

SEMAINE DE LA SCIENCE. LYCEE E. ZOLA

LE PENDULE DE FOUCAULT

Foucault Léon (1819-1868)

Né et mort à Paris, il a fait progresser de nombreux domaines de la physique :

- propagation de la chaleur
- optique : mesure de la vitesse de la lumière, dont il perfectionne la méthode en utilisant un miroir tournant.; méthode d'étude des surfaces d'ondes, utilisée pour contrôler la qualité des miroirs ou lentilles des lunettes et télescopes
- magnétisme : découverte des courants induits dans les pièces métalliques en mouvement dans un champ magnétique ("courants de Foucault", actuellement utilisés pour le freinage des poids lourds)
- mécanique : de même que le plan d'oscillation de son célèbre pendule reste fixe par rapport au référentiel stellaire de Copernic, il montre qu'il doit en être de même de la direction de l'axe d'un gyroscope (propriété utilisée pour le guidage des avions, fusées,...)

Le pendule de Foucault

En 1851 Foucault met en évidence la rotation de la terre, à l'aide d'un pendule de 60m de long, qu'il suspend sous la coupole du Panthéon, à Paris.

C'est cette expérience, ramenée aux dimensions de notre chapelle et reconstituée par Ms Le Doucen et Katan (Université Rennes I), que vous pouvez observer ici :

En quelques minutes on observe déjà que le plan d'oscillation du pendule a changé, par rapport au système de référence terrestre auquel appartient la chapelle.

Pourtant aucune force n'agit latéralement sur le pendule. Or pour faire tourner son plan d'oscillation, du moins par rapport à un système de référence "galiléen", une telle force est nécessaire ! (Un référentiel "galiléen" est par exemple celui choisi par Copernic, référentiel lié aux étoiles, considérées alors comme fixes. Pour en savoir plus voir l'encadré page 2) .

Ce n'est donc pas le pendule qui a tourné, c'est la terre qui s'est dérobée sous lui, comme l'illustre en accéléré la maquette animée présentée dans cette salle ou encore la figure ci-dessous.

Effets de latitude : pendule aux pôles, à Rennes, à l'équateur...

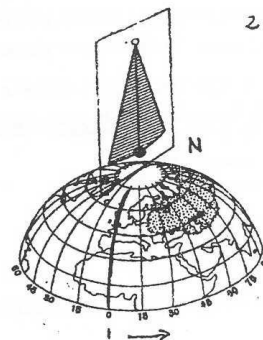
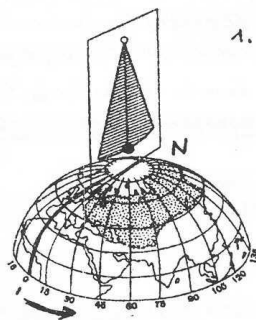
Aux pôles :

Fig.1 :

à $t = 0$

Fig.2 :

3 heures plus tard



La figure de la page précédente, tirée de "la physique à la portée de tous" (Landau et Kitaigorodski), montre bien qu'aux pôles il faut juste un jour pour que le plan d'oscillation du pendule semble avoir tourné d'un tour complet.

Imaginons maintenant le pendule, suspendu au-dessus d'un point de l'équateur : quand la terre tourne autour de l'axe des pôles, il ne s'ensuit aucune modification de l'angle entre le plan d'oscillation du pendule et, par exemple, le plan méridien : on n'observe donc aucun effet.

Pour un point de latitude quelconque, il y a bien rotation du plan d'oscillation du pendule par rapport à la terre, mais un raisonnement complet montrerait qu'il faut plus de temps qu'aux pôles pour atteindre un tour complet. A Rennes on trouverait par exemple une durée d'environ 32 heures. En 10 min, la rotation est donc de l'ordre du degré d'angle, ce qui est observable avec notre dispositif !

"Bons" et "mauvais" référentiels

D'un point de vue purement descriptif la notion de mouvement est purement relative et il est équivalent de dire : "le plan d'oscillation du pendule tourne et la terre est immobile" ou : "la terre tourne et le plan du pendule est immobile". Le choix d'un système de référence ("référentiel") est donc affaire de convention. Copernic et ses partisans ultérieurs (Kepler, Galilée) avaient cependant remarqué que choisir un système lié au soleil et aux étoiles conduisait à une description plus simple des mouvements célestes que celle jusqu'alors admise où la terre était choisie comme référentiel.

Mais lorsqu'on passe de la description à l'explication (par les lois de Newton de la mécanique), on s'aperçoit qu'il existe une classe de référentiels privilégiés, en effet :

les lois de la mécanique ne s'expriment de façon simple que dans les référentiels dits "galiléens" ou "inertiels". L'exemple le plus simple est la loi suivante dite "principe de l'inertie" : "si un corps n'est soumis à aucune force, sa vitesse ne change ni en grandeur ni en direction". Les référentiels dans lesquels ceci est vérifié sont dits "galiléens" ou encore "inertiels".

On s'aperçoit alors que le référentiel de Copernic est beaucoup plus proche d'un galiléen idéal que le référentiel terrestre, et l'expérience du pendule de Foucault l'illustre de façon éclatante !

Pour l'étude de mouvements célestes à plus grande échelle que notre système solaire, on s'aperçoit qu'un référentiel lié à des galaxies est "meilleur" que celui de Copernic, etc.

De là résulte une question troublante, qui a inspiré Einstein : si le meilleur système de référence auquel rapporter l'espace pour décrire les mouvements (d'un projectile, par exemple) est celui qui est le mieux lié à la distribution des masses dans l'Univers, c'est que la "scène" n'existe pas indépendamment des "acteurs" qui y jouent leur pièce (cette image est d'Einstein). En d'autres termes, l'espace n'est pas un contenant indépendant de son contenu de matière, contrairement à ce que pensait Newton...

Cette réflexion trouvera son aboutissement dans la théorie de la "relativité générale", dans laquelle l'espace est de plus modelé ("courbé") par les masses qui y sont présentes...