

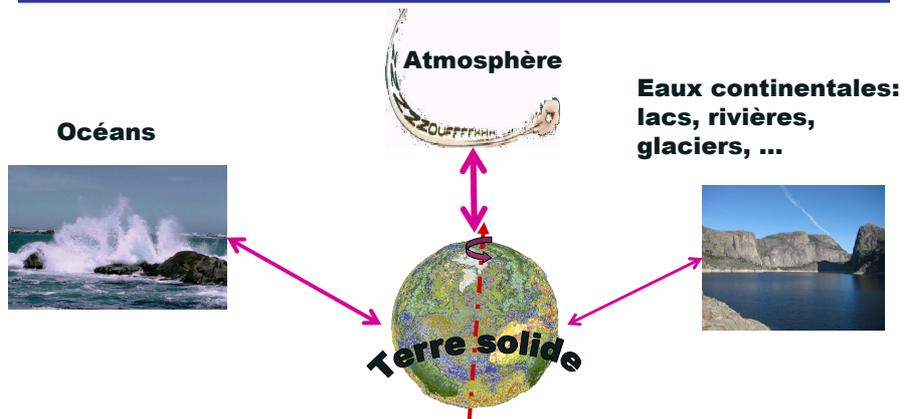
Effets des couches fluides externes de la Terre sur sa rotation

Christian BIZOUARD

Observatoire de Paris / SYRTE

1

La Terre solide interagit avec trois couches fluides externes



Impact sur la vitesse de rotation de la Terre solide (à la hauteur de $10^{-8} \Omega$) et la direction de son axe (oscillations de *quelques mètres* à la surface)

2

Approche classique: conservation moment cinétique Terre solide + fluide

- Moment cinétique de la Terre $H = C \Omega = 6,1 \cdot 10^{33} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$
- Pression atmosphérique = 1 Bar
→ Masse de l'atmosphère : 10^{-6} * masse de la Terre
→ moment cinétique de l'atmosphère $H_A = 10^{-6} H$
- Variation de pression atmosphérique: 10 mBar = 1% de la pression atmosphérique
→ Variation du moment cinétique atmosphérique $\Delta H_A \sim 10^{-8} H$
- $\Delta H_A = \Delta H = C \Delta \Omega$: variation relative de la vitesse de rotation de l'ordre de 10^{-8} (1 ms sur la durée du jour)

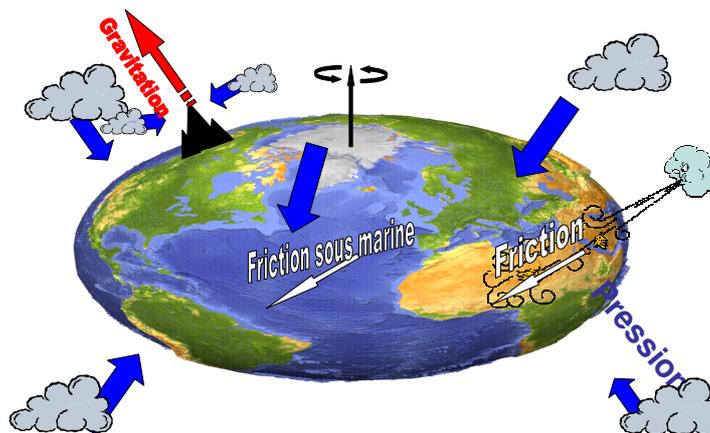
Pour la direction de l'axe, l'effet (10^{-6} rad) est démultiplié par l'aplatissement

3

Couplage fluide / terre solide

Moment équatorial $\sim 10^{21} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

Moment axial $\sim 0,5 \cdot 10^{19} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$



Effet équatorial > effet axial en raison de l'aplatissement (effet gyroscopique)

Moment des marées luni-solaires: $10^{22} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

4

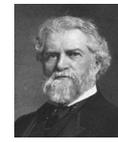
Effet observé n°1 : le mouvement du pôle de 2 jours à 6 ans



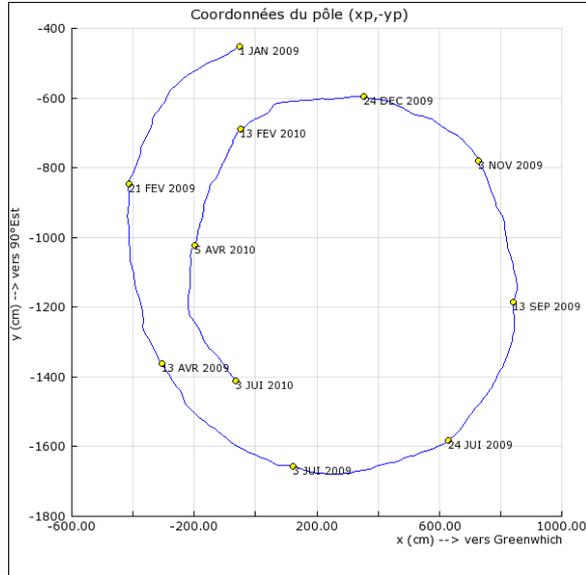
L. Euler
(1707-1883)



C.S. Chandler
(1846-1913)

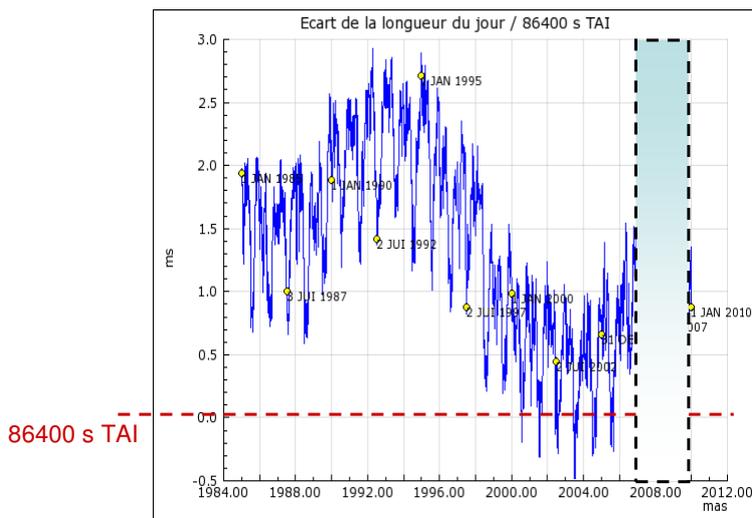


S. Newcomb
(1846-1913)



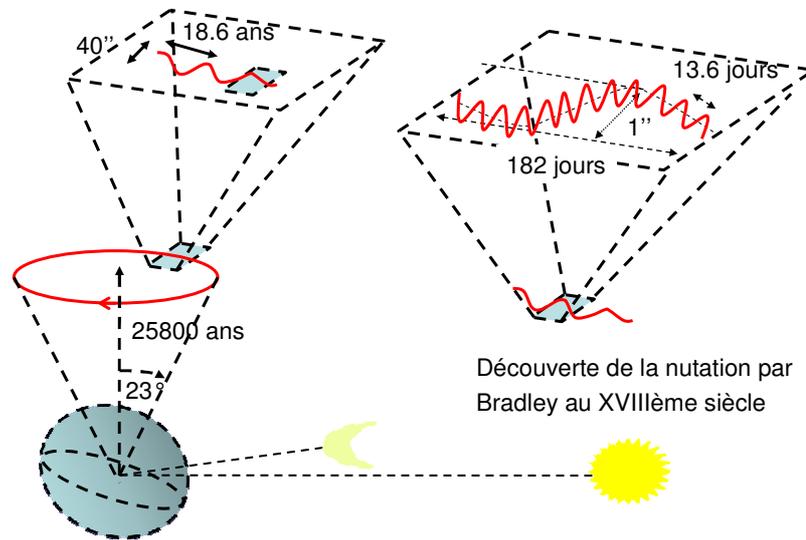
5

Effet observé n°2 : variations de la longueur du jour en deçà de 6 ans



6

Effet n°3 (mineur) sur la précession-nutation (~0.3 cm)

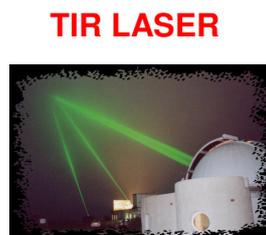


7

Service international de la rotation de la Terre et des systèmes de référence (IERS)

- Service international coordonnant la détermination de la routinière des irrégularités de la rotation terrestre
- L'une des antennes principales se trouve à l'Observatoire de Paris:

<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc>

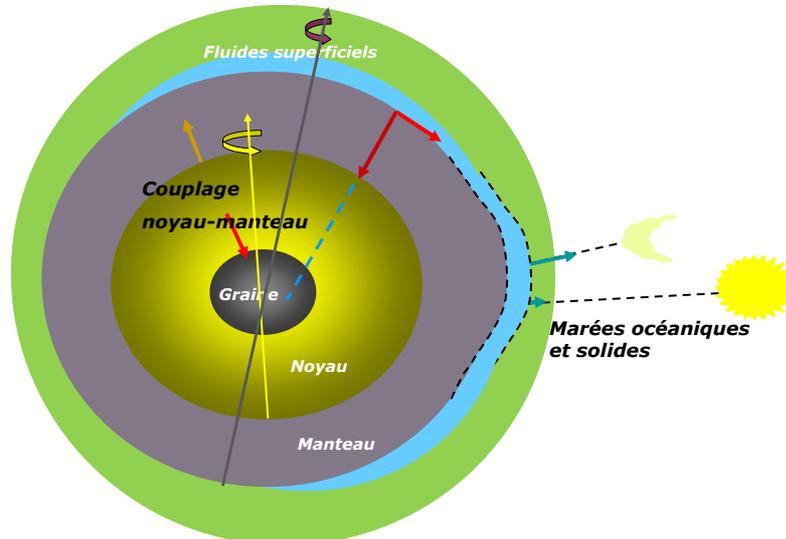


**GPS / GLONASS
GALILEO**



8

En plus: marées et couplage noyau-manteau



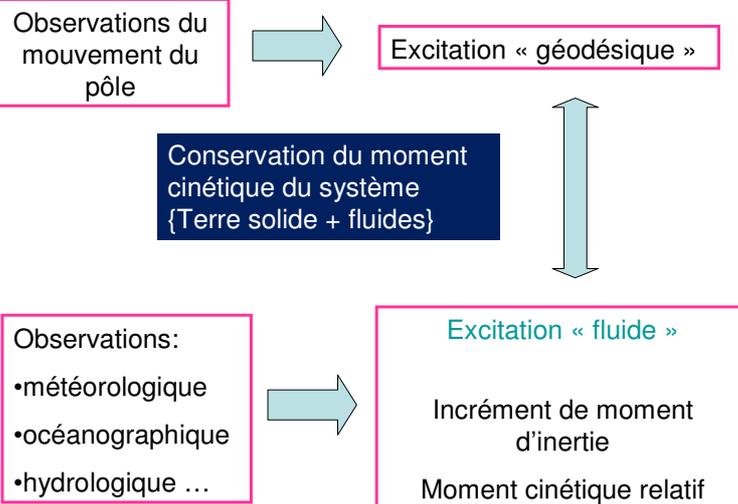
Autres effets (séismes, tectonique) beaucoup plus petits ou présentant une échelle de temps séculaire (rebond post-glacière, freinage du à la Lune) 9

Peut-on isoler l'effet des couches fluides?

Effets	Echelle de temps principale	Qualité de la modélisation
Marées solides et océaniques	12 h – 18,6 ans	Très bien modélisées
Couplage noyau-manteau	À partir de 6 ans	Mal connu
Couches fluides	12 heures- 2 ans	Estimation satisfaisante à partir des modèles de circulation hydro-météorologiques.

→ Effet des couches fluides identifiable dans le mouvement du pôle et les variations de la durée du jour

« Confrontation » au moments cinétiques fluides



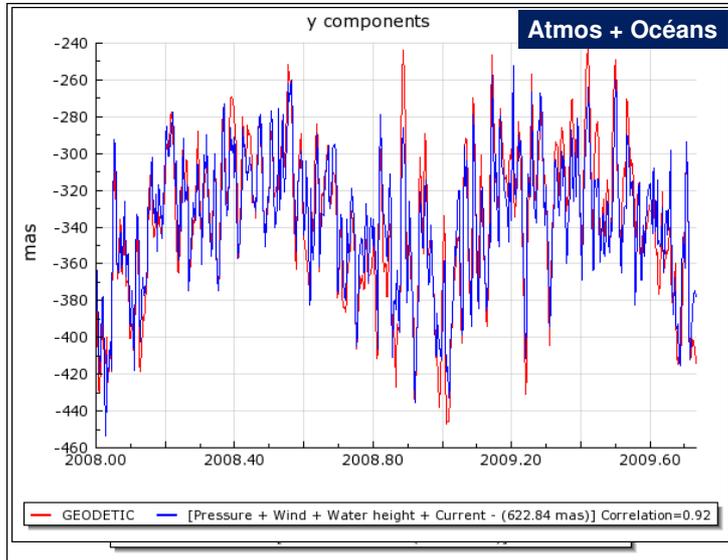
11

Estimation des moments cinétiques des couches fluides

- Couverture croissante de la surface terrestre par les observations de pression, de vents, de température, du niveau de la mer
 - Développement de l'informatique (stockage des données /calcul)
 - Elaboration de modèle de circulation ou de stockage hydrologique
- Evaluation des moments cinétiques associés aux fluides: **termes « matière » et « mouvement »**
- Atmosphère :
 - dès 1970-1980 (Lambeck & Cazenave 1973)
 - Production de séries routinières depuis 1990
 - Océans : depuis 1990
 - Eaux continentales: depuis 2000
 - Création d'un centre de l'IERS pour les « fluides géophysiques »

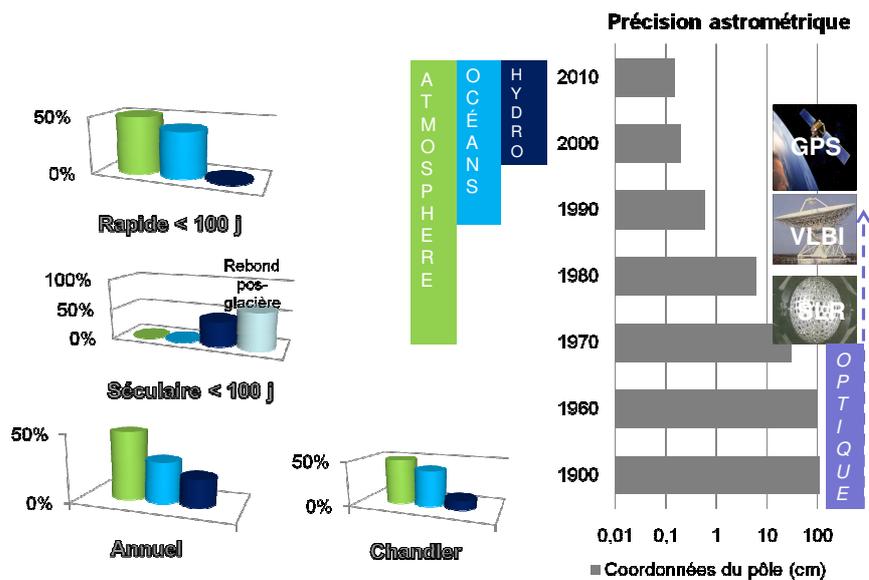
12

Combinés à l'atmosphère, les océans expliquent mieux l'excitation du mouvement du pôle



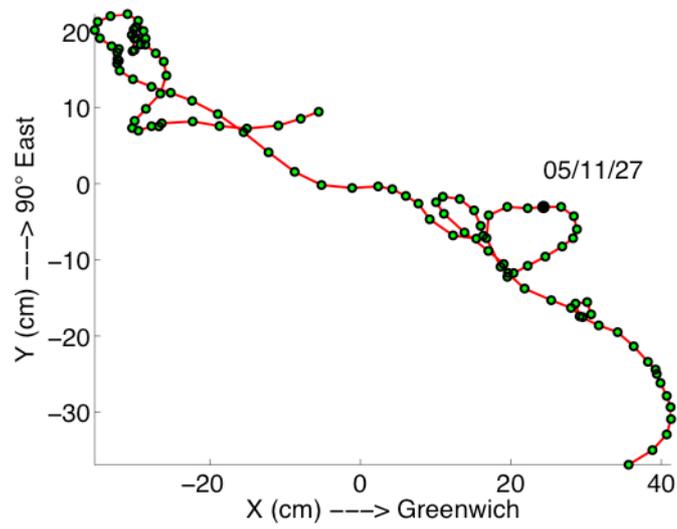
13

Mouvement du pôle: bilan de l'excitation



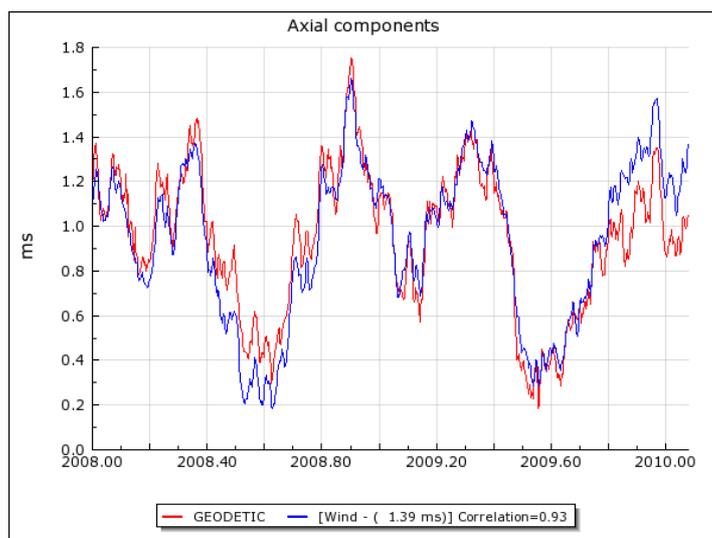
14

Variations rapides du pôle



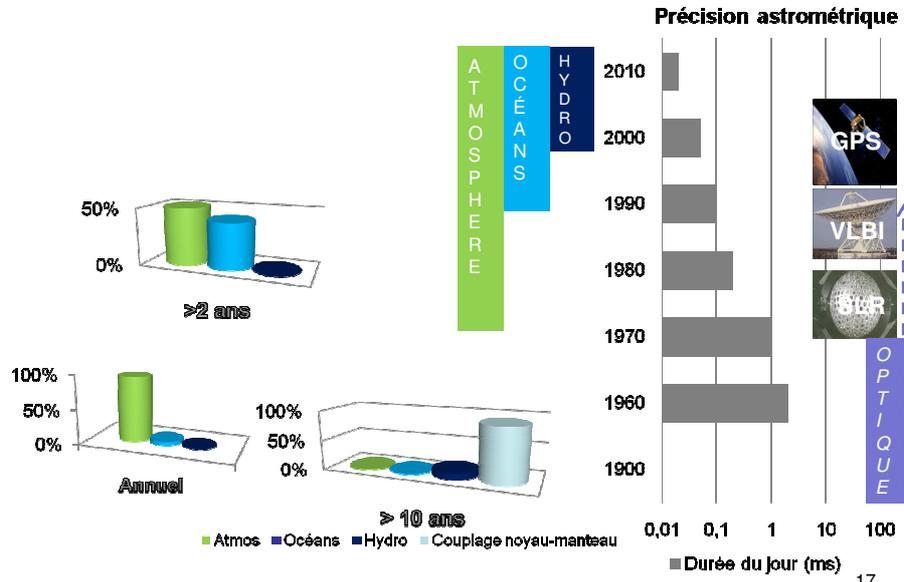
15

En deçà de 10 ans, les irrégularités de la durée du jour résultent essentiellement du vent



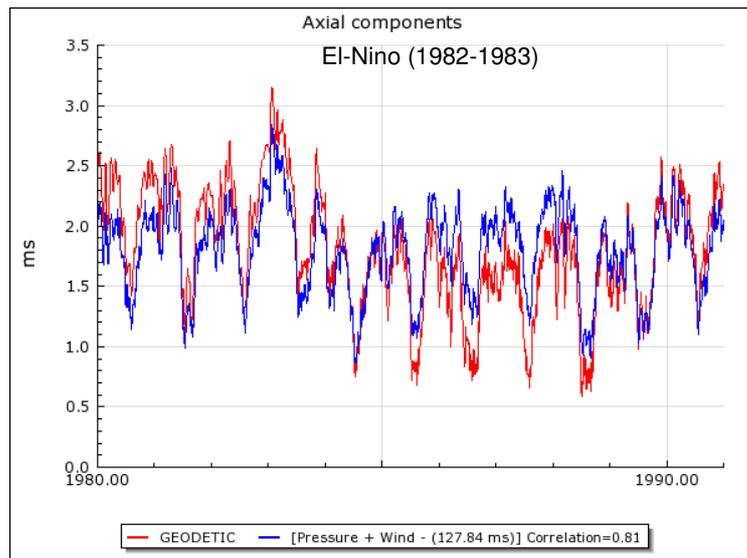
16

Durée du jour: bilan de l'excitation



17

Peut-on voir des effets « locaux » ?



18

Conclusion

- Les irrégularités de la rotation terrestre s'expliquent en grande partie par les variations de moment cinétique des couches fluides externes.
- Variation de la durée du jour (<6 ans, ~1 ms) :
Atmosphère (vent)
- Mouvement du pôle (~10 m): Atmosphère + Océans +
Eaux continentales
- Effets bien modélisés sauf pour ce qui concerne les eaux continentales, les phénomènes diurnes ou décennaux