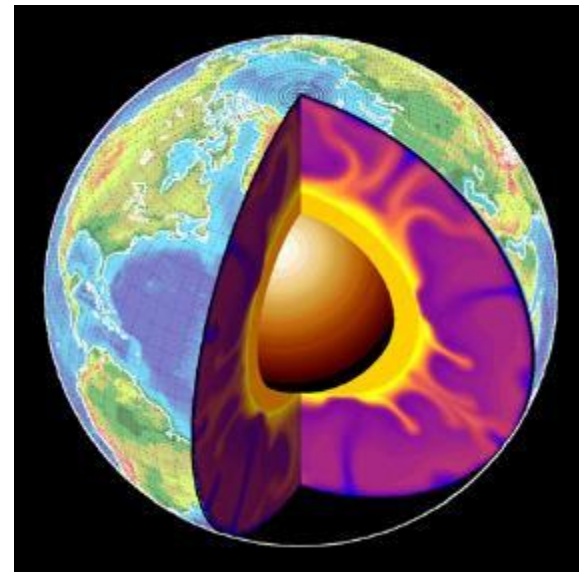
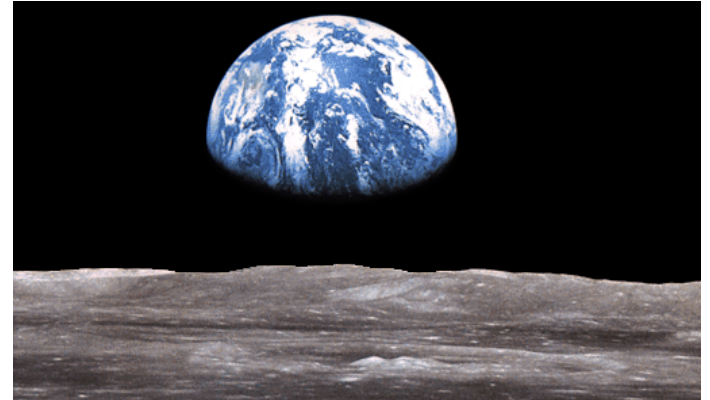


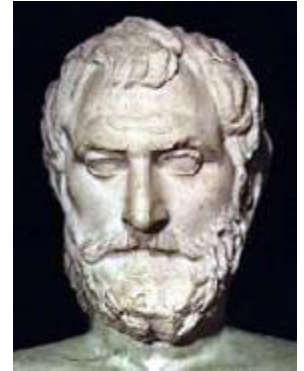
- I. La forme de la Terre
(géométrie dans l'espace)
- II. Sa masse
(physique)
- II. Sa structure interne
(sismologie)



I. La forme de la Terre

Rappels historiques: les grandes étapes de l'antiquité

- 600 *avant JC* **Thalès:**
 - la Lune est illuminée par le Soleil
- 550 *avant JC* **Pythagore:**
 - Terre, Soleil, Lune sont des sphères
- 350 *avant JC* **Aristote:**
 - le Soleil est plus loin que la Lune (*éclipse*)
 - la Terre est sphérique (*coques des bateaux disparaissant en premier; variation du champ des étoiles avec la latitude, etc...*)



I. La forme de la Terre

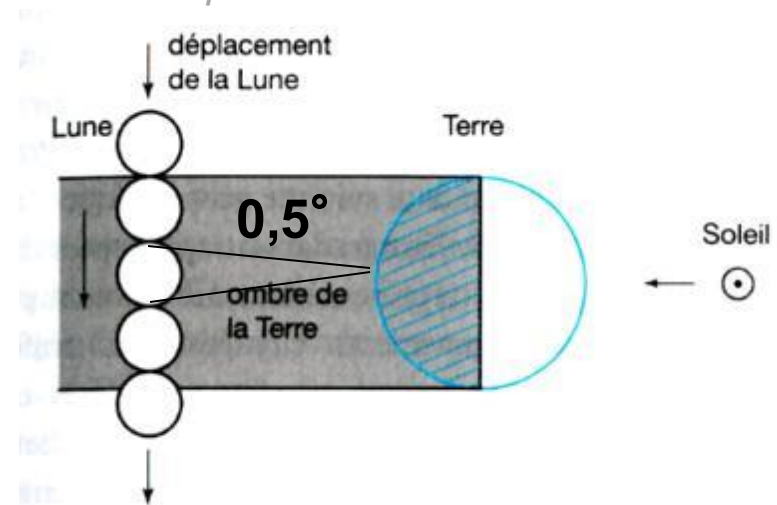
Rappels historiques: les grandes étapes de l'antiquité

- 600 *avant JC* **Thalès:**
 - la Lune est illuminée par le Soleil
- 550 *avant JC* **Pythagore:**
 - Terre, Soleil, Lune sont des sphères
- 350 *avant JC* **Aristote:**
 - le Soleil est plus loin que la Lune (*éclipse*)
 - la Terre est sphérique (*coques des bateaux disparaissant en premier; variation du champ des étoiles avec la latitude, etc...*)

Détermination de la distance Terre-Lune:

$$3,5 R_{Lune} = R_{Terre}$$

$$\text{Puis } d_{T-L} = 60 R_{Terre}$$

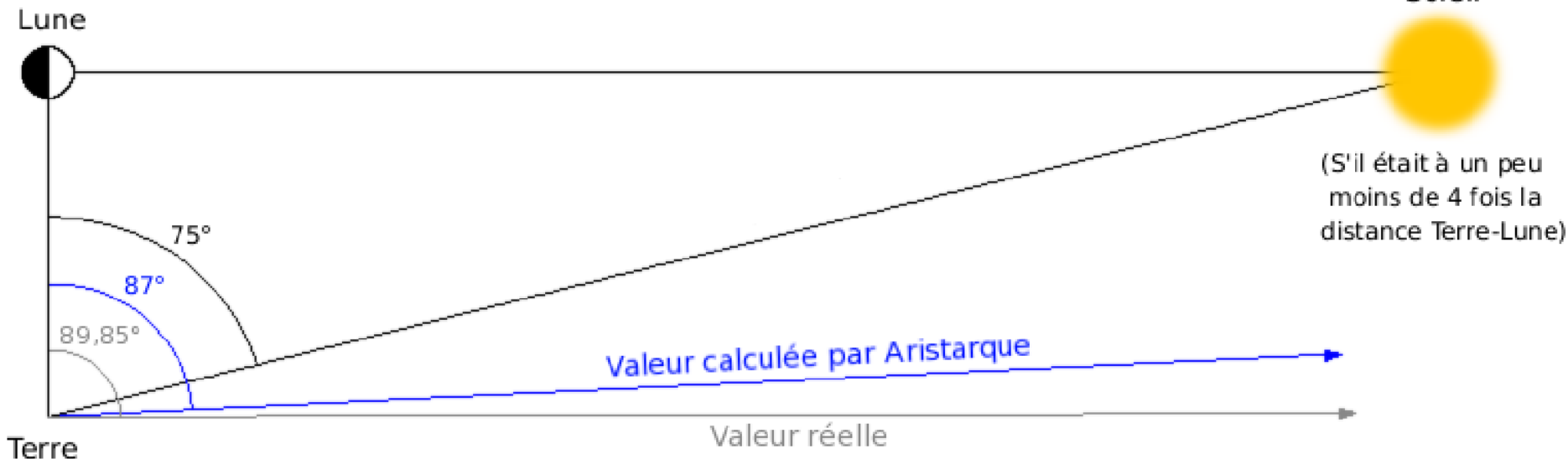


I. La forme de la Terre

Rappels historiques: les grandes étapes de l'antiquité

- 300 *avant JC* **Aristarque** :

Détermine la distance Terre-Soleil : $d_{T-S} = 19 d_{T-L} \sim 1200 R_{Terre}$



en réalité $d_{T-S} \sim 24000 R_{Terre}$

(l'angle $\alpha \sim 90^\circ$ est difficile à mesurer)

=> Donc Soleil plus bien gros que la Terre

=> La Terre tourne autour du Soleil (héliocentrisme)

I. La forme de la Terre

Rappels historiques: les grandes étapes de l'antiquité

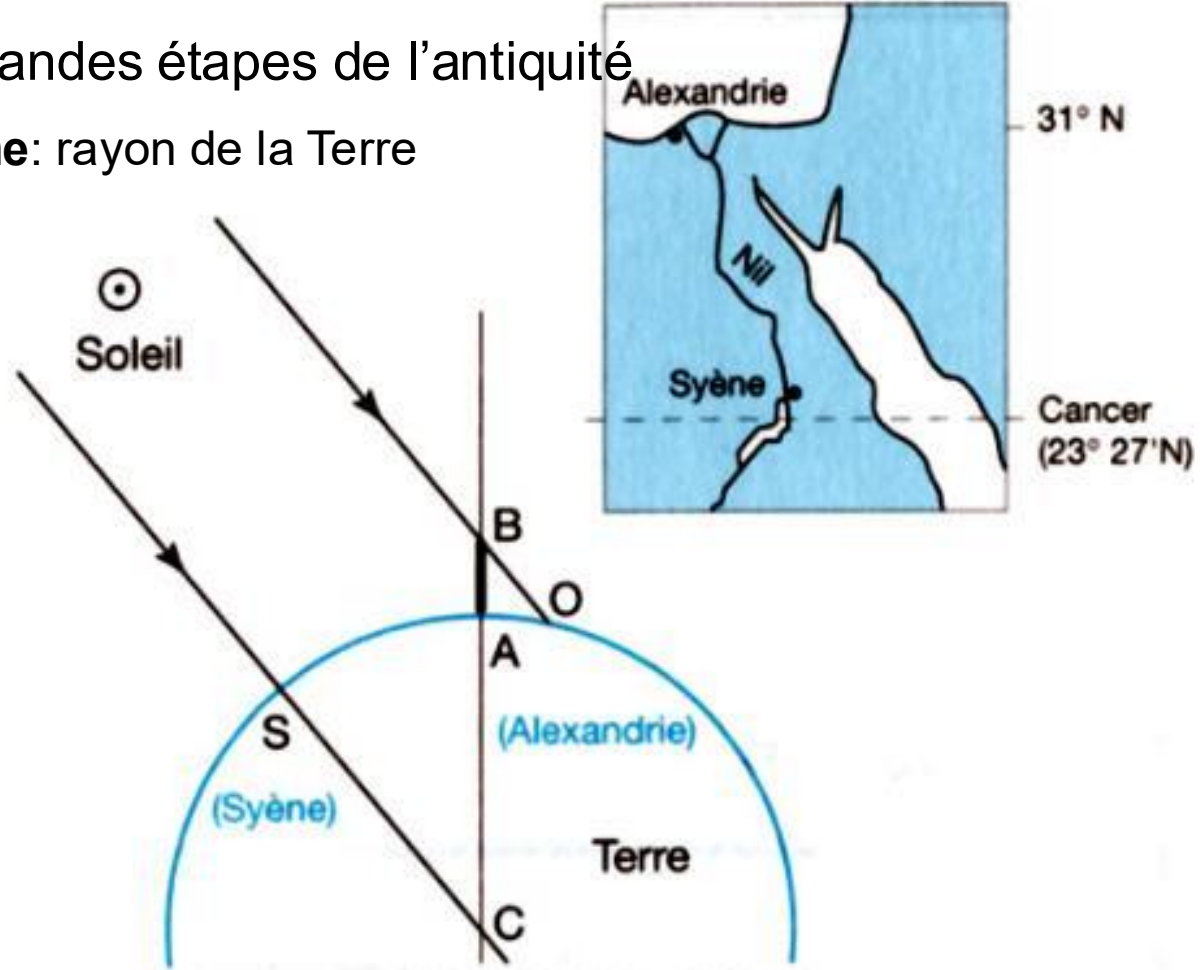
- 250 *avant JC* **Eratosthène**: rayon de la Terre

En utilisant de la trigonométrie simple, et le fait que le Soleil soit très éloigné de la Terre, il trouve: $R_T = 6551 \text{ km}$

valeur réelle

$R_T = 6378 \text{ km}$

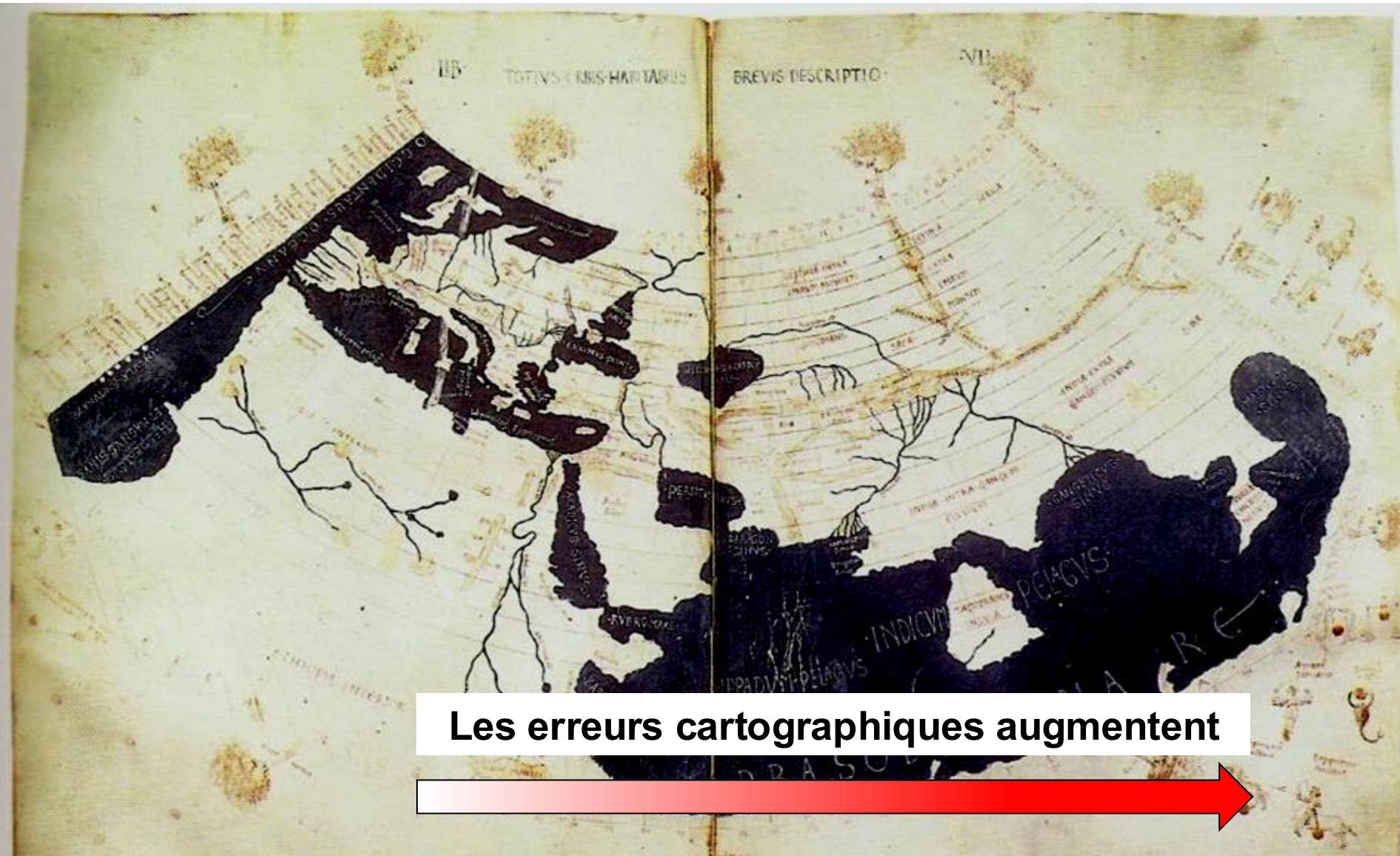
erreur de 3% seulement !



- 150 *après JC* **Ptolémée**: Théorie géocentrique

I. La forme de la Terre

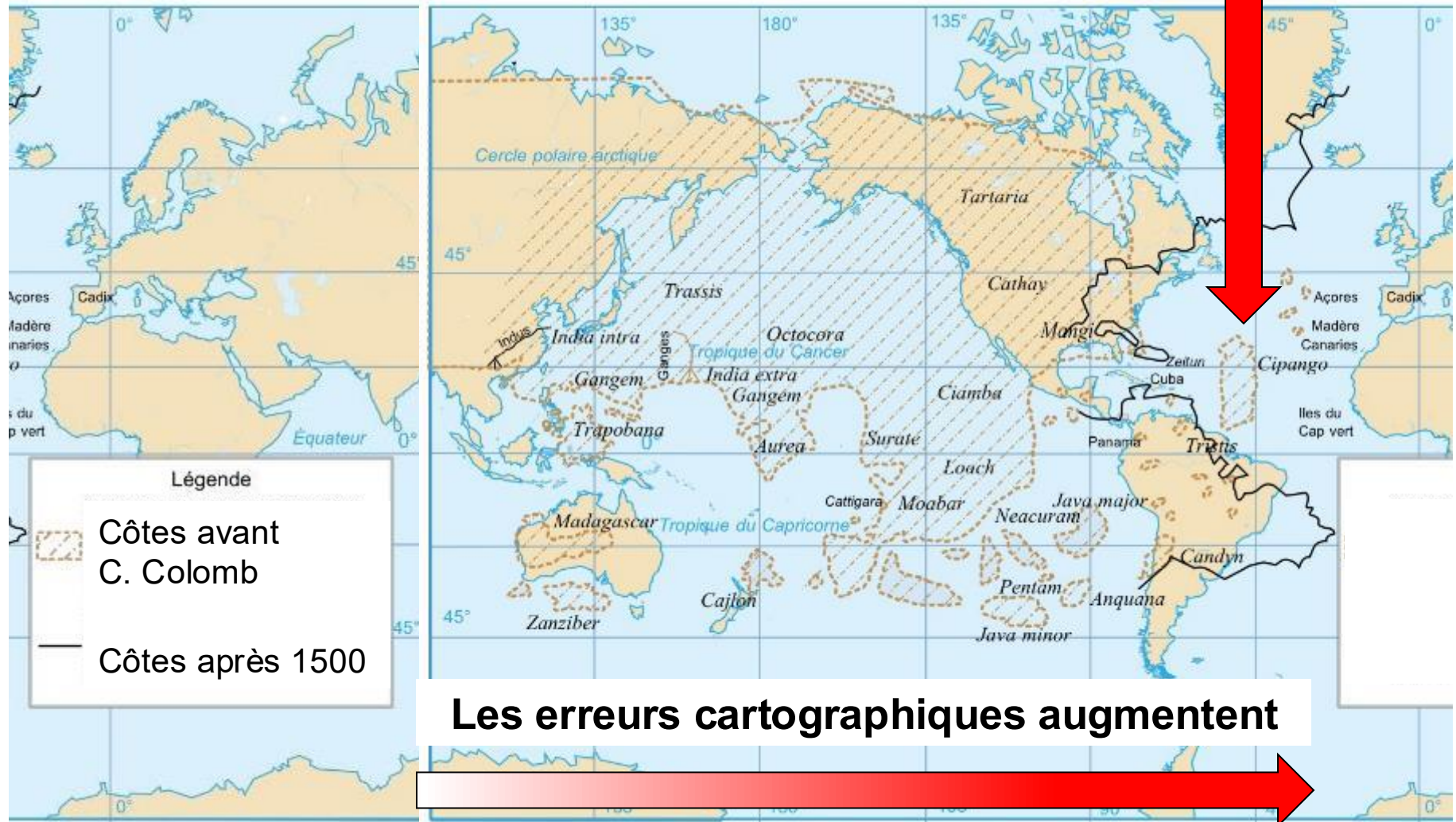
Carte du monde de Ptolémée (vers + 150 après J.C.)



Les erreurs cartographiques augmentent

I. La forme de la Terre

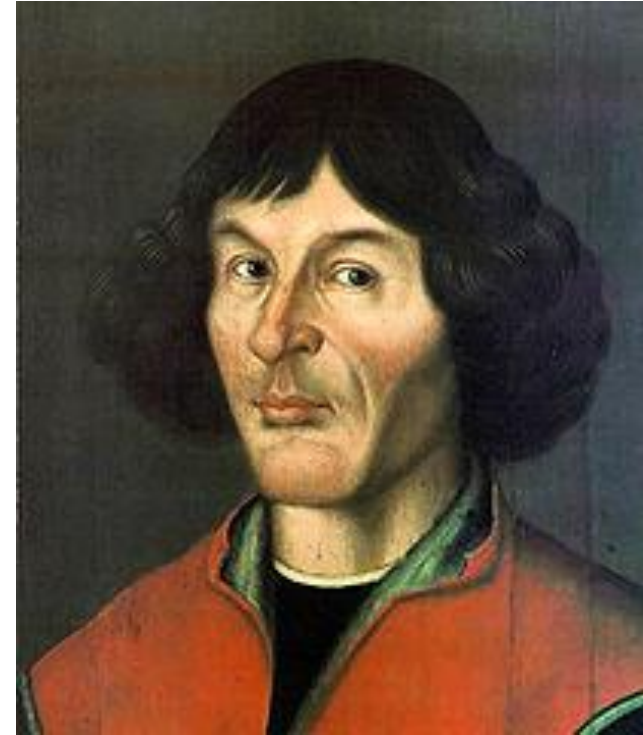
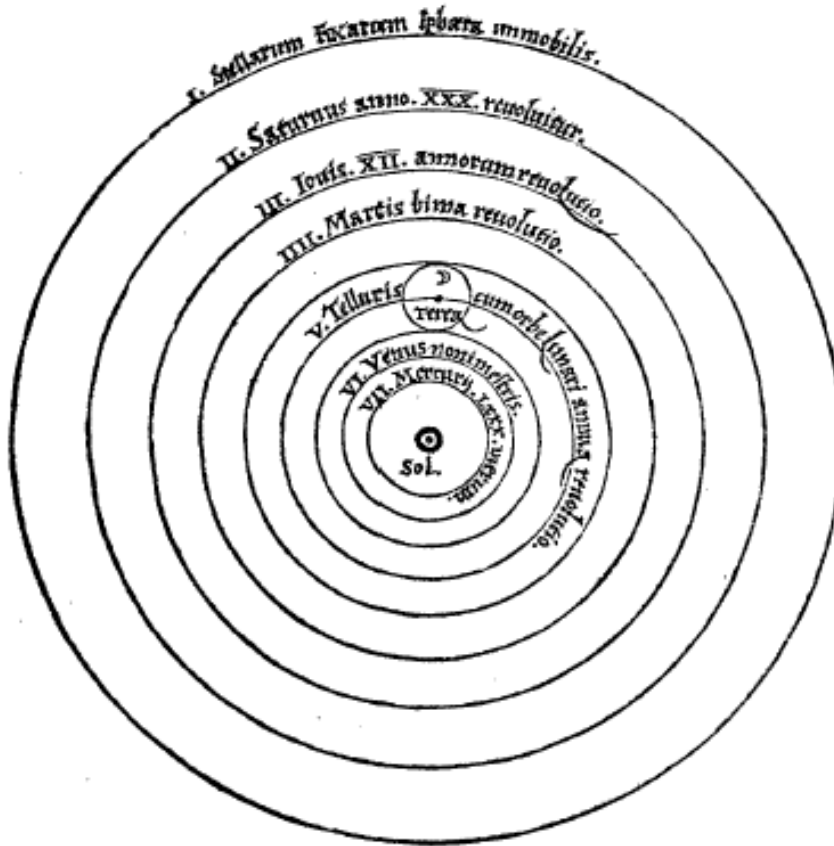
Position supposée
du Japon



I. La forme de la Terre

Rappels historiques: l'héritage de la Renaissance

- Copernic (début XVI^{ème}) : système héliocentrique avec orbites circulaires



Nicolas Copernic 1473-1543

I. La forme de la Terre

Rappels historiques: l'héritage de la Renaissance

- Copernic (début XVI^{ème}) : système héliocentrique avec orbites circulaires
- Tycho Brahé (fin XVI^{ème}) crée le 1^{er} observatoire astronomique
- Képler (XVII^{ème}) utilise ses mesures et propose ses 3 lois
- **Galilée** (1564-1643) : chute des corps, mvt du pendule,... lunette : découvertes nombreuses
- **Newton** (1643-1727) : mécanique, optique, télescope, analyse spectrale,...
=> théorie de la gravitation universelle

I. La forme de la Terre

La Terre est sphérique en première approximation (Erathosthène, Magellan)

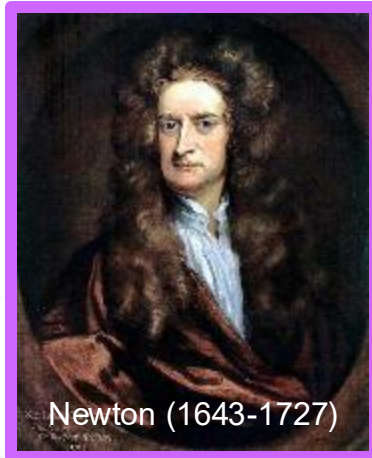
Au XVIII^{ème} siècle, 2 hypothèses sont proposées:

Newton => ellipsoïde aplati

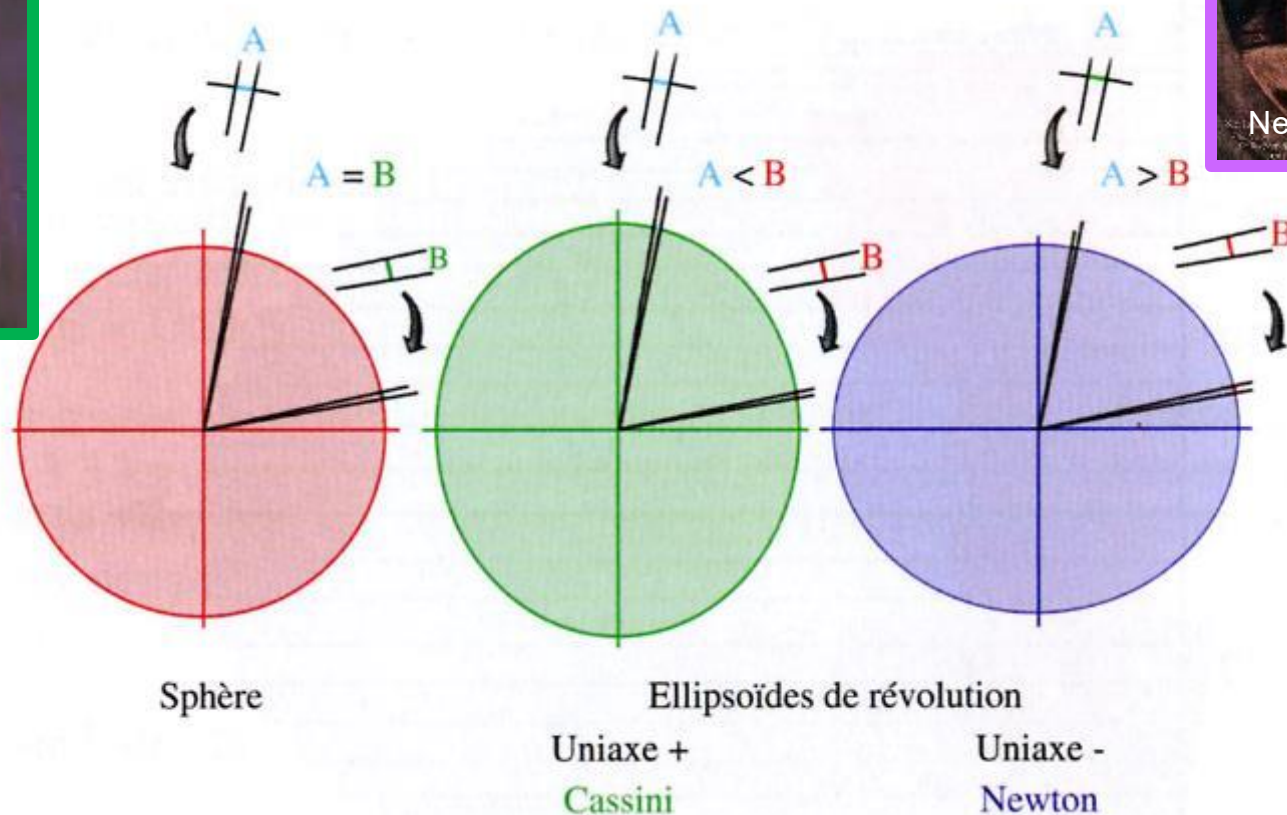
Cassini => ellipsoïde oblong



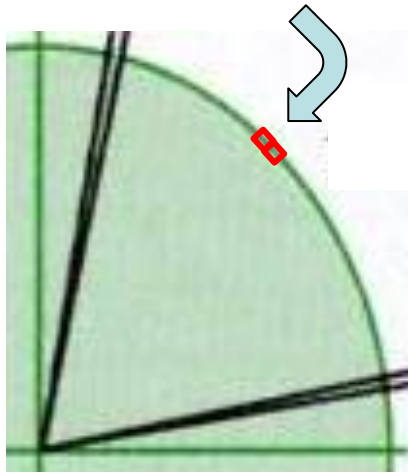
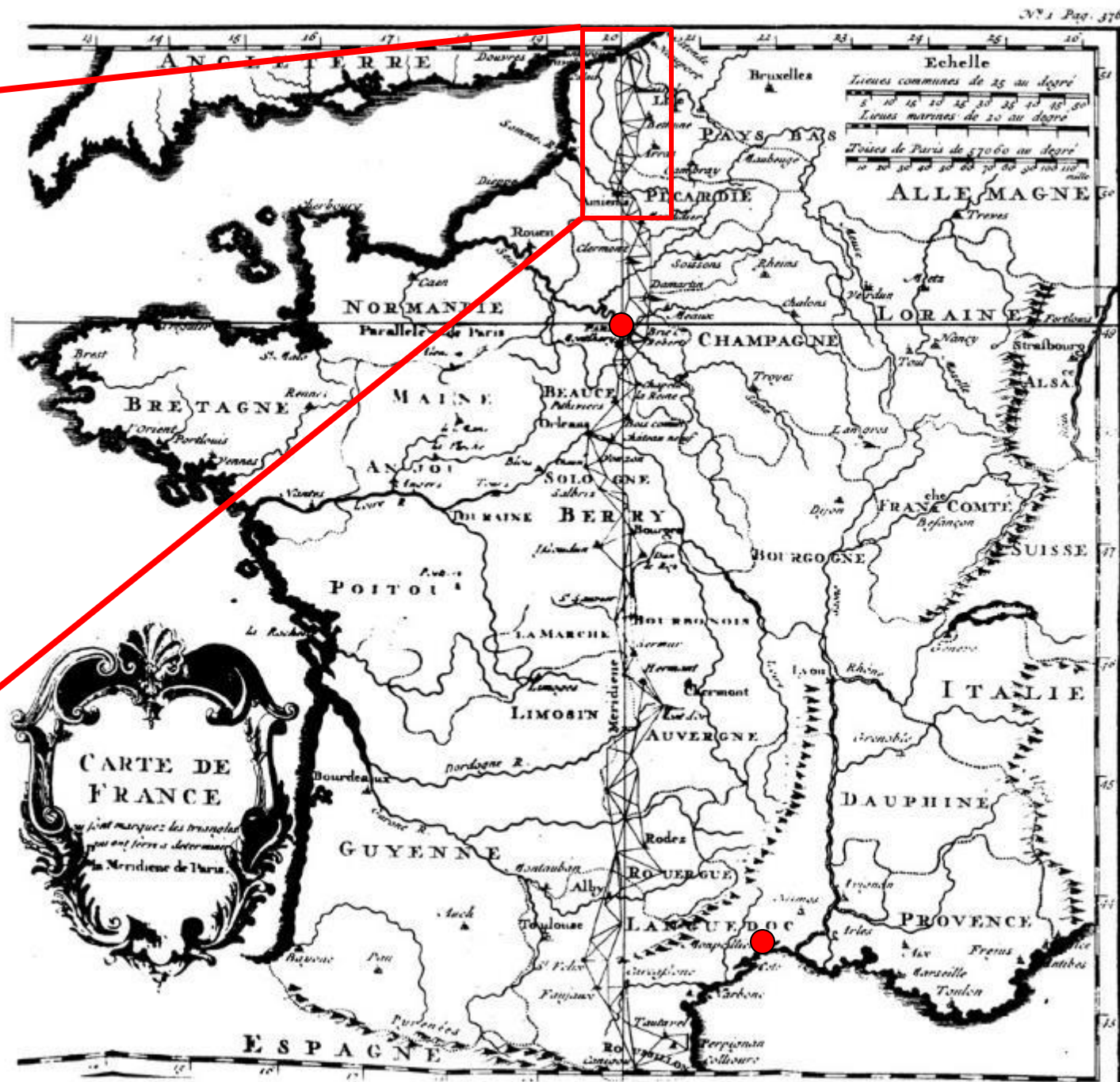
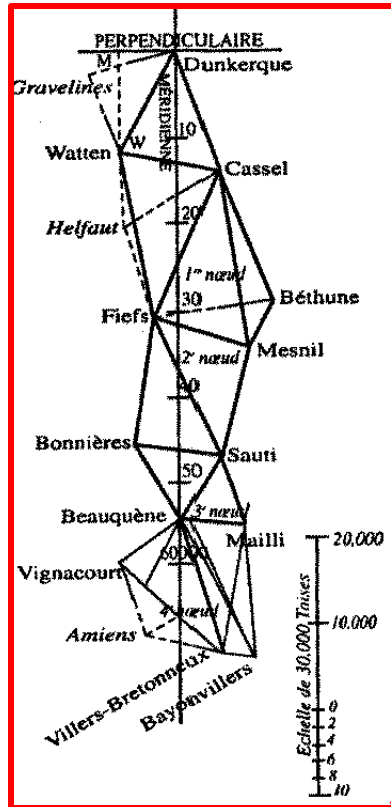
Cassini (1625-1712)



Newton (1643-1727)



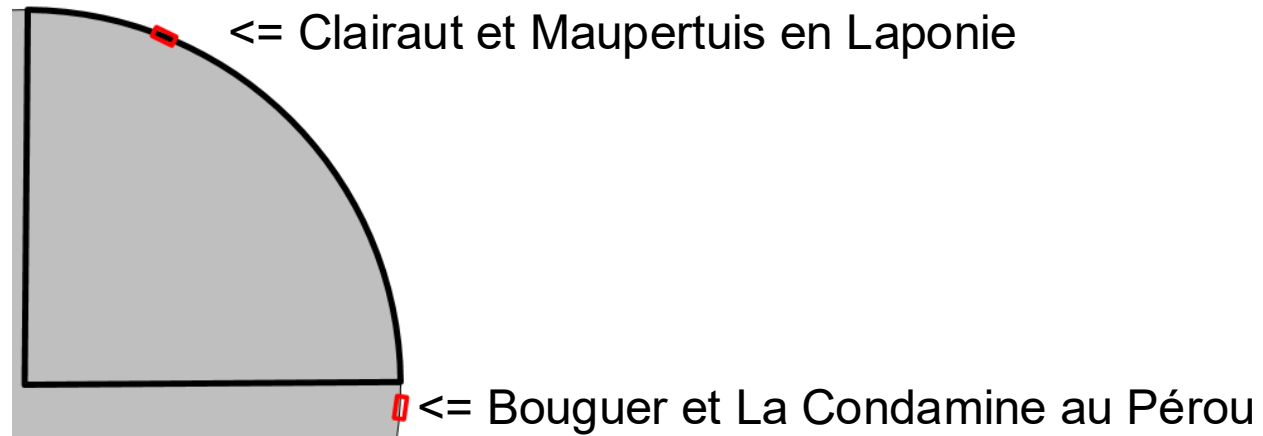
Méridienne de Cassini (1718)



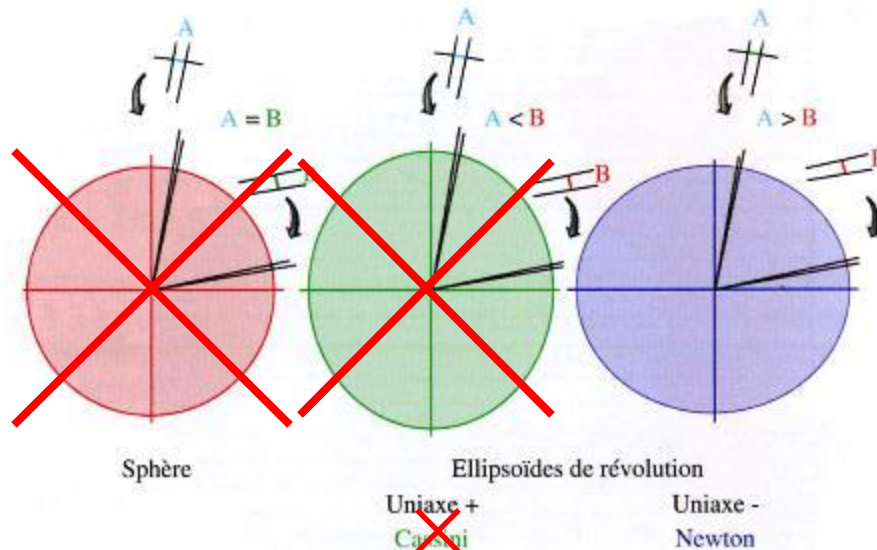
I. La forme de la Terre

Premières expéditions scientifiques (1736)

Mesure du degré de méridien



Le degré de méridien est plus long en Laponie qu'au Pérou



Newton a raison !

I. La forme de la Terre

→ La Terre : un ellipsoïde aplati aux pôles

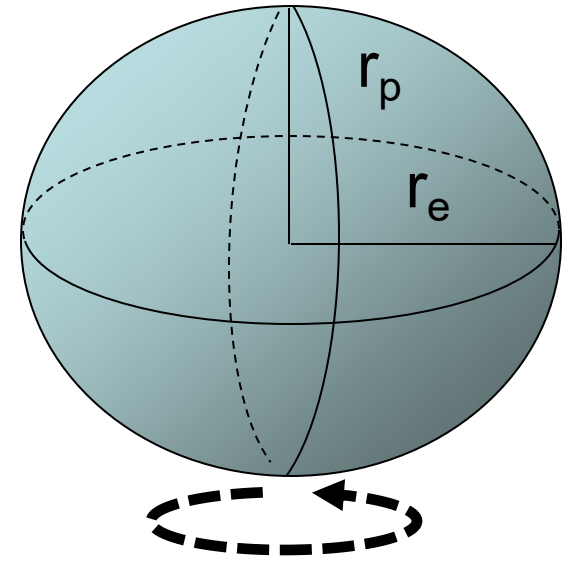
La circonférence polaire est de 40 000 km, par définition du mètre après la révolution française.

Ellipsoïde de référence:

Rayon équatorial : $r_e = 6378$ km

Rayon polaire : $r_p = 6357$ km

Aplatissement : $1/298$



Rotation de la Terre

=> Force centrifuge plus forte à l'équateur

=> Aplatissement aux pôles dû à la plasticité des matériaux terrestres

=> *forte implication sur la structure interne de la Terre !*

II. La masse de la Terre



Deux approches :



ou



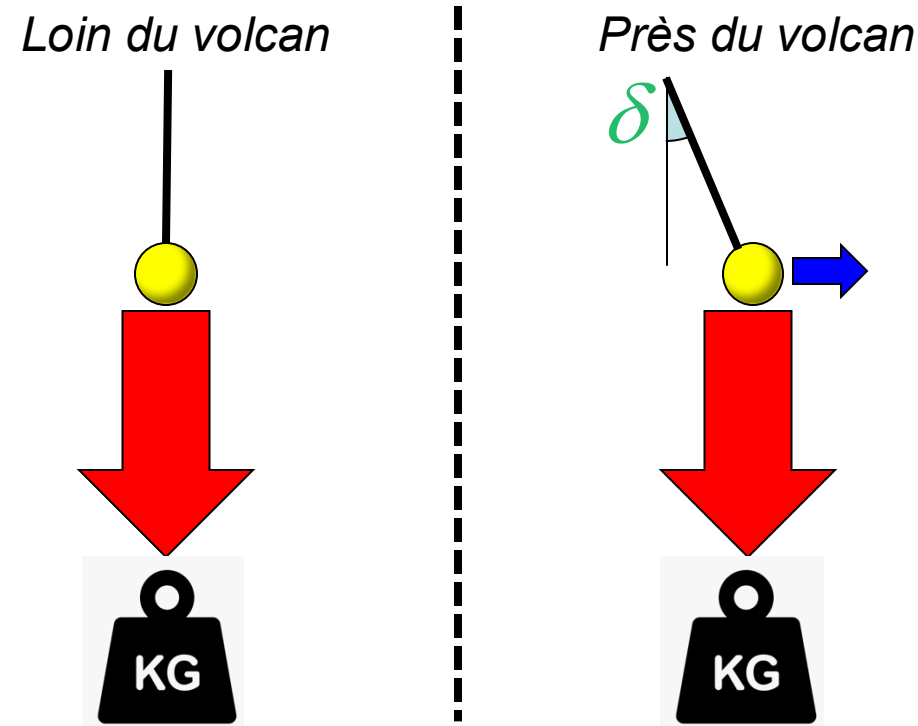
A. Par comparaison

B. Avec les constantes physiques

II. La masse de la Terre

A. Déviation d'un pendule à l'approche d'un relief

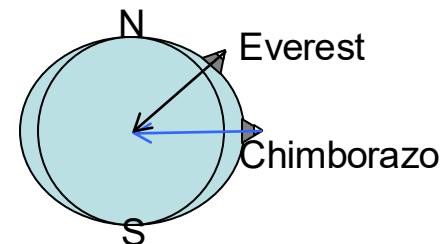
Pierre Bouguer
1698-1758



La déviation du pendule, δ , due à la force d'attraction par le volcan s'exprime ainsi

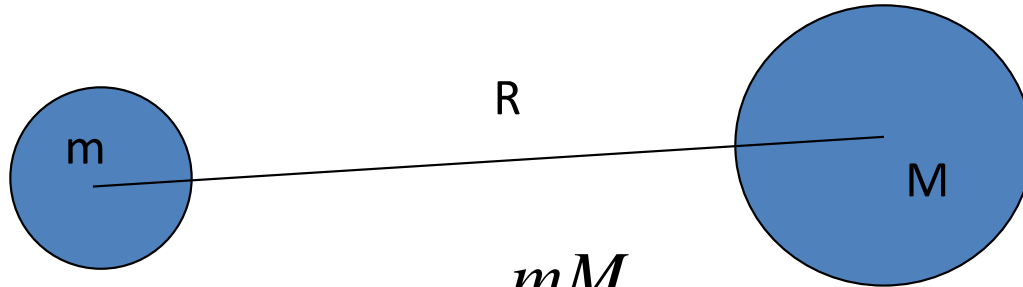
$$\delta = f(\text{masse et distance du volcan}, \text{masse de la Terre}, \text{rayon terrestre})$$

mesuré *calculées* *inconnue* *connue*



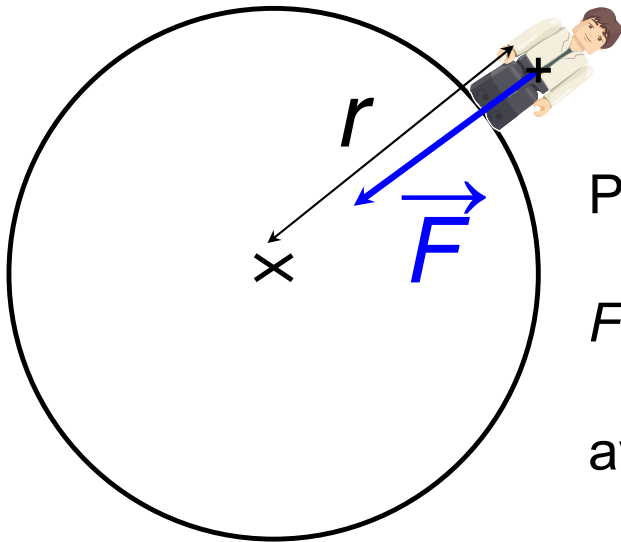
II. La masse de la Terre

B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton



$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

Force d'attraction gravitationnelle



Pour un objet à la surface de la Terre, on a aussi :

$$F = m.g$$

avec g : accélération de la pesanteur.

II. La masse de la Terre

B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton

Force F appliquée à un objet de masse m se trouvant à la surface du globe terrestre de rayon R_t et de masse M_t :

$$F = \frac{G.m.M_t}{R_t^2} = m.g \quad \Longrightarrow \quad M_t = \frac{R_t^2 \cdot g}{G}$$

Nécessite :

- 1) Mesure de l'accélération de la pesanteur g
- 2) Mesure de la constante universelle de gravitation G

II. La masse de la Terre

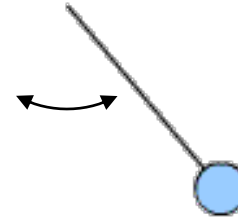
B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton

1) Mesure de l'accélération de la pesanteur (g):

Huygens (1629-1695)

période d'oscillation d'un pendule (T) :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$



La pesanteur moyenne sur Terre est 9.81 m.s^{-2}

Cette valeur est plus petite à l'équateur (9.78) et plus grande aux pôles (9.83).
Vous "pesez" donc moins à l'équateur qu'aux pôles !

Raisons :

- Aplatissement ($R_{\text{pôle}} < R_{\text{équateur}}$)
- Plus de masse à l'équateur qu'aux pôles
- Accélération centrifuge a

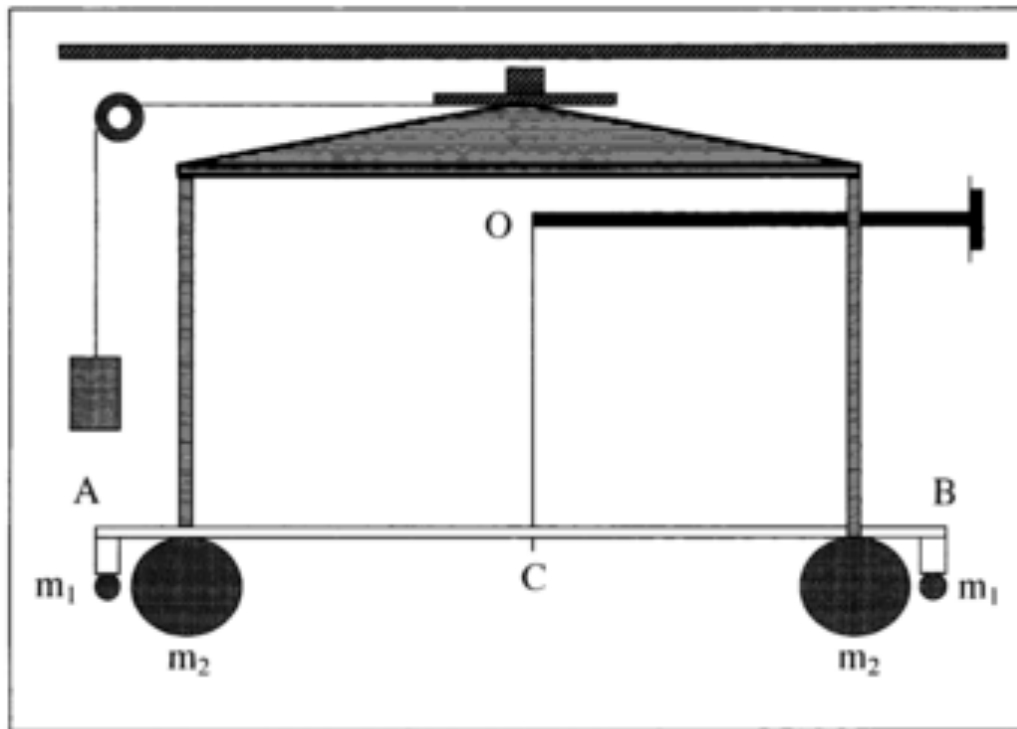
($a = \omega^2 \cdot r$, avec $\omega = 2\pi/T$ où T est la période de rotation)

II. La masse de la Terre

B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton

2) Mesure de la constante universelle de la gravité G :

Expérience de Cavendish (1798)



II. La masse de la Terre

B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton

2) Mesure de la constante universelle de la gravité G :

Expérience de Cavendish (1798)

On approche les grosses sphères des petites, Elles les attirent sans les toucher

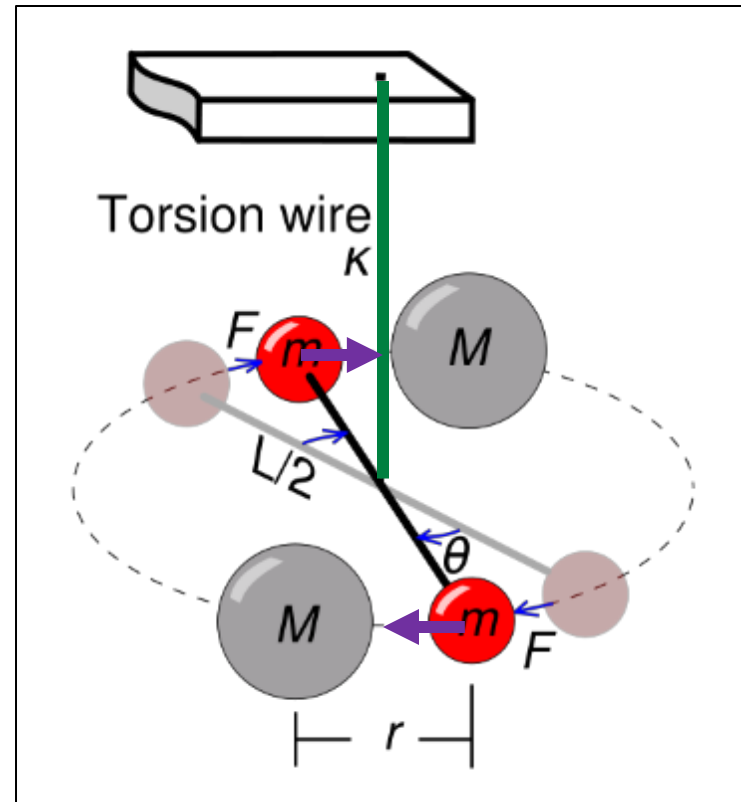
⇒ le pendule de torsion (**barre rigide déformable**) a tourné d'un angle θ

⇒ Equilibre entre la **force de torsion du fil** et la **force d'attraction gravitationnelle**

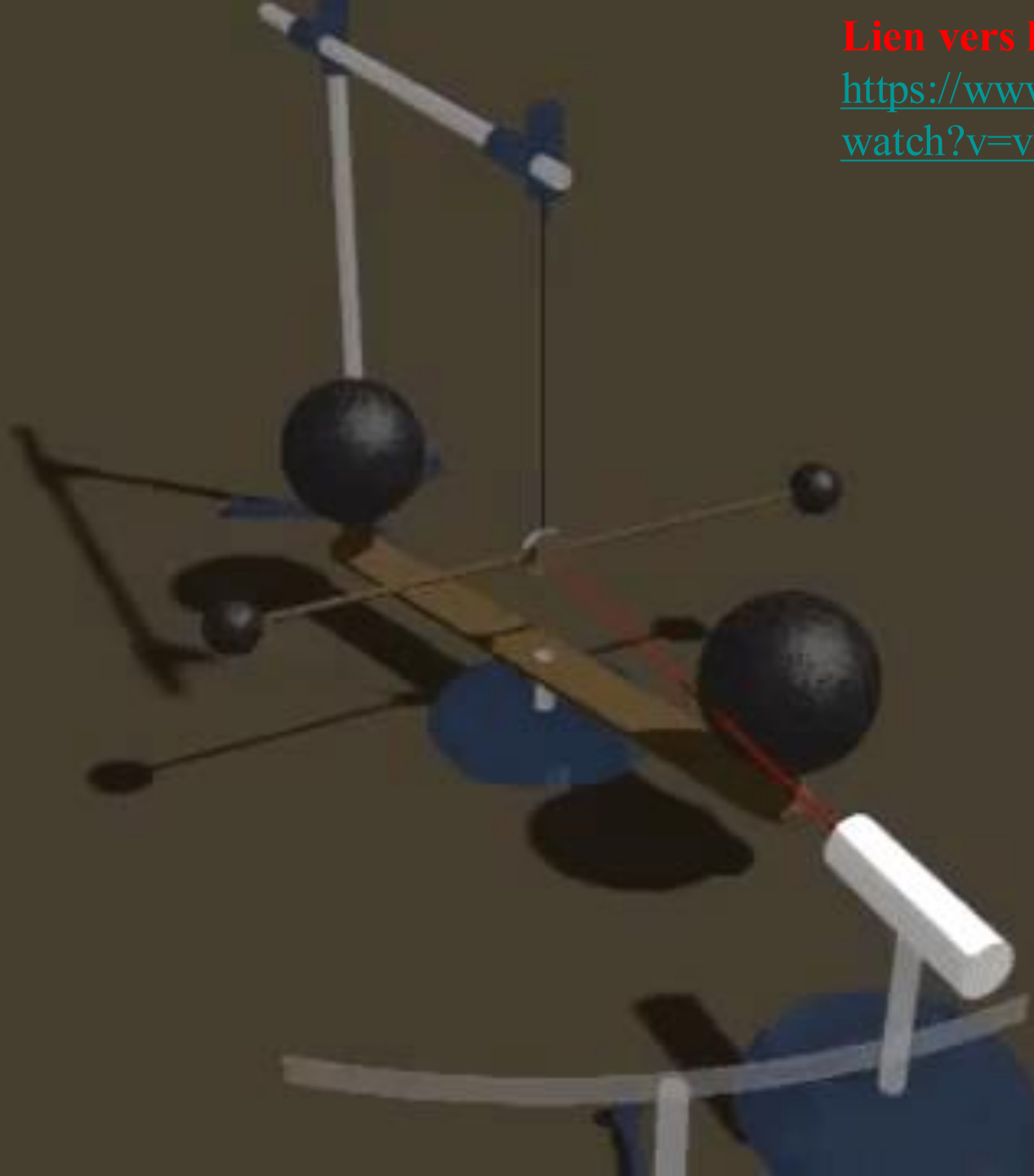
Indépendamment on mesure la force F
à exercer pour obtenir ce même angle θ .

on a: $F = f(m, M, L, \theta, G)$
Mesurée *connues* *cherchée*

$$\Rightarrow G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$$



Lien vers l'animation :
<https://www.youtube.com/watch?v=vWlCm0X0QC0>



gifs.com

II. La masse de la Terre

B. A partir de la loi d'attraction universelle de Newton

Calcul de la masse du globe terrestre

Cavendish a déterminé la masse de la Terre :

$$M_t = \frac{g \cdot R_t^2}{G} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

II. La masse de la Terre

A partir de la masse et du volume de la Terre,
on peut calculer la
masse volumique globale de la Terre:

$$\rho = 5,52 \text{ kg/dm}^3 \text{ (ou g/cm}^3\text{)} = 5520 \text{ kg/m}^3$$

II. La masse de la Terre

A partir de la masse et du volume de la Terre,
on peut calculer la
masse volumique globale de la Terre:

$$\rho = 5,52 \text{ kg/dm}^3 \text{ (ou g/cm}^3\text{)} = 5520 \text{ kg/m}^3$$

Mais,

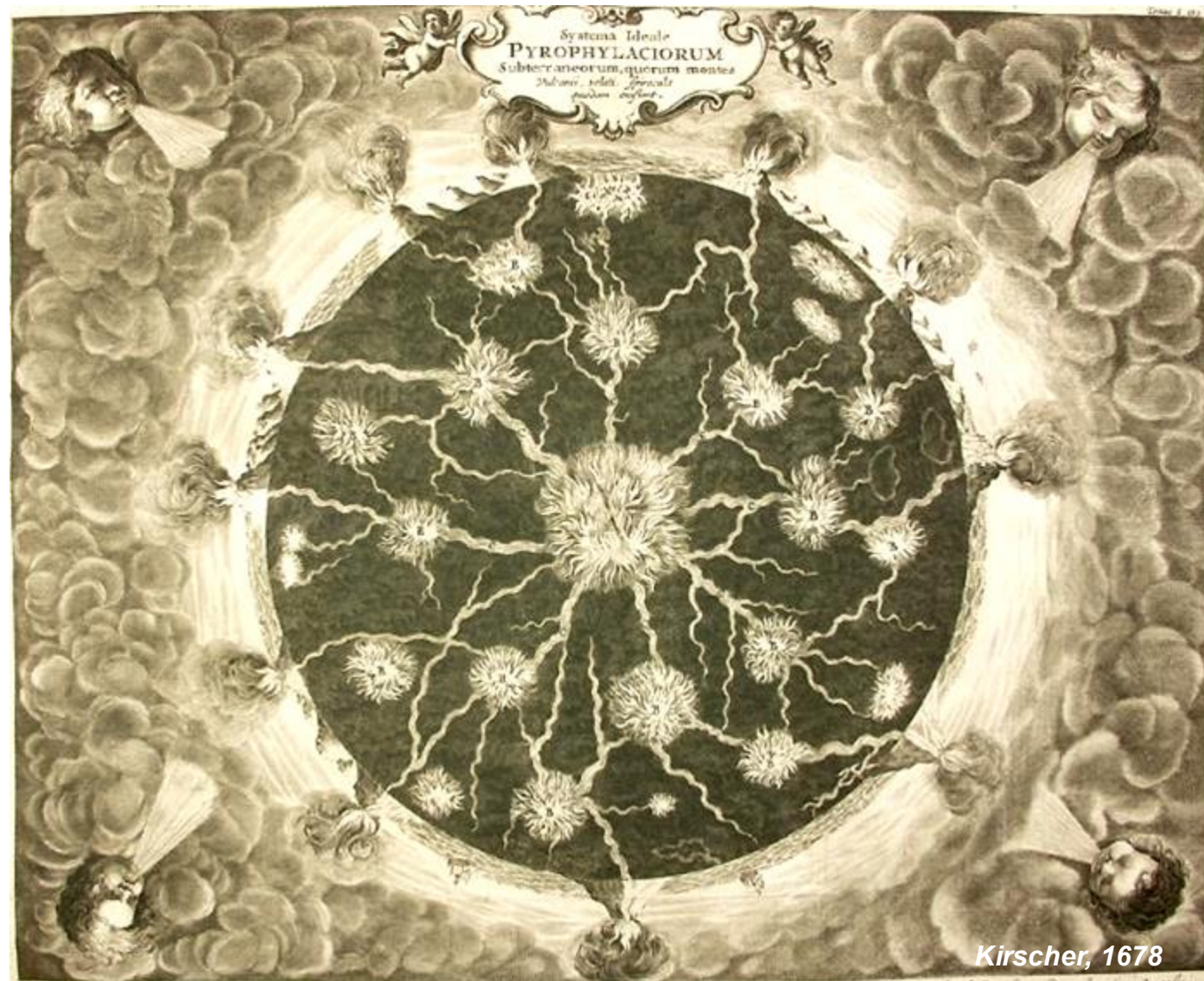
la masse volumique moyenne des roches de surface
est seulement de 2700 kg/m^3

**=> Des matériaux plus denses doivent donc
exister en profondeur !**

III. La structure interne de la Terre

Etat solide
ou liquide ?

Ancien soleil
refroidi ?



III. La structure interne de la Terre

Exploration de l'intérieur de la Terre :

Quels sont les outils à notre disposition ?

- Observations directes (forages < 15 km)
- Méthodes géophysiques
 - Sismique
 - Gravimétrie
 - Magnétisme
- Méthodes pétrologiques
 - Analyse de roches volcaniques, xénolithes (un xénolithe = enclave de roches (ex. manteau) dans une roche volcanique).
 - Expériences à haute température et haute pression en laboratoire

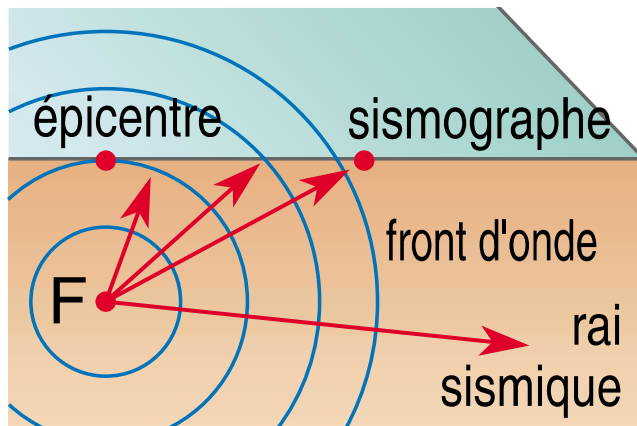


III. La structure interne de la Terre

Exploration de l'intérieur de la Terre : **La Sismologie**

C'est l'étude de la propagation de l'énergie mécanique relâchée par les séismes à travers la Terre.

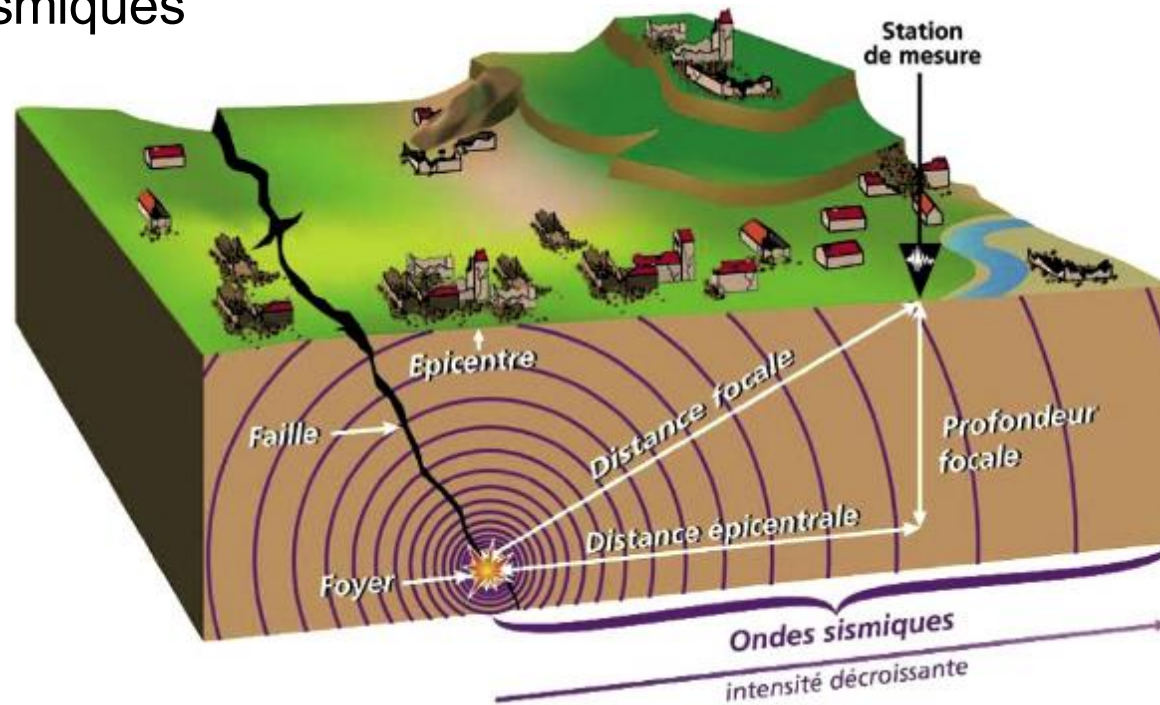
- Chaque séisme, explosion (carrières), choc, voiture... produit une vibration dans les roches du sous-sol.
- Cette vibration se propage dans toutes les directions, c'est une onde élastique, voire une onde sismique.



*Les ondes sismiques se propagent **radialement** dans les roches à partir du foyer*

III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques



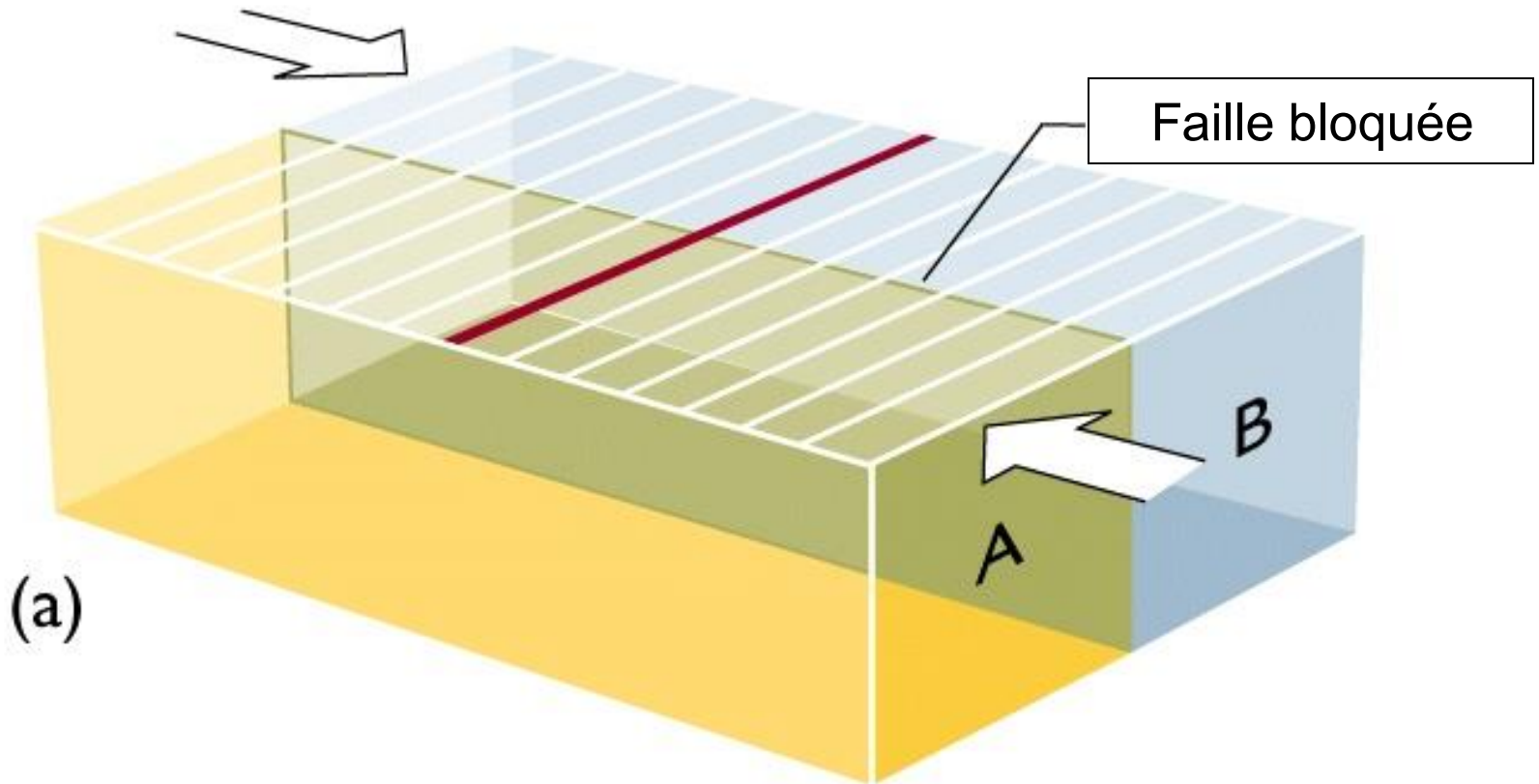
- **séisme**: mouvement relatif brusque de masses de roches
- **faille**: lieu où se produit le mouvement

Il existe des failles à toutes les échelles (de 10^{-3} à 10^6 m)

- **foyer**: site de la rupture initiale
- **épicentre**: point de la surface au dessus du foyer

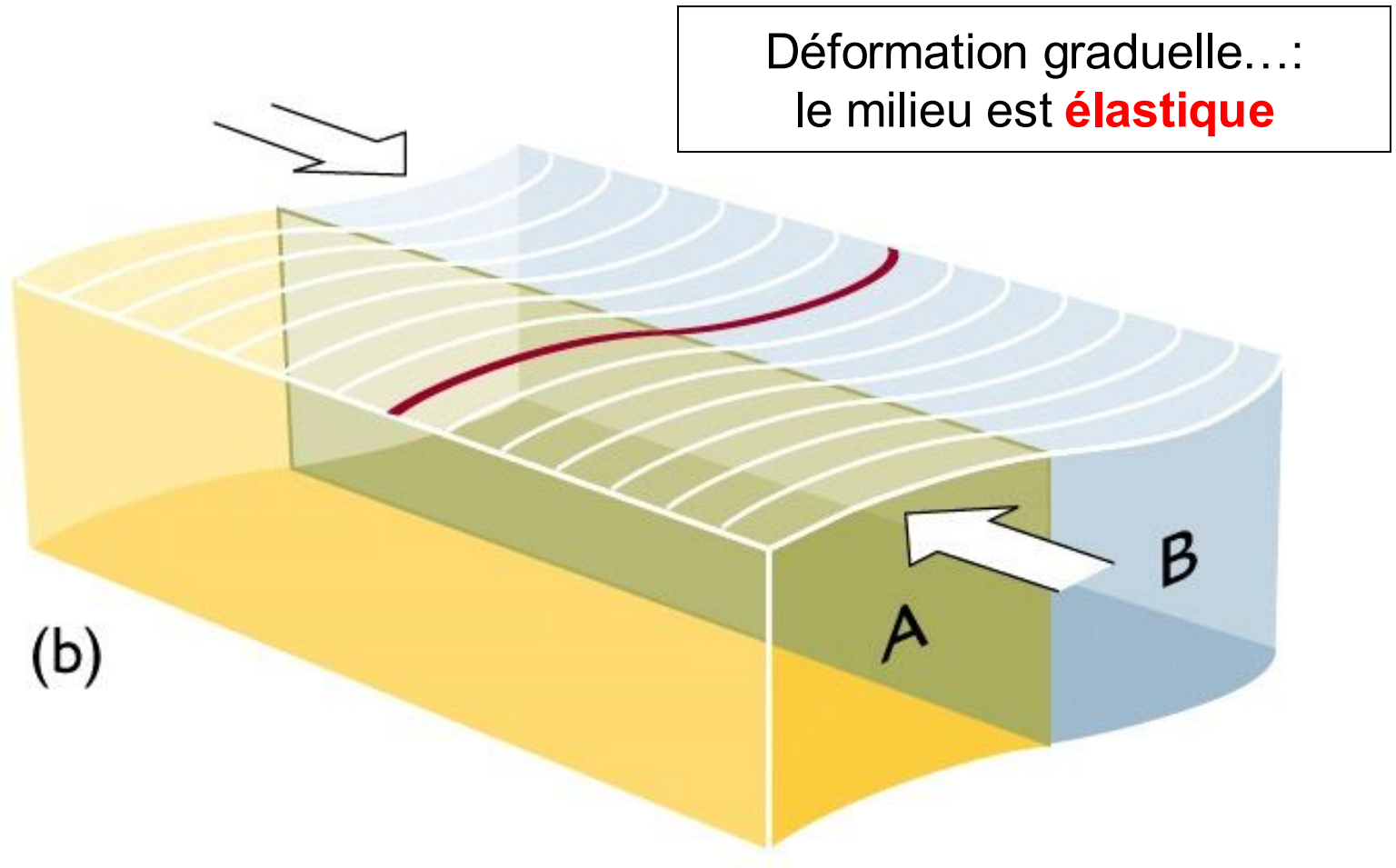
III. La structure interne de la Terre

Les séismes: théorie du rebond élastique



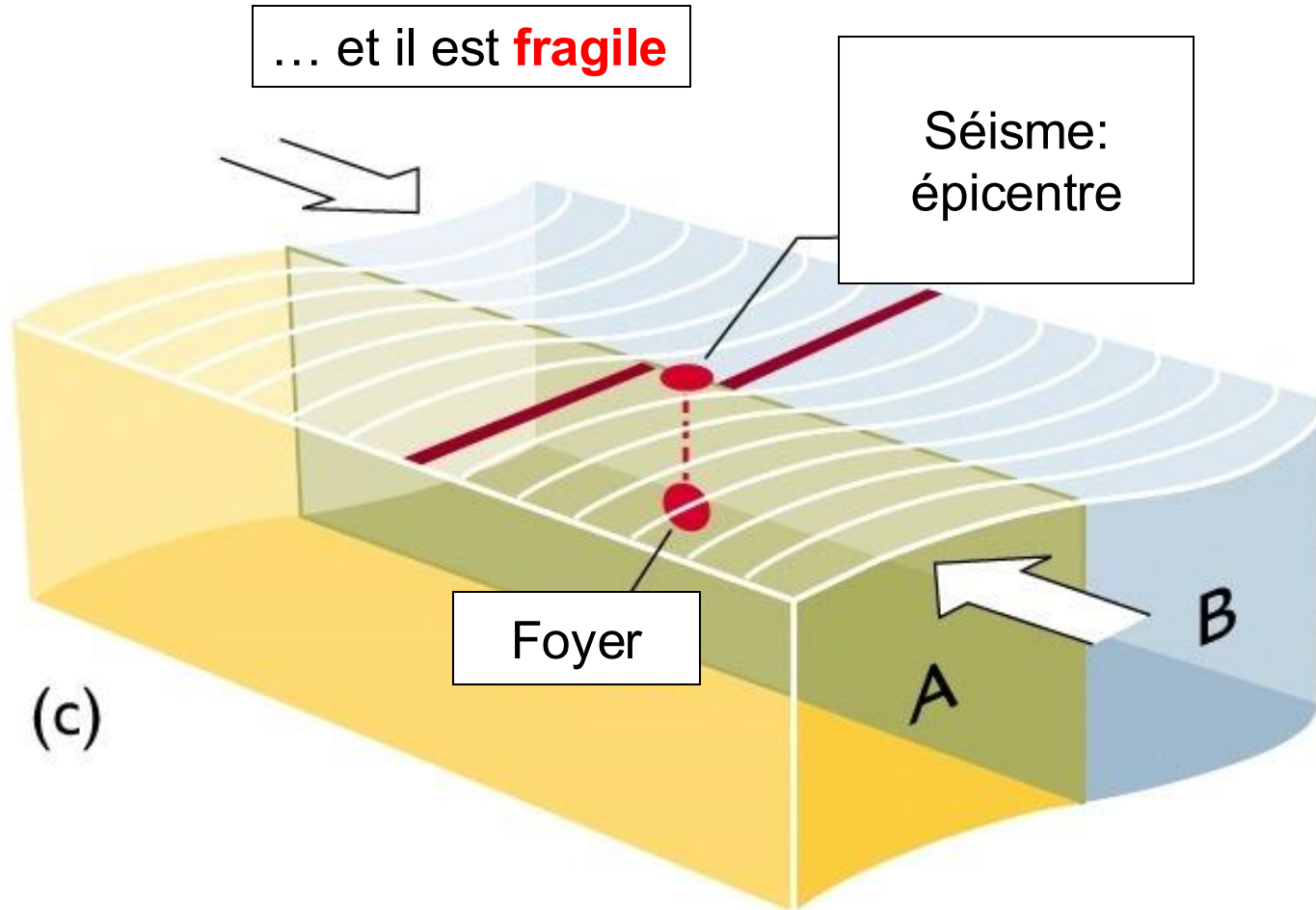
III. La structure interne de la Terre

Les séismes: théorie du rebond élastique



III. La structure interne de la Terre

Les séismes: théorie du rebond élastique

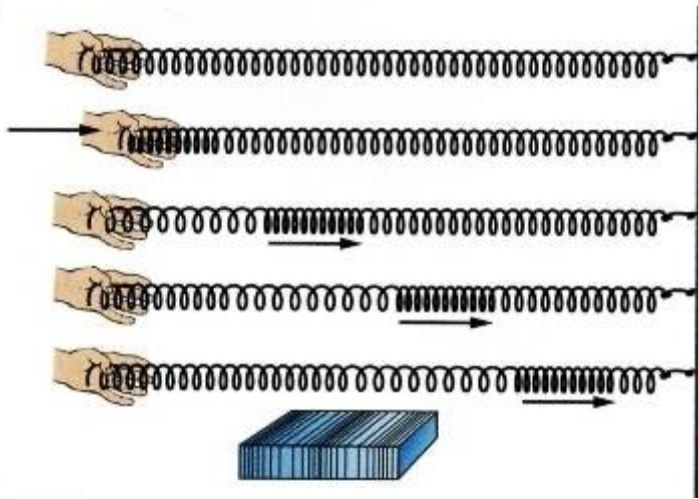


III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques : ondes de volume (P et S) qui se propagent à l'intérieur du Globe

Ondes P (de pression)

P

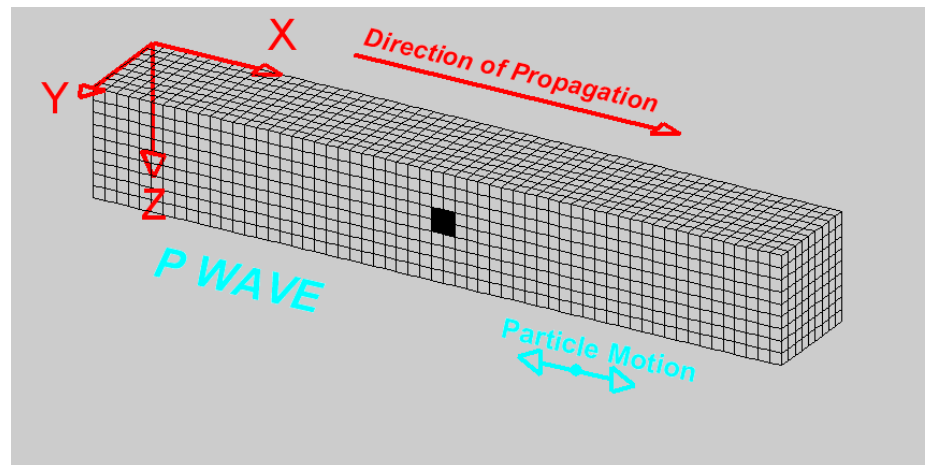


Aussi appelées ondes “premières”

Parallèles à la direction du mouvement

Semblables aux ondes acoustiques.

Se propagent aussi dans les liquides

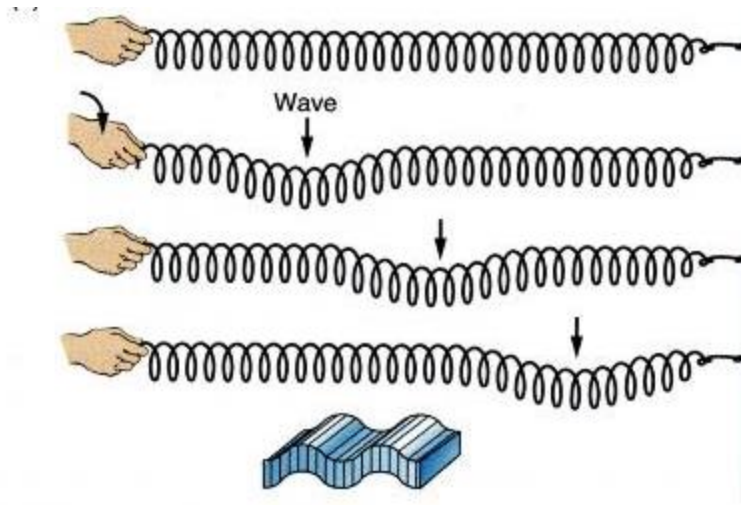


III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques : ondes de volume (P et S) qui se propagent à l'intérieur du Globe

Ondes S (de cisaillement)

S

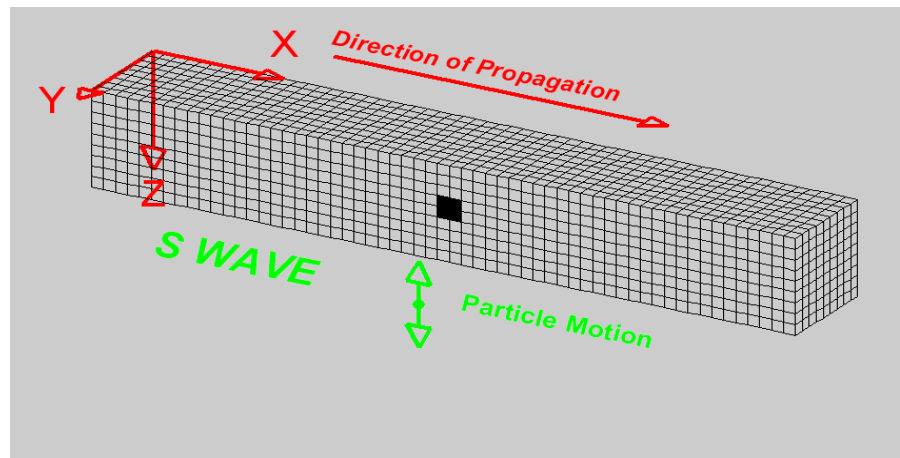


Ondes secondes

Perpendiculaires à la direction du mouvement;

Dues à la résistance au cisaillement des matériaux.

Ne se propagent pas dans les liquides

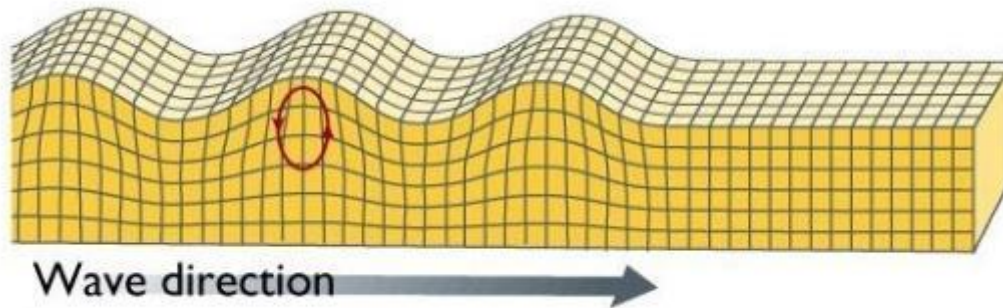


III. La structure interne de la Terre

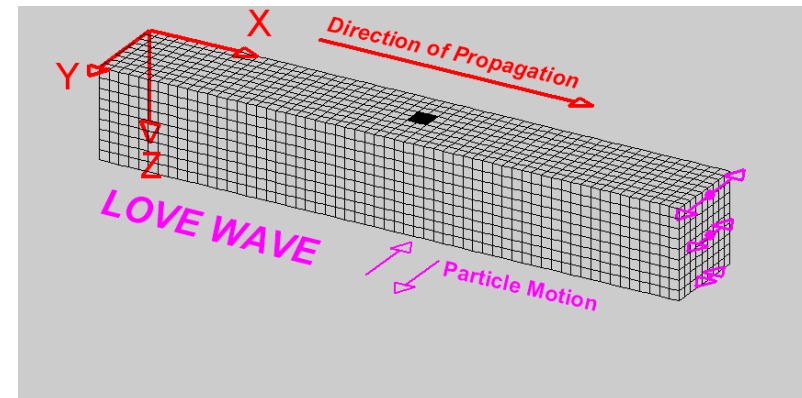
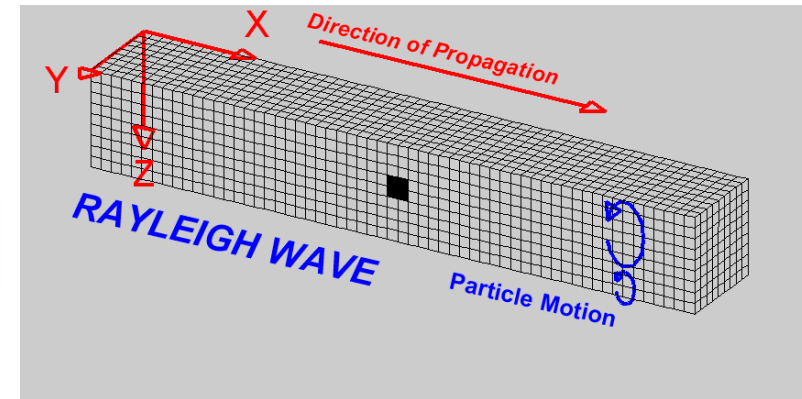
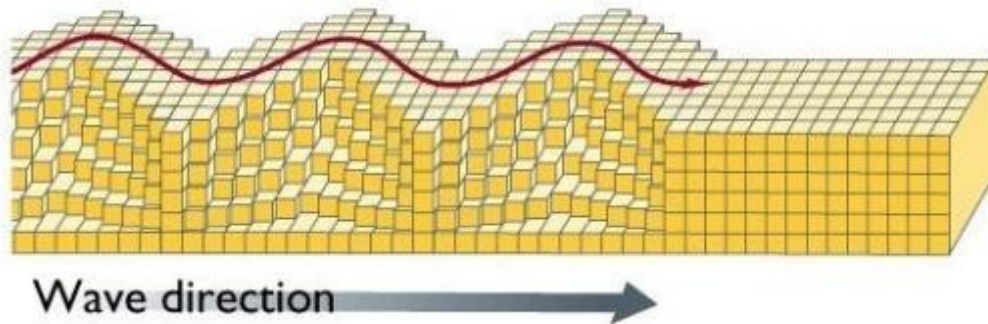
Les ondes sismiques: ondes de surface, qui se propagent à la surface du globe

2 types d'ondes de surface:

Ondes de Rayleigh (semblables à la houle)



Ondes de Love



Elles se propagent seulement le long d'interfaces entre deux matériaux différents.

III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques

Leur vitesse de propagation dépend:

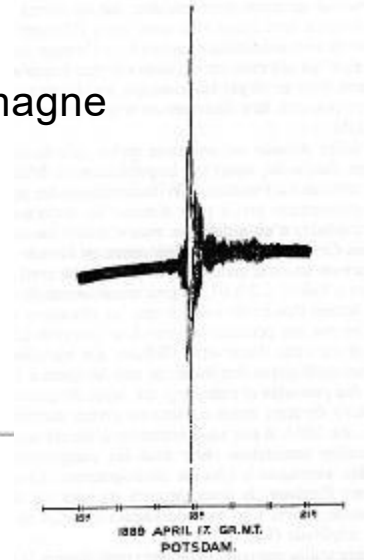
- du type d'ondes:
 - Les ondes longitudinales « **ondes P** » sont toujours les plus rapides.
 - Les ondes transversales « **ondes S** » sont en général presque 2x moins rapides.
 - Les **ondes de surface** sont les plus lentes
- de la pression.

Matériau	Vitesse P (m/s)	Vitesse S (m/s)
Air	332	0
Eau	1400-1500	0
Pétrole	1300-1400	0
Argile	1000-2500	400-1000
Sable (sec)	200-1000	80-400
Sable (saturé en eau)	800-2200	320-880
Grès	1400-4300	700-2800
Calcaire	4000-6100	2000-3000
Granite	5500-5900	2800-3000
Basalte/Gabbro	6400-6900	3200-3500
Péridotite	8000	4600
Acier	6100	3500
Béton	3600	2000

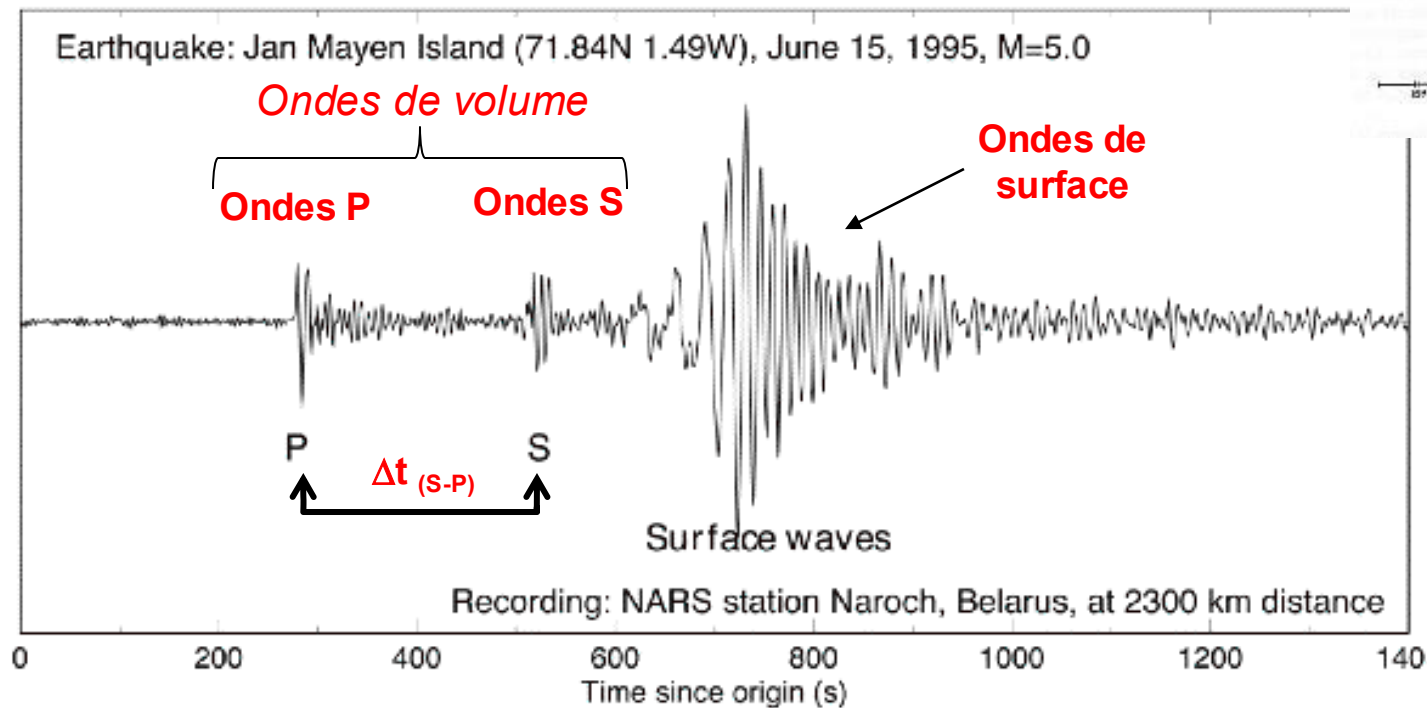
III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques

Premier enregistrement d'un séisme en 1889 en Allemagne
(Le séisme a eu lieu à Tokyo)



Les différentes ondes émises par un séisme

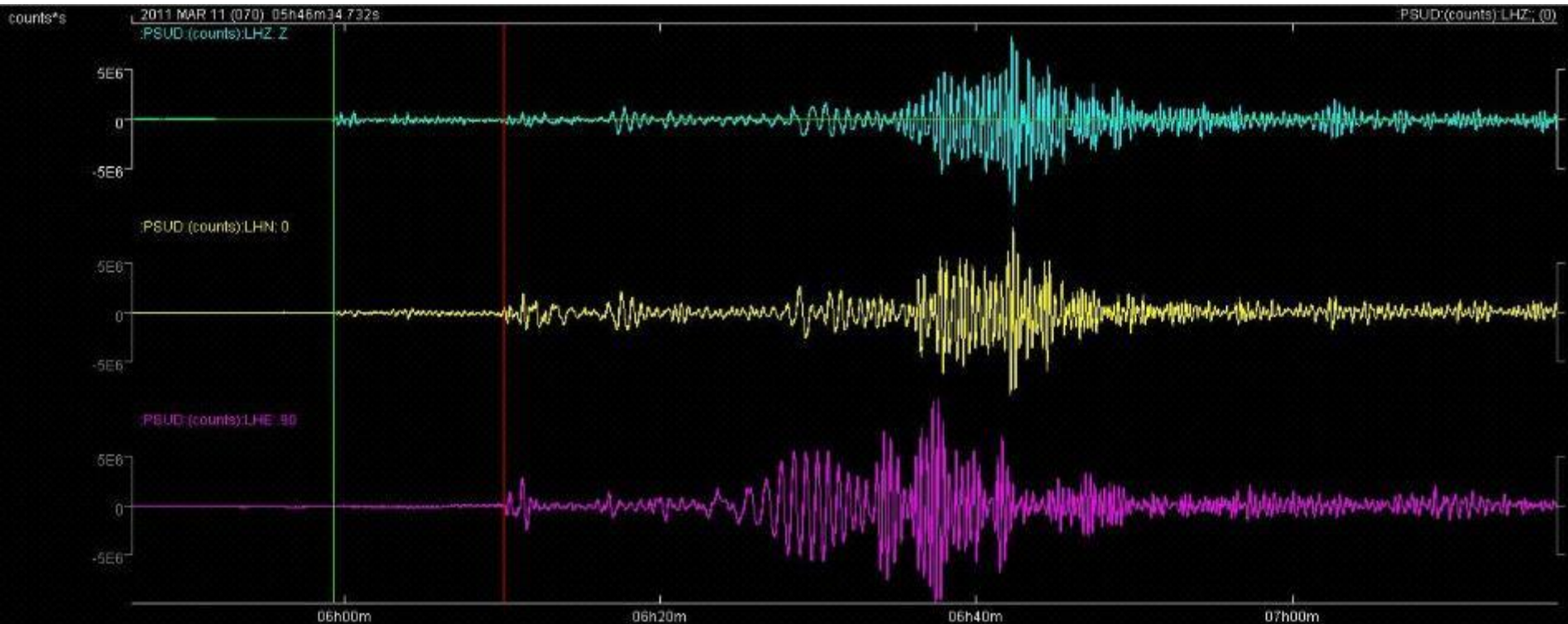


III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques

Séisme de Sendai 11/03/2011

Enregistrement station U. Paris Sud Orsay



Ondes: **P** **S** **Surface**

Distance de l'épicentre: 9500 km

Déplacement vertical du bâtiment 504: **6 mm**

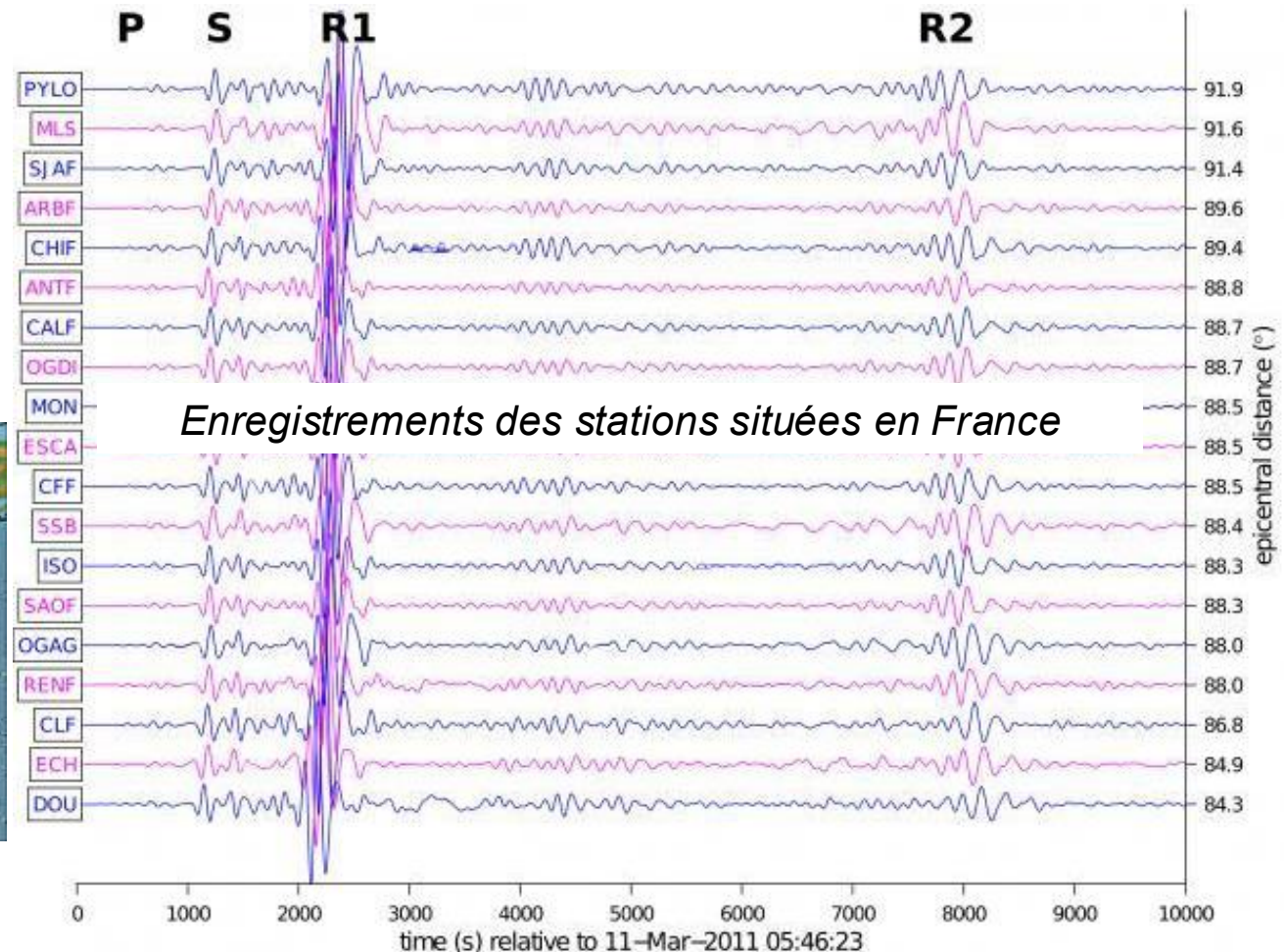
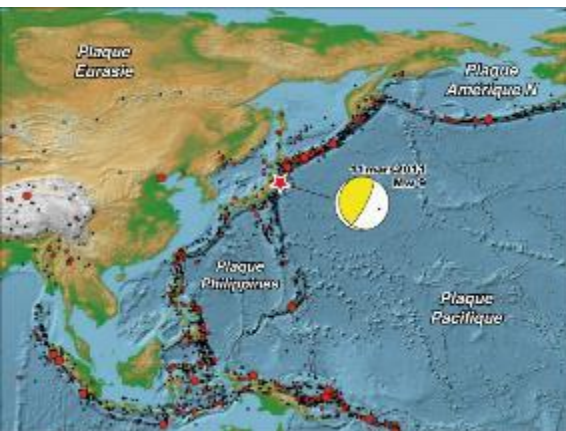
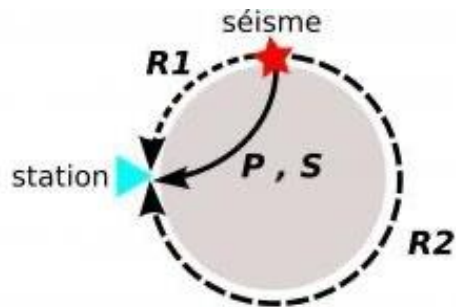
III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques

Séisme de Sendai 11/03/2011

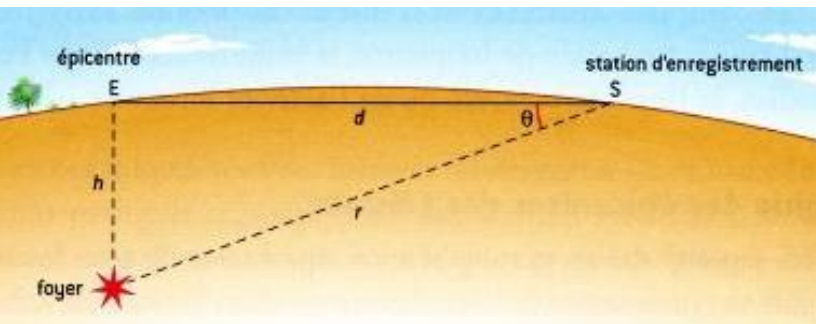
Ordre d'arrivée:

- 1) Ondes de volumes (**P**, puis **S**)
- 2) Ondes de surface (**R1**, puis **R2**)



III. La structure interne de la Terre

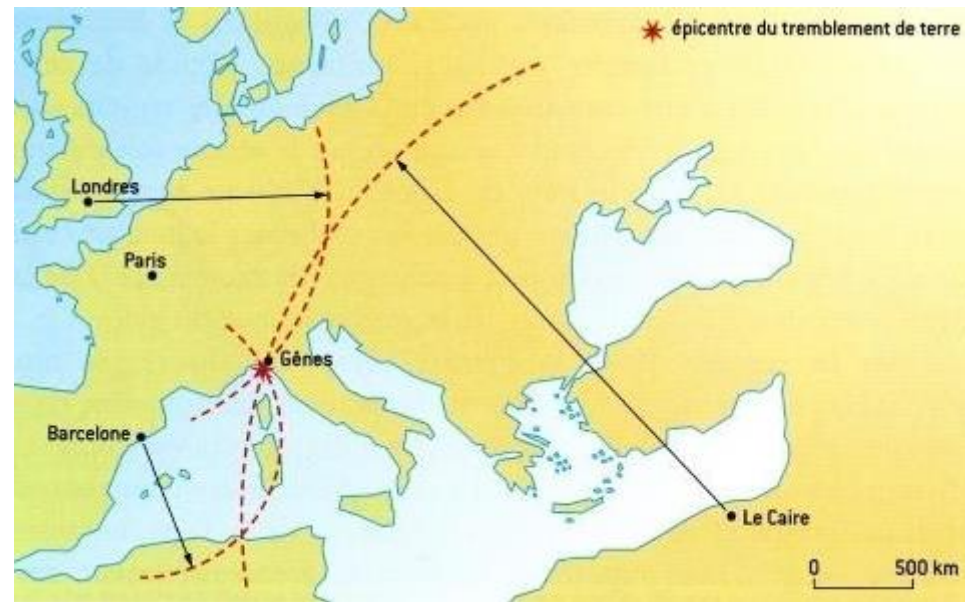
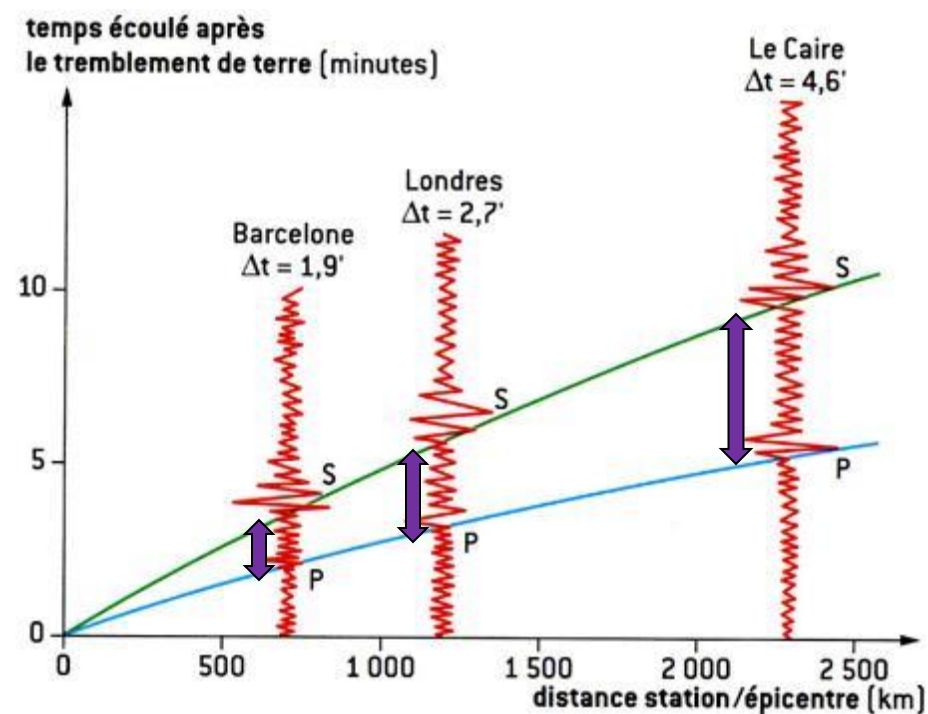
Localisation des séismes



Ondes S plus lentes que ondes P

=> **retard Onde_s - Onde_p** d'autant plus grand que la station est loin de l'épicentre

=> **repart => distance => localisation**

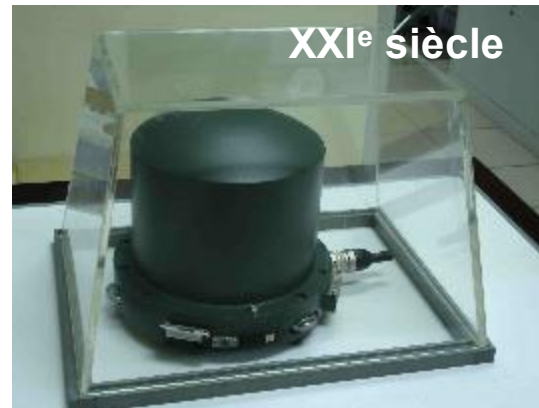
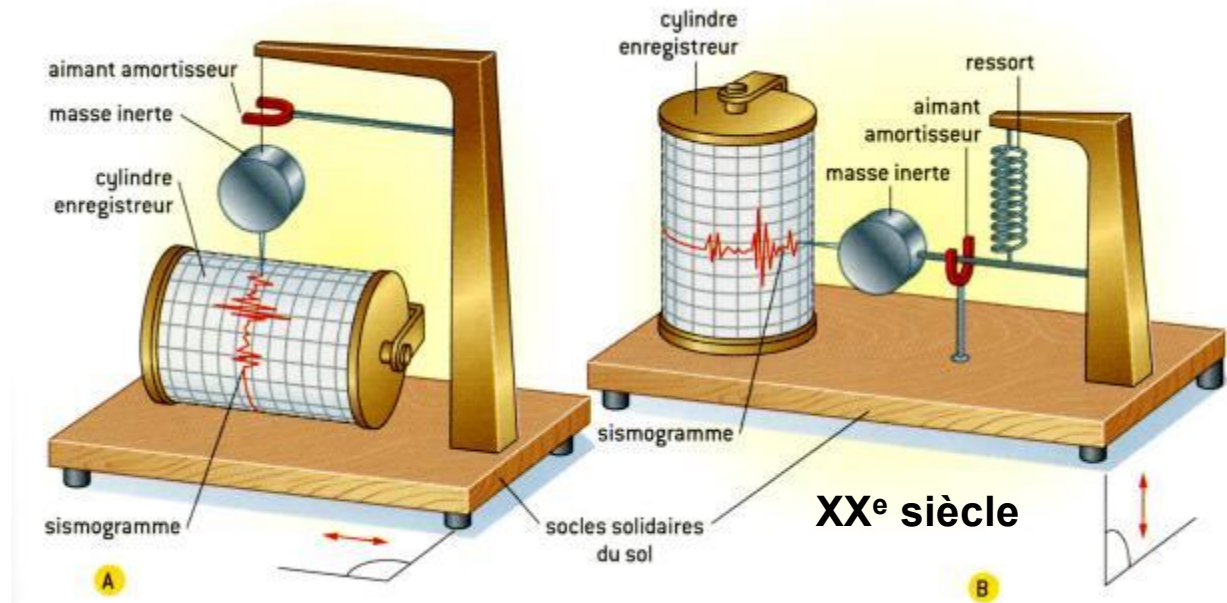


III. La structure interne de la Terre

Les ondes sismiques: enregistrements

Les Sismomètres

II^e siècle (Chine)



III. La structure interne de la Terre

Les séismes: les échelles d'intensité et de magnitude

Echelle M.S.K. : échelle d'**intensité** de séisme (comporte 12 degrés).

Ech. Qualitative (description)

I : Seuls les sismographes enregistrent les vibrations

...

VI : Meubles déplacés.

VII : Lézardes sur les maisons.

VIII : Chute des cheminées des maisons.

IX : Maisons écroulées.

X : Rails de chemin de fer tordus.

...

XII : Villes rasées. Bouleversements importants du relief

**(témoignages
historiques)**

III. La structure interne de la Terre

Les séismes: les échelles d'intensité et de magnitude

Echelle de Richter : échelle de référence qui évalue l'énergie des séismes par la valeur de la **magnitude**.

Ech. Quantitative (mesure)

**quantité d'énergie reçue à 100 km de l'épicentre,
déduite de la lecture des sismogrammes.**

$$M = \log \left(\frac{A}{T} \right) + q(\Delta, h) + a$$

A: amplitude maximale des ondes (en mm)

T: période (en s)

q: facteur d'atténuation (Δ distance épicentrale, h profondeur du foyer)

a: constante empirique

III. La structure interne de la Terre

Les séismes: les échelles d'intensité et de magnitude

Le plus grand séisme enregistré (Chili, 1960): **M ~ 9,5**

Cette faille a joué sur plus de **1000 km** de longueur

Les séismes de **M=2** ne sont pas ressentis

Fréquence sur Terre:

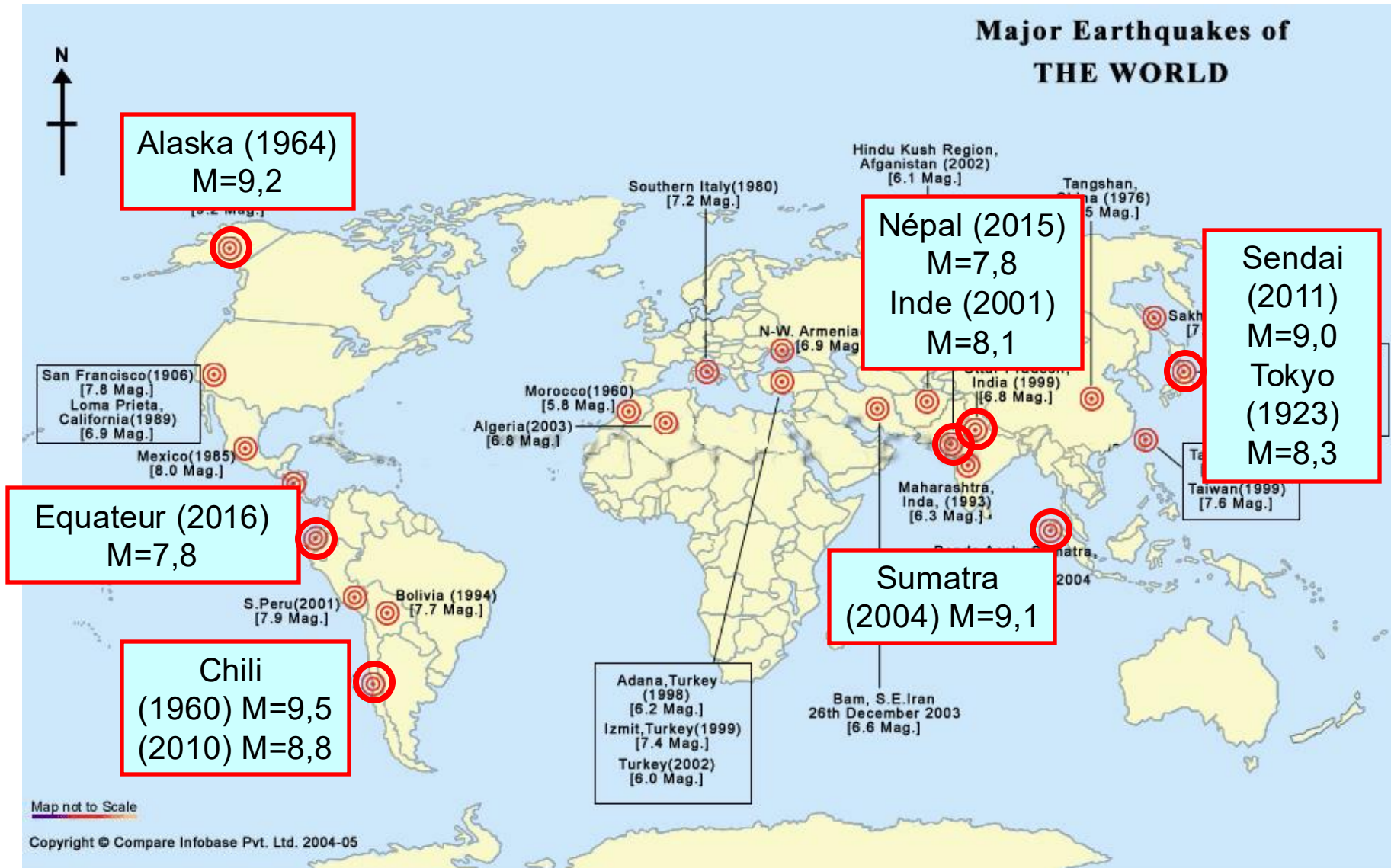
M = 2-3 : 1000 par jour

M = 6-7 : 100 par an

M > 9 : 1 à 5 par siècle

III. La structure interne de la Terre

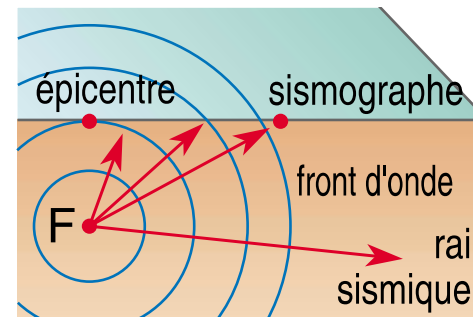
Les séismes: les échelles d'intensité et de magnitude



III. La structure interne de la Terre

La propagation des ondes sismiques

- La vitesse sismique dépend de la composition du matériau et de la pression.
- Quand les ondes passent d'un matériau à l'autre, elles changent de vitesse et de direction.
- La propagation des ondes sismiques est représentée par des trajectoires constituées de segments de droites: les rais sismiques.

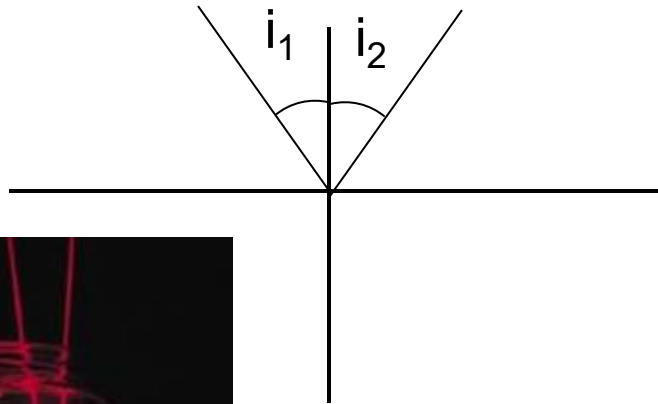


III. La structure interne de la Terre

La propagation des ondes sismiques

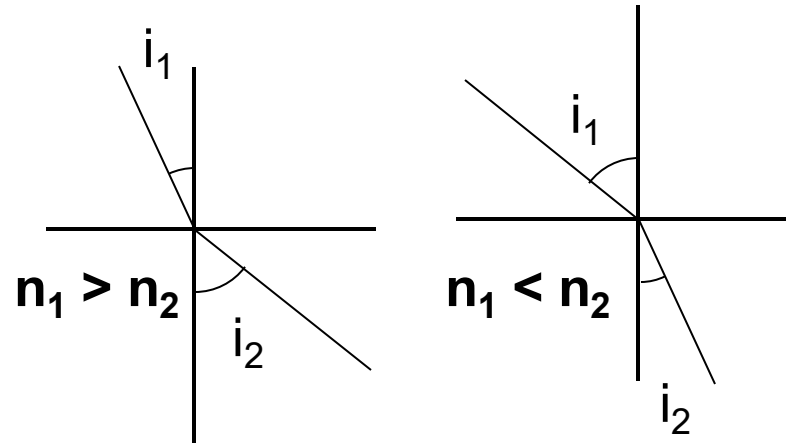
Elle obéit aux lois de Descartes

Réflexion



$$i_1 = i_2$$

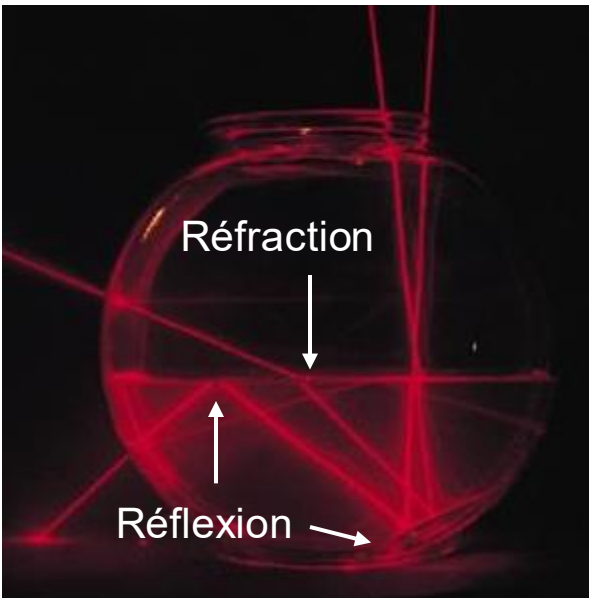
Réfraction



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

indice de refraction (n_i) : $1/V_i$

V : vitesse de propagation des ondes sismiques



III. La structure interne de la Terre

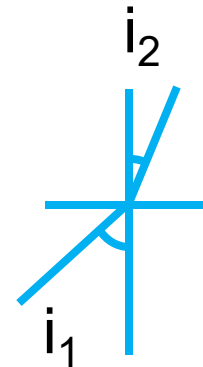
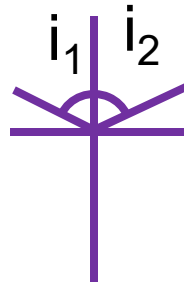
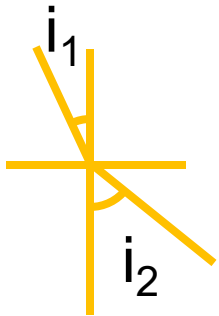
La propagation des ondes sismiques: trajectoires des rais sismiques

La vitesse de propagation des ondes de volume augmente avec la profondeur

⇒ si $V_{\text{dessus}} < V_{\text{dessous}}$ alors $i_{\text{dessus}} < i_{\text{dessous}}$

⇒ le rai sismique *se courbe* ...

⇒ est *réfléchi* ... puis *se redresse*



NB : presque partout, i_1 et i_2 sont moins contrastés que sur ces schémas

III. La structure interne de la Terre

La propagation des ondes sismiques: trajectoires des rais sismiques

La vitesse de propagation des ondes de volume augmente avec la profondeur

- ⇒ si $V_{\text{dessus}} < V_{\text{dessous}}$ alors $i_{\text{dessus}} < i_{\text{dessous}}$
- ⇒ le rai sismique **se courbe** ...
- ⇒ est **réfléchi** ... puis **se redresse**

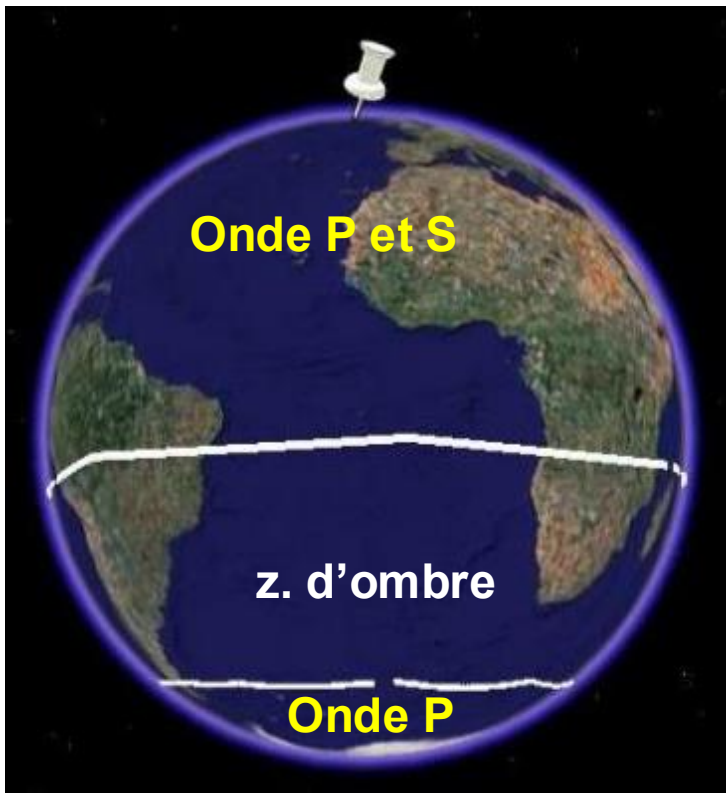


III. La structure interne de la Terre

Découverte du noyau

Où que soit l'épicentre d'un séisme, il existe une région du Globe où les instruments peu sensibles ne perçoivent aucune onde: c'est la **zone d'ombre** du séisme

Séisme au Pole Nord



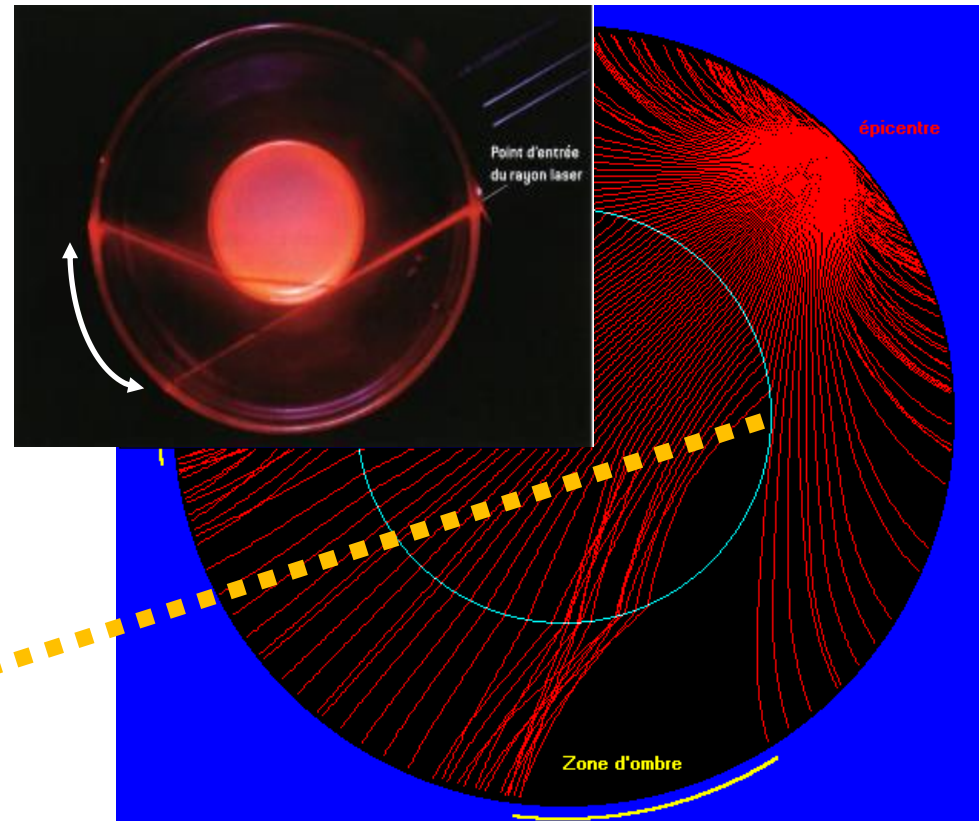
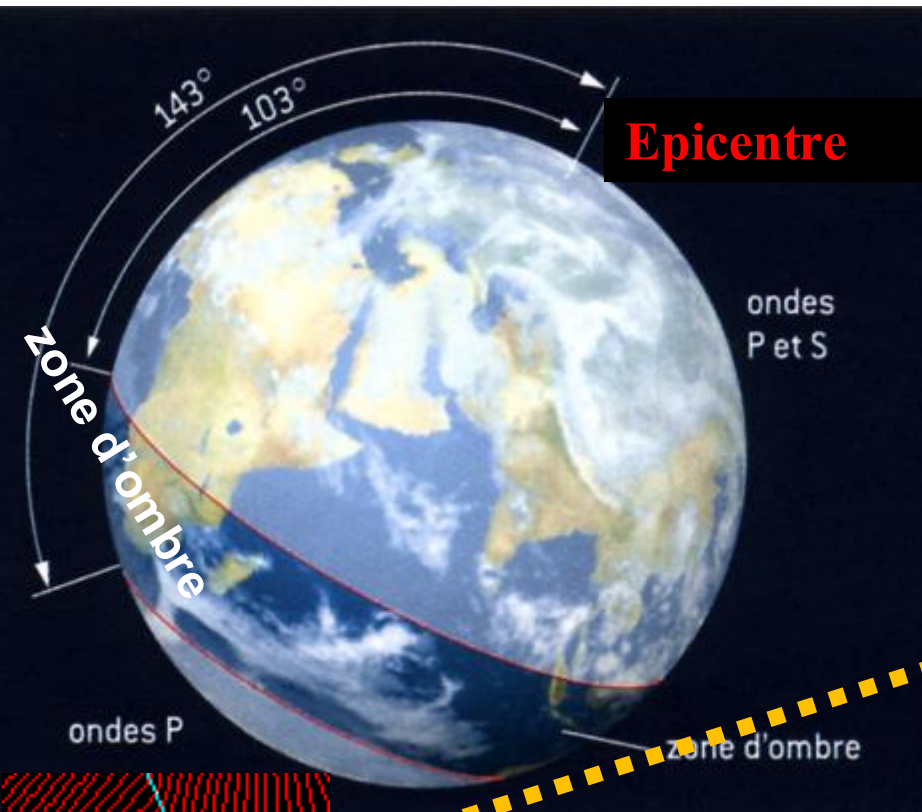
Séisme aux Philippines



III. La structure interne de la Terre

Découverte du noyau

La zone d'ombre implique que les rais sismiques sont (quelque part) très fortement déviés par réfraction => **Il y a une discontinuité majeure en profondeur !**



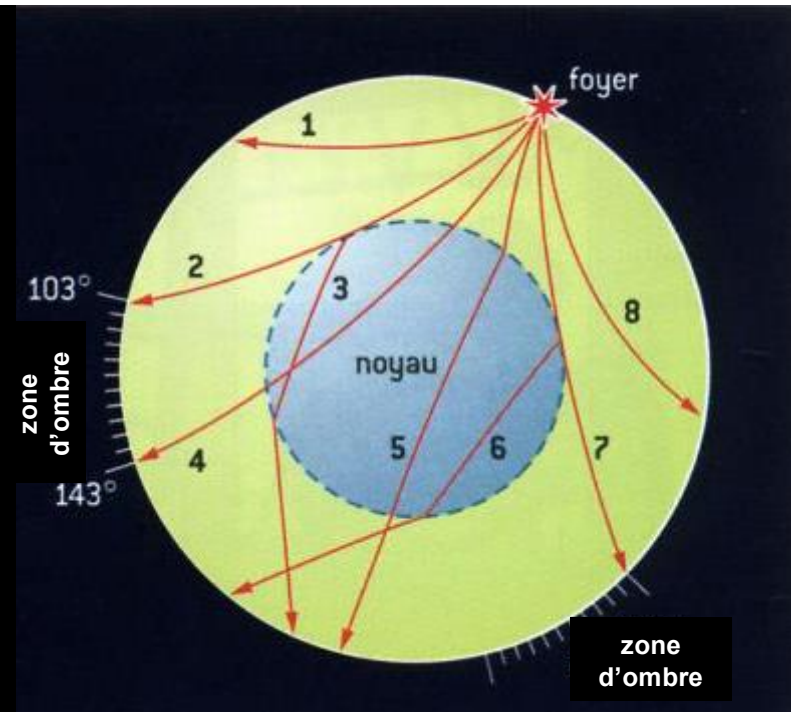
Angles i_1 et i_2 très différents
=> Indices n_1 et n_2 très différents
=> Vitesses V_1 et V_2 très différentes
=> Matériaux M_1 et M_2 très différents

Il existe des milieux de nature très différente en profondeur

III. La structure interne de la Terre

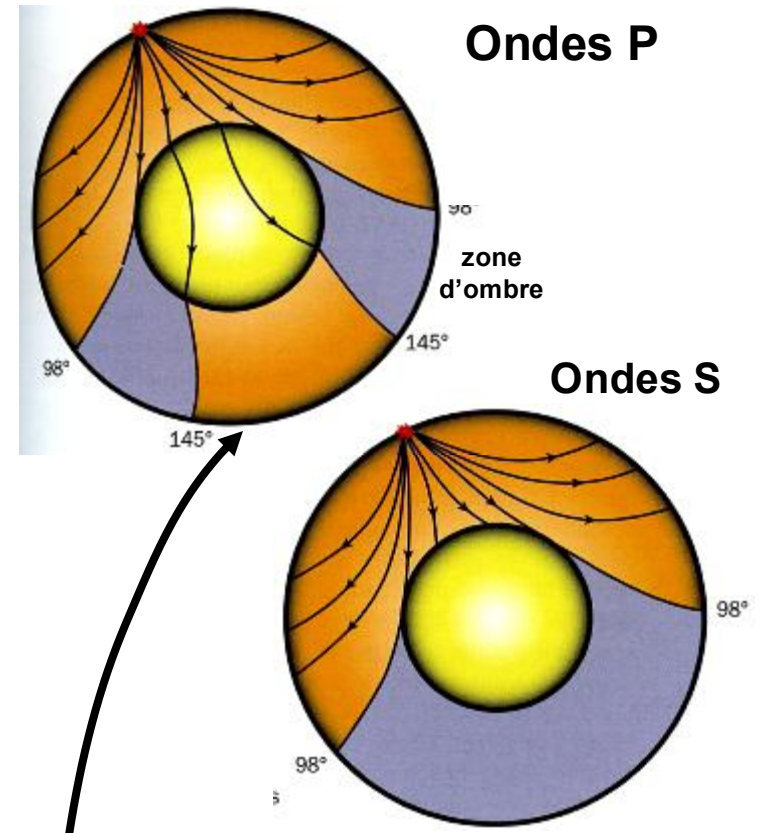
Découverte du noyau

La zone d'ombre démontre la présence d'une discontinuité majeure en profondeur !



**à 2900 km de profondeur:
c'est le Noyau**

(découvert par Gutenberg en 1914)



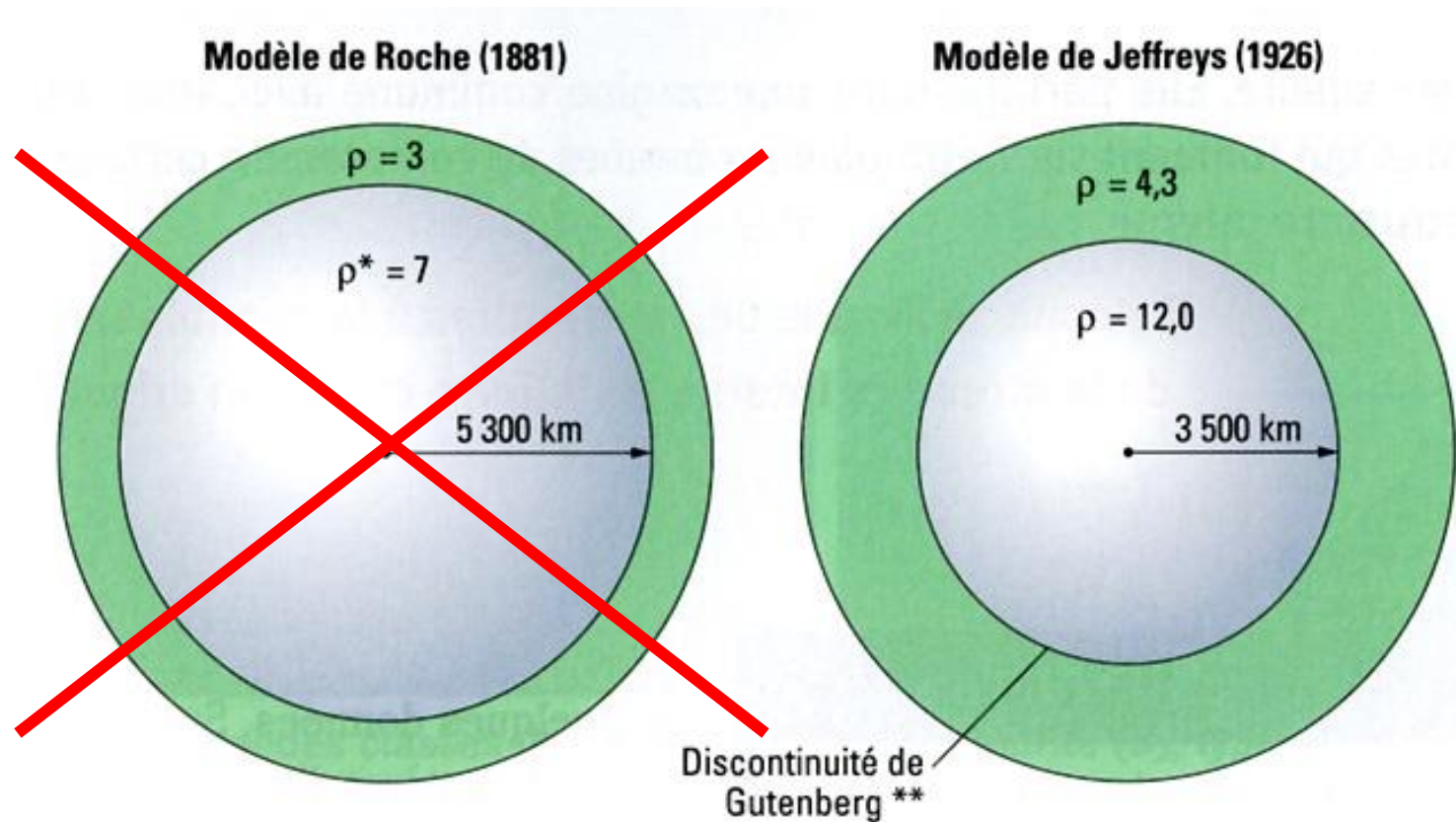
Seules les ondes P sont perçues au-delà de la zone d'ombre :

le noyau est en partie liquide !

III. La structure interne de la Terre

Découverte du noyau

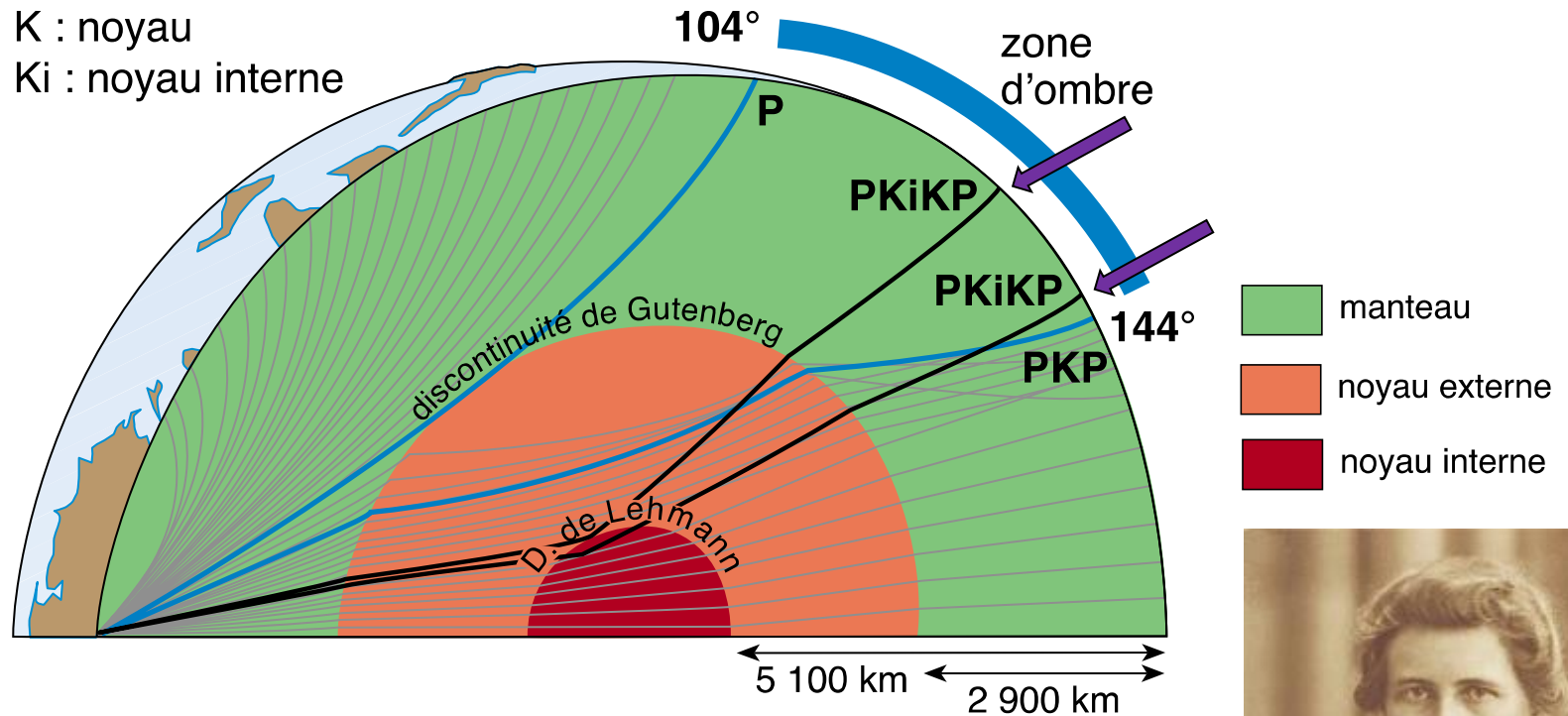
Contrainte apportée par la découverte de la discontinuité de Gutenberg sur la Terre interne



III. La structure interne de la Terre

Mais, quelques rares ondes P très atténuées (PKiKP) ont été identifiées dans la zone d'ombre: Il existe une autre discontinuité dans le noyau
C'est le noyau interne situé à 5100 km de profondeur

Aucune onde S ne suit ce trajet => le noyau externe est liquide !



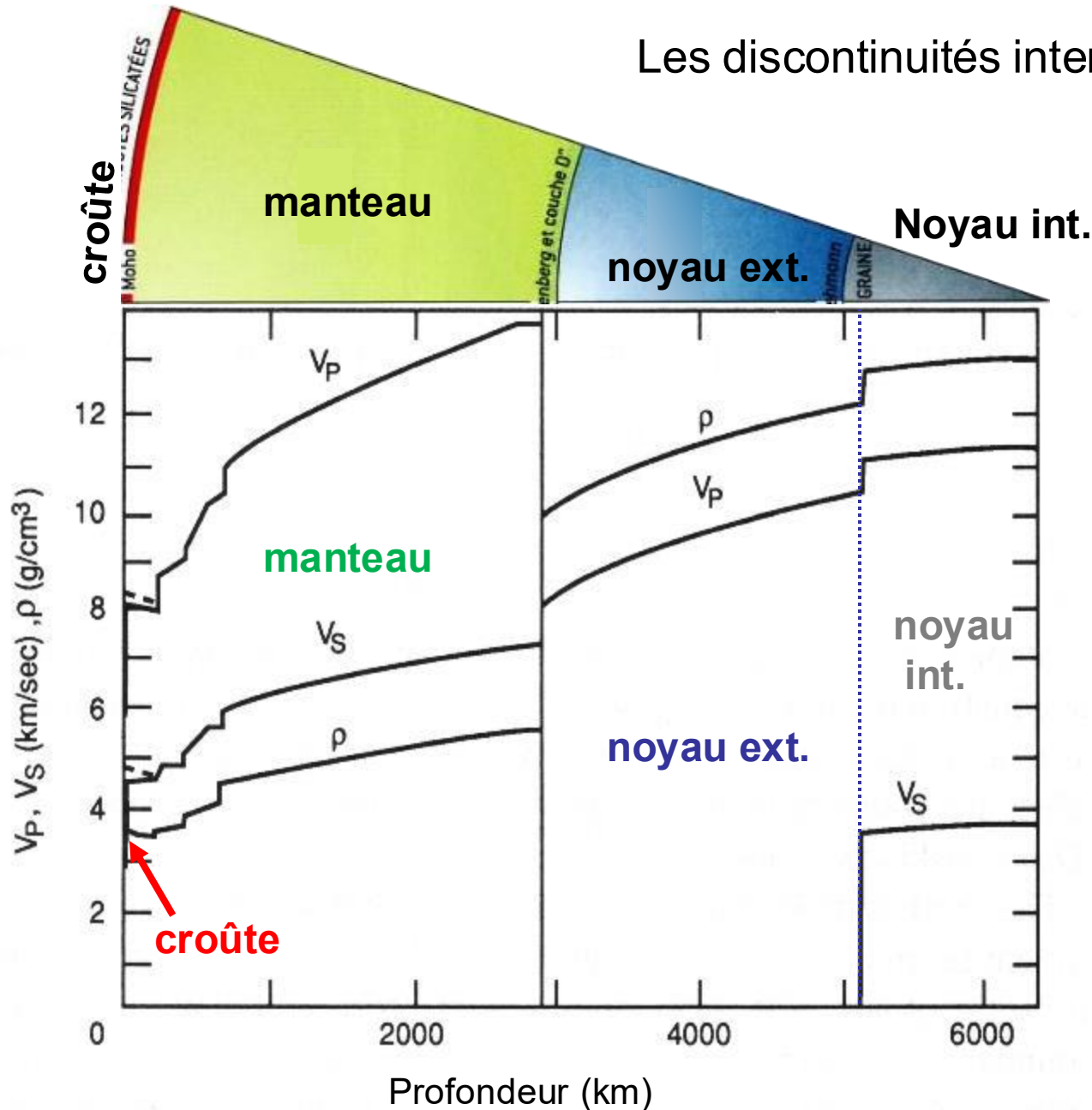
La discontinuité de Lehmann à 5100 km sépare le noyau externe du noyau interne (ou graine).

Découverte en 1936 par Inge Lehmann

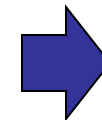


III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités internes majeures



Profil des vitesses sismiques et de la densité



Il existe des discontinuités de différente nature

III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités internes

Quelle est la nature de ces discontinuités ?

- Limite noyau-manteau à 2900 km
- Discontinuités du manteau
 - ZMV (100 - 200 km)
 - 400 km
 - 700 km
- Moho (6 - 30 km)

III. La structure interne de la Terre

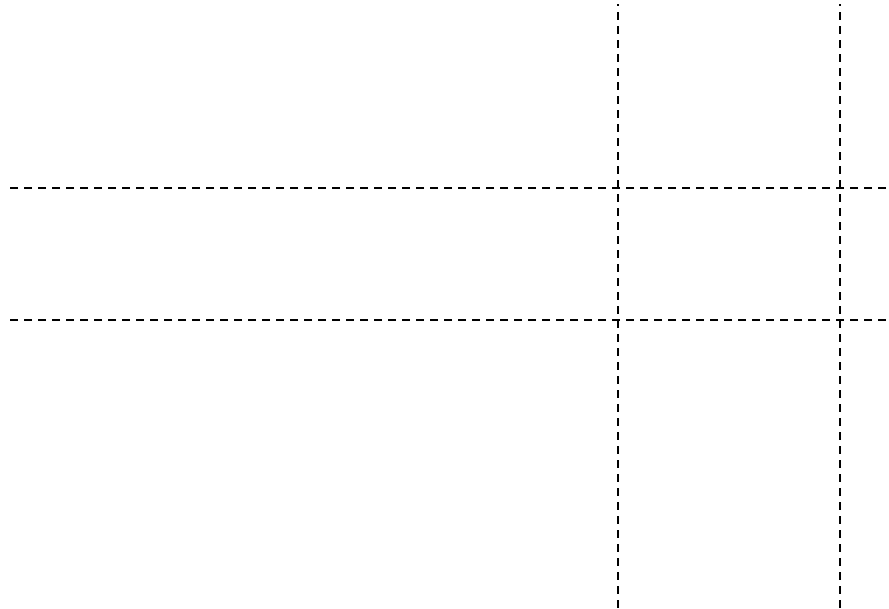
Les discontinuités internes

Birch (1961) mesure v_p sur 250 échantillons de roches naturelles

Il montre que V_p augmente avec :

- la masse volumique (ρ)
- la masse atomique moyenne ($\underline{M}$)

V_p dans
le noyau



Masse volumique du noyau

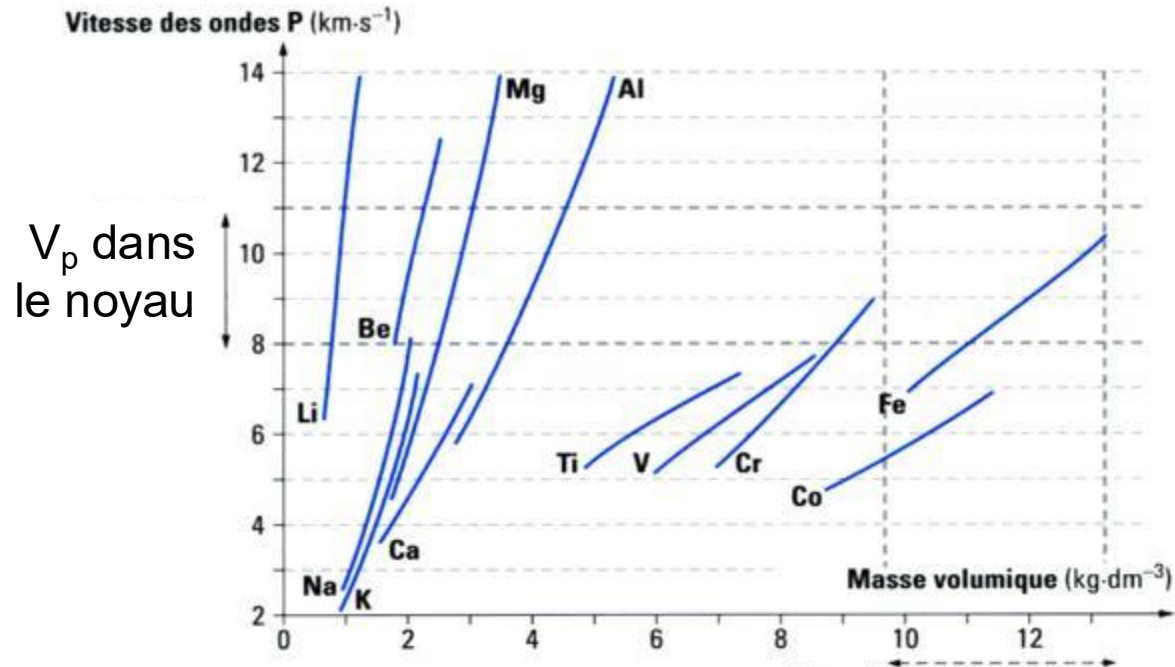
III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités internes

Birch (1961) mesure v_p sur 250 échantillons de roches naturelles

Il montre que V_p augmente avec :

- la masse volumique (ρ)
- la masse atomique moyenne ($\underline{M}$)



Masse volumique du noyau

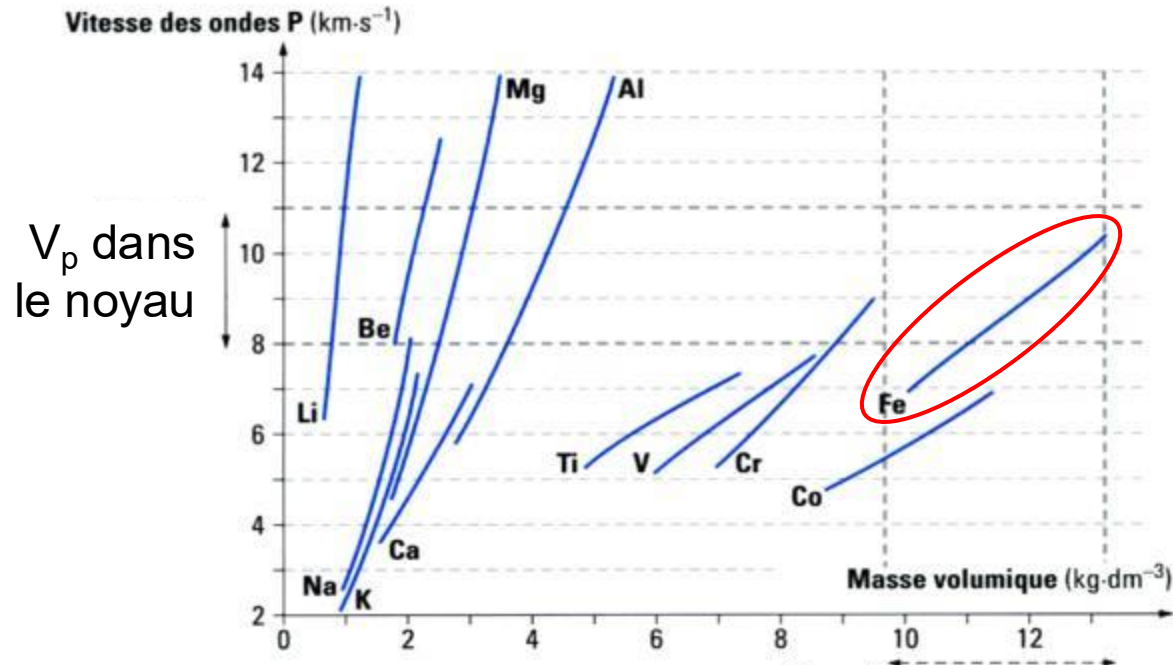
III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités internes

Birch (1961) mesure v_p sur 250 échantillons de roches naturelles

Il montre que V_p augmente avec :

- la masse volumique (ρ)
- la masse atomique moyenne ($\underline{M}$)



Masse volumique du noyau

=> le noyau est principalement constitué de **fer** !

=> *le manteau est constitué de silicates (les péridotites)*

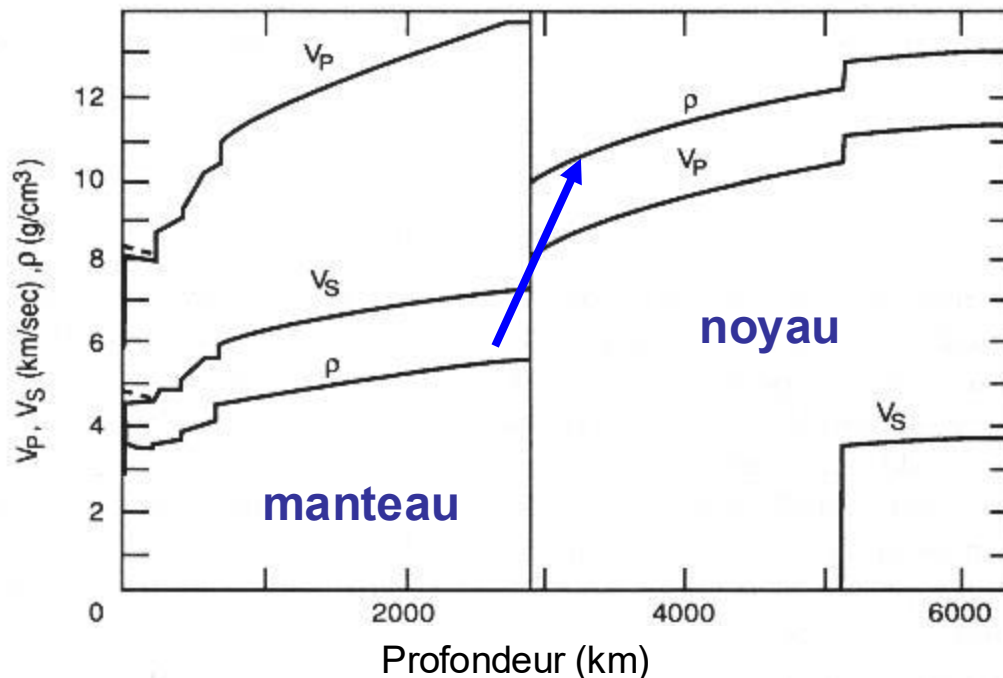
III. La structure interne de la Terre

Composition du noyau 16% du volume, mais 25 % de la masse de la Terre

Il est essentiellement constitué d'un alliage de **Fe et Ni**.

Autres arguments:

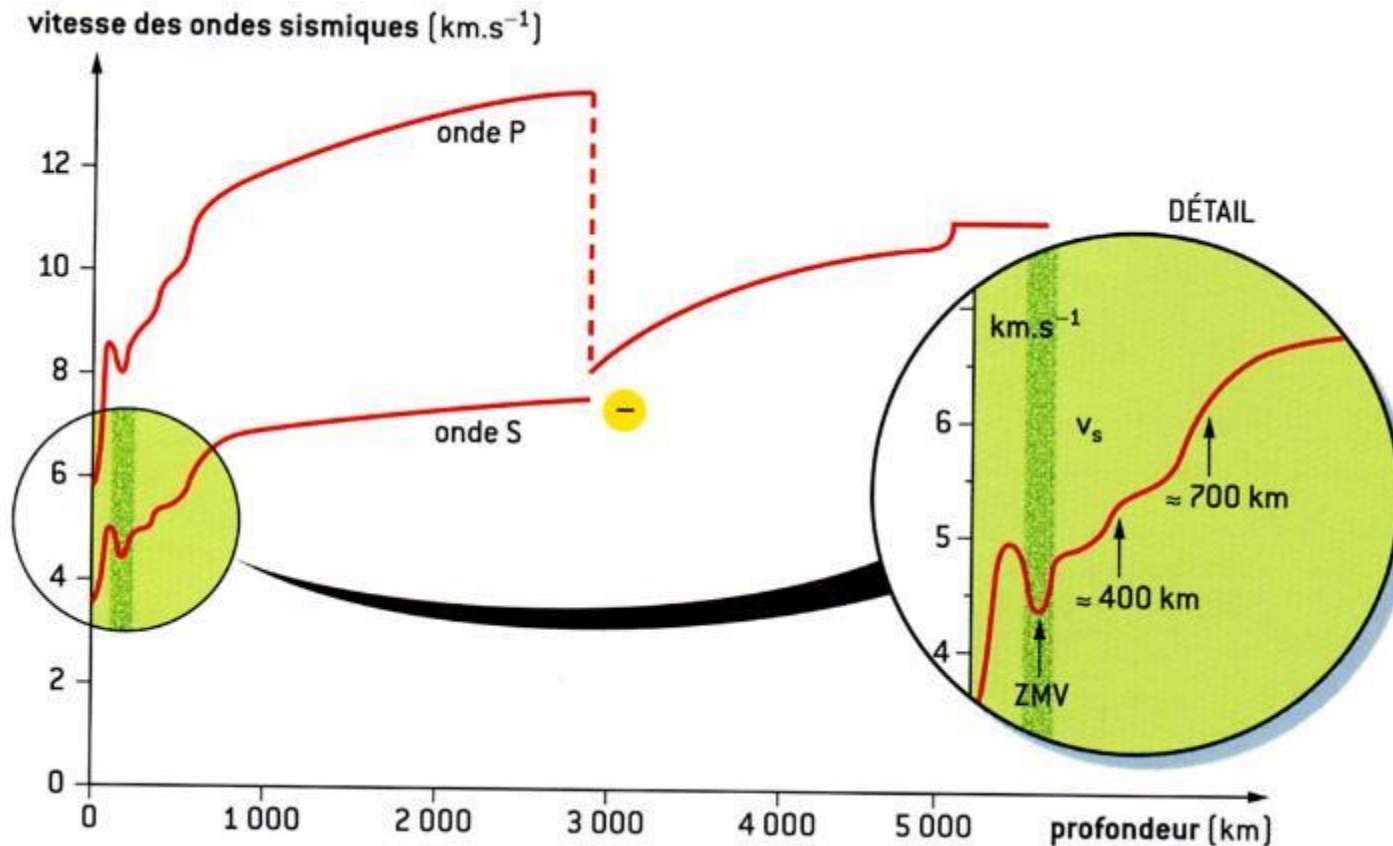
- Composition de la Terre superficielle vs. les chondrites
=> déficit de Fe et Ni dans le manteau
- Gravité et moment d'inertie nous montrent que le noyau doit être très dense.



La limite Noyau-Manteau
est la **discontinuité
majeure** de la Terre

III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités du manteau



-**ZMV**: Zone à Moindre Vitesse

- **400 km**

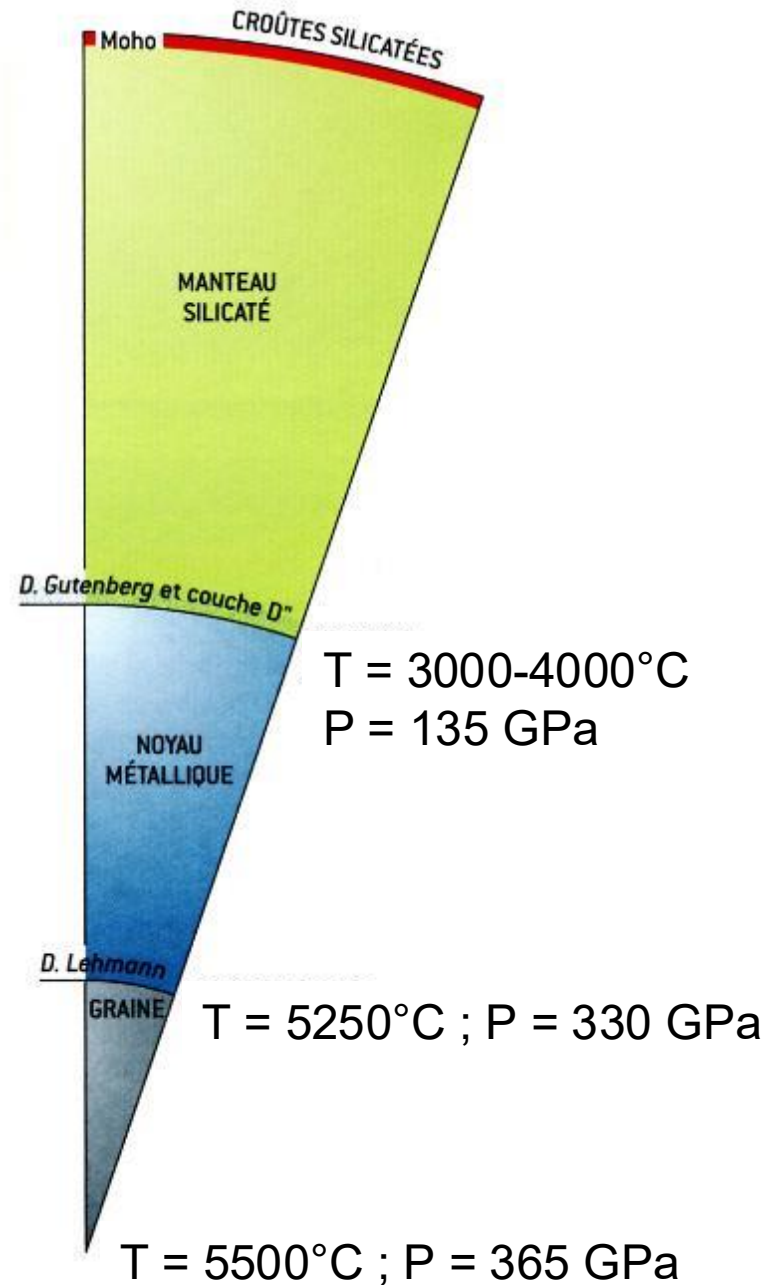
- **700 km**

Ce ne sont pas discontinuités chimiques, mais seulement des zones où les propriétés des roches changent.

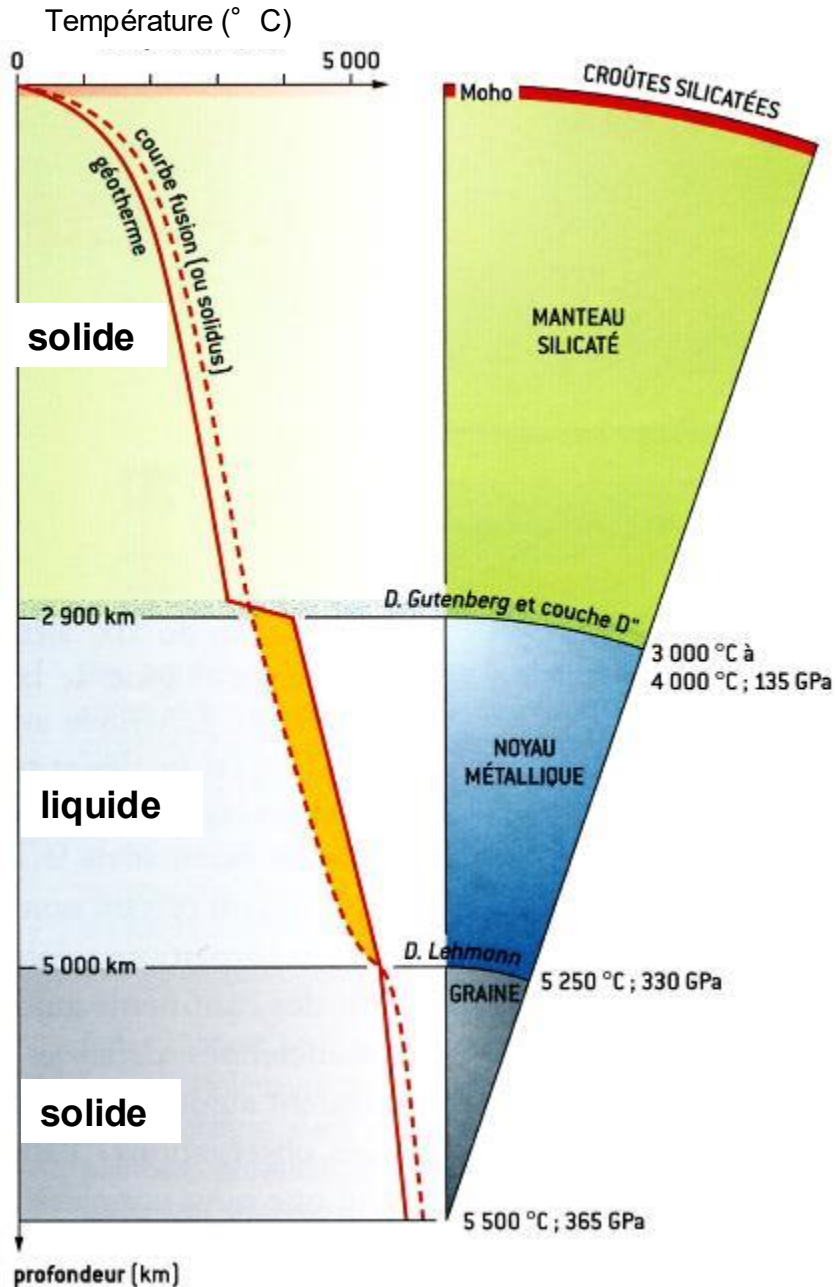
III. La structure interne de la Terre

Variations de la Température et
de la Pression avec la profondeur

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$



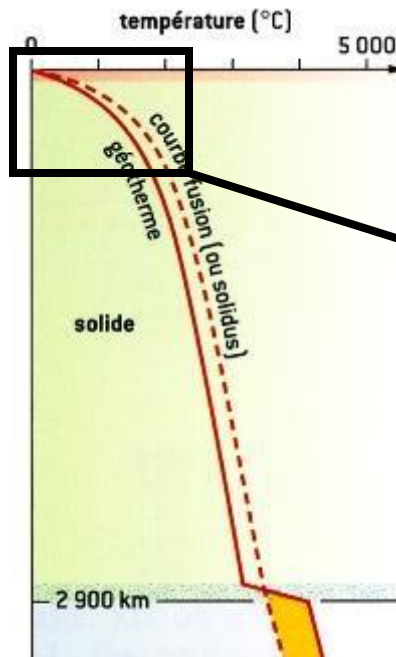
III. La structure interne de la Terre



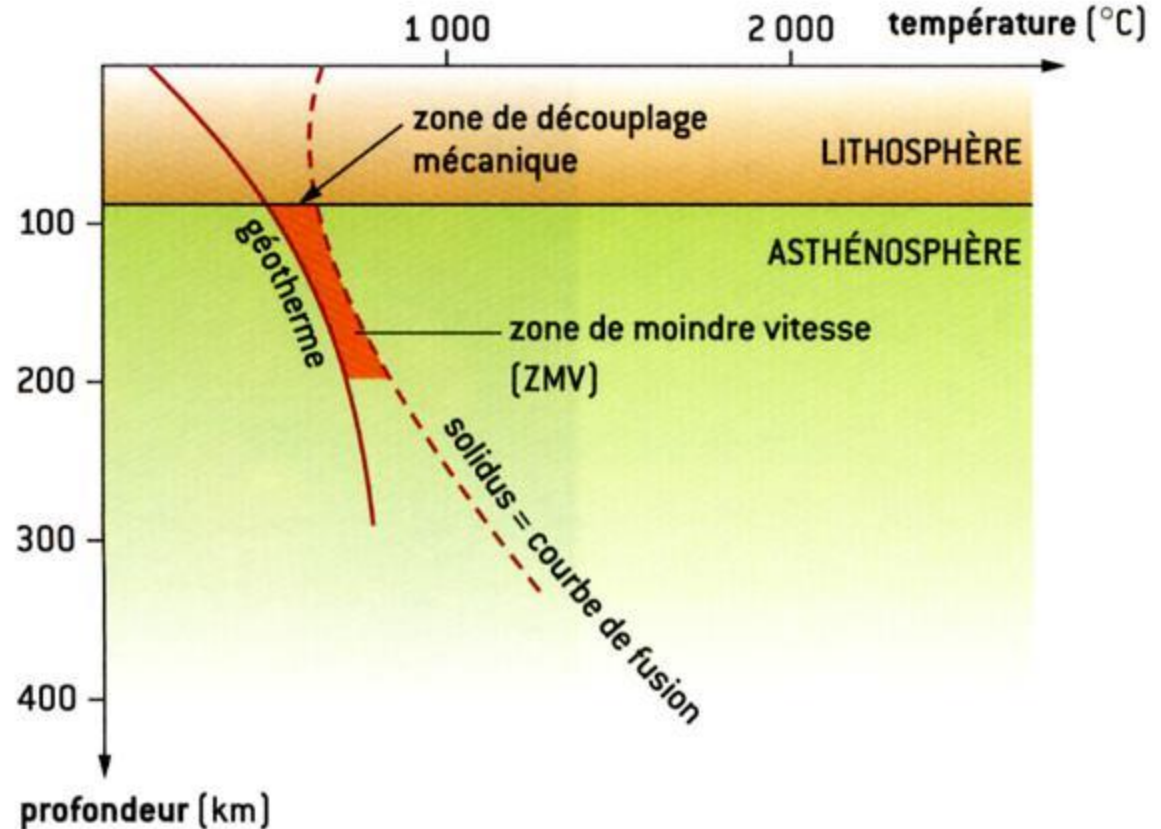
Géotherme : courbe d'évolution de la température en fonction de la profondeur

Solidus : courbe d'évolution de la température de fusion des matériaux du Globe

III. La structure interne de la Terre



La zone à moindre vitesse (**ZMV**, ou *LVZ en anglais*)



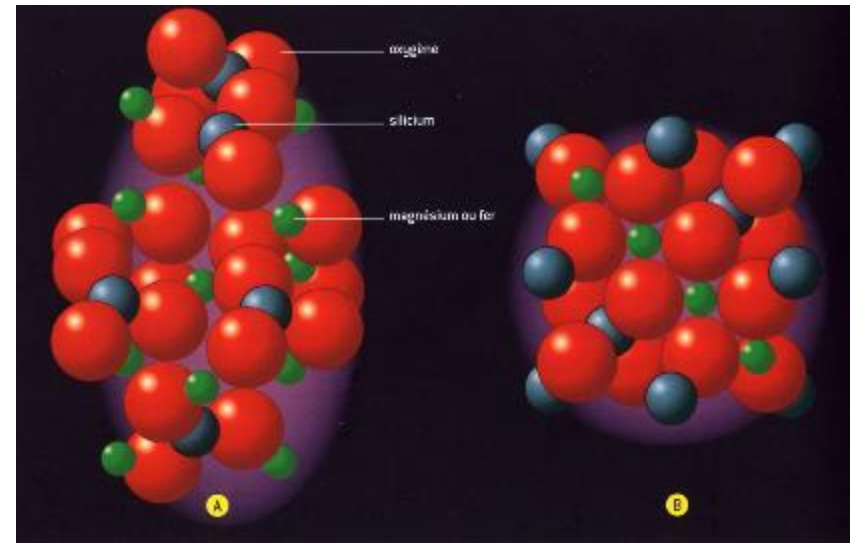
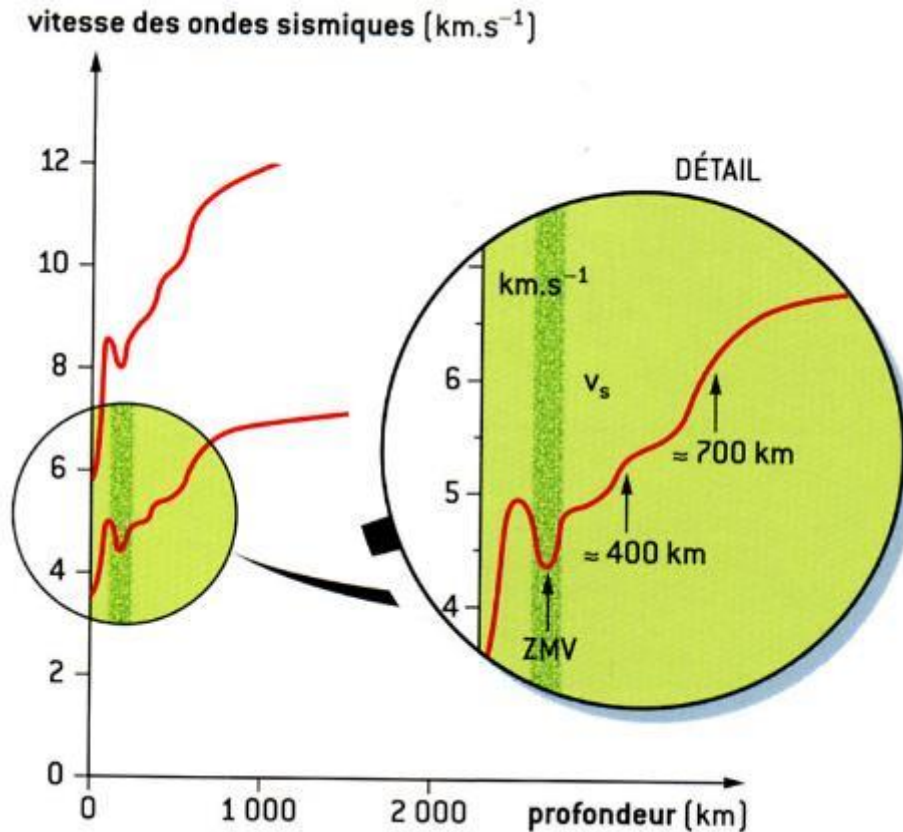
Entre 100 – 200 km : géotherme et solidus proches => les péridotites se « ramollissent »

La **ZMV** est une limite où les propriétés mécaniques de roches sont modifiées : elle sépare la **lithosphère** (rigide, cassante) de l'**asthénosphère** (ductile, plastique).

III. La structure interne de la Terre

Les discontinuités du manteau: limites 400 et 700 km

Ce sont des zones de compaction de l'olivine qui acquiert une **structure plus compacte**:
volume diminue => densité augmente



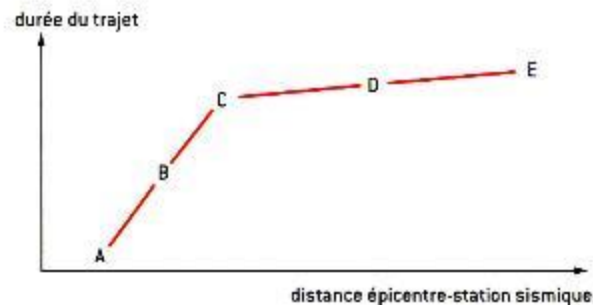
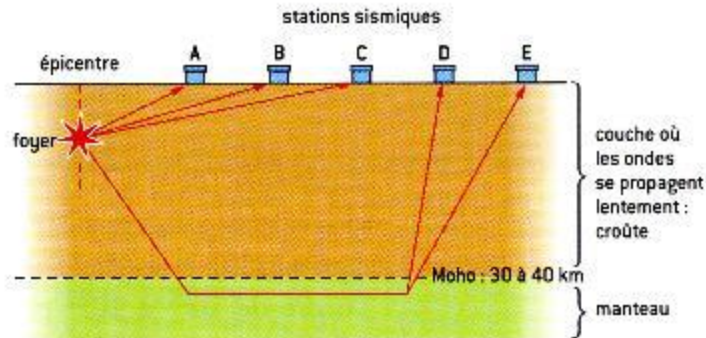
400 km:	<i>Olivine</i> -> <i>Olivine β</i>
500 km:	<i>Olivine β</i> -> <i>Olivine γ</i>
700 km:	<i>Olivine γ</i> -> <i>Perovskite</i>

Pas de changement chimique => seule la structure de l'olivine est modifiée

La limite à 700 km marque la limite manteau supérieur-manteau inférieur

III. La structure interne de la Terre

La discontinuité de Mohorovicic (ou Moho)



	V_P	V_S
Croûte	5,5 – 7,5	3 – 5
Manteau	7 – 14	4,5 – 7
en km.s^{-1}		

Les ondes sismiques arrivent plus vite que prévu aux stations D et E: elles sont accélérées en passant dans le manteau.

C'est une discontinuité majeure qui sépare deux enveloppes de nature chimique différente : le **manteau supérieur** et la **croûte**.

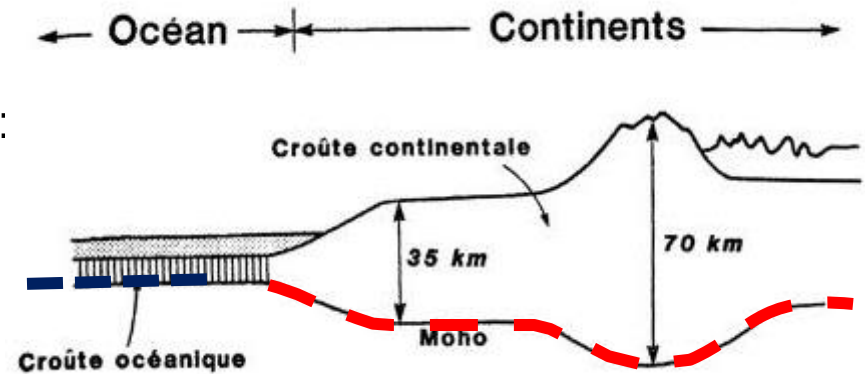
III. La structure interne de la Terre

La discontinuité de Mohorovicic (ou Moho)

- La profondeur du Moho n'est pas constante :
donc l'épaisseur de "la" croûte aussi

≈ 5-6 km sous les océans

≈ 30 km sous les continents (>80 km sous les Alpes ou l'Himalaya)

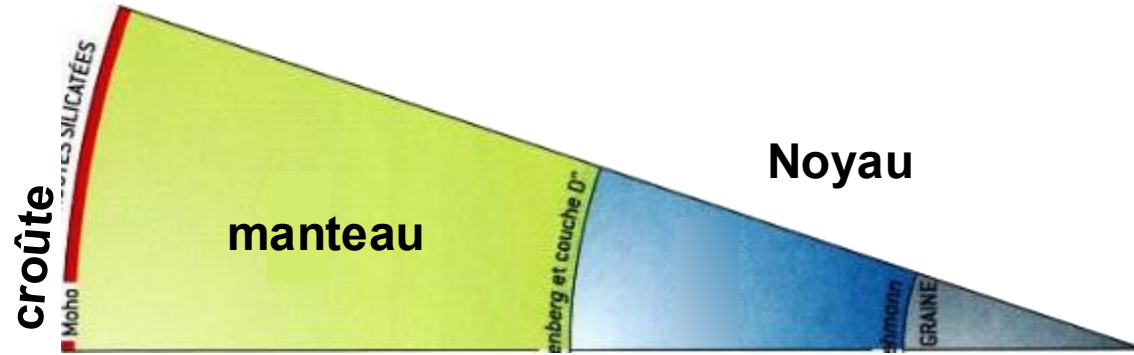


- Les vitesses de propagation des ondes sismiques sont différentes sous les océans et les continents



Les croûtes **océaniques** et **continentales**
sont de nature différente !

III. La structure interne de la Terre

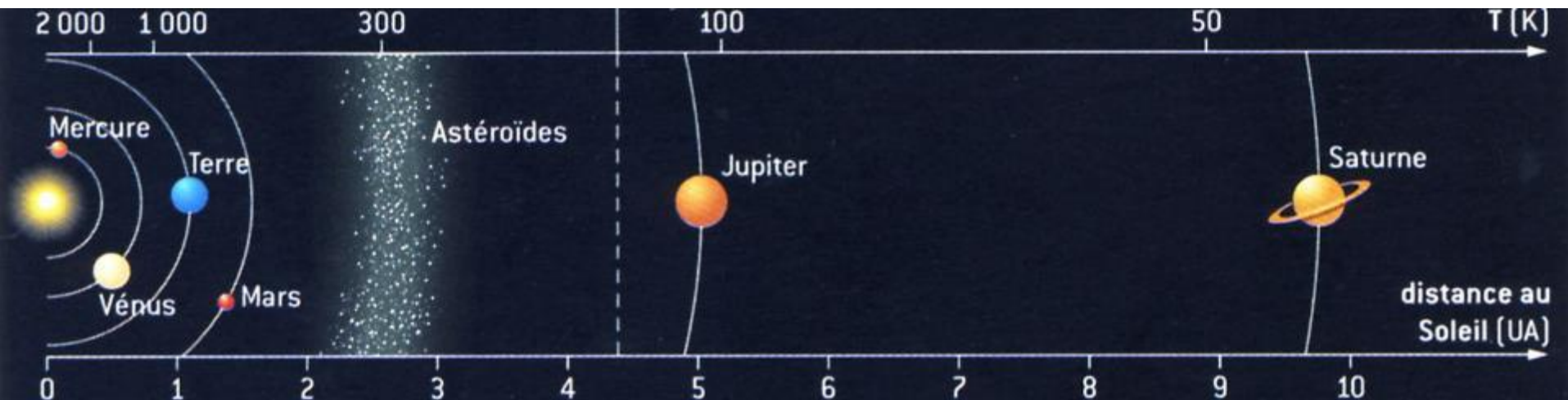


La structure interne de la Terre : **vérifiée depuis l'espace !**

Les météorites: *Les roches qui tombent du ciel*

De quels corps parents proviennent-elles?

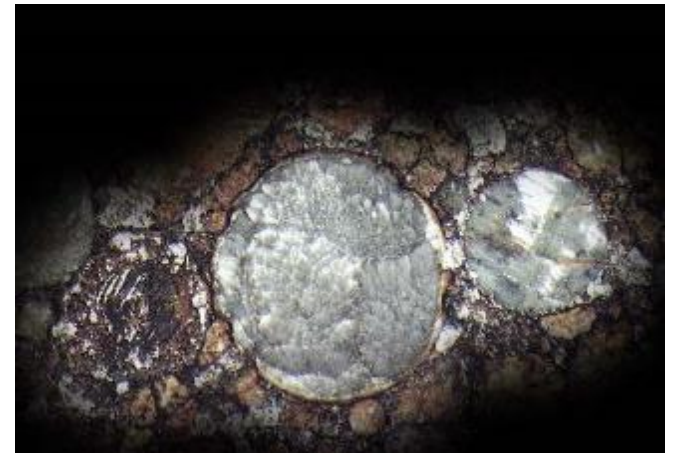
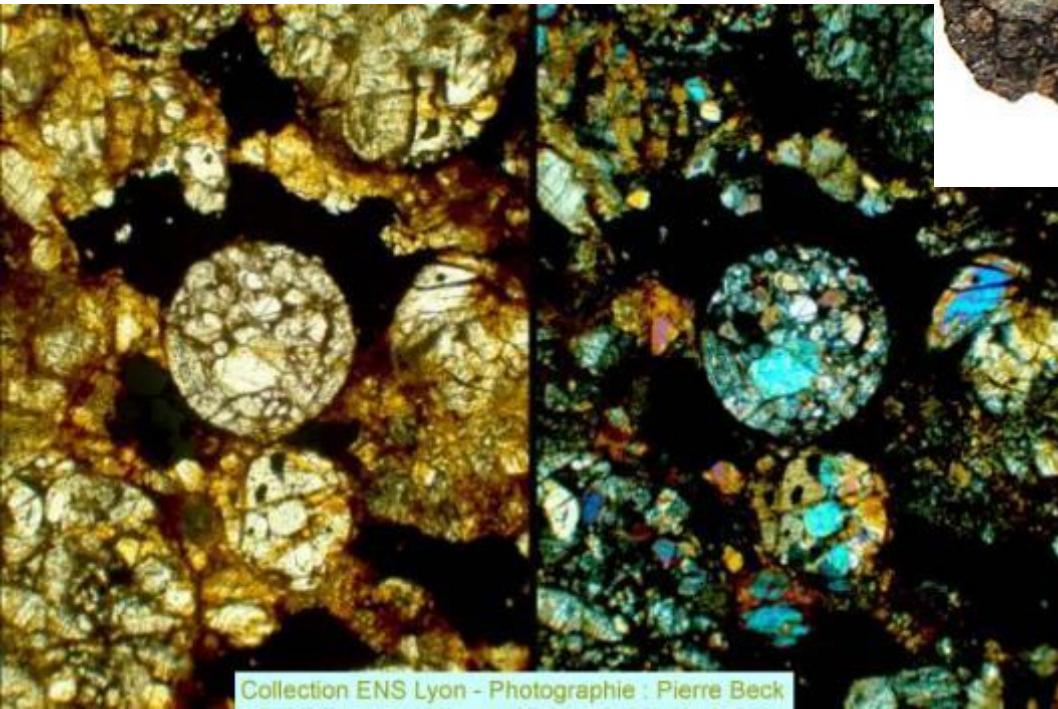
- 10^{aines} de milliers d'astéroïdes (*la plupart depuis la Ceinture d'Ast.*)
- Qques 10^{aines} de météorites d'origine lunaire
- Qques 10^{aines} de météorites d'origine martienne



Composition des météorites

A) Les Chondrites (92%)

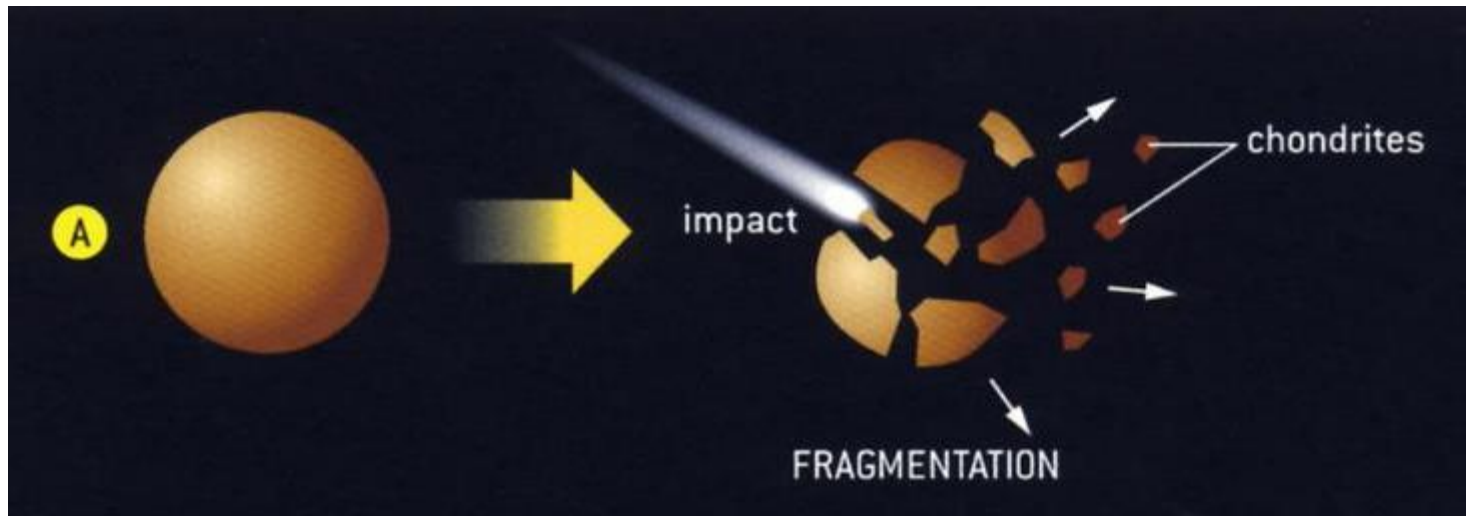
formées par l'agglomération de sphérules silicatées (les chondres)



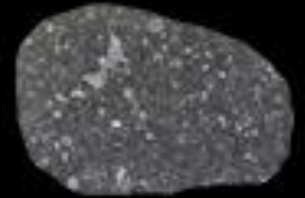
Composition des météorites

A) Les Chondrites (92%)

Fragmentation d'un corps **non-différencié**



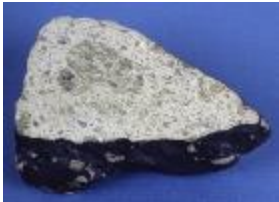
Chondrites
carbonées



Planétésimal
primitif

Composition des météorites

B) Les météorites différenciées :

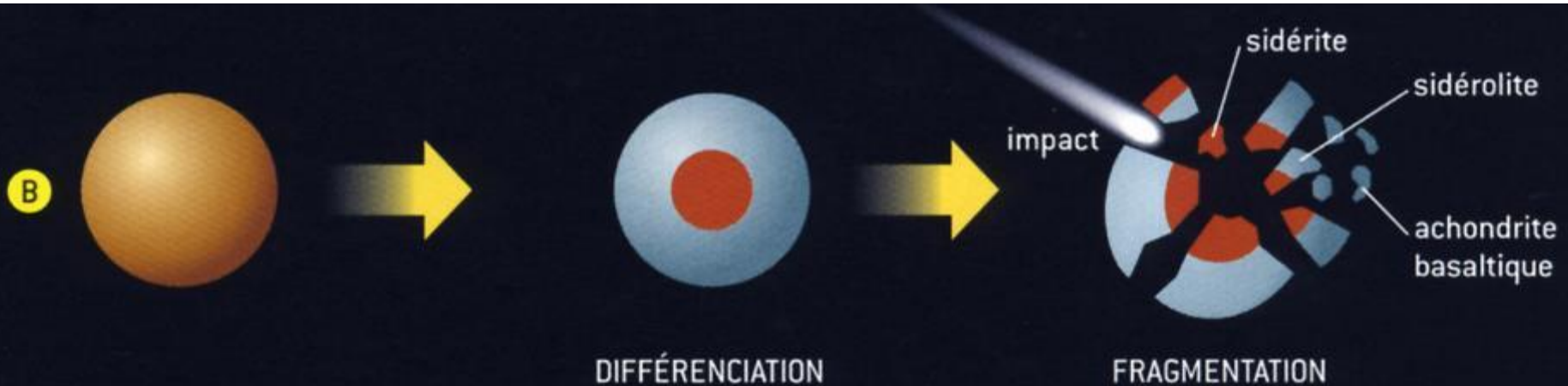
<u>Nature</u>	<u>Aspect</u>	<u>Similitude terrestre</u>
- Sidérites		~ Noyau
- Sidérolites		~ Interface Noyau - Manteau
- Achondrites		~ Manteau

Hétérogènes => proviennent de la fragmentation d'un corps **déjà différencié**

Composition des météorites

B) Les météorites différenciées :

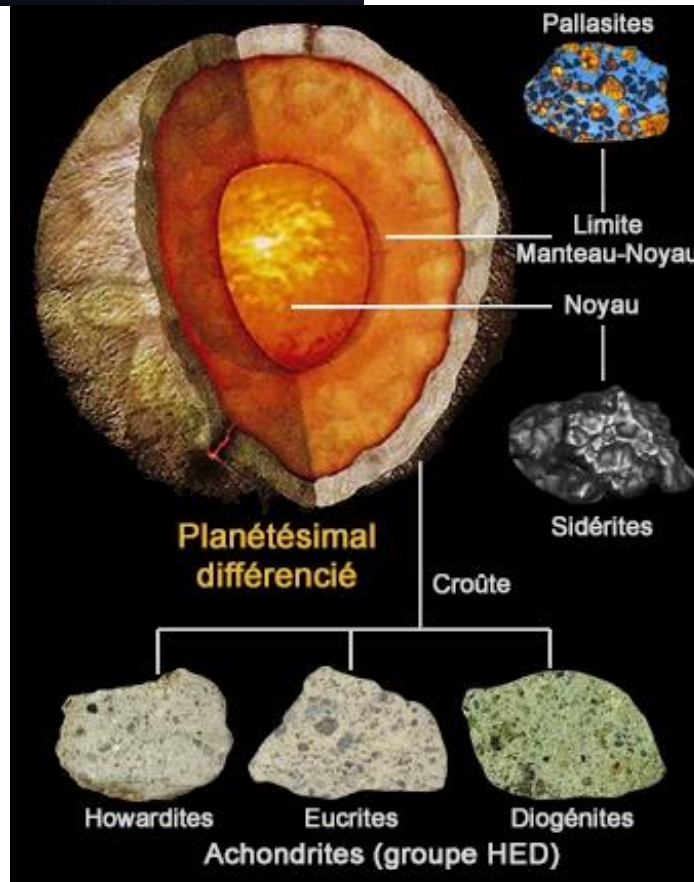
Hétérogènes => proviennent de la fragmentation d'un corps **déjà différencié**



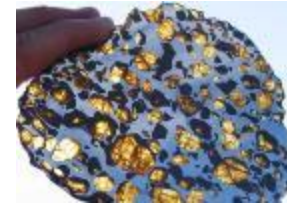
Composition des météorites

B) Les météorites différenciées :

Hétérogènes => proviennent de la fragmentation d'un corps **déjà différencié**



Sidérolites



~ Interface
N. – Mant.



~ Noyau

Sidérites

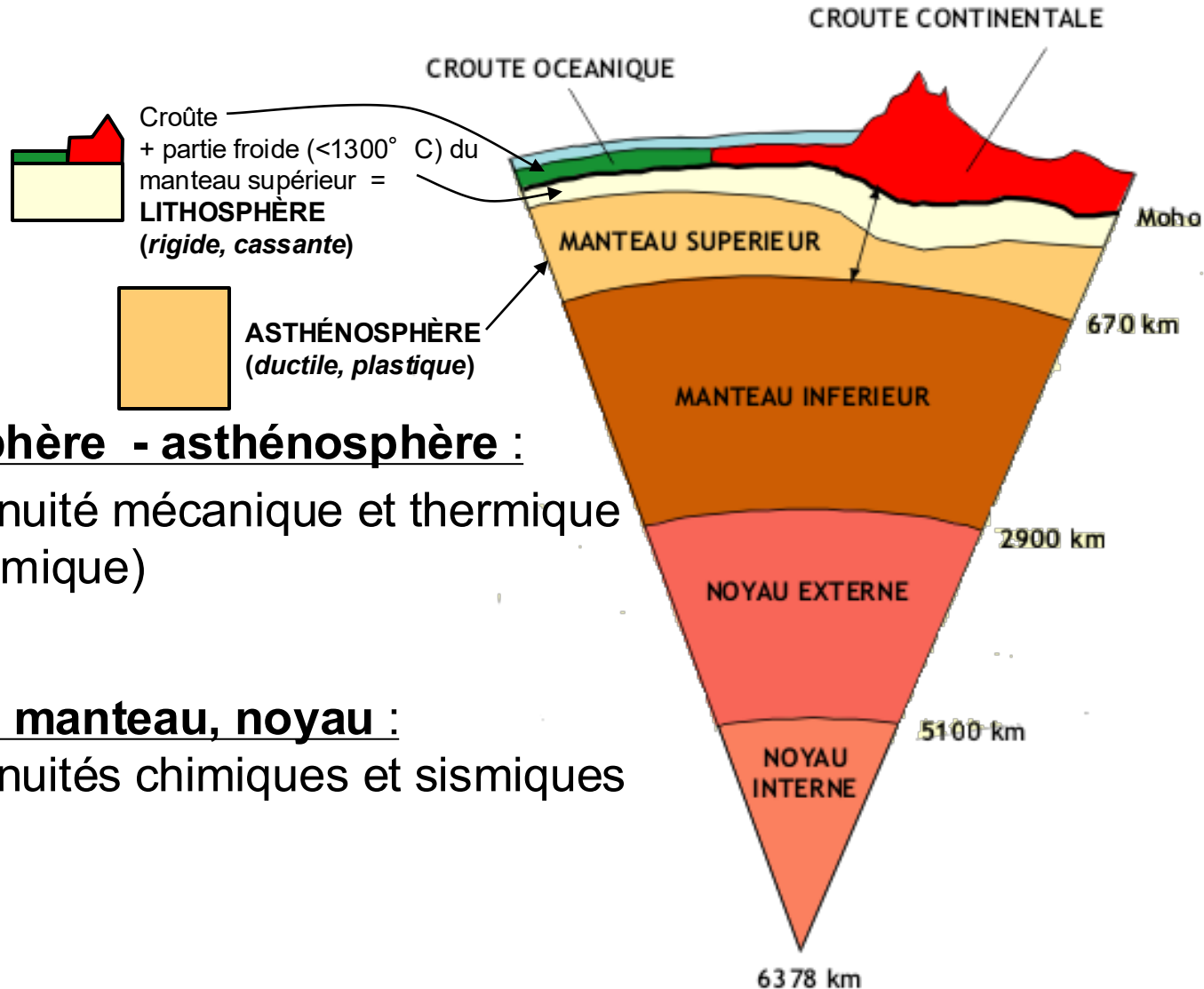


~ Manteau

Achondrites

III. La structure interne de la Terre

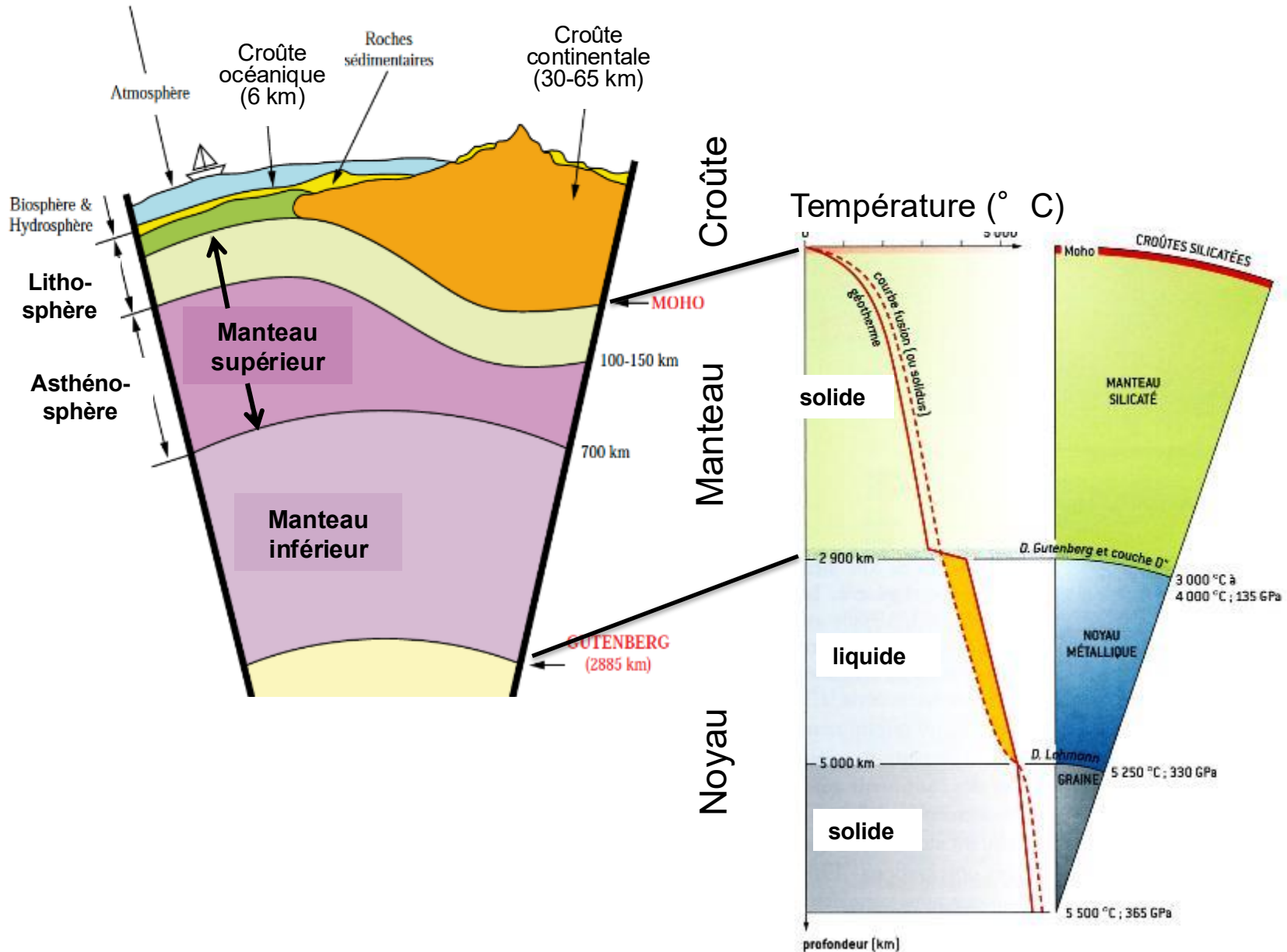
En résumé:



Lithosphère - asthénosphère :
discontinuité mécanique et thermique
(pas chimique)

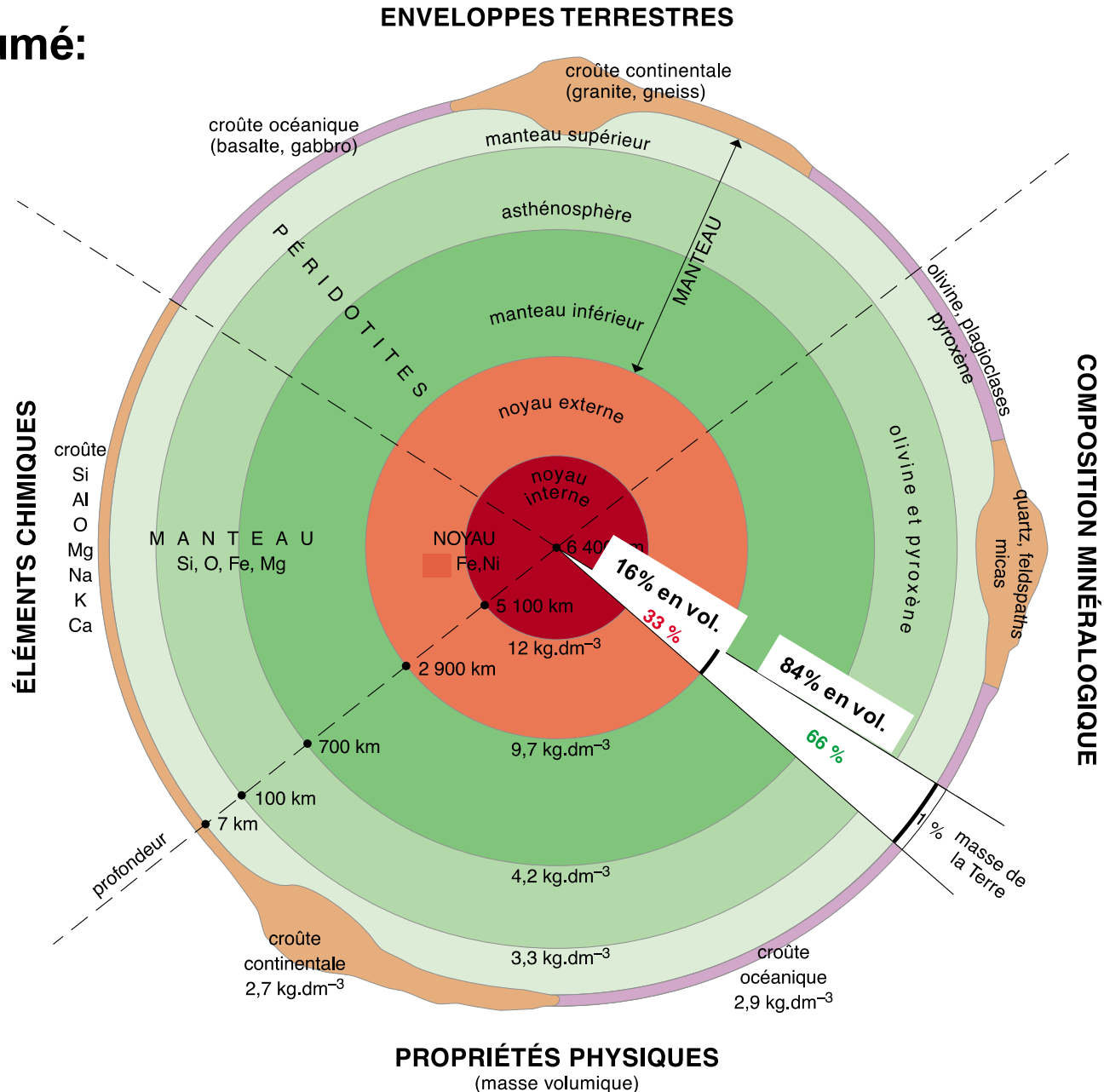
Croûte, manteau, noyau :
discontinuités chimiques et sismiques

III. La structure interne de la Terre



III. La structure interne de la Terre

En résumé:



III. La structure interne de la Terre

Questions:

- Quel est le rayon moyen de la Terre?
- Décrivez les différents types d'ondes sismiques
- Quelles sont les vitesses typiques des ondes
 - Dans la croûte
 - Dans le manteau
- Donnez la densité moyenne de
 - La croûte océanique (prenez 50% basalte, 50% gabbro)
 - La croûte continentale (prenez 50% granite, 50% gabbro)
 - Une péridotite (manteau supérieur)
- Pourquoi la pesanteur change-t-elle entre l'équateur et les pôles?
- Comment l'attraction d'une sphère change-t-elle avec la distance?
- En mettant en relation l'accélération centrifuge de la lune autour de la Terre et l'attraction que la Terre exerce sur la lune, calculez la distance entre la Terre et la lune.
- Comment sait-on que le noyau extérieur doit être liquide?
- Faites un résumé de la structure de la Terre
 - Profondeurs des limites principales
 - Composition des différentes couches
 - Densités, vitesses sismiques