

Champs et forces

12.1 Champ

Notion de champ Un champ en Physique est une zone de l'espace à deux ou trois dimensions, où on connaît la valeur d'une grandeur physique en chaque point de cette zone. La grandeur physique mesurée peut être décrite par un nombre simple (champs scalaire) ou un vecteur (champ vectoriel).

Lignes de champs Dans le cas des champs vectoriels, le long d'une ligne de champ, les vecteurs du champs sont colinéaires à la ligne de champ (figure 12.1).

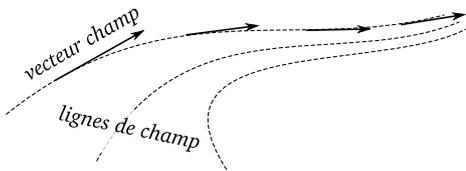


Figure 12.1 – Les lignes de champ sont tangentes aux vecteurs champ

12.2 Champ magnétique

12.2.1 Détection

On détecte un champ magnétique par le fait qu'il soit capable de modifier l'orientation d'un dipôle magnétique (boussole) ou de modifier la trajectoire d'une particule électrique en mouvement. Le champ magnétique est un champ vectoriel noté \vec{B} , donné par la direction du nord de la boussole (figure 12.2).

12.2.2 Force associée

La force associée au champ magnétique (force de Lorentz) n'est plus étudiée au lycée. Elle fait apparaître une dépendance entre le champ magnétique \vec{B} , la charge électrique Q , la vitesse de déplacement

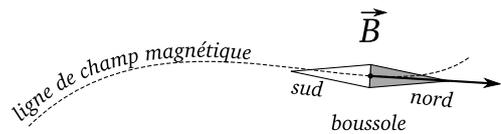


Figure 12.2 – Détection d'un champ magnétique, la boussole s'aligne le long de la ligne de champ

de la particule \vec{V} et le produit vectoriel de ces grandeurs selon la formule

$$\vec{F} = Q\vec{V} \wedge \vec{B}$$

Cette formule n'est pas à connaître.

12.2.3 Exemples de sources de champ magnétique

Aimant permanent Un aimant permanent contient des atomes de Fer, sous différentes formes (alliages, céramiques, ...) qui sont responsables de la présence du champ magnétique. Il existe différentes formes d'aimants :

- les aimants droits
- les aimants en U

Pour les aimants en U, dans l'entrefer, le champ magnétique est uniforme, les vecteurs \vec{B} sont colinéaires et de même norme (figure 12.3).

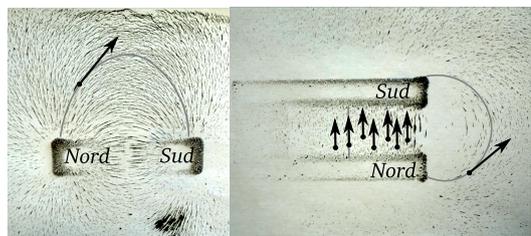


Figure 12.3 – Lignes de champ autour d'aimants. Dans l'entrefer de l'aimant en U le champ est uniforme

Courant électrique Un courant électrique, c'est à dire des charges électriques qui se déplacent, produit un champ magnétique à proximité. Cela est utilisé dans les électroaimants et les moteurs électriques (figure 12.4).

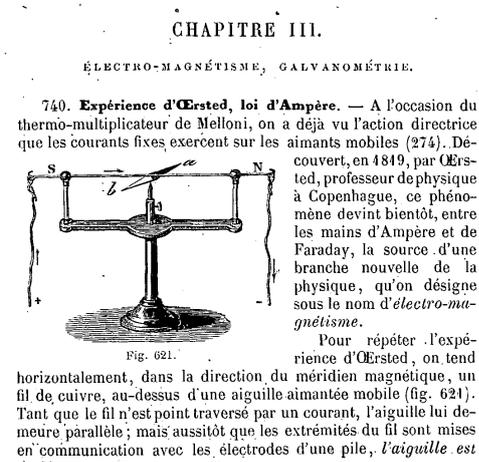


Figure 12.4 – Expérience d'Oersted, livre du XIX^{ème} siècle (Source gallica.bnf.fr / BnF)

La Terre La Terre possède son champ magnétique, dont la cause n'est pas encore bien modélisée. Ce champ protège la planète des particules solaires chargées électriquement et permet depuis des millénaires aux oiseaux migrateurs de se repérer (figure 12.5).

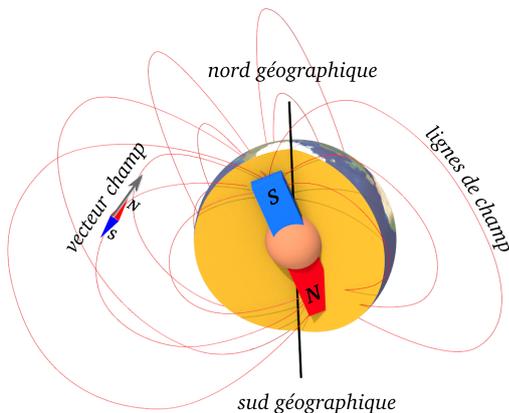


Figure 12.5 – Modèle très simplifié du champ magnétique terrestre

12.3 Champ électrique

12.3.1 Détection

On détecte la présence d'un champ électrique \vec{E} par la force électrostatique $F_{elec}^{\vec{}}$ qu'il exerce sur une charge électrique q (figure 12.6).

12.3.2 Force associée

La force électrostatique $F_{elec}^{\vec{}}$ exercée sur une charge électrique q par le champ \vec{E} a pour expression

$$F_{elec}^{\vec{}} = q \cdot \vec{E}$$

Elle dépend du signe de la charge q , elle s'exprime en Newton (N), la charge est en Coulomb (C) et le champ en Volt par mètre ($V.m^{-1}$) (figure 12.6).

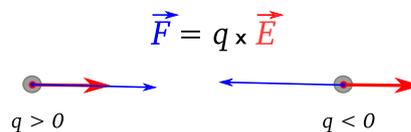


Figure 12.6 – Force électrostatique sur une charge électrique dans un champ \vec{E} , en fonction du signe de la charge

12.3.3 Exemples de sources de champ électrique

charge ponctuelle Pour une charge ponctuelle, le champ est radial, décroissant (figure 12.7).

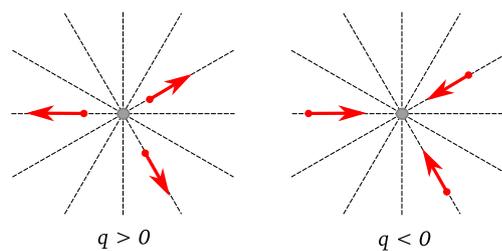


Figure 12.7 – Champ électrique autour d'une charge ponctuelle, selon son signe

condensateur plan Entre les deux armatures d'un condensateur plan, le champ électrique \vec{E} est uniforme : tous les vecteurs sont colinéaires et ont même norme. On utilise un tel dispositif pour accélérer ou détourner des ions dans les spectromètres de masse par exemple (figure 12.8).

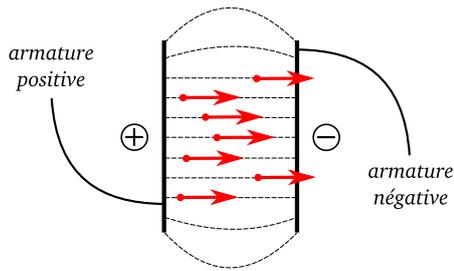


Figure 12.8 – Champ électrique uniforme entre les armatures d'un condensateur plan

12.4 Champ de pesanteur

12.4.1 Détection

On détecte la présence d'un champ de pesanteur à l'aide d'une masse m placée à proximité de la surface d'une planète, d'une lune, d'un astéroïde. Cette masse subit une forme \vec{P} appelée de poids (figure 12.9).

12.4.2 Force associée

Le poids \vec{P} d'un objet de masse m dans le champ de pesanteur \vec{g} à proximité de la surface d'un astre s'exprime par la relation

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

m est en kg , P en Newton (N) et l'accélération de pesanteur g en $m.s^{-2}$ ou $N.kg^{-1}$.

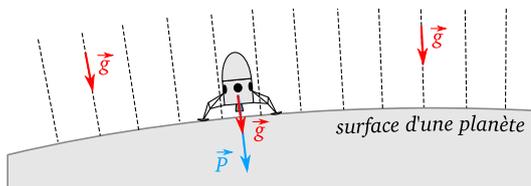


Figure 12.9 – Champ de pesanteur et poids à proximité de la surface d'une planète

12.4.3 Exemples de sources de champ de pesanteur

Tout astre suffisamment massif ayant une surface solide à proximité de laquelle on puisse placer un objet de masse m .

12.5 Champ de gravitation

12.5.1 Détection

On détecte la présence d'un champ de gravitation \vec{G} à l'aide d'une masse m qui subit une force d'attraction gravitationnelle \vec{F} (figure 12.10).

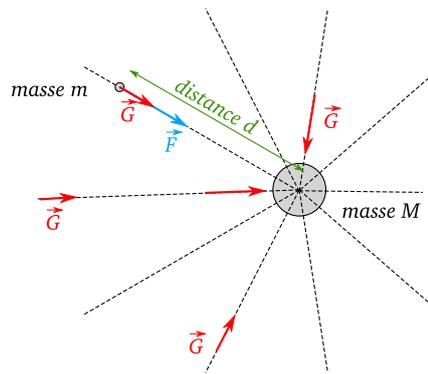


Figure 12.10 – Champ de gravitation et force d'attraction gravitationnelle

12.5.2 Force associée

La force d'attraction gravitationnelle \vec{F} que subit un objet de masse m à cause d'un champ de gravitation \vec{G} s'écrit

$$\vec{F} = m \cdot \vec{G}$$

L'intensité G du champ de gravitation \vec{G} dépend de la masse M de la planète (en kg), de la distance objet-planète D (en m) et de la constante d'attraction gravitationnelle K_{grav}

$$G = \frac{K_{grav} \times M}{(D)^2}$$

12.5.3 Exemples de sources de champ de gravitation

Toute astre massif de l'Univers. On remarque que si $D = R$ avec R rayon de la planète, on retrouve la valeur du champ de pesanteur g

$$g = G(R) = \frac{K_{grav} \times M}{(R)^2}$$

12.6 Exercices

Ex.6 p.213	Ex.7 p.213	Ex.8 p.213
Ex.10 p.213	Ex.11 p.213	Ex.13 p.213
Ex.14 p.214	Ex.18 p.215	Ex.20 p.215
Ex.23 p.216	Ex.26 p.216	

12.7 Corrections

Exercice 6 p.213 *Champ scalaire* un nombre suffit pour décrire le phénomène physique : champ de pression, champ de température, champ d'altitude. *Champ vectoriel* il faut au moins trois informations

pour décrire le phénomène physique, et on utilise un vecteur : champ électrostatique, champ de pesanteur.

Exercice 7 p.213 Celui ou celle qui ne sait pas répondre à cette question choppe la honte de sa vie.

Exercice 8 p.213 En chaque point de l'espace (x, y, z) , on doit mesurer la vitesse du vent ($m.s^{-1}$) et donner son sens et sa direction. On va donc représenter sur une carte, à la coordonnée (x, y, z) , une « flèche » (vecteur) qui donne le sens et la direction du vent. La vitesse du vent sera définie par la longueur de cette flèche (voir le doc de l'exercice 11).

Exercice 10 p.213 1. Oui, car par définition, une ligne « iso » « bare » est une ligne où les pressions (« bare ») sont identiques (« iso »). 2. Non, car la pression variait selon les régions de 1012 à 1020 hPa.

Exercice 11 p.213 1. C'est un champ vectoriel. 2. Si tous les vecteurs ont :
 — même sens et direction
 — même intensité
 — sur toute une zone de l'Espace.

3. le coin en bas à droite est une zone où le vent a même direction et vitesse.

Exercice 13 p.213 1. C'est un champ vectoriel, il est vertical, vers le bas. 2. Il s'identifie au champ d'attraction universel, à la surface de la Terre.

Exercice 14 p.214 1. Le champ est vectoriel et uniforme, à cause de la symétrie des plaques (figure 12.11). 2. Il est vectoriel, uniforme.

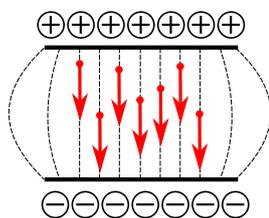


Figure 12.11 – Exercice 14 p.214

Exercice 18 p.215 1. et 2. Figure 12.12. 3. On utilise la formule p.209 qui donne la Loi de l'Attraction

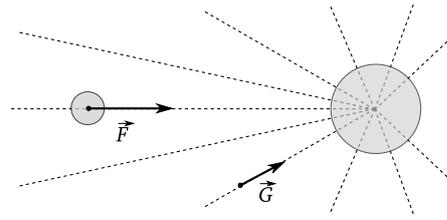


Figure 12.12 – Exercice 18 p.215

Universelle de Newton pour calculer la force d'attraction F

$$F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24} \times 7.4 \times 10^{22}}{(3.84 \times 10^8)^2}$$

$$= 2.00 \times 10^{20} \text{ N}$$

Exercice 20 p.215 1. et 2. Figure 12.13.

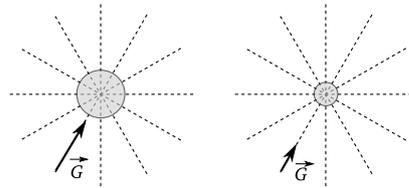


Figure 12.13 – Exercice 20 p.215

3. La Terre déforme les lignes de champ à proximité de la Lune car elle est $81 \times$ plus massive que la Lune. 4.a Il faut que les deux vecteurs soient identiques en norme et opposés en direction. La deuxième condition a lieu sur un axe Terre-Lune. La première condition a lieu entre la Terre et la Lune. 4.b C'est la ligne droite reliant la Terre à la Lune.

Exercice 23 p.216 1.a et 1.b La pression est constante le long d'une ligne « isobare ». 2.a La pression est supérieure à 1013 hPa. 2.b C'est une zone de très haute pression, sur la carte on voit un spot orange au sud de l'Islande et à l'ouest de L'Écosse avec une courbe de niveau à 1045 hPa. 3.a Il est situé à une altitude supérieure à 5520 m. 3.b La zone orange recouvre en grande partie les courbes de haute pression (1045 et 1040 hPa).

Exercice 26 p.218 1. Elles représentent les lignes de champ magnétique terrestre. 2. Reprendre le Doc.5 p. 208. Le pole Nord géographique est un pole Sud magnétique ! 3. Leur aspect est verdâtre, c'est le spectre visible, vers 500 nm de longueur d'onde. 4. Les particules à très haute énergie excitent les atomes dans l'atmosphère terrestre. Ces atomes retrouvent un état stable en ré émettant de la lumière.

5. Les particules iraient en ligne droite, sans être déviées et elles frapperaient la Terre de plein fouet sur toute la face exposée au Soleil. 6. Dans les lampes oranges de l'éclairage public (lampes à vapeur de sodium), des décharges électriques (électrons à haute énergie) excitent un gaz de sodium qui en retrouvant l'état fondamentale émet de la lumière orange.

