

## COMPÉTENCES :

- Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ magnétique ou électrostatique.
- Connaître les caractéristiques : d'un champ uniforme ; du champ électrostatique dans un condensateur plan ; du champ magnétique terrestre.
- Connaître le lien entre le champ de gravitation et le champ de pesanteur.

## I. LES CHAMPS MAGNÉTIQUES

Contexte : le champ magnétique terrestre permet aux marins de s'orienter sur les mers à l'aide de boussoles. Il peut être modélisé par le champ magnétique d'un aimant droit dont :

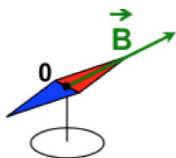
- le centre coïncide avec le centre de la Terre ;
- l'axe est légèrement incliné par rapport à l'axe de rotation de la Terre ;
- le pôle Nord magnétique pointe vers le pôle Sud géographique terrestre.

**Document 1 : l'aiguille aimantée**

Placée dans un champ magnétique, une petite aiguille aimantée permet de déterminer en un point donné deux caractéristiques de ce champ :

- sa direction (parallèle à l'aiguille aimantée) ;
- son sens (du pôle Sud vers le pôle Nord de l'aiguille).

Le champ magnétique est représenté par un vecteur  $\vec{B}$ .

**Document 2 : le teslamètre**

Un teslamètre permet de mesurer la valeur du champ magnétique  $\vec{B}$  en un point donné. Cette valeur s'exprime en teslas (T) ou en milliteslas (mT).

**Document 3 : caractérisation d'un champ**

Cartographier un champ consiste à représenter ce champ en différents points de l'espace.

Une ligne de champ est une ligne **tangente** au vecteur champ en chacun des points de la ligne. Elle est **orientée** par une flèche **dans le sens** du champ.

Pour cartographier un champ magnétique, on peut utiliser une plaque qui contient de petites aiguilles aimantées mobiles. Ces dernières s'alignent avec les lignes de champ. Elles donnent donc la direction des lignes de champ en différents points.

*Champ vectoriel uniforme* : champ dont la valeur, la direction et le sens sont les mêmes en tout point d'une région de l'espace.

**Travail à faire :**Expérience 1 :

On dispose d'un aimant droit et d'une aiguille aimantée sur un pivot.

Poser l'aimant droit à plat sur la table, déplacer lentement l'aiguille aimantée autour de l'aimant.

1. Faire un schéma avec l'aiguille placée en une dizaine de positions autour de l'aimant. Les pôles de l'aiguille devront être visibles sur le schéma.
2. Le champ magnétique est-il un champ scalaire ou un champ vectoriel ? Justifier.

Expérience 2 :

Placer l'aimant droit, à plat, sur la plaque qui contient de petits aimants. Tapoter légèrement le tout sur la table.

3. Faire un schéma avec l'aimant, vu du dessus, et des lignes de champ magnétique.
4. Le champ magnétique créé par l'aimant est-il uniforme ?

**Simulation :**

Ouvrir la simulation « Aimants-electroaimant.jar » situé sur le bureau, dans le répertoire partagé « Sciences / PHYSIQUE-CHIMIE / Première / TP\_Champ ».

La pointe de l'aiguille indique le sens du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$ .

5. Compléter le schéma précédent en y plaçant quelques vecteurs champ magnétique  $\vec{B}$ . La valeur du champ n'a pas d'importance pour ce schéma simplifié.

6. Le vecteur champ magnétique pointe-t-il vers un pôle nord ou un pôle sud ? Dans la simulation, cocher « Modéliser la Terre ». Déplacer la boussole sur Terre.
7. Le champ magnétique terrestre est-il uniforme ? Justifier.

## II. CHAMP DE GRAVITATION ET CHAMP DE PESANTEUR

Dans cette partie, on étudiera la notion de champ de pesanteur et de gravité au travers d'une activité documentaire.

**1. Caractère uniforme ou non uniforme du champ de gravitation**

Ouvrir, à l'aide de Mozilla Firefox, la simulation *champ\_pesanteur\_g.swf* situé dans le répertoire partagé *Sciences / PHYSIQUE-CHIMIE / Première / TP\_Champ*. Faire varier la distance du point de mesure à la Terre. Que dire de l'uniformité du champ de pesanteur ?

**2. Mesure du champ de pesanteur local**

Données numériques :

Rayon moyen de la Terre :  $R_T = 6371 \text{ km}$  ; masse de la terre :  $M_T = 5,974.10^{24} \text{ kg}$  ;  
Constante de gravitation universelle :  $G = 6,673.10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$ .

#### Document 4 : GOCE – Mission de gravimétrie spatiale

Extrait d'un article mis à jour le 8 avril 2009 par Cécile Michaut

Le 17 mars, un satellite baptisé GOCE (prononcer à l'italienne, « Gotché ») a été lancé depuis la base russe de Plesetsk, à l'aide d'un missile SS-20 reconverti en lanceur.

Son but : mesurer très précisément le champ de gravité sur l'ensemble de la Terre, afin d'observer en détail la circulation océanique, les mouvements des calottes polaires, ou encore les variations de densité de la croûte terrestre. Les informations ainsi obtenues permettront d'améliorer les modèles du climat, et de mieux comprendre la tectonique des plaques à l'origine des tremblements de terre et des volcans.

Source : PlanèteMag (Cité des sciences et de l'industrie)

[http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/science\\_actualites/sitesactu/magazine/print\\_actu.php](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/magazine/print_actu.php)

Le lancement, depuis la base de Plesetsk, a eu lieu le 17 mars 2009. La mission devait à l'origine terminer sa cartographie du champ de gravité terrestre en avril 2011, elle a été étendue de 18 mois pour se terminer fin 2012.

Les valeurs de  $g$ , champ de pesanteur terrestre (en  $N \cdot kg^{-1}$ ), seront rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Lieu	Pôle Nord	Paris	Cayenne
Valeur de champ mesurée par GOCE	9,832	9,809	9,780
Champ gravitationnel dans le modèle sphérique			
Champ gravitationnel dans le modèle asphérique			
Champ de pesanteur en tenant compte de la rotation de la Terre			

**L'objectif est de voir le lien entre le champ de gravitation et le champ de pesanteur terrestre à travers les mesures de GOCE. Pour cela, on s'appuiera sur des modèles mathématiques de plus en plus complexes qui nous permettront de compléter le tableau ci-dessus.**

Terme principal : le champ gravitationnel

*Hypothèse* : La Terre est assimilée à une sphère homogène de centre O, de masse  $M_T$  et de rayon  $R_T$ .

1. Rappeler la loi de la gravitation universelle.
2. En déduire l'expression de la valeur  $g_0$  du champ gravitationnel créé par la Terre en un point M situé à la surface de la Terre, en fonction de G,  $M_T$  et  $R_T$ .
3. Calculer la valeur de  $g_0$ .
4. Compléter la troisième ligne du tableau.
5. Ce premier modèle vous semble-t-il satisfaisant ?

#### Première amélioration du modèle : non-sphéricité de la Terre

*Hypothèse* : La Terre est une « sphère » aplatie aux pôles ; la distance du centre au pôle est  $R_p = 6357$  km et le rayon à l'équateur est  $R_E = 6378$  km.

6. Calculer les valeurs du champ de pesanteur  $g(P)$  au pôle et  $g(E)$  à Cayenne, que l'on supposera placée sur la ligne de l'équateur. Compléter la quatrième ligne du tableau.
7. Discuter la compatibilité de ces résultats avec ceux des lignes précédentes dans le tableau.
8. Quelles sont les autres sources d'asphéricité de la Terre ?

#### Deuxième amélioration du modèle : effet de la rotation de la Terre

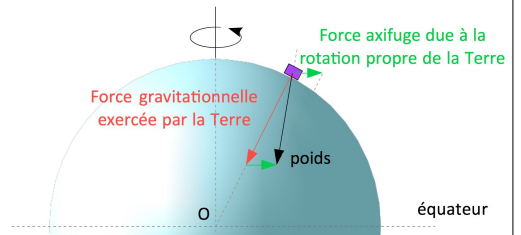
##### Document 5 : pesanteur et gravité

Tout comme un enfant qui joue sur un tourniquet ou un manège en rotation subit une force qui l'éloigne de l'axe de rotation (on parle de force *axifuge*), il existe une force similaire pour la Terre du fait de sa rotation propre.

On définit alors le champ de pesanteur

comme  $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$ . Ce champ a la direction donnée par un fil à plomb, légèrement

décalée par rapport à la direction du centre de la Terre. Cet écart est d'autant plus important que l'on s'éloigne de l'axe (donc que l'on se rapproche de l'équateur, à la surface de la Terre).



*Hypothèse* : La Terre est animée d'un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe des pôles. La période T de ce phénomène correspond à la durée d'un jour sidéral :  $T = 86\,164$  s.

Dans le référentiel géocentrique, la valeur du champ de pesanteur en un point M est donnée par  $g(M) = \frac{GM_T}{R_T^2} - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_T \cos\varphi$ , où la latitude  $\varphi$  est une mesure

angulaire variant de  $0^\circ$  à l'équateur à  $+90^\circ$  au pôle Nord.

9. Quel est l'effet de la rotation de la Terre sur le champ de pesanteur  $\vec{g}$  ?
10. En utilisant la formule, déterminer l'expression de  $g(P)$  et  $g(E)$  puis calculer leur valeur. Compléter la cinquième ligne du tableau.
11. Commenter la compatibilité des résultats avec les valeurs expérimentales. Proposer une explication aux écarts observés.