



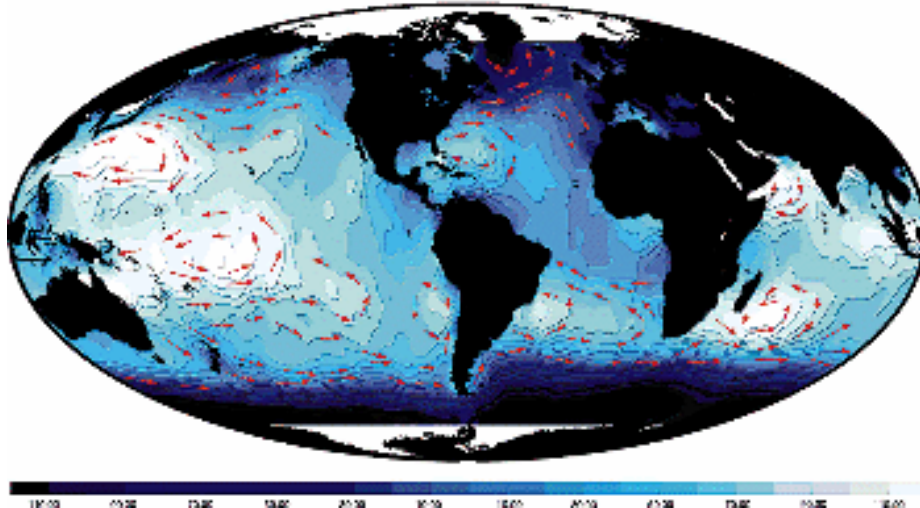
Courants de surface

Requiert la lecture préalable des fiches « Pression hydrostatique », « Force de Coriolis », « Vents et courants », « Upwellings et downwellings »

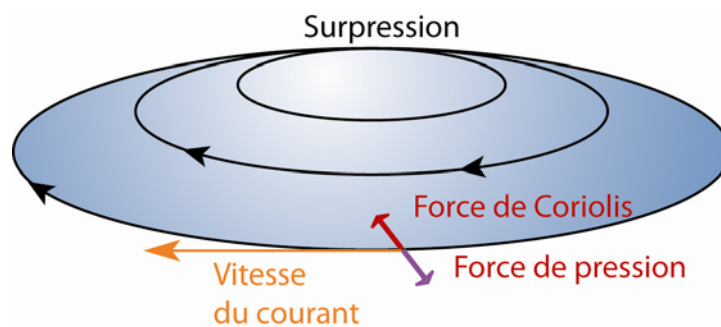
Nous avons vu (fiche « Upwelling et downwellings ») que le vent pouvait provoquer des creux et des bosses à la surface des océans. Cette surface peut également être affectée par les variations de la densité de l'eau en fonction de la température et de la salinité. Par exemple, le niveau de la Méditerranée, dont l'eau est très salée et donc assez dense, est inférieur d'un mètre à celui de l'Atlantique.

On appelle **topographie dynamique** l'écart de la surface des océans par rapport au géoïde, typiquement de l'ordre de quelques mètres (il ne faut pas confondre la topographie dynamique avec les irrégularités que peut présenter le géoïde lui-même). Elle est mesurée au moyen d'ondes radar envoyées par des satellites et réfléchies par la surface, les satellites, captant de nouveau le signal, déduisant la distance de la durée de l'aller-retour.

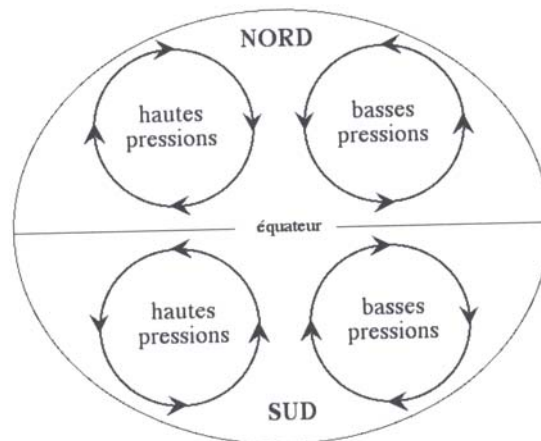
Sea surface dynamic topography as observed by Topex/Poseidon



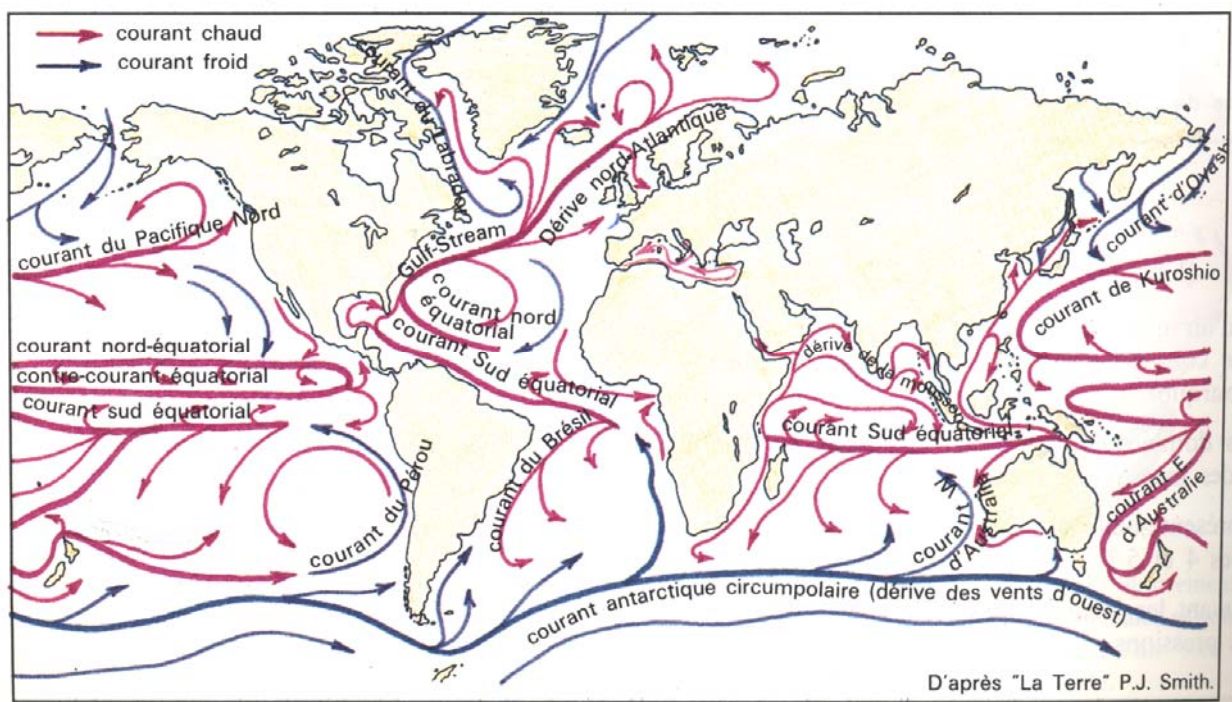
Cette topographie dynamique donne ainsi lieu, dans les océans, à des surpressions là où se trouvent les bosses et des dépressions là où se trouvent les creux, d'où des gradients de pression dans l'eau. A cause de la force de Coriolis, de manière analogue aux vents cycloniques et anticycloniques, les courants océaniques ne s'écoulent pas des bosses vers les creux, comme on pourrait s'y attendre, mais forment des tourbillons à grande échelle, ou **gyres**, autour de ces creux et de ces bosses. Voici un exemple schématisé de gyre autour d'une « bosse » créant une surpression dans l'hémisphère nord (par ex. gyre nord-atlantique) :



On voit que le courant est dicté par l'équilibre entre la force de Coriolis (dirigée vers la droite du vecteur-vitesse dans l'hémisphère nord) et la force de pression (dirigée dans le sens des hautes vers les basses pressions), d'où (ici) une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. On parle de **courants géostrophiques**. La figure suivante donne le sens de rotation des gyres suivant que leur centre correspond à des hautes ou basses pressions, et l'hémisphère où il se trouve :



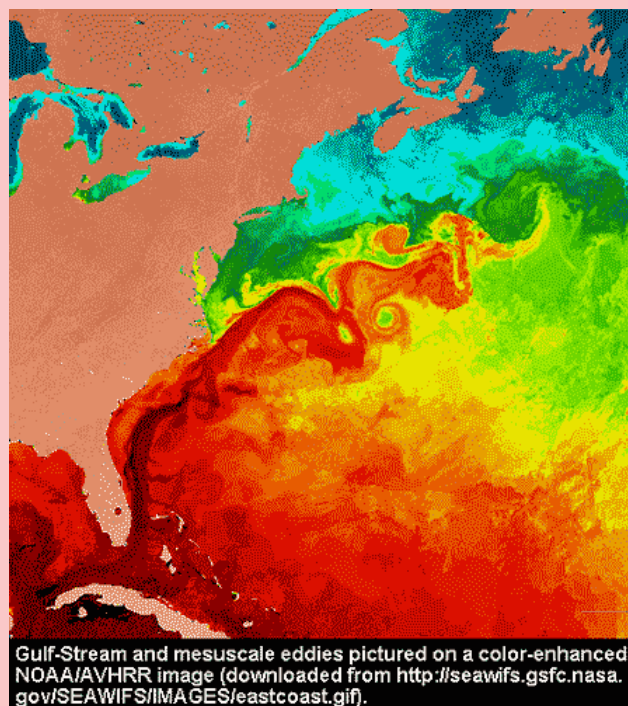
Les **courants de surface** correspondent typiquement à des vitesses moyennes de l'ordre du mètre par seconde, et des débits totaux pouvant atteindre plusieurs dizaines de millions de m^3/s . On les appelle « courants de surface » car ils n'affectent que les premières centaines de mètres des océans (mais il ne faut pas pour autant les confondre avec le transport d'Ekman, qui lui ne porte que sur les premières *dizaines* de mètres). Les courants principaux sont figurés sur la carte ci-dessous. Essayez de repérer le gyre nord-atlantique et le gyre sud-pacifique, ils sont bien visibles !



L'exemple du gyre nord-atlantique est intéressant. Il est le résultat de l'action des alizés (vents d'est) qui, en soufflant près de l'Equateur, créent un transport d'Ekman vers le Nord, et des vents d'ouest des moyennes latitudes, qui créent un transport d'Ekman vers le Sud. La convergence des deux flux crée une accumulation d'eau entre ces deux latitudes. Le gradient de pression ainsi créé permet la mise en place des courants géostrophiques (voir les fiches « Vents et courants » et « Upwelling et downwelling »).

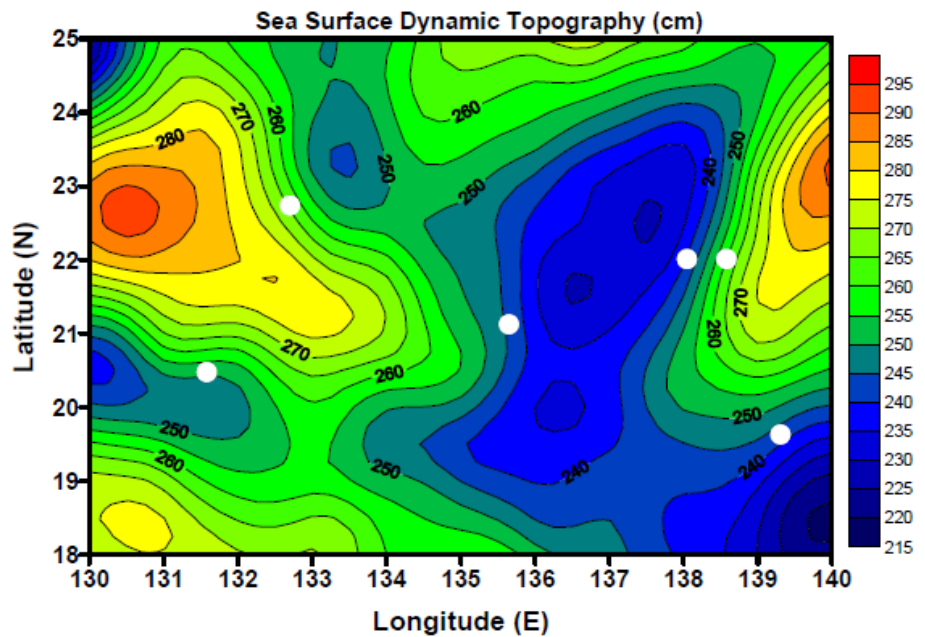
L'écoulement des eaux n'est pas forcément régulier. Dans les zones de convergence entre courants, de variations brusques de l'altimétrie sous-marine, etc., l'écoulement peut devenir désordonné : on parle alors de **turbulence**. Il peut notamment se former des tourbillons d'une taille typique de l'ordre d'une centaine de kilomètres, et dont la durée de vie se compte en semaines : ce sont les **tourbillons de mésoéchelle**.

Le Gulf stream



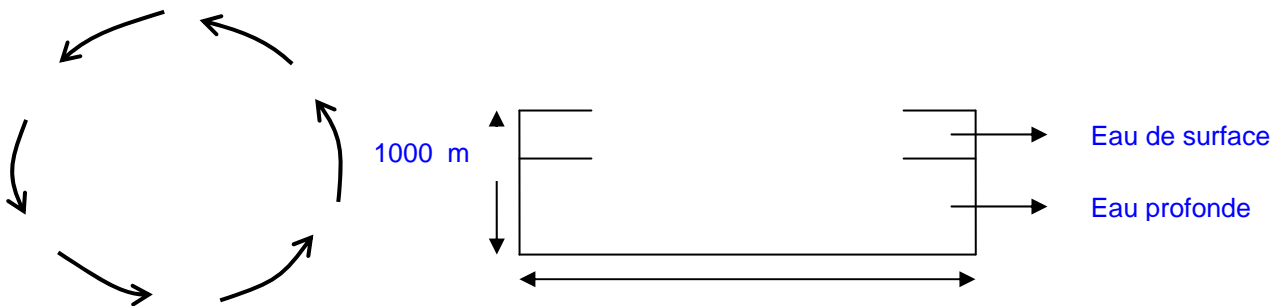
Le Gulf Stream est un courant qui prend naissance au large de la Floride, et se dirige vers le nord est, dans l'Atlantique, où il se dilue, adoptant une structure complexe avec des méandres et des tourbillons de mésoéchelle. Il a une vitesse moyenne de 1,5 m/s et un débit moyen de $5,5 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{s}$. Les eaux transportées étant à une température supérieure à 20 °C, il a pour effet de réchauffer l'Europe occidentale, y contribuant à des hivers plus doux qu'en Amérique du Nord. Par exemple, la température moyenne en janvier à Paris (48° N) est de 5 °C tandis qu'elle est de -10 °C à Montréal (45° N).

Exercice 1 (épreuve 2009) : Les tourbillons de mésoéchelle peuvent être détectés à la surface de l’océan par des satellites altimétriques. La figure ci-dessous montre la topographie dynamique de la surface d’une zone nord-ouest du Pacifique. Les lignes de niveau (isohypses) ont un intervalle de 5 cm. De façon générale, le champ des flux de ces tourbillons peut être décrit en se plaçant à l’équilibre géostrophique. Dessinez des flèches pour indiquer les directions des courants de surface au niveau des 6 points blancs sur la figure ci-dessous.

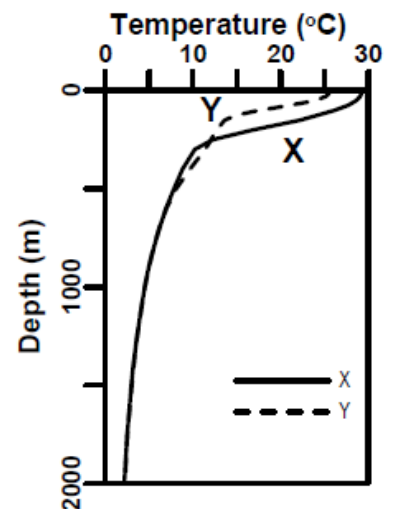


Exercice 2 (épreuve 2010) : Récemment, on a découvert que les débris flottants sont concentrés dans des zones spécifiques des océans. Ces zones sont situées dans les gyres océaniques (voir carte ci-dessus). On estime que les déchets en plastique vont rester concentrés dans ces zones pendant plusieurs centaines d’années avant d’être dégradés photochimiquement. L’un de ces gyres héberge une « île de déchets » qui fait deux fois la surface du Texas.

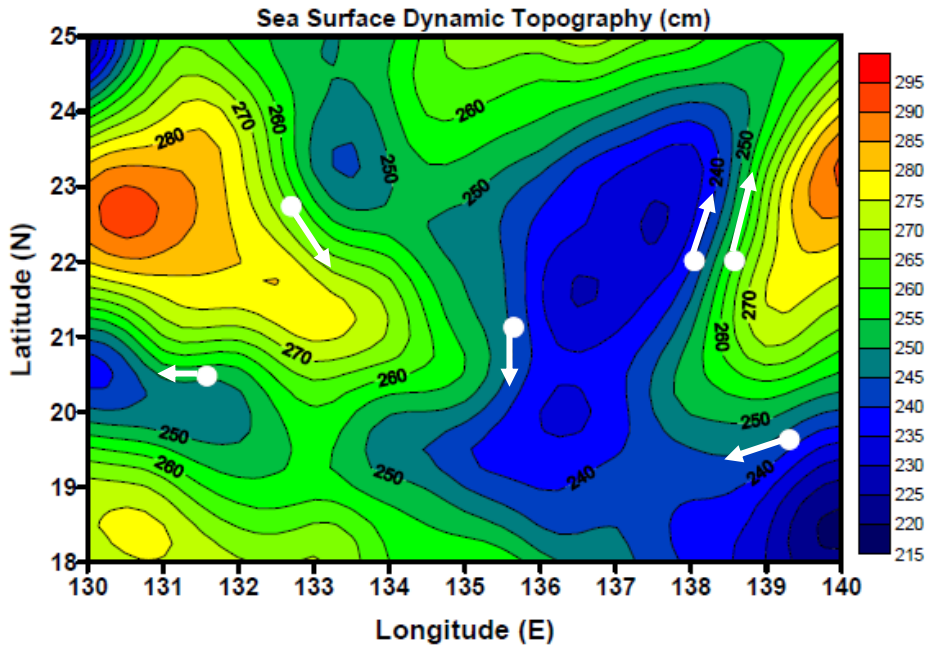
La figure de gauche ci-dessous représente un gyre. Où trouve-t-on ce type de gyre ? A) dans l’hémisphère nord ; B) dans l’hémisphère sud.



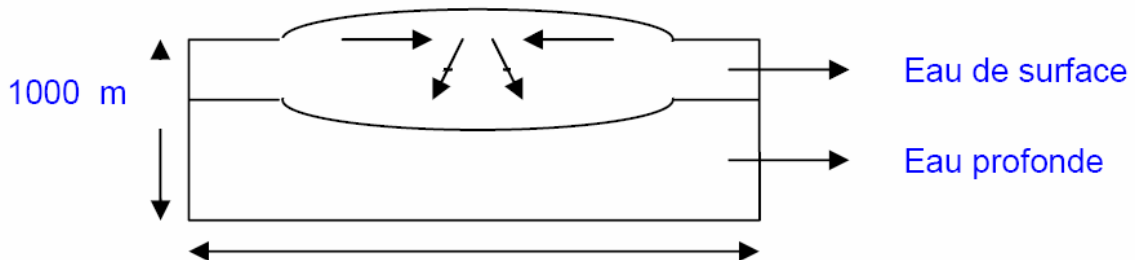
Exercice 3 (épreuve 2009) : La figure ci-contre montre des profils de température moyennés sur le long terme, de la surface jusqu’à une profondeur de 2000 mètres, mesurés en deux sites : site A dans le pacifique ouest-équatorial à 140° Est, site B dans le Pacifique est-équatorial à 120° Ouest. Indiquez les sites correspondant à X et Y.



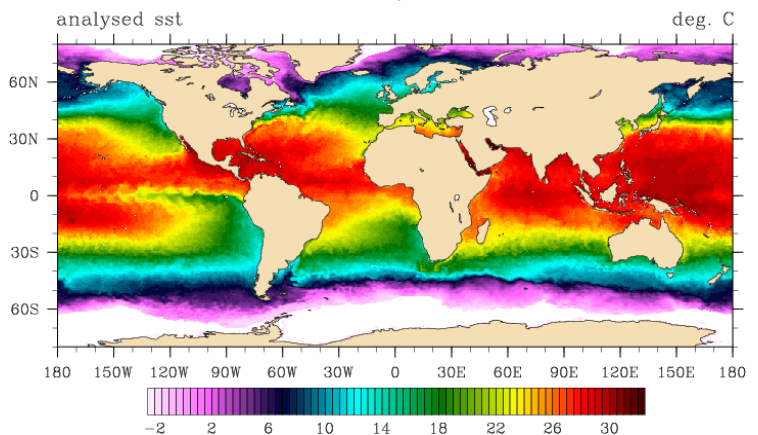
Correction exercice 1 (épreuve 2009) : Un maximum de topographie dynamique correspond à une suppression et donc à un courant anticyclonique, qui comme nous sommes dans l'hémisphère nord, sera dans le sens des aiguilles d'une montre. Inversement pour un minimum. Les courants géostrophiques suivront les isohypses.



Correction (épreuve 2010) : Ce gyre est dans l'hémisphère sud. En effet, c'est une zone de convergence (car les déchets s'y concentrent), donc un downwelling, et donc un courant anticyclonique, et on voit qu'il tourne dans le sens trigonométrique. Voici la coupe complétée :



Correction (épreuve 2009) : Sur le profil de température, on voit que la température des eaux de surface est plus élevée pour X que pour Y. X correspond au site A et Y au site B, car le courant du Pérou, avec ses eaux des hautes latitudes, refroidit le Pacifique est-équatorial (qui est également le lieu de remontées d'eaux profondes et froides au niveau des upwellings côtiers), tandis que les eaux chaudes équatoriales sont poussées par les alizés (courants chauds sud et nord-équatoriaux) vers le Pacifique ouest-équatorial. On le voit sur la figure montrant la température de surface sur le globe de la fiche « Température de l'eau », figure que nous reproduisons ci-dessous :



Notez que comme le profil de température est moyenné sur le long terme, il n'y a pas ici à tenir compte de El Nino.