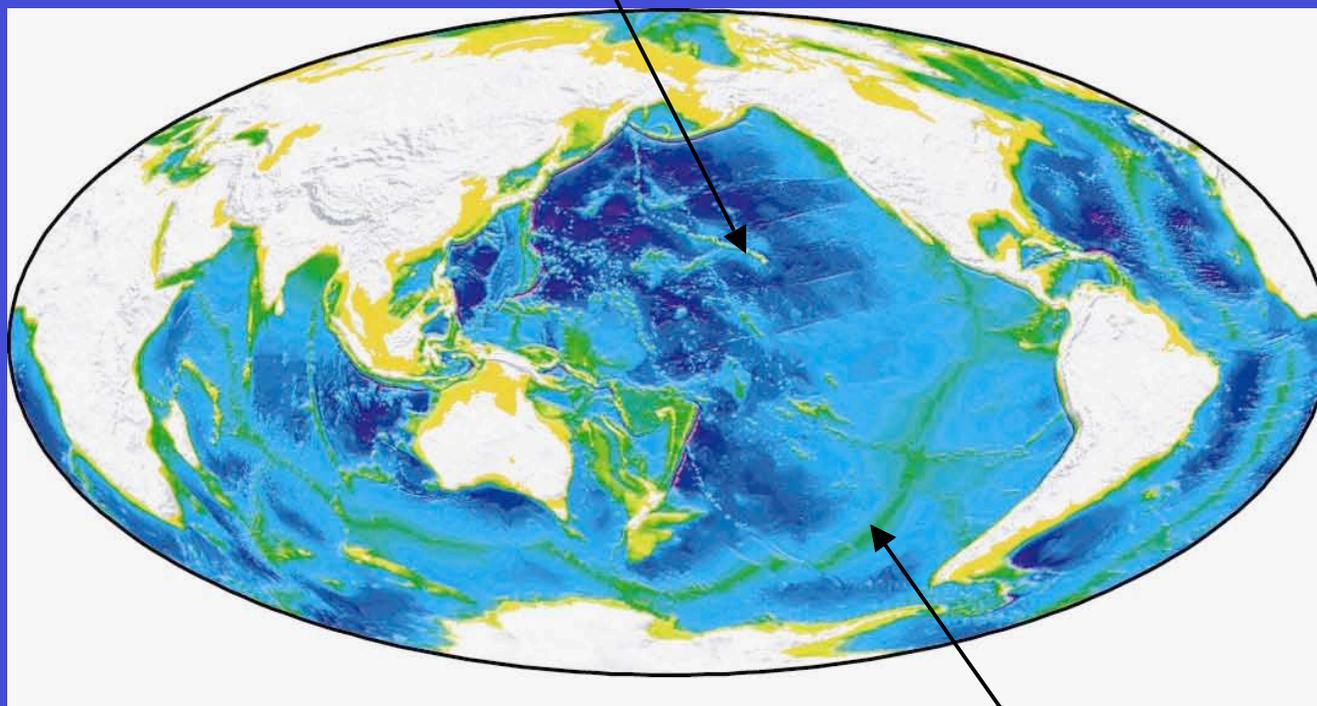
Bassins sédimentaires (en négatif)

Croûte amincie

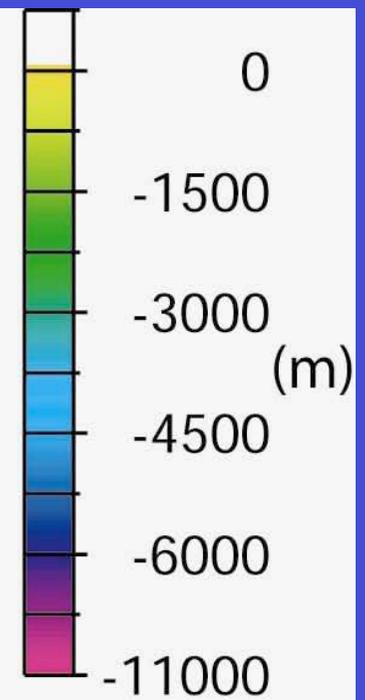


Topographie des fonds marins

Chaîne volcanique

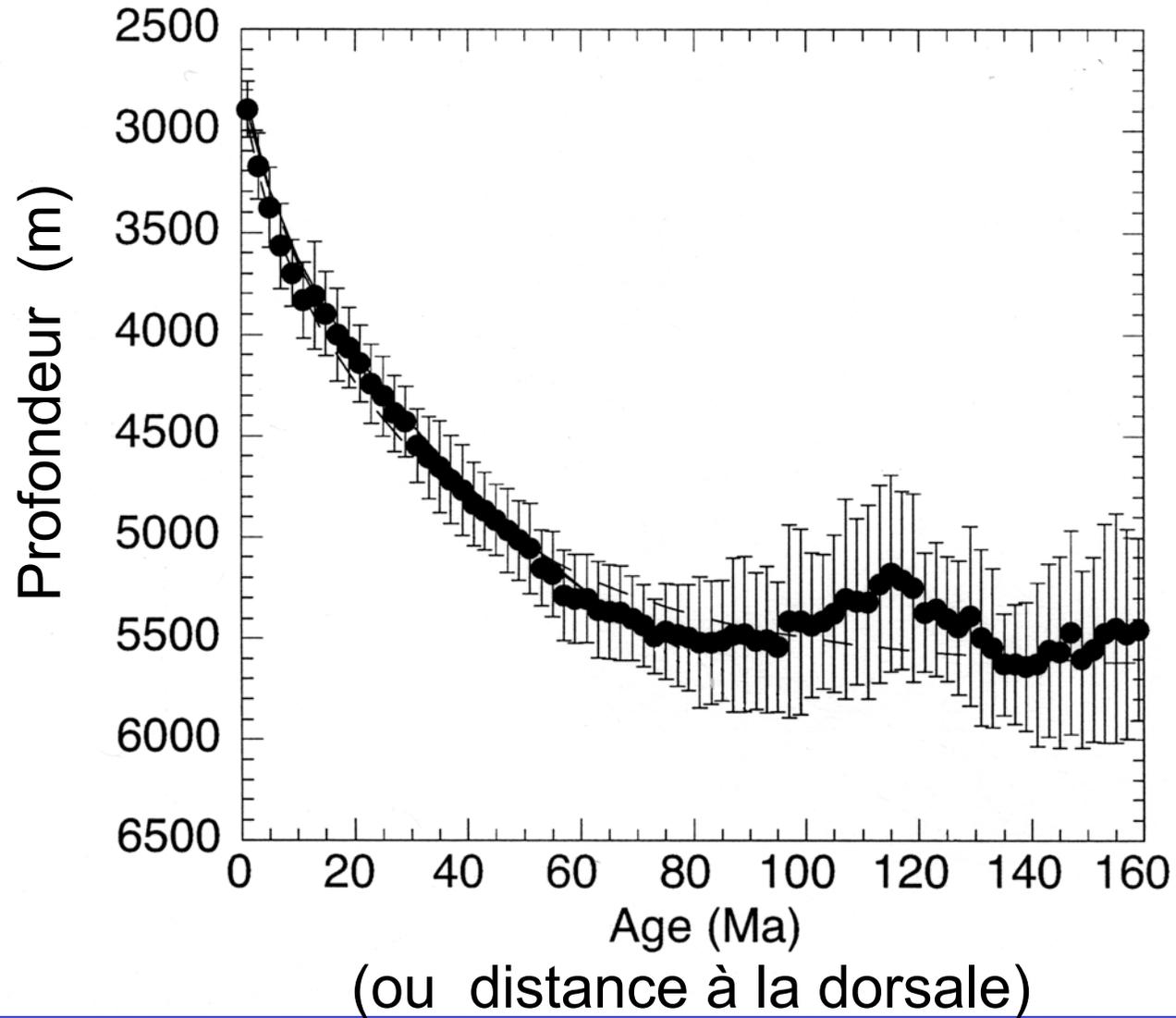


Profondeur



Dorsale

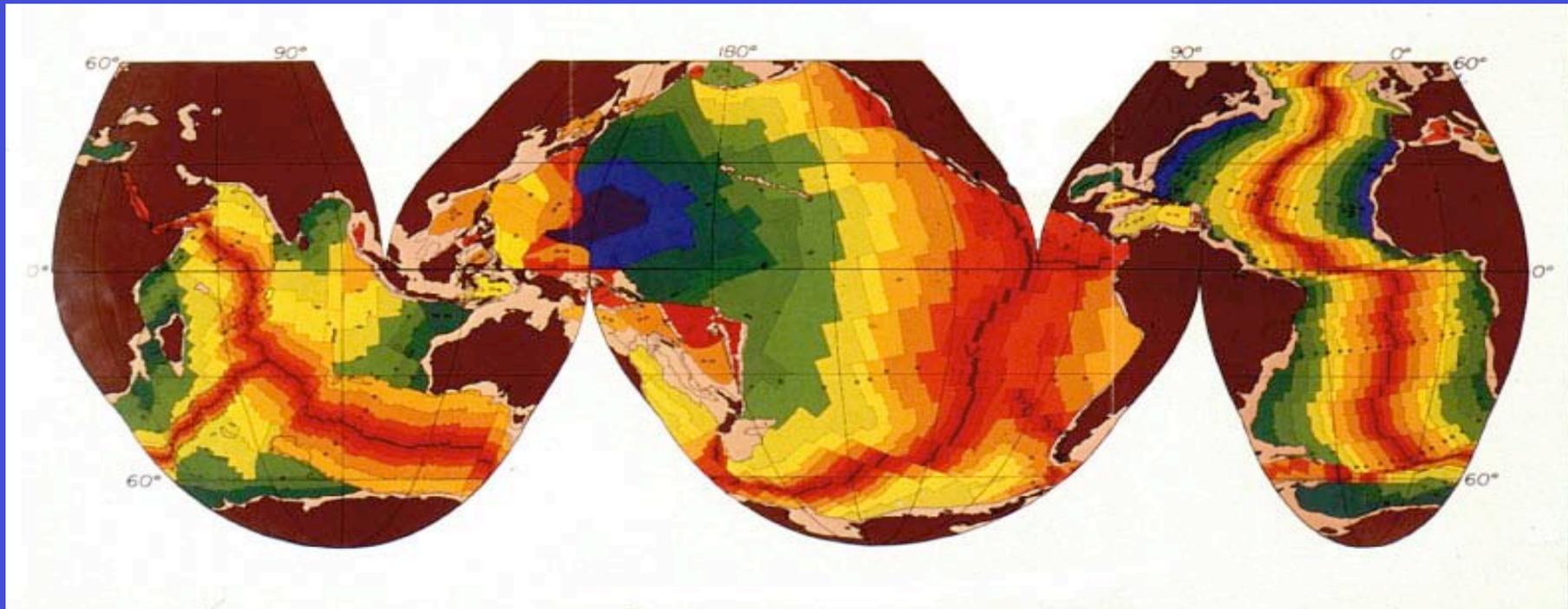
Topographie des fonds marins



Variations de température dans la lithosphère océanique

Variations de bathymétrie

Dorsales océaniques



Distribution de la densité de flux de chaleur.

