

# L'océanographie à l'IGE

**Equipe MEOM**

Stages de 3ième, Déc. 2020



# Quizz sur l'océan



# Quizz sur l'océan

1- Quel pourcentage de la surface de la Terre est recouverte par les océans?

(a) 70%

(b) 90%

(c) 50%



# Quizz sur l'océan

1- Quel pourcentage de la surface de la Terre est recouverte par les océans?

(a) 70%

(b) 90%

(c) 50%



# Quizz sur l'océan

2- Quelles est la plus grande profondeur atteinte dans l'océan ? (et où?)

- (a) 6 000 mètres
- (b) 1 000 mètres
- (c) 10 000 mètres



# Quizz sur l'océan

2- Quelles est la plus grande profondeur atteinte dans l'océan ? (et où?)

- (a) 6 000 mètres
- (b) 1 000 mètres
- (c) 10 000 mètres**



# Quizz sur l'océan

3- Quelle est la quantité de sel dans 1 litre d'eau de mer?

(a) 3.5 grammes

(b) 35 grammes

(c) 350 grammes



# Quizz sur l'océan

3- Quelle est la quantité de sel dans 1 litre d'eau de mer?

(a) 3.5 grammes

**(b) 35 grammes**

(c) 350 grammes



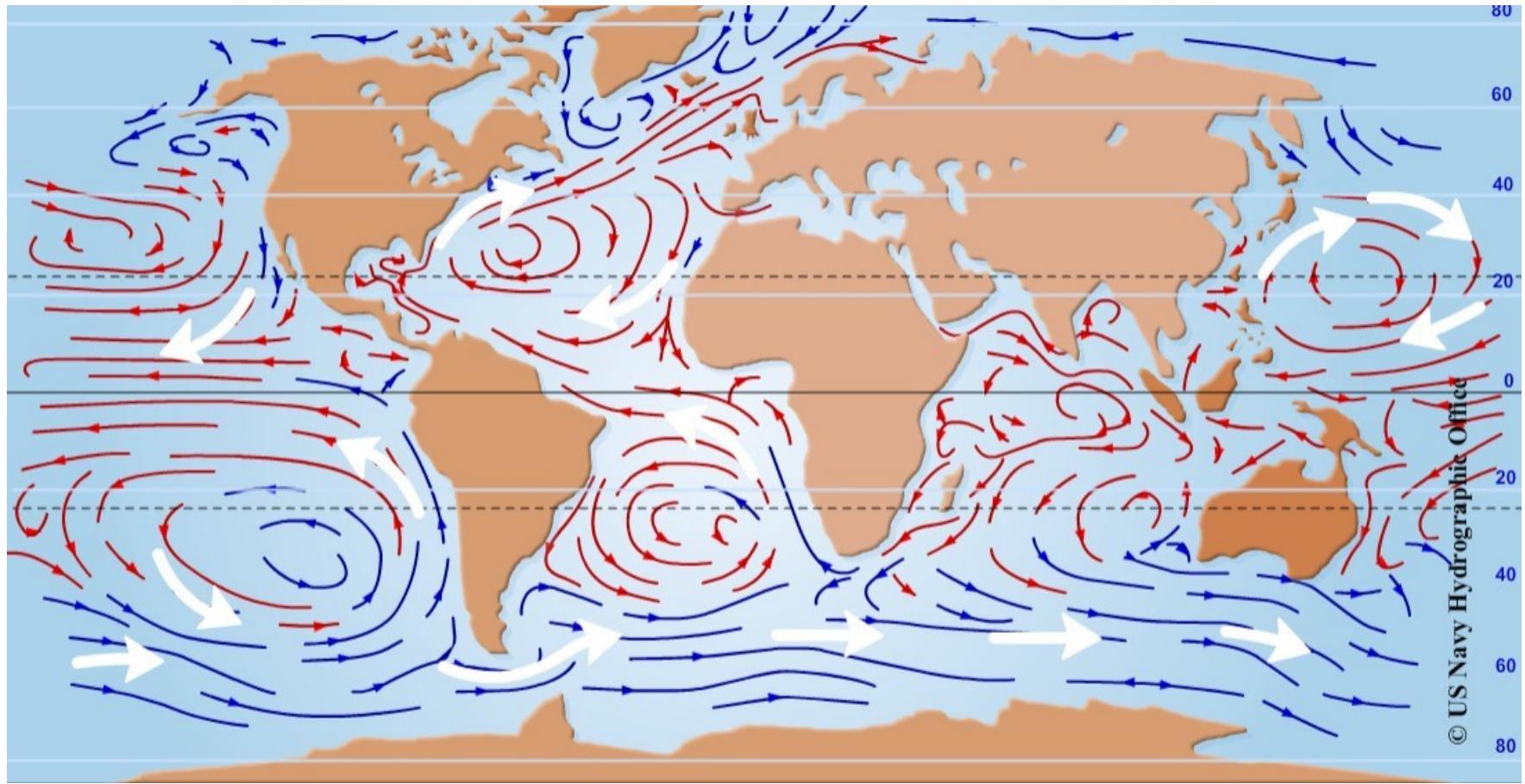
# Quizz sur l'océan

4- Qu'est-ce qui fait "bouger" les océans?

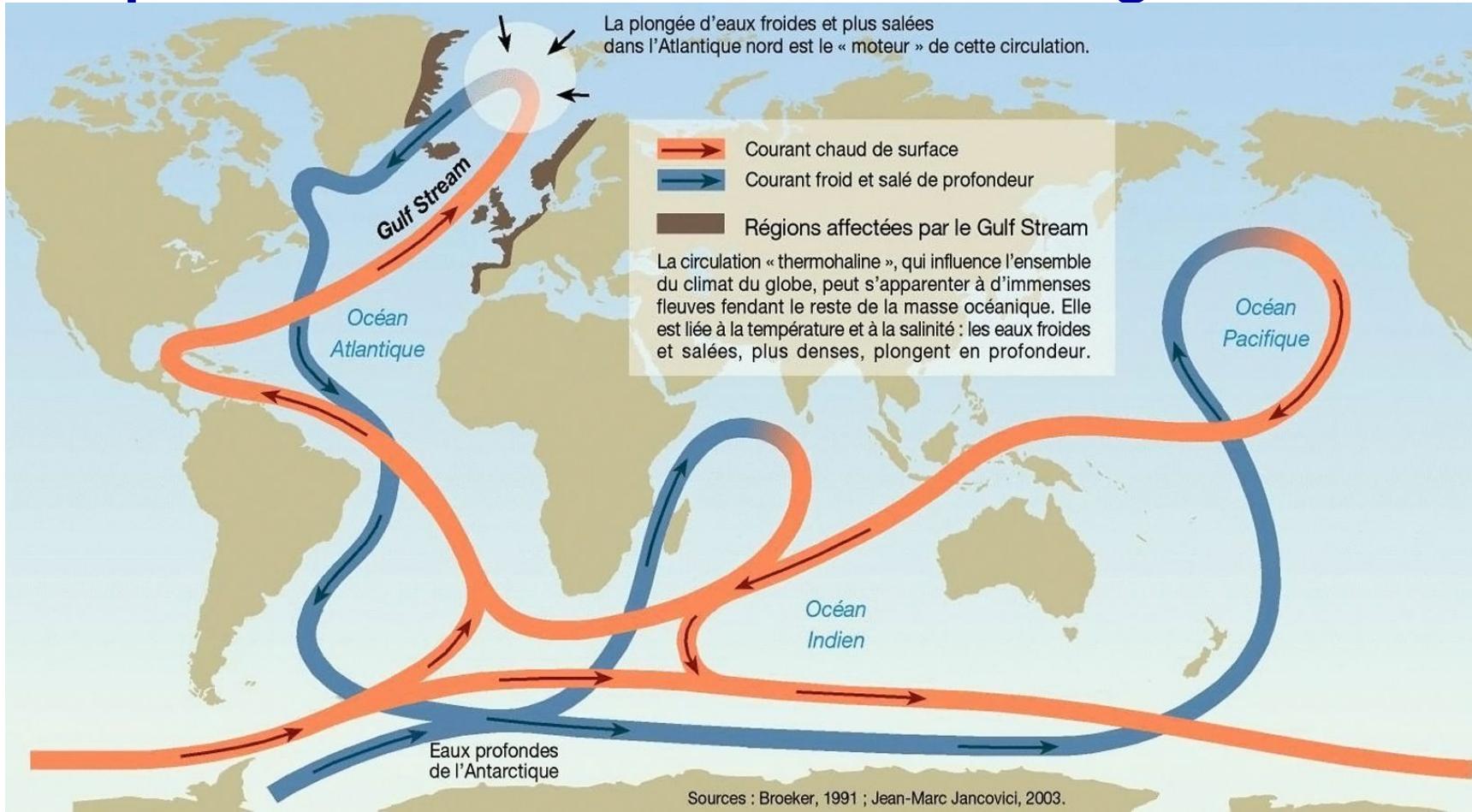
- ...
- ...
- ...
- ...



# Circulation de surface forcée par le vent



# Circulation thermohaline forcée par les différences de température et de salinité à l'échelle du globe



Transport de chaleur de l'équateur vers les pôles par un système de courants profonds et  
des plongées d'eau de surface et  
des remontées d'eaux profondes

# Quizz sur l'océan

4- Qu'est-ce qui fait "bouger" les océans?

- le vent
- les différences de température et salinité
- la lune (les marées)



# Quizz sur l'océan

5- Comment observe-t-on les océans?

- ...
- ..

5b- Quelles quantités physiques de l'océan mesure-t-on ?

- ...
- ..



## **Qu'est ce qu'on mesure en océanographie physique?**

La température de l'océan, de la surface au fond (profils de T)

La salinité de l'océan, de la surface au fond (profils de S)

S : la quantité (en grammes) de sel contenue dans 1 kg (~1 litre) d'eau de mer.

S varie de 30 à 38 g/kg

La vitesse et la direction des courants

La masse volumique, la pression, la profondeur de l'océan

La hauteur d'eau

D'autres propriétés physico-bio-chimique de l'océan (exemple: l'acidité, la chlorophylle, etc).

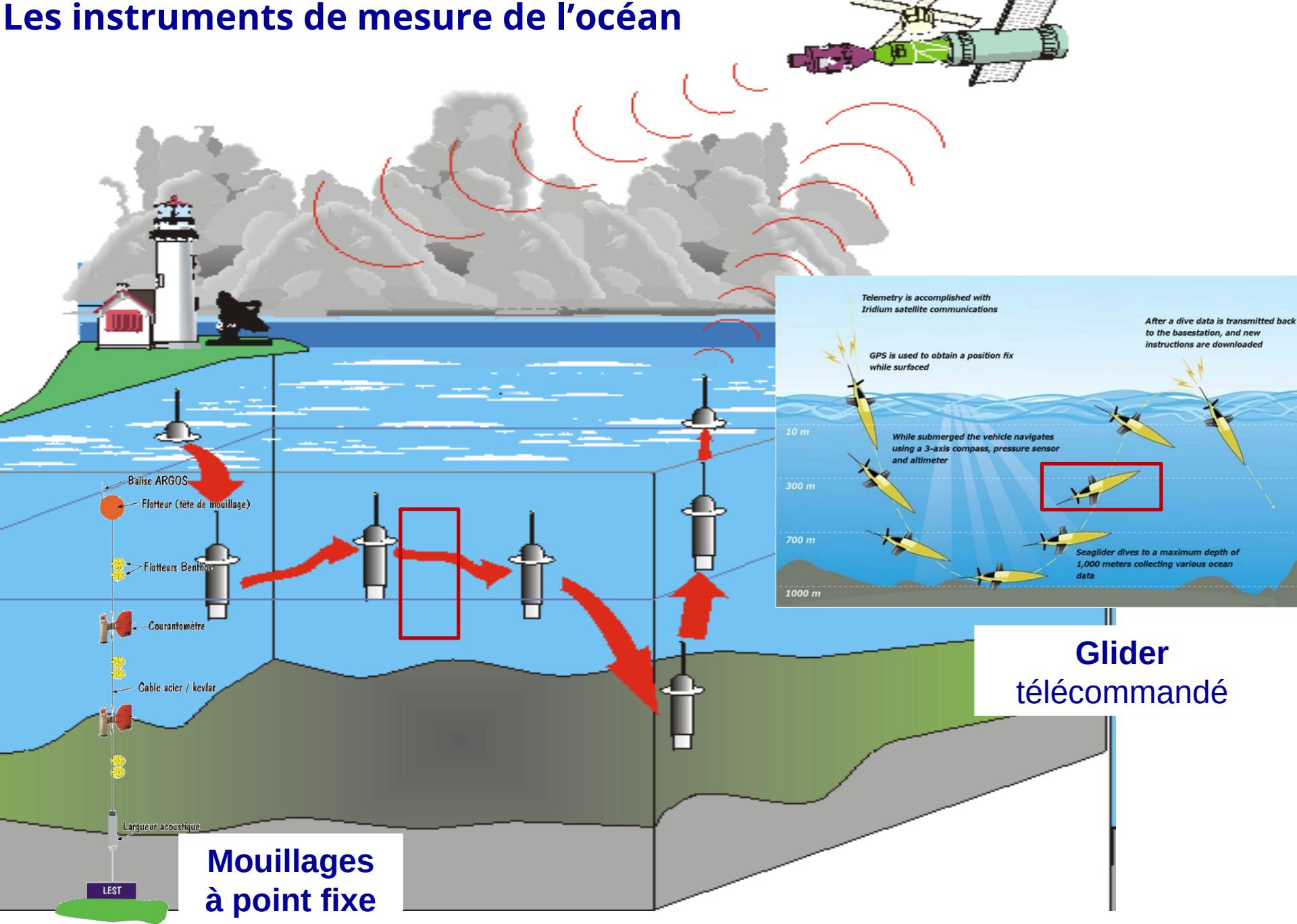


Exemple d'une  
campagne de mesure  
océanographique:

OVIDE

Tous les 2 ans entre le  
Portugal et le  
Groenland. Dernière  
campagne: 2018.

# Les instruments de mesure de l'océan

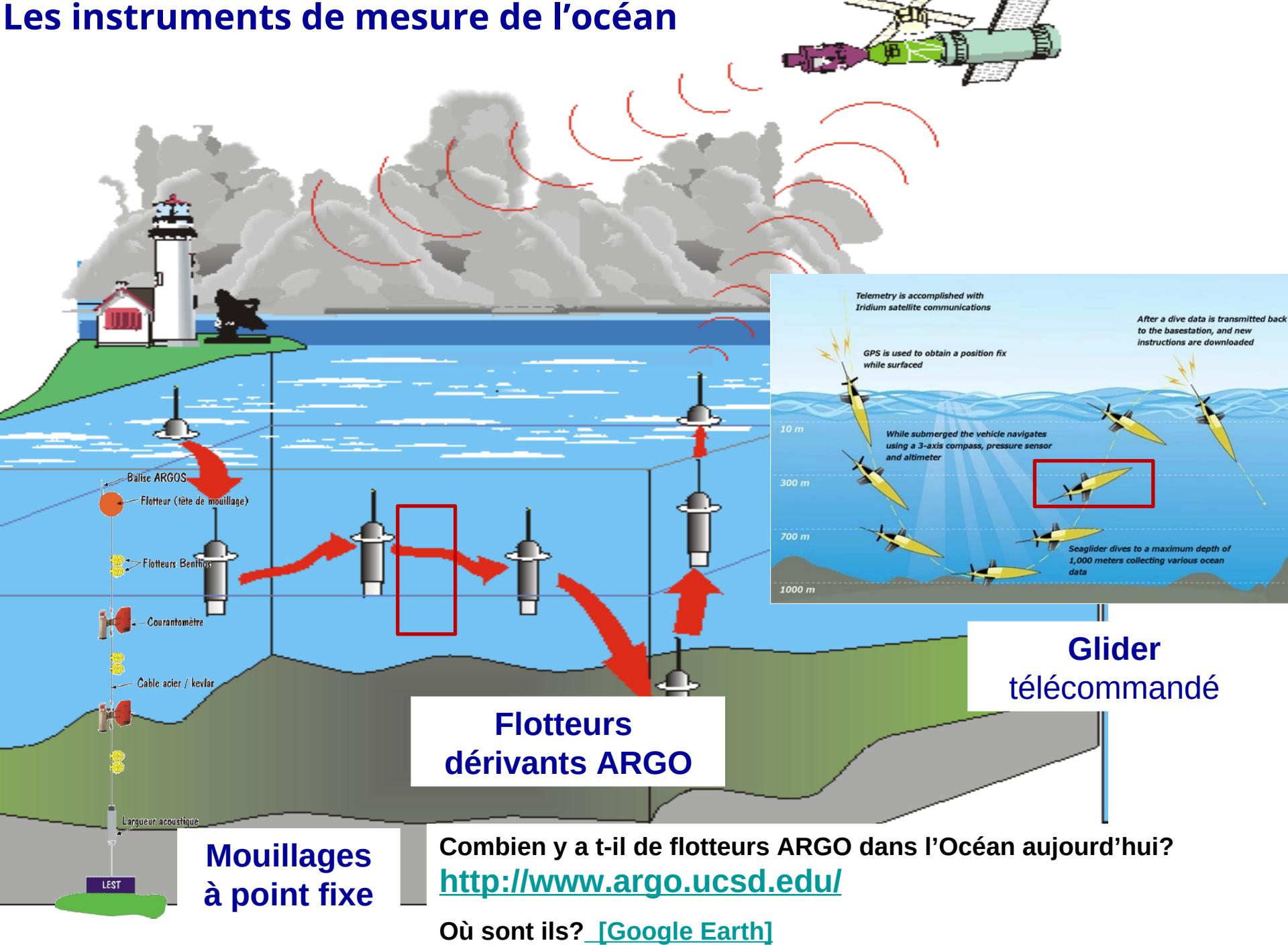




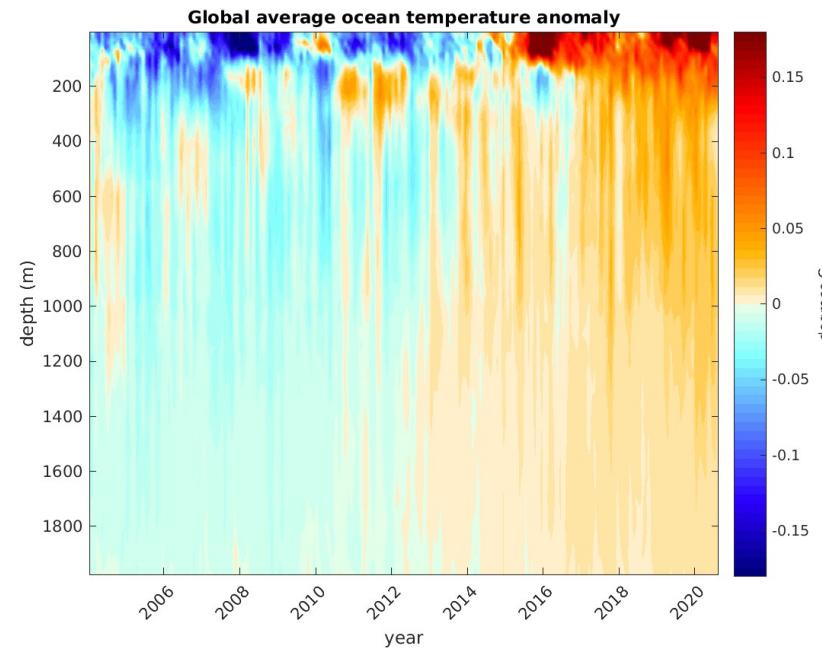
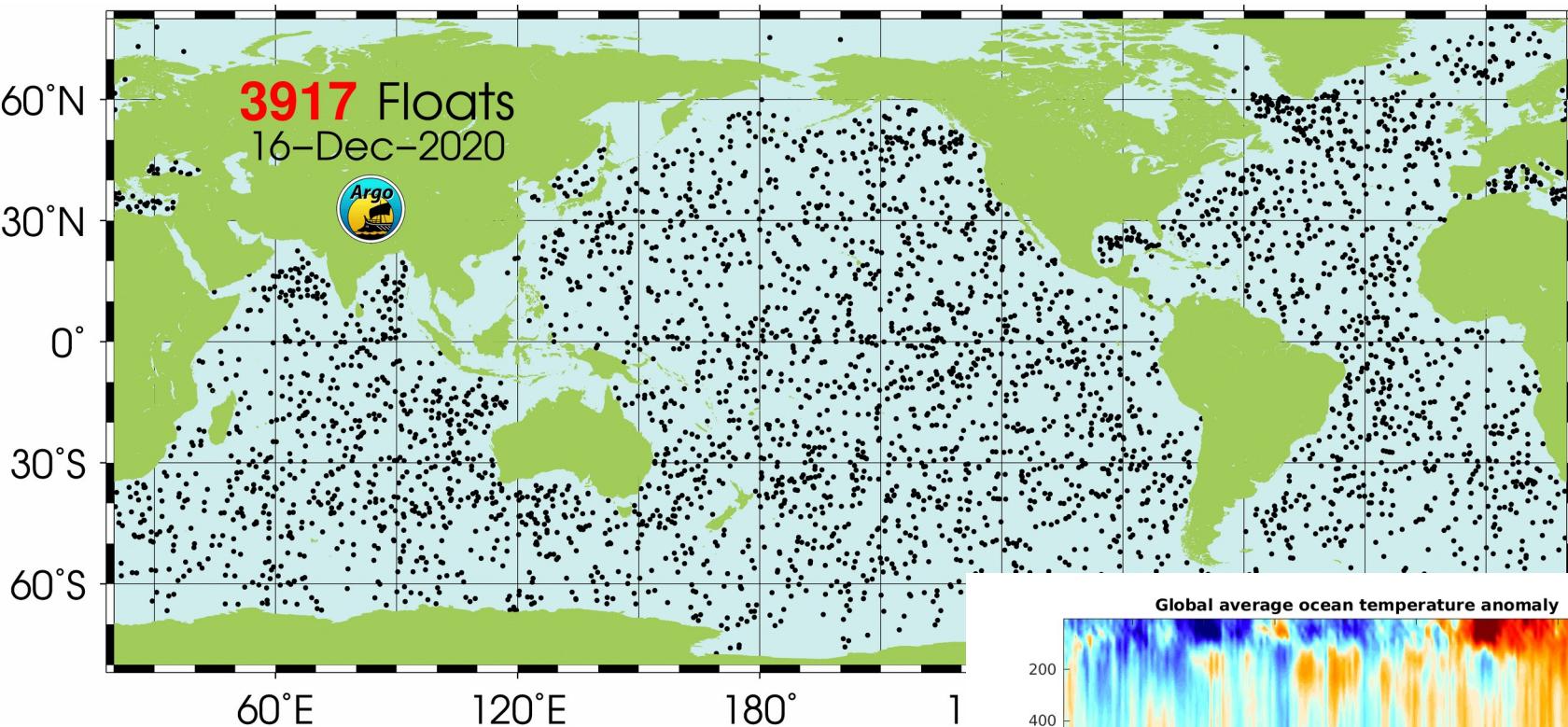
## Océanographie : Les gliders et la connaissance des fonds marins

*un "glider" américain © Ifremer*

# Les instruments de mesure de l'océan

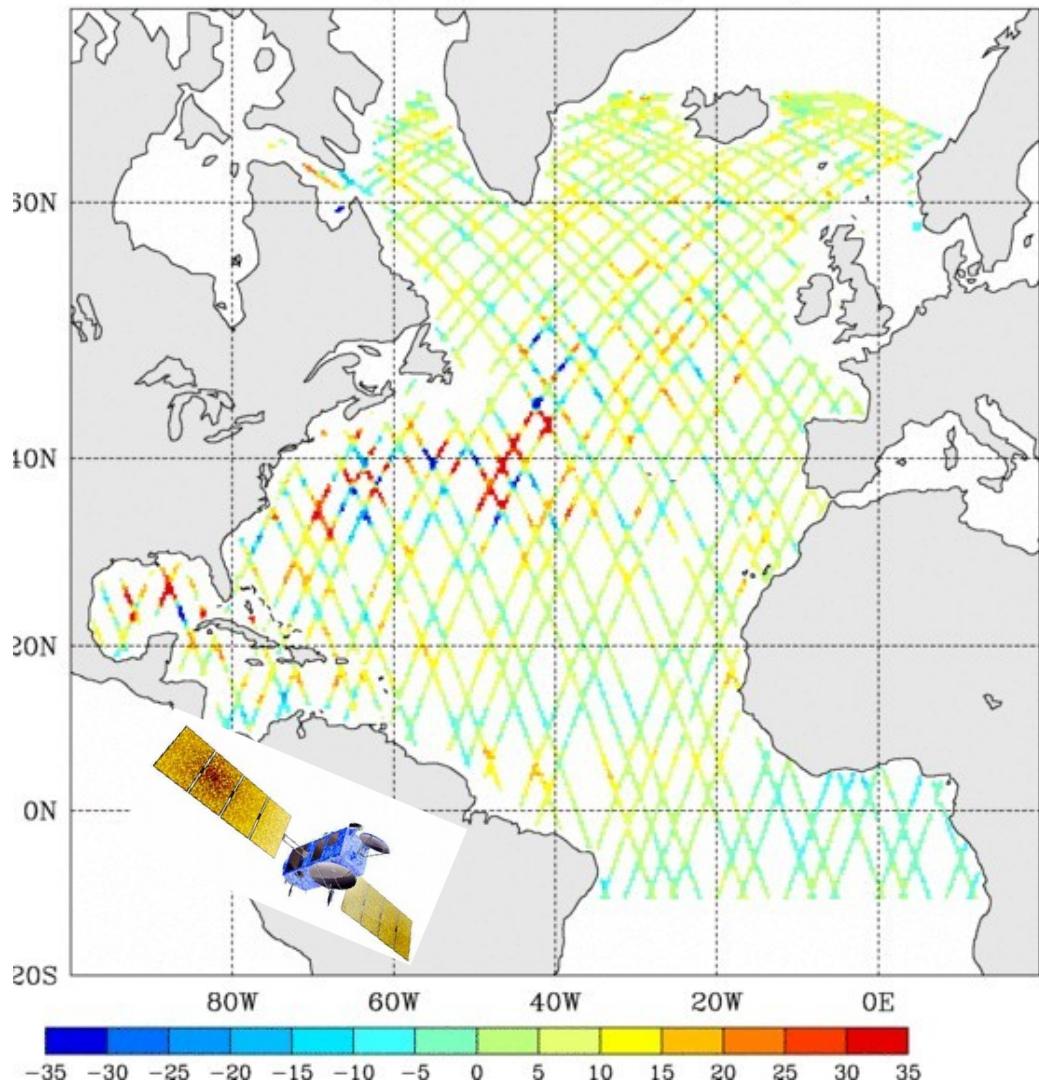


# Les instruments de mesure de l'océan : flotteurs ARGO



# Observations satellites

Sea Level Anomalies on North Atlantic  
TP (August 19-26, 1993)

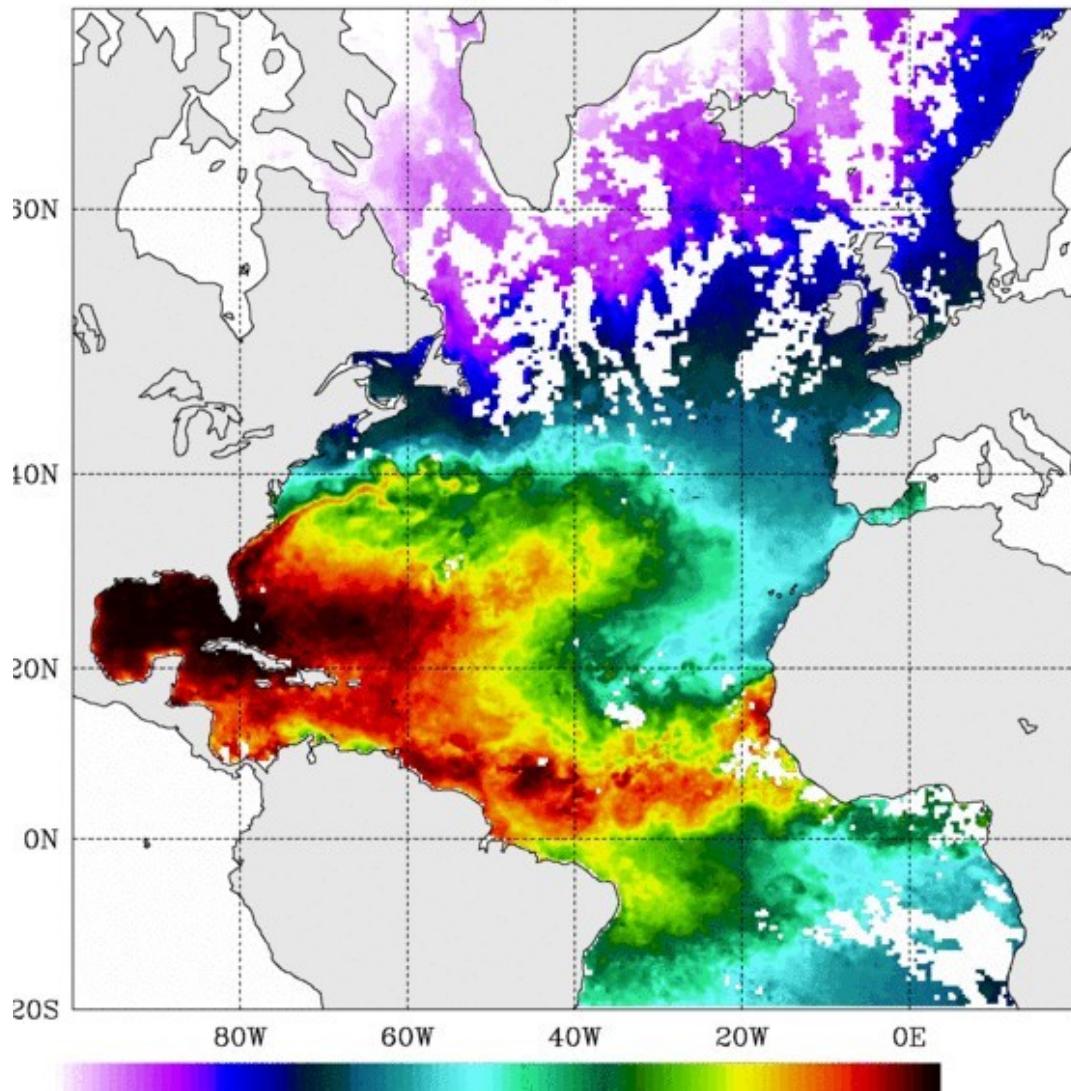


Altimétrie:

Mesure la hauteur de la **surface** de la mer

# Observations satellites

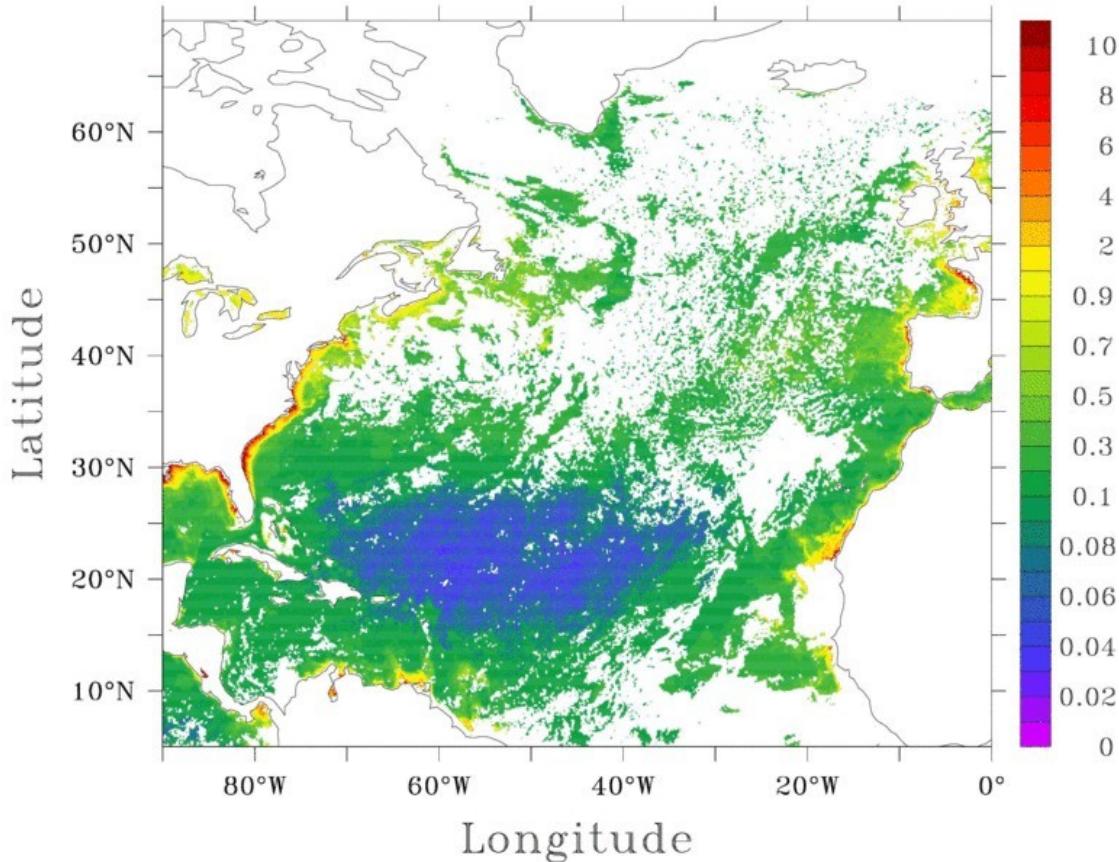
Sea Surface Temperature on North Atlantic  
avhrr SST (August 19-26, 1993)



Radiométrie Infra-Rouge:

Mesure la température de surface de la mer.

# Observations satellites

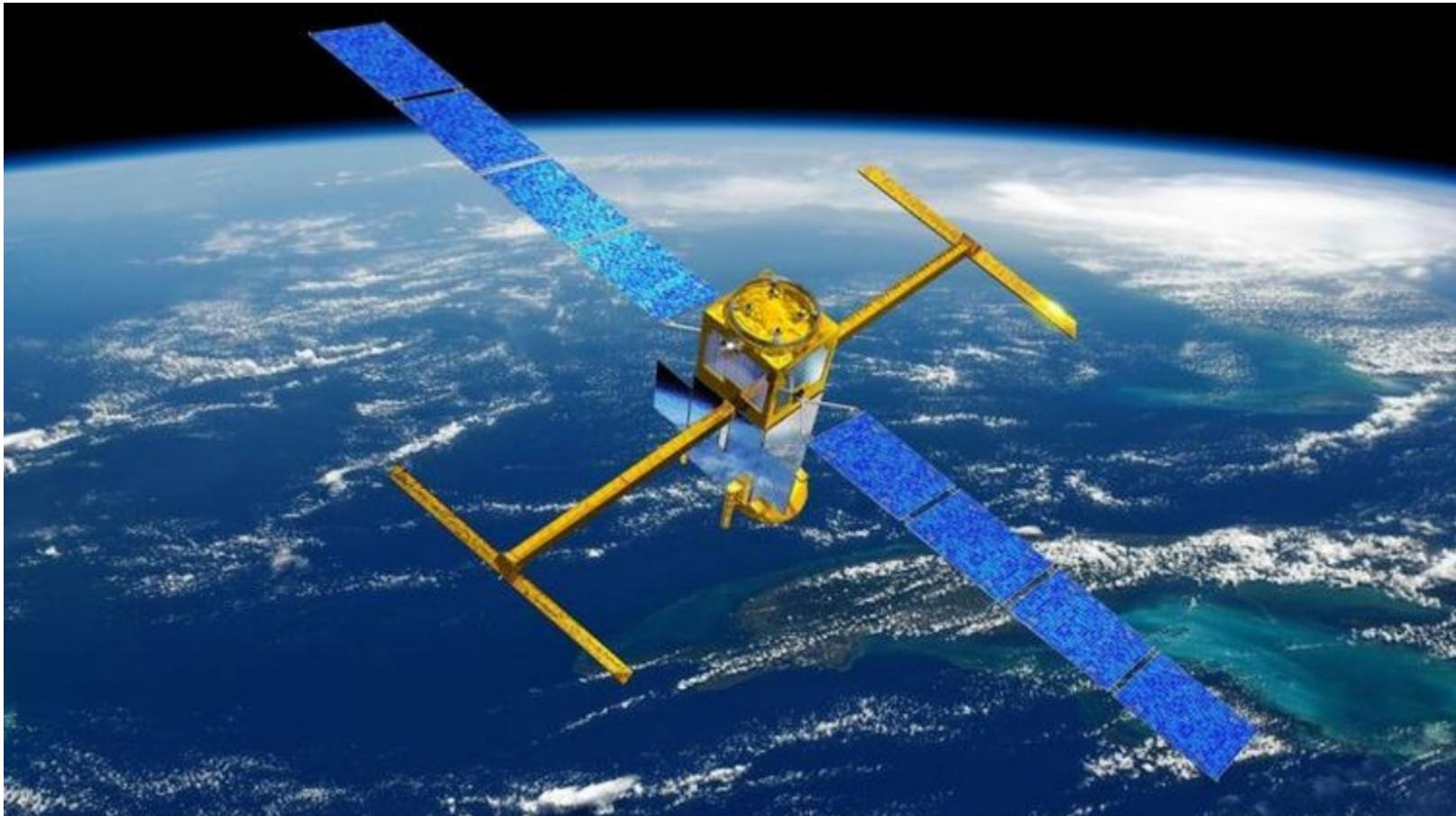


Radiométrie « visible »:

Mesure la couleur de l'océan en surface

On en déduit la teneur en chlorophylle (le plancton) dans la couche de surface de l'océan

# Observations satellites



- J Le satellite permet de faire des mesures rapidement sur tout l'océan (problème de la couverture nuageuse).
- L Le Satellite ne permet d'explorer que la surface de l'océan, mais pas en profondeur.

# Quizz sur l'océan

6- Comment utilise-t-on ces données ?

- ...
- ...
- ...



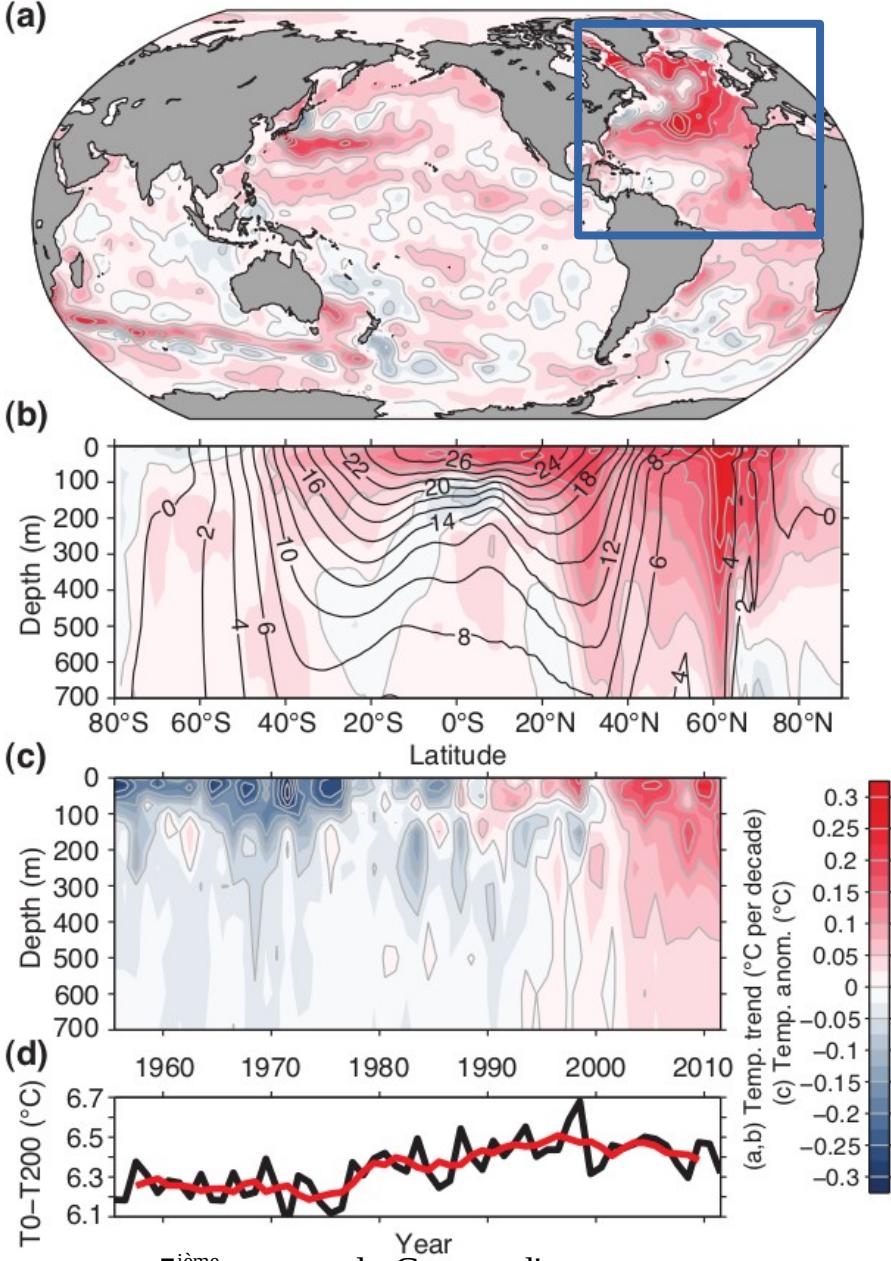
# Analyses globales

(a) Tendance des température 0-700 m sur la période 1971-2010

(b) Moyenne zonale des tendances

(c) Moyenne globale des anomalies de température par rapport à la moyenne 1971-2010

(d) Différence des températures en moyenne globale entre la surface et 200 m de profondeur

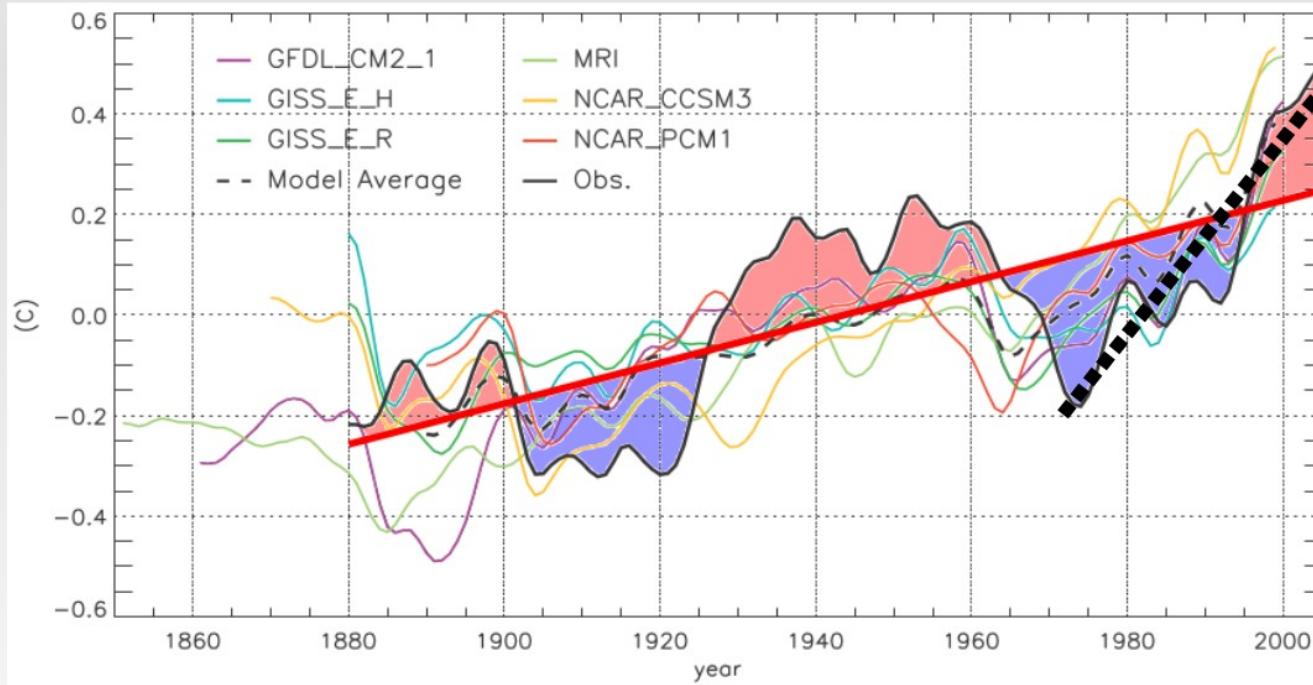


5<sup>ème</sup> rapport du Groupe d'experts  
Intergouvernemental sur l'Évolution du  
Climat (GIEC, 2013)

[<https://www.ipcc.ch/languages-2/francais/>]

# Analyses régionales

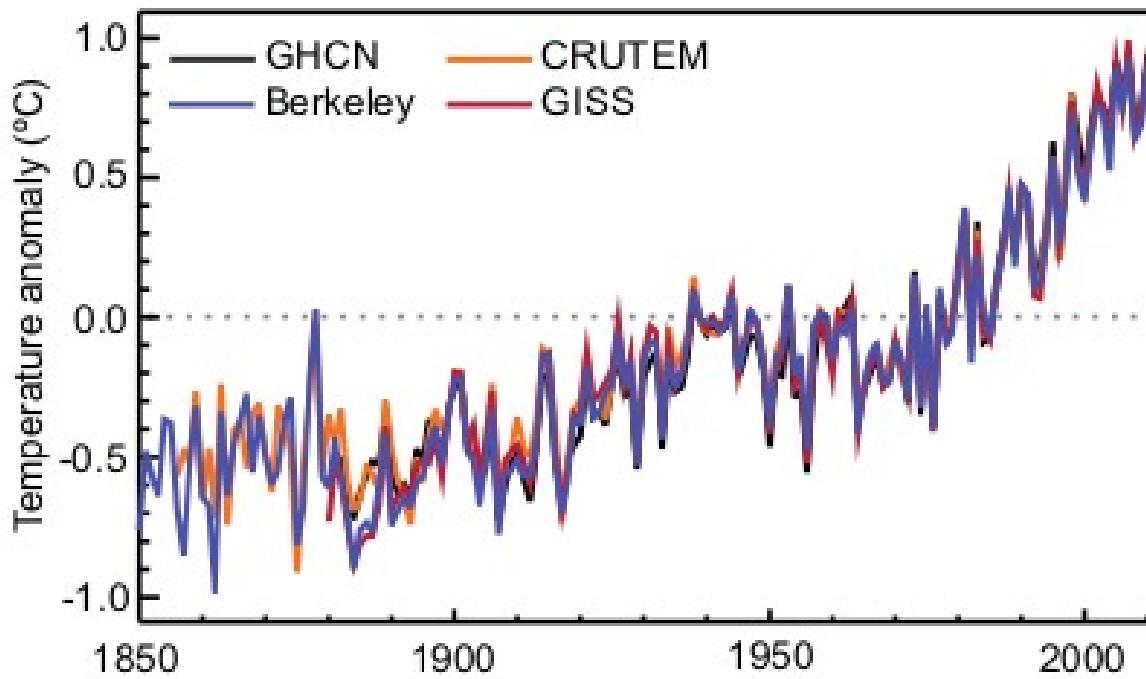
- Variabilité des SST (*Sea Surface Temperature*) de l'**Atlantique Nord**



Anomalies des SST de l'Atlantique Nord par rapport à la moyenne à long terme (1900-2000), filtrées à 10 ans  
[Ting et al., JC 2009]

- Superposition d'un **cycle naturel de variabilité** et d'une **tendance à long terme**

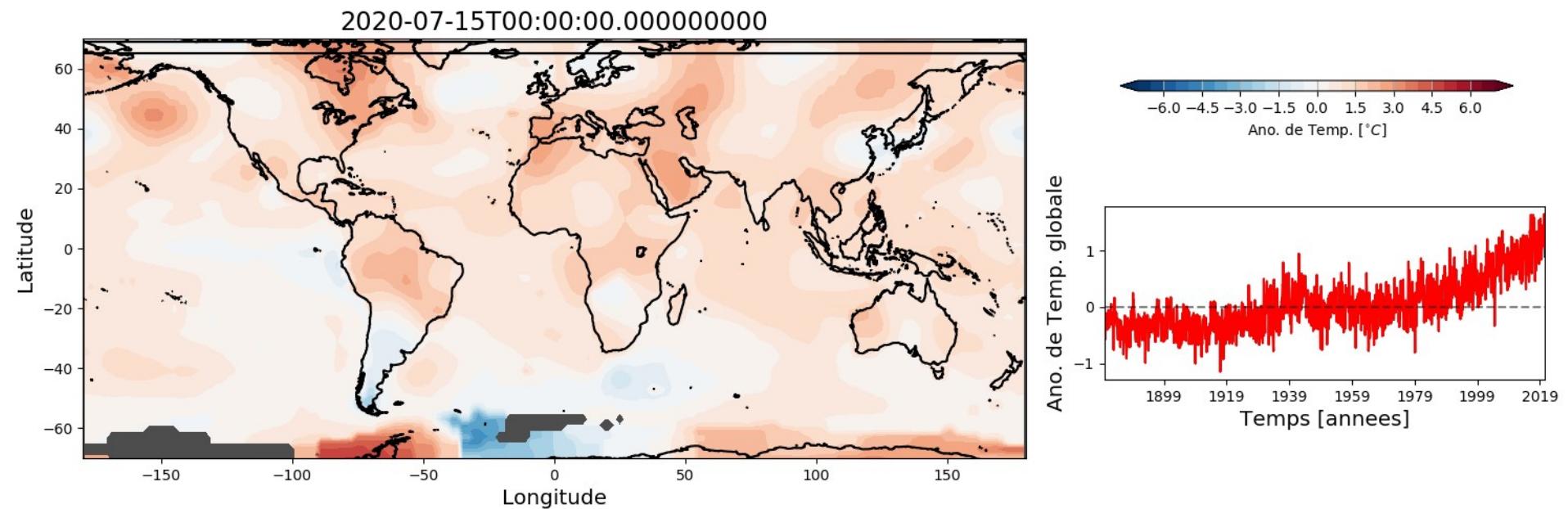
## (Une parenthèse sur le climat)



Anomalies de température globale à la surface de la terre par rapport à la moyenne 1961-1990

5<sup>ième</sup> rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2013)  
[<https://www.ipcc.ch/languages-2/francais/>]

# (Une parenthèse sur le climat)



# Des approches mathématiques

$$\frac{D\vec{\mathbf{v}}_h}{Dt} + \left( 2\vec{\Omega} \times \vec{\mathbf{v}} \right)_h + \nabla_h \phi = \mathcal{F}_{\vec{\mathbf{v}}_h} \text{ horizontal mtm} \quad (1.1)$$

$$\frac{D\dot{r}}{Dt} + \hat{k} \cdot \left( 2\vec{\Omega} \times \vec{\mathbf{v}} \right) + \frac{\partial \phi}{\partial r} + b = \mathcal{F}_{\dot{r}} \text{ vertical mtm} \quad (1.2)$$

$$\nabla_h \cdot \vec{\mathbf{v}}_h + \frac{\partial \dot{r}}{\partial r} = 0 \text{ continuity} \quad (1.3)$$

$$b = b(\theta, S, r) \text{ equation of state} \quad (1.4)$$

$$\frac{D\theta}{Dt} = \mathcal{Q}_\theta \text{ potential temperature} \quad (1.5)$$

$$\frac{DS}{Dt} = \mathcal{Q}_S \text{ humidity/salinity} \quad (1.6)$$

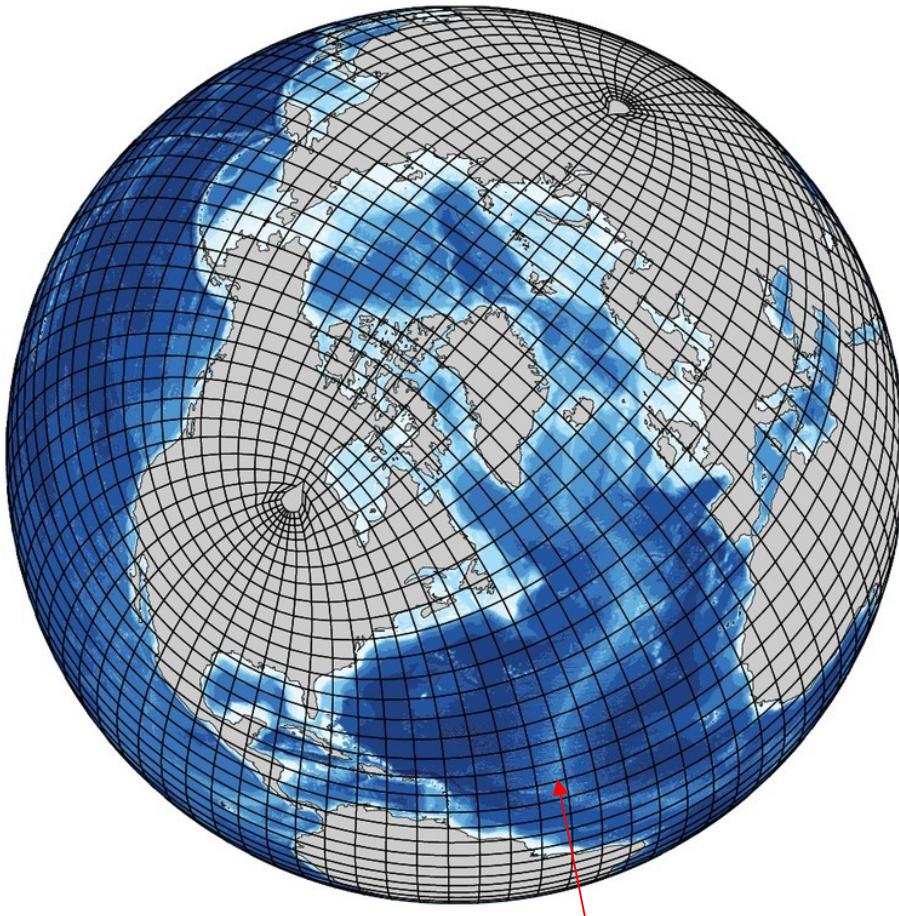
# Quizz sur l'océan

7- Qu'est ce qu'un modèle numérique ?

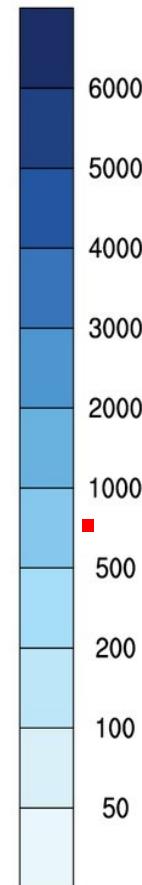
- ...
- ...
- ...



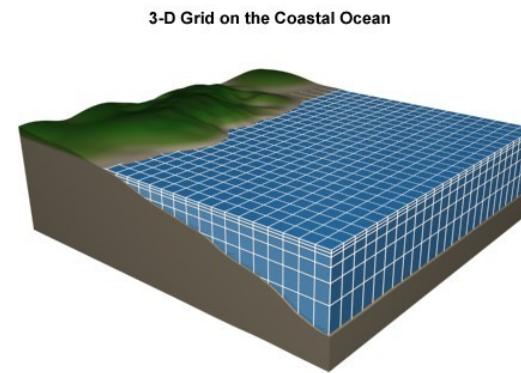
# Les modèles numériques de la circulation océanique



Pour chaque petit “cube” (**point de grille**), on calcule l’évolution dans le temps des courants, de la température, de la salinité, de la hauteur de la surface, de la masse volumique, etc.... grâce à nos connaissances des lois de la physique des fluides.



On divise les océans du globe en petits “cubes” (en surface et profondeur)



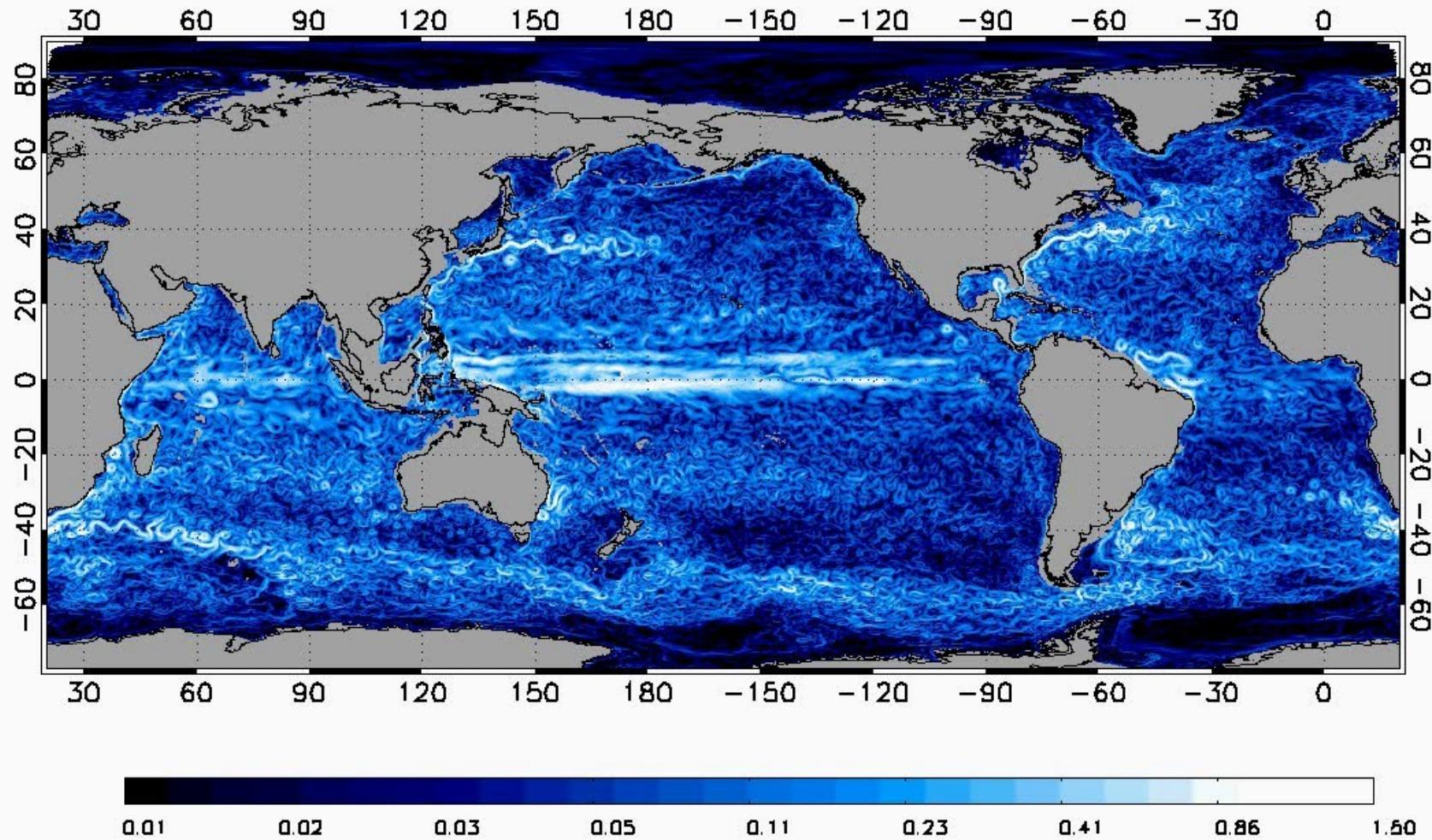
©The COMET Program



La taille des “petits cubes” est choisie la plus fine possible en fonction des ressources des “supers ordinateurs” disponibles.

Par exemple ici: la taille de la grille est de l’ordre de ~20 km.

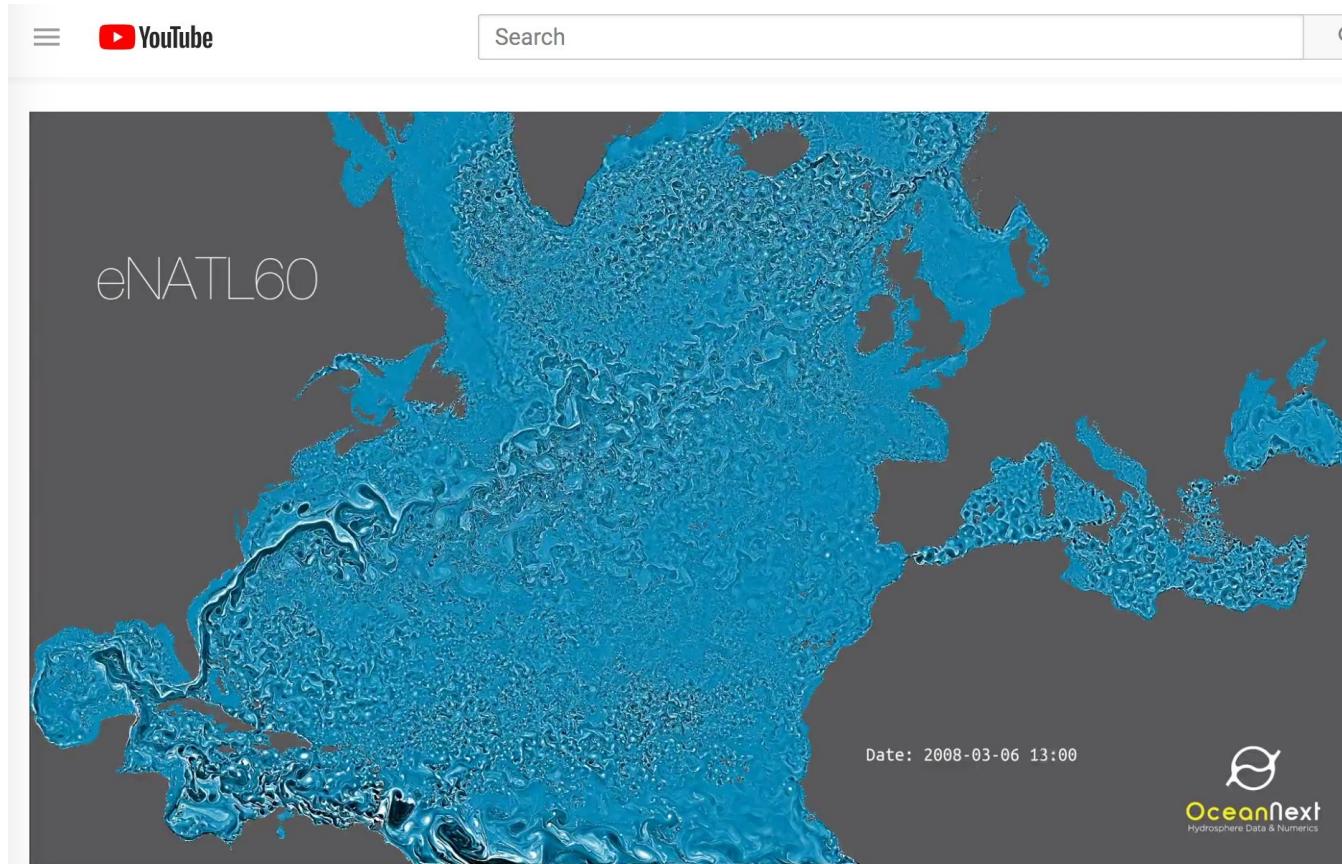
GLOBAL 1/4 REANA. 20030103 module velocity 97 m



La taille des “petits cubes” est choisie la plus petite possible en fonction des ressources des “supers ordinateurs” disponibles.

Par exemple ici: la taille de la grille est de l’ordre de ~1 km:

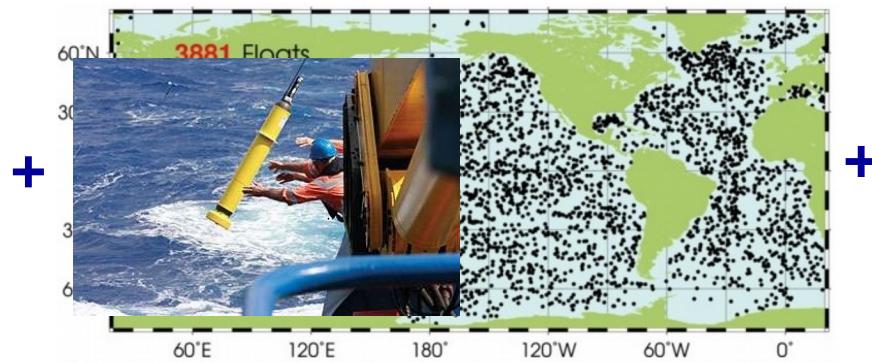
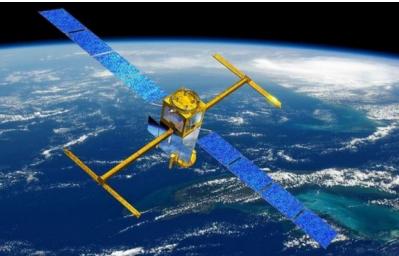
eNATL60 (Atlantique uniquement): Parmi les simulations les plus ambitieuses au monde (40,000,000 heures de calculs, 1.5 PB de données)



Spin-up of NEMO eNATL60 (North Atlantic at 1/60th of a degree).

# La prévision océanique

On combine les **observations** et les **modèles** pour décrire l'océan au jour d'aujourd'hui, et prédire son état pour les jours suivants.



**Mercator Océan:**

**Le centre de prévision océanographique de Toulouse**

<http://bulletin.mercator-ocean.fr/fr>

# Liste des différents sites web discutés pendant la séance:

- Floteurs ARGO, carte interactive:  
<https://www.jcommops.org/maps/interactive/?theme=Argo&projection=3D&ptfStatuses=%5b6%5d>
- Vidéos de la plus grosse simulation numérique de l'océan au niveau mondiale aujourd'hui :  
<https://vimeo.com/oceannext>
- Comprendre les océans avec les éléphants de mer  
<https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/7558-argos-comprendre-l-ocean-austral-avec-les-elephants-de-mer.php>
- Photo [https://www.liberation.fr/terre/2015/06/10/oceans-l-elephant-de-mer-fait-ses-balises\\_1327049](https://www.liberation.fr/terre/2015/06/10/oceans-l-elephant-de-mer-fait-ses-balises_1327049)
- Exemple de la campagne de mesure en mer OVIDE (bateau océanographique):  
<http://www.umr-lops.fr/Projets/Projets-actifs/OVIDE/Ovide-2018>
- Articles de presse:  
[https://www.lemonde.fr/videos/article/2019/10/28/plan-b-les-oceans-un-territoire-toujours-inexploré\\_6017234\\_1669088.html](https://www.lemonde.fr/videos/article/2019/10/28/plan-b-les-oceans-un-territoire-toujours-inexploré_6017234_1669088.html)  
  
<https://www.lefigaro.fr/sciences/2014/05/01/01008-20140501ARTFIG00176-le-cnes-et-la-nasa-vont-surveiller-les-extérieurs-de-la-planète.php>
- Bulletin de prévisions océaniques: <http://bulletin.mercator-ocean.fr/fr>