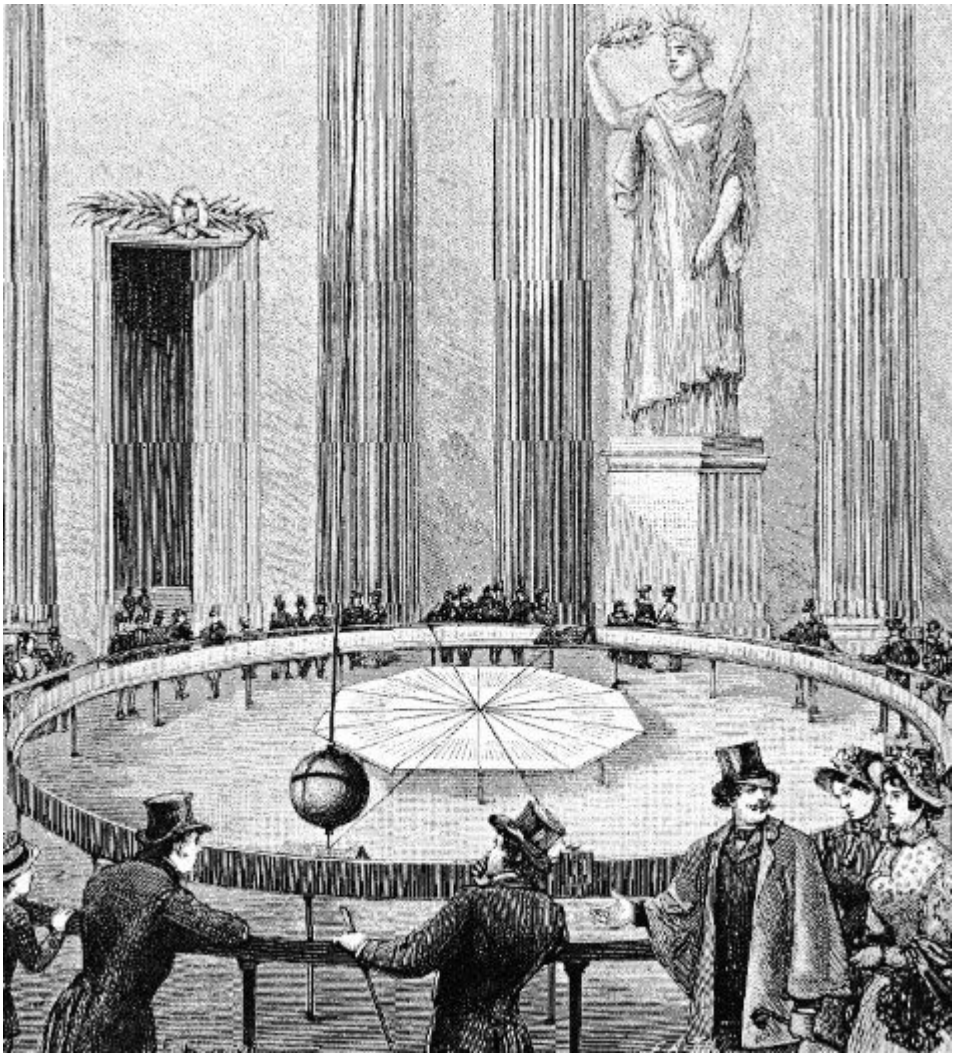
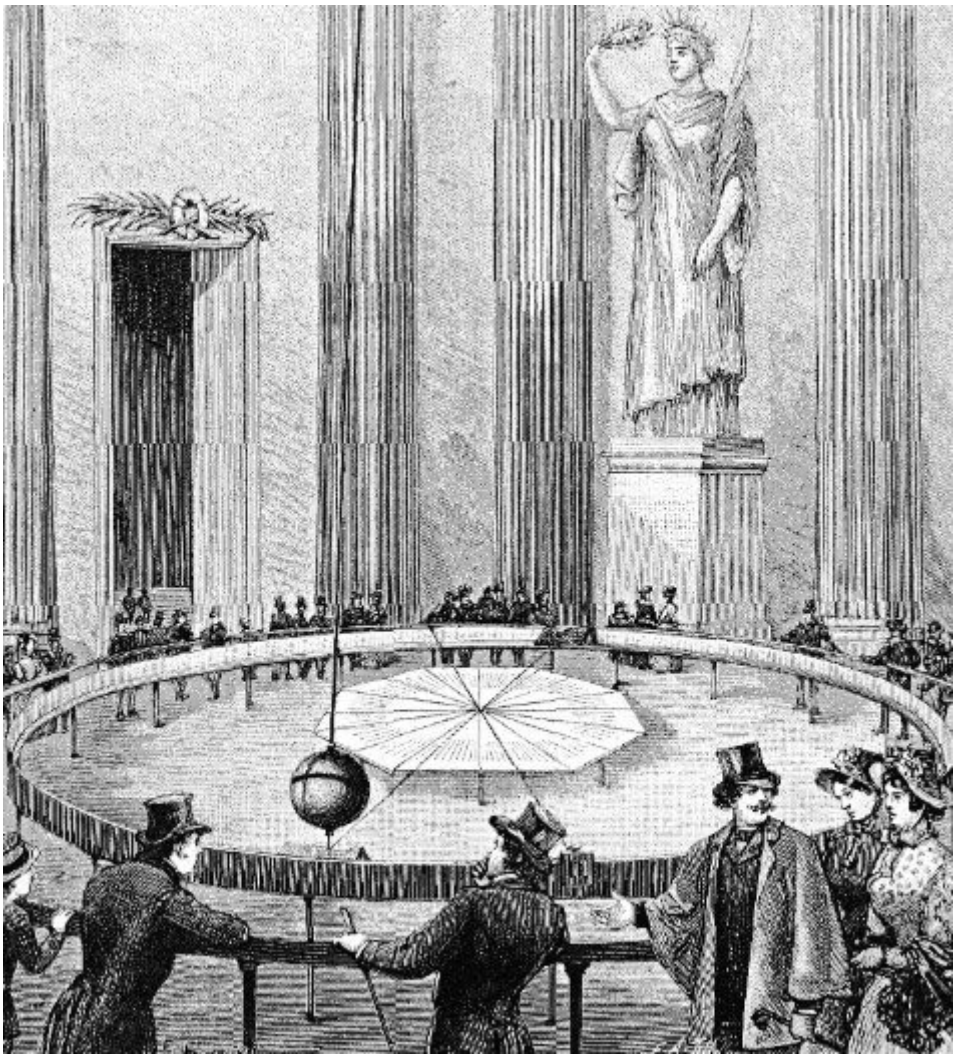
La Terre tourne sur elle-même ? Ben oui, peuchère, la preuve : le pendule de Foucault ! 3/3

écrit par Professeur Tetenlair | 6 janvier 2025

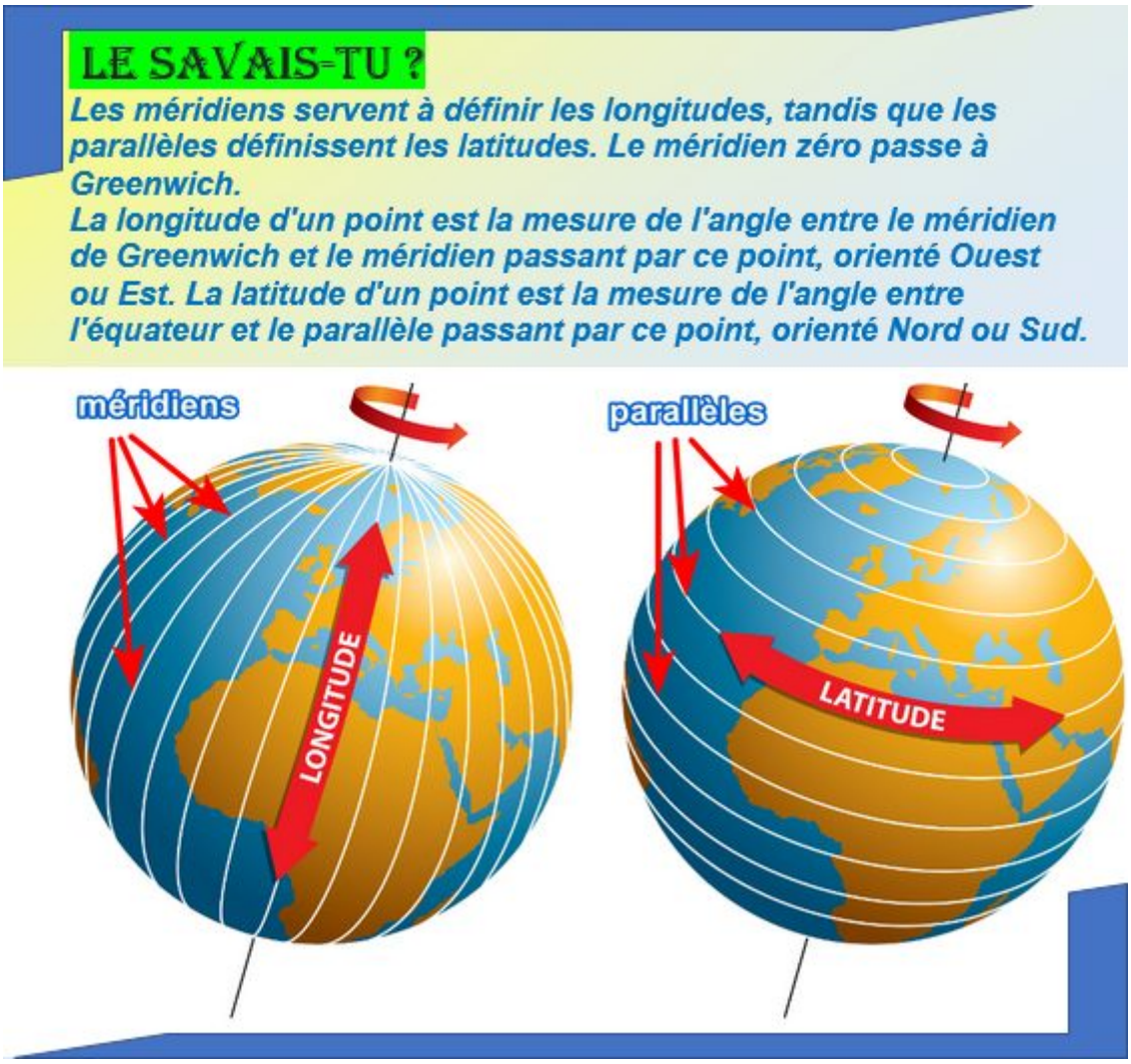




Cet article est composé de trois parties. Cette partie constitue la troisième des trois. Pour aller lire (ou relire) la première partie, clique ici, la deuxième partie clique ici.

Cette troisième et dernière partie est, comme l'ont été les deux premières, richement illustrée dont plusieurs très courtes vidéos. Mets bien ainsi le son de ton ordinateur en route dès maintenant.

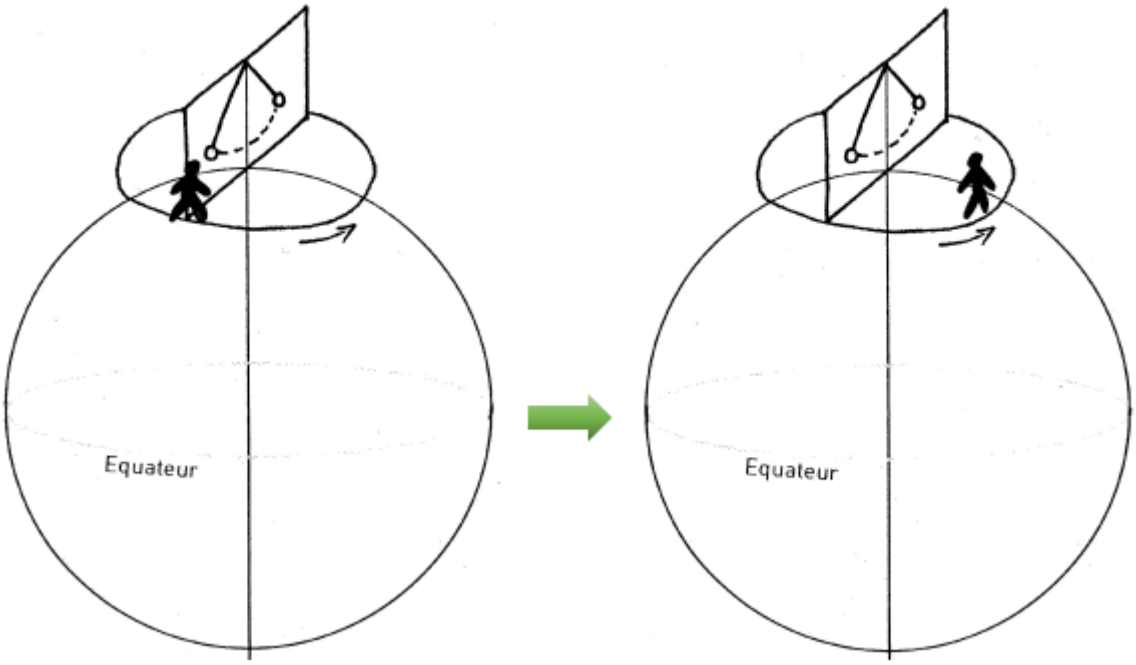
Rappelle toi, en fin de deuxième partie, nous en étions restés à :



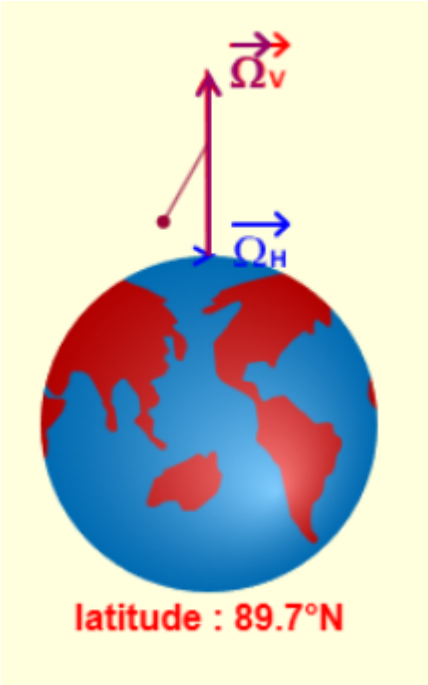
Que se passe-t-il aux pôles ?

Au pôle Nord (latitude : 90° Nord) la verticale du point de suspension du pendule coïncide avec l'axe de rotation de la Terre, autrement dit, **le plan d'oscillation du pendule est en rotation autour de l'axe de la verticale du lieu**. Un observateur tourne avec la Terre et reste fixe par rapport au sol. Pour lui c'est l'axe d'oscillation du pendule qui tourne.

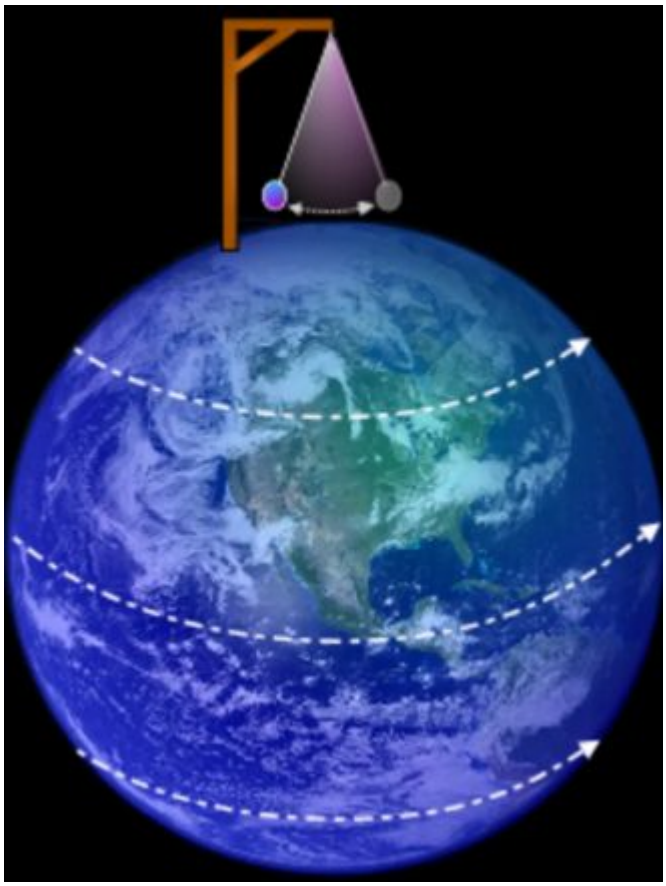
Ce même observateur qui se trouve ainsi au pôle Nord fait le tour complet en 24 heures (plus exactement en un jour sidéral, soit 23 heures 56 min), dans le sens horaire (c'est-à-dire dans le sens inverse de la rotation de la Terre), par rapport au plan d'oscillation du pendule (dont on reprécise que ce plan d'oscillation ne change jamais de direction quel que soit la direction dans laquelle il est lancé).



Le pendule oscille dans un plan fixe par rapport aux étoiles alors que dessous, la Terre tourne indépendamment. Sa vitesse de rotation est d’environ 15° par heure.



Pour ceux que cela intéresse le vecteur Ω est la composante verticale de la rotation de la Terre, décomposé en ΩV (verticale) et ΩH (horizontale).



https://resistancerepublicaine.com/wp-content/uploads/2024/12/pole-nord-01.mp4
Au pôle Sud (latitude : 90° Sud), il se passe la même chose mais dans le sens inverse, it is not complicado !

Latitudes intermédiaires

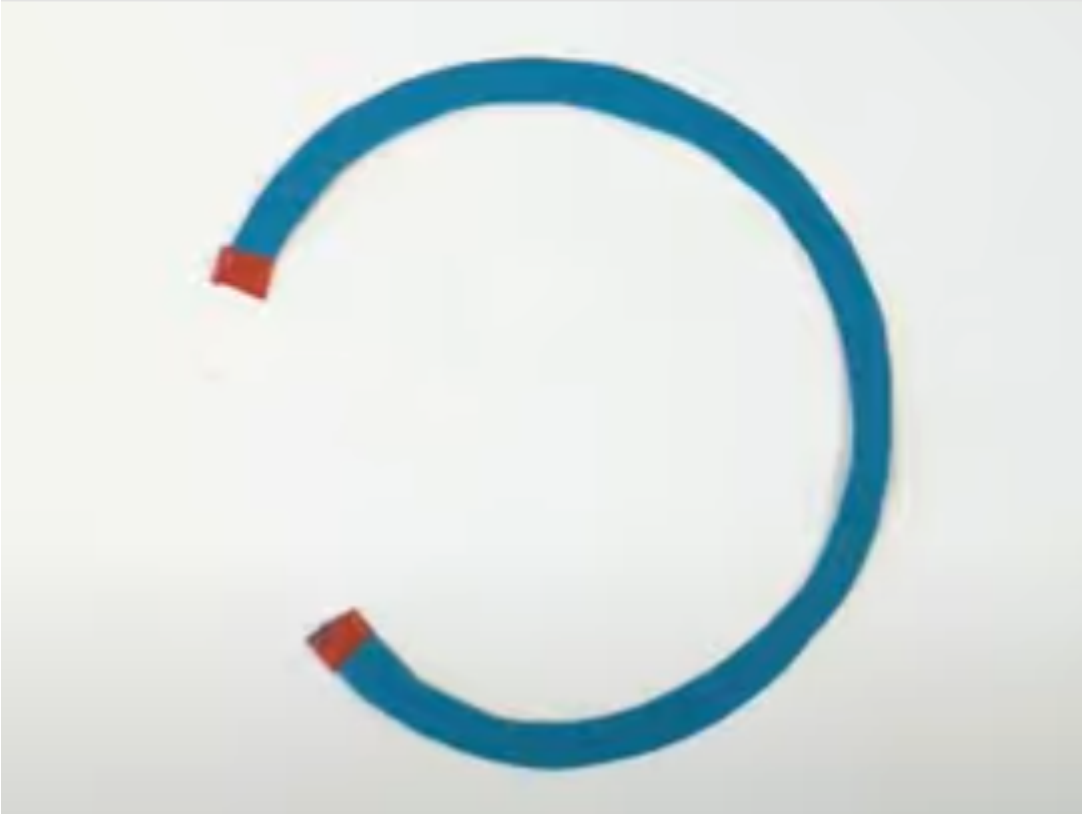
Plus la latitude se rapproche de l'équateur terrestre et plus les pendules mettent du temps pour revenir sur leur axe initial. Commençons par une position hors pôle et hors équateur, soit à une latitude quelconque.

À une latitude donnée le pendule n'oscille pas dans l'axe de rotation de la Terre. Il y a obligatoirement un angle qui est défini par la latitude.

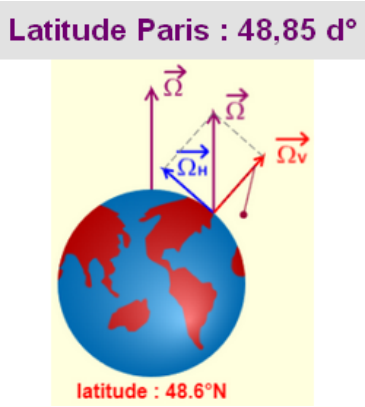
NORTH
ATLANTIC
OCEAN
SOUTH
AMERICA

Bande de papier représentant la trajectoire du pendule lorsque la Terre fait un tour, en 24 heures

On la coupe au raccord rouge, on la déplie et on la met à plat : il manque un bout pour avoir un tour complet. La Terre doit tourner un peu plus longtemps, à Paris, 8 heures de plus, et voilà pour les 32 heures !

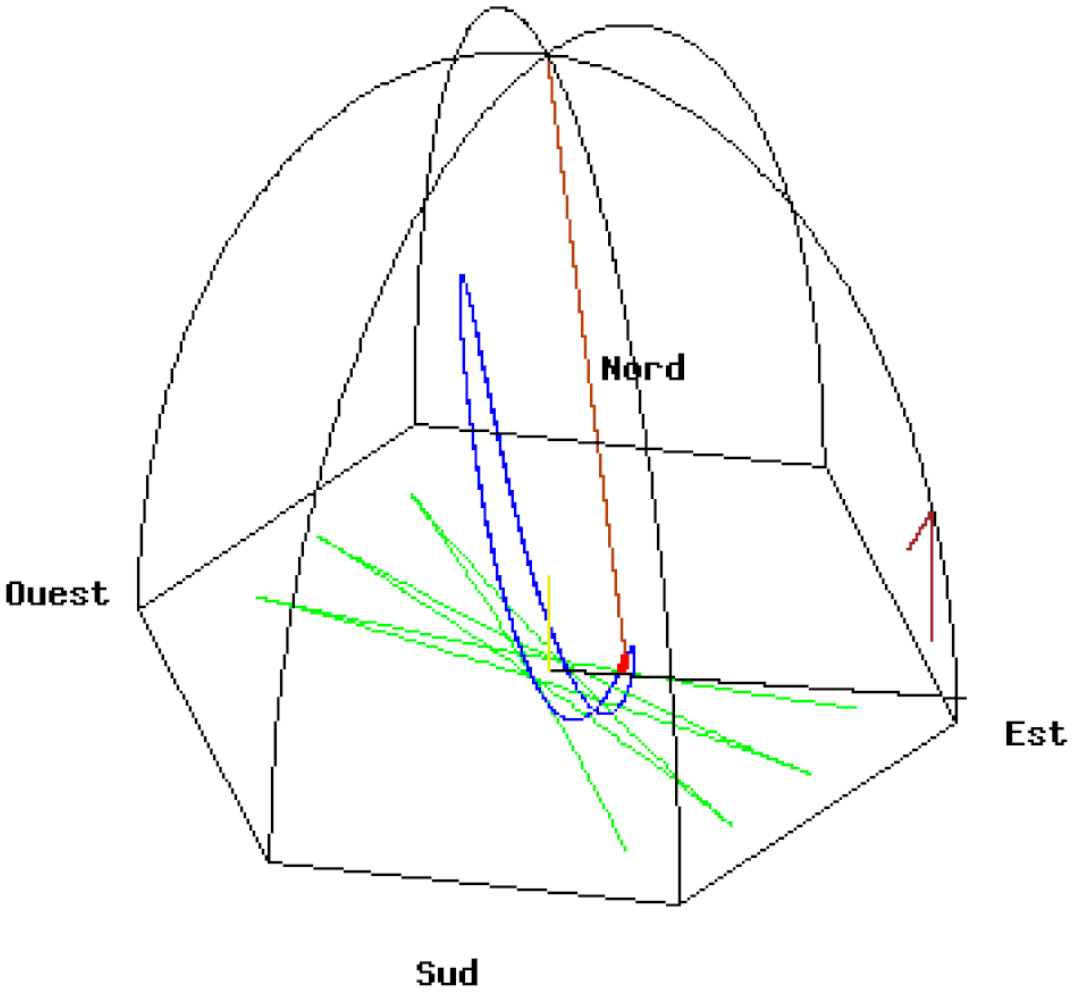


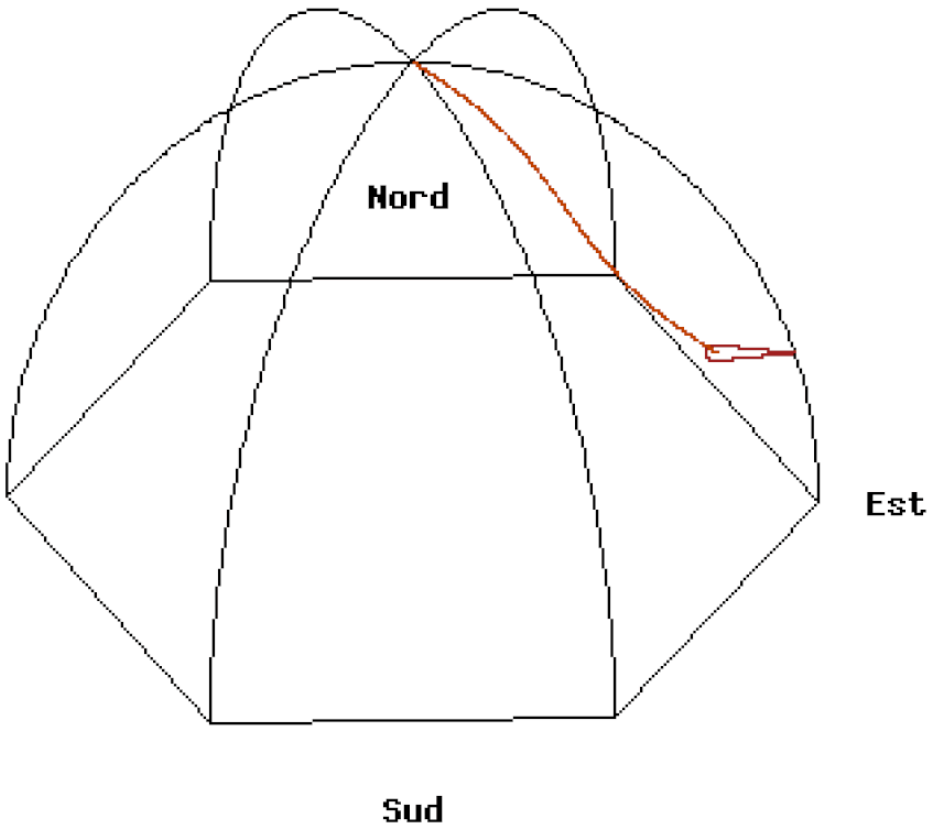
A Paris, le plan du pendule ne revient pas à son point de départ en 24 heures comme on pourrait le croire. A chaque oscillation de 16,42 secondes il se déplace de 5,4 mm dans le sens des aiguilles d'une montre (dans le sens inverse de la rotation de la Terre) et retrouve son point de départ en 31h 48′. Ce n'est pas le plan du pendule qui tourne mais la Terre.

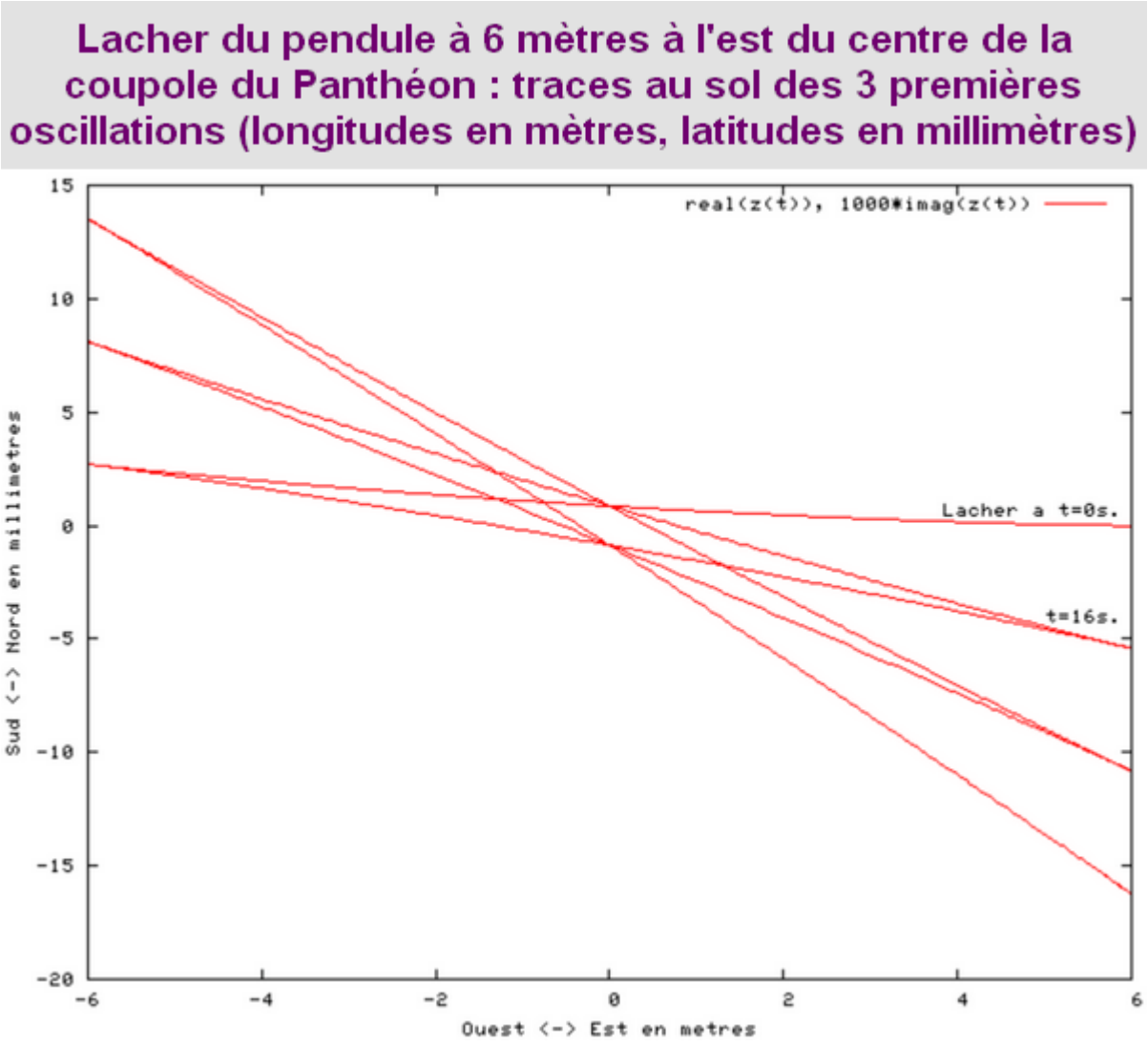


Pour ceux que cela intéresse le vecteur Ω est la composante verticale de la rotation de la Terre, décomposé en ΩV (verticale) et ΩH (horizontale).

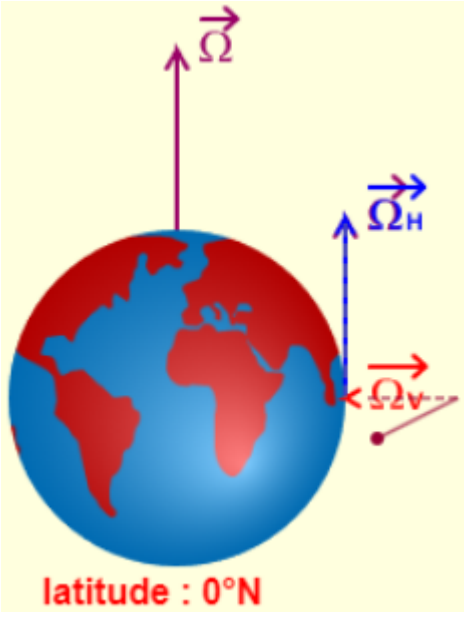
Ci-dessous, deux animations du Pendule de Foucault de 67 mètres lâché au Panthéon de Paris à une distance de 50 mètres à l’est du point d’équilibre avec une vitesse initiale nulle. La vitesse de rotation de la Terre est exagérée (1 tour en 110 secondes). Vue d’une caméra liée au plan d’oscillation.




Nord
Est
Sud



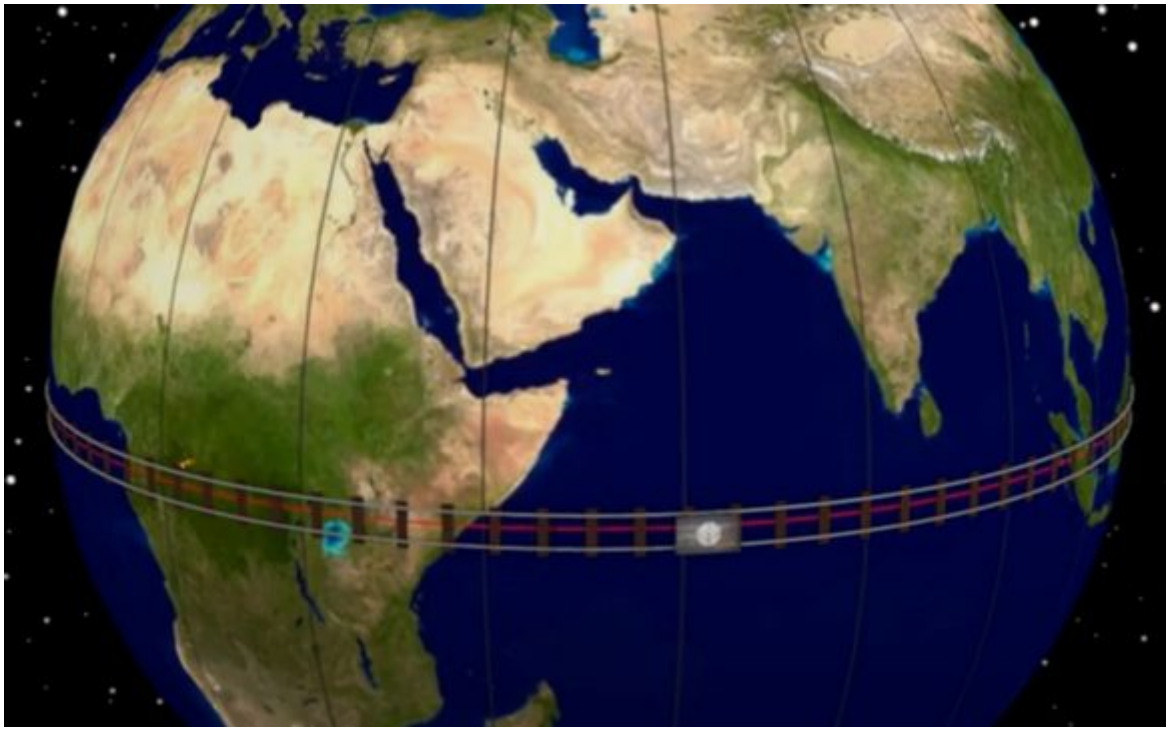
A l'équateur

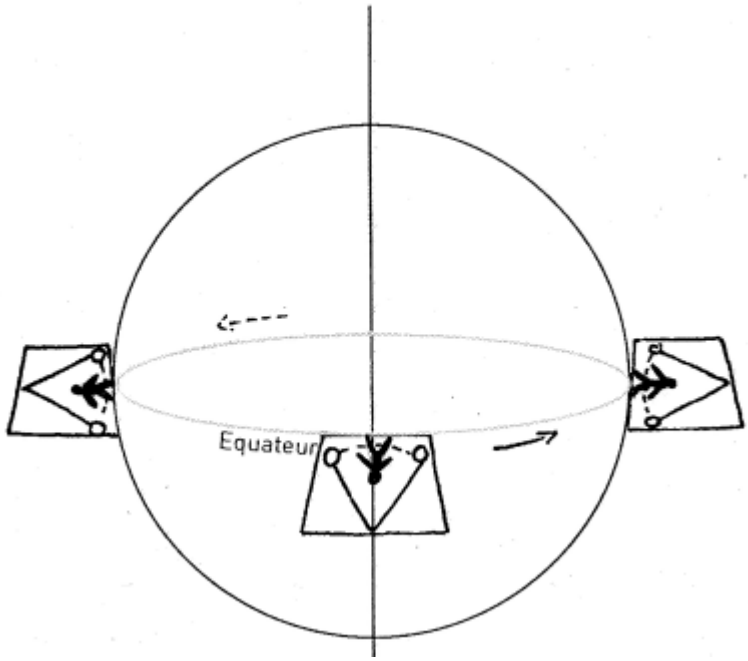


A l'équateur le pendule finit par osciller dans un plan apparemment figé qui ne permet pas de voir la rotation de la Terre. Cette fois-ci, la verticale du pendule est perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre. Le pendule conserve la même direction, puisqu'il reste toujours perpendiculaire à l'axe de rotation. Ainsi, contrairement à ce qui se passe aux pôles, le sol ne tourne pas autour de l'axe du pendule mais transporte l'axe avec lui. Pour un observateur tout se passe comme si le pendule était transporté dans un train et se balançait dans le

sens de la marche du train. Le plan du pendule est figé et la Terre ne tourne plus autour. Sa période de révolution tend vers l’infini.

Pour ceux que cela intéresse le vecteur Ω est la composante verticale de la rotation de la Terre, décomposé en ΩV (verticale) et ΩH (horizontale).





La force de Coriolis

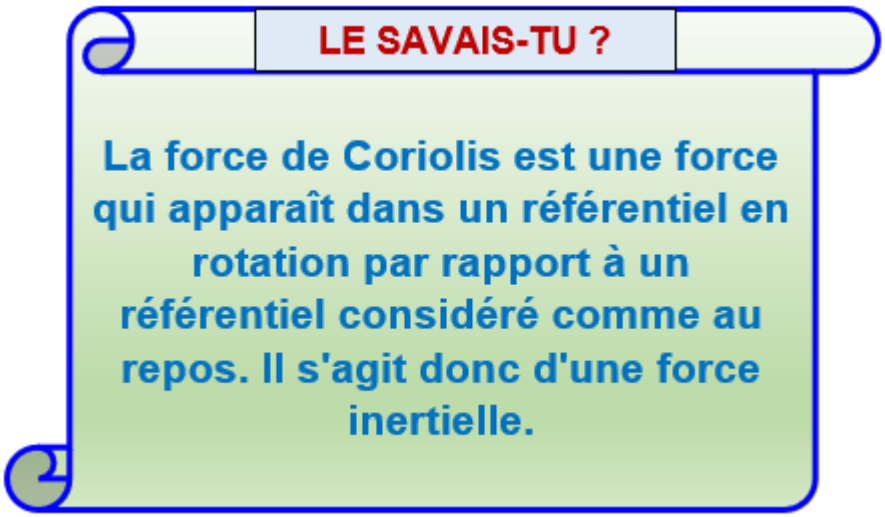
Il ne semble pas que Foucault ait été informé des travaux de

Coriolis portant sur les lois de la dynamique dans un référentiel non inertiel, datant de 1832. C’est donc de manière purement empirique qu’il mena son expérience, et seulement après coup que les mécaniciens expliquèrent l’expérience par l’utilisation de la force de Coriolis. Si le principe général fut rapidement expliqué, il fallut attendre, quand même, beaucoup plus longtemps pour en comprendre toutes les subtilités.

Qu’est-ce que la force de Coriolis ?

La force de Coriolis est un phénomène physique qui se produit quand un objet bouge au sein d’un système de référence en rotation, comme la Terre par exemple.

On précise un peu plus :



On précise encore un peu plus. On peut dire que la force de Coriolis est une pseudo-force qui apparaît dans un référentiel en rotation R’ par rapport à un référentiel galiléen R considéré comme au repos. Il s’agit donc d’une force inertielle. Elle s’exerce perpendiculairement au mouvement d’un corps matériel dans ce référentiel en rotation et est proportionnelle à la vitesse de ce corps dans R’ ainsi qu’à la vitesse angulaire de rotation du référentiel R’ dans R. Ce n’est pas bien compliqué concernant le résultat empirique. Au-niveau mathématiques….

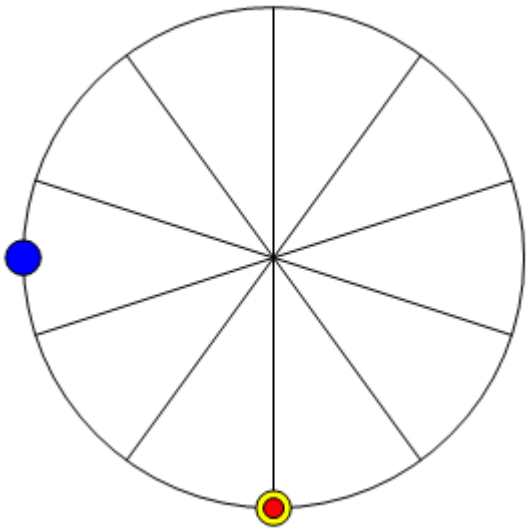
Quand un objet bouge dans un système de référence en rotation, il expérimente une force fictice appelée **force de Coriolis**, qui agit **perpendiculairement à sa vitesse**. Cette force fait que la trajectoire de l'objet se dévie, ce qui donne l'impression qu'il suit une courbe.

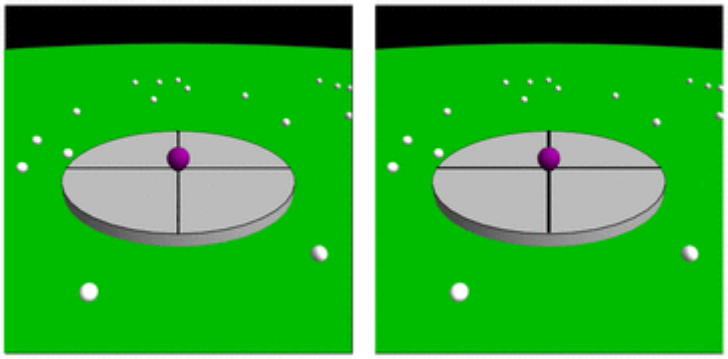
Ce phénomène trouve son origine dans la rotation de la Terre et sur son influence sur les objets en mouvement. Imagine que tu te trouves sur la Terre et que tu observes le mouvement d'un objet en ligne droite. De ton point de vue, l'objet semble se déplacer en ligne droite sans aucune déviation. Cependant, du point de vue d'un observateur situé dans l'espace, il verra que cet objet suit une courbe. Cette déviation est due à la rotation de la Terre. Et oui !

La force de Coriolis se manifeste par une force fictive agissant perpendiculairement à la vitesse d'un objet en mouvement dans un référentiel en rotation, comme la Terre. *Dans l'hémisphère nord, cette force dévie le mouvement vers la droite, tandis que dans l'hémisphère sud, elle le dévie vers la gauche.*

Il est important de noter que la force de Coriolis ne se manifeste que pour des objets se déplaçant sur de grandes distances ou à des vitesses importantes. Dans notre vie quotidienne, nous ne le remarquons pas dans les objets courants car son effet est très faible.

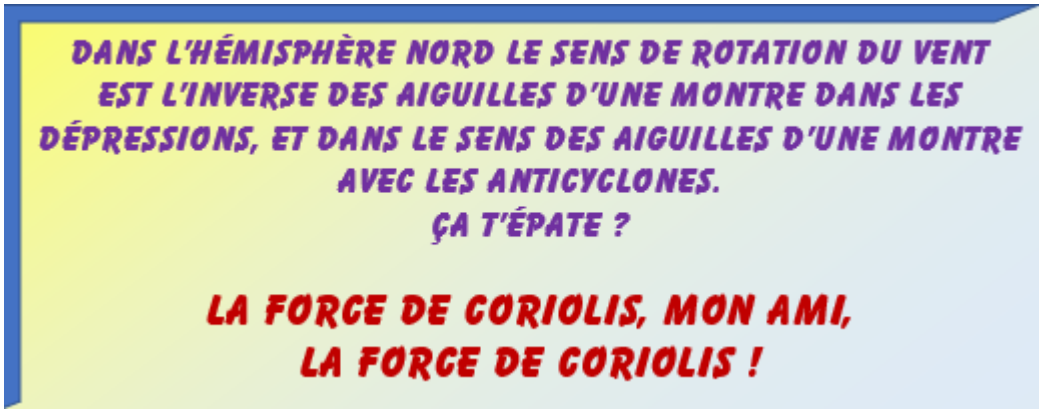
Allez, on anime tout ça.





https://resistancerepublicaine.com/wp-content/uploads/2024/12/force-de-coriolis-01.mp4

La force de Coriolis a des effets sur plusieurs phénomènes naturels différents. Pour exemple, sur Terre, la force de Coriolis influe sur la direction des vents et des courants océaniques.



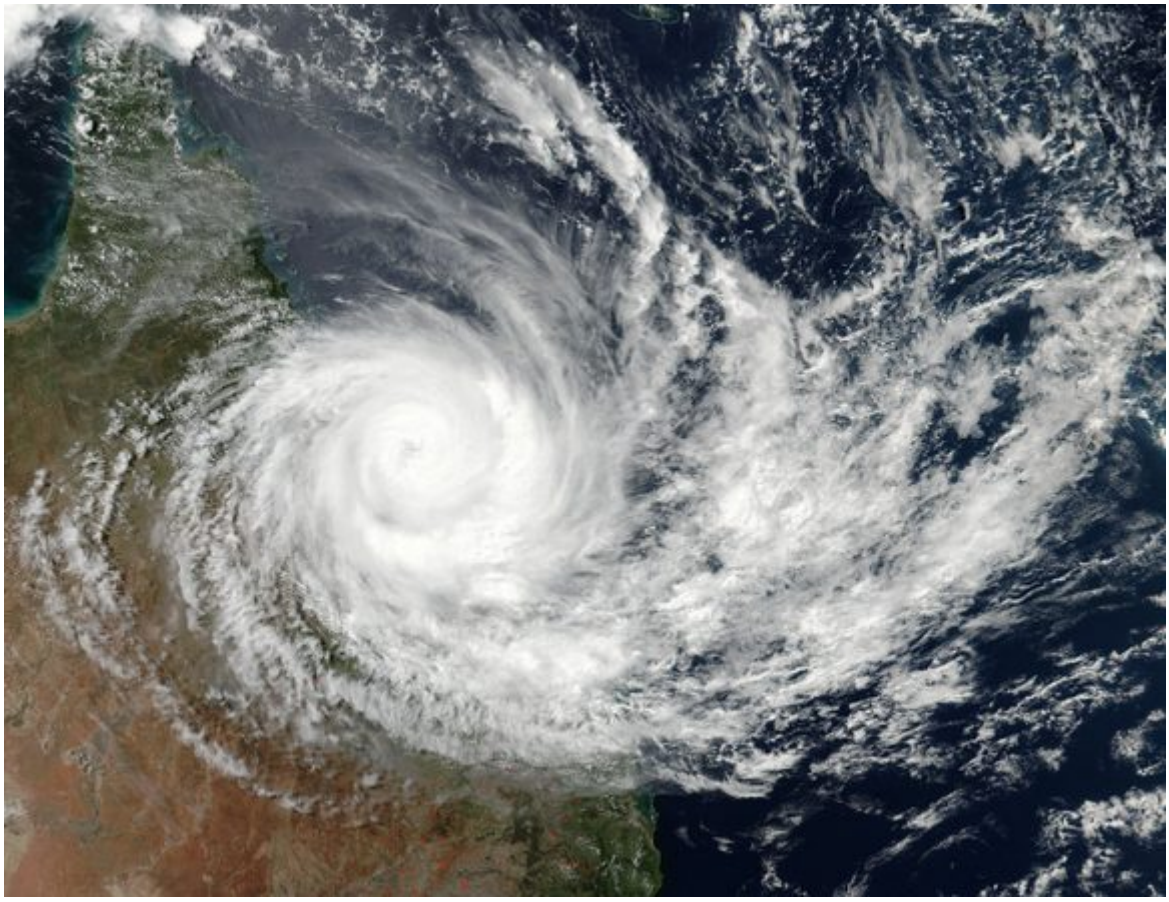
L’effet Coriolis peut se résumer simplement. Tout corps subira une déviation vers la droite de son mouvement dans l’hémisphère nord, vers la gauche dans l’hémisphère sud. Celle-ci est essentiellement visible à grande échelle et est d’autant plus marquée que l’objet circule vite et loin de l’équateur.

L’effet de Coriolis intervient à chaque fois que l’on considère un mouvement par rapport à un référentiel en rotation.

C’est donc quelque chose qui arrive :

- quand on marche sur un manège qui tourne
- quand on considère une fusée vis-à-vis d’un astre en rotation
- quand on regarde le déplacement des masses atmosphériques par rapport à la rotation de la Terre.

Les déviations de Coriolis des masses d’air finissent par mettre les dépressions en rotation et à former un cyclone rotatif.



Plus de détails sur ce que sont les tempêtes appelées ouragans, typhons, cyclone, en fonction de la région géographique d'où elles proviennent et de l'effet de Coriolis sur eux par ce petit film de 4'06 » très bien réalisé.

Et comme je t'en vends 2 pour le prix d'1, voici un autre petit film de 3'59 » pour voir la force de Coriolis autrement et son influence sur les cyclones, ouragans, etc… très intéressant !

Bon, on pourrait encore beaucoup en dire. Par exemple, on pourrait se demander par rapport à quoi le pendule de Foucault est fixe ? Et oui, à l'époque de Foucault, il existait un espace absolu par rapport auquel tous les mouvements sont définis. Cet espace immuable était donc un référentiel naturel pour l'oscillation du pendule.

Mais aujourd'hui, ma cousine préférée, l'espace ou plutôt l'espace-temps d'Einstein est une entité dynamique et la

théorie de la relativité postule qu'il n'existe aucun référentiel privilégié. Dans l'univers le mouvement absolu n'existe pas, il est toujours relatif à un autre repère qui lui aussi est en mouvement. **Pourtant on constate que le pendule de Foucault privilégie un référentiel précis puisque son plan indique une direction**. Mais alors, par rapport à quoi le plan du pendule est fixe ? Et bien, tu vois, cette énigme n'est toujours pas résolue, et est toujours sujette à controverse.

Mais il faut savoir s'arrêter, ami passionné. Trois parties pour l'article sur le pendule de Foucault, c'est déjà bien…

A la prochaine !

Bye bye

Professeur Têtenlair