

CH14 CHAMPS ET FORCES

1. Notion de champ

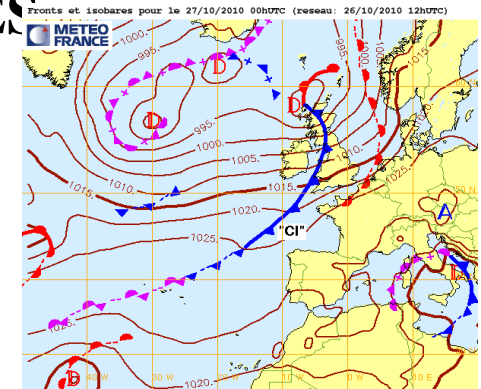
- En physique, un **champ** est la représentation d'un ensemble de valeurs prises par une grandeur physique en différents points d'une région de l'espace.

On parle de **champ scalaire** lorsqu'à tout point de l'espace on associe une valeur numérique.

On parle de **champ vectoriel** lorsqu'à tout point de l'espace on associe un vecteur.

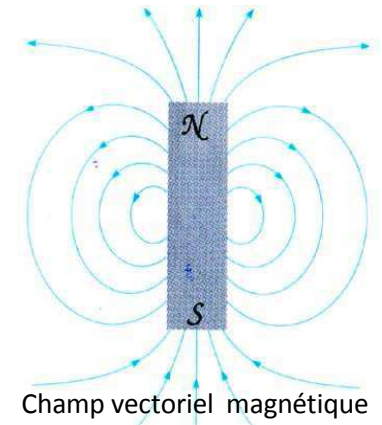
Chaque vecteur a un sens et une intensité. Il va donc y avoir deux façons de procéder pour représenter les champs vectoriels :

On s'intéresse à l'intensité du champ et on trace les lignes équipotentielles .



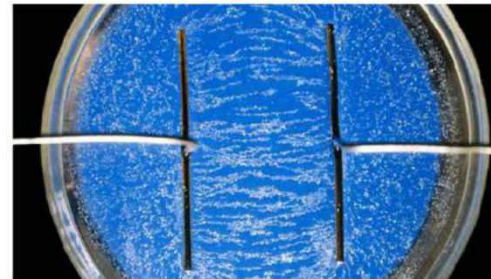
de pression

On s'intéresse à la direction et au sens du champ et on trace les lignes de champs (on part d'un point de l'espace, et on suit la direction et le sens des vecteurs en traçant une ligne



Le champ est dit uniforme si la grandeur physique le définissant a les mêmes caractéristiques en tout point.

Champ UNIFORME

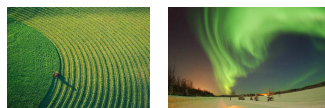


- Pour établir une **carte de champ**, les physiciens représentent la région de l'espace étudiée et font figurer la valeur (champ scalaire) ou le vecteur (champ vectoriel) de la grandeur mesurée en différents points.

- La **courbe de niveau** ou **courbe équipotentielle** est la courbe qui relie les points correspondant à la même valeur.
- Pour un champ vectoriel, les **lignes de champ** sont les courbes tangentes aux vecteurs en différents points de l'espace.

- Plus les **courbes équipotentielles** sont rapprochées, plus la valeur de la grandeur **varie rapidement**.

- Des **lignes de champ** parallèles entre elles correspondent à un **champ uniforme**.



2. Champ magnétique

2.1. Mise en évidence

Il règne un champ magnétique en un point de l'espace lorsqu'une aiguille aimantée mobile, placée en ce point, y subit une action mécanique.

2.2. Vecteur champ magnétique

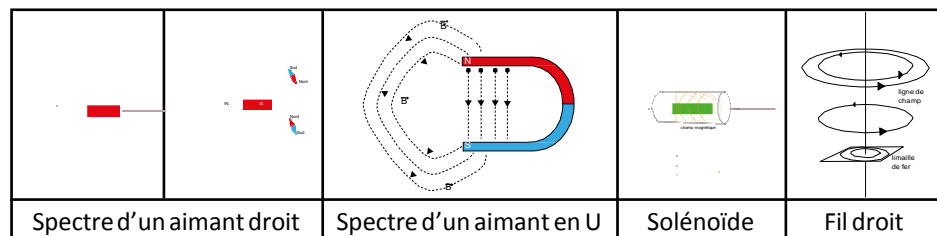
L'orientation de l'aiguille aimantée dépend du point où elle est placée ; le champ magnétique qu'elle détecte a donc les propriétés d'un vecteur : le champ magnétique est un champ vectoriel.

On représente le champ magnétique en un point de l'espace par un vecteur champ magnétique B tel que :

- son origine est le point choisi
- sa direction est celle prise par une aiguille aimantée placée en ce point
- son sens va du pôle Sud vers le pôle Nord de l'aiguille aimantée
- sa valeur se mesure avec un teslamètre et s'exprime en tesla (T).

2.3. Cartographie du champ magnétique

Il est possible de visualiser expérimentalement un spectre magnétique (ensemble des lignes de champ) en saupoudrant de la poudre de fer à proximité de la source : chaque grain de limaille se comporte comme une minuscule aiguille aimantée et s'oriente selon les lignes de champ



2.4. Champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre est principalement dû aux mouvement de matière dans le noyau de notre planète.

Avec une bonne approximation, le champ magnétique terrestre \vec{B} est assimilable à celui créé par un aimant droit situé au centre de la Terre dont la direction fait un angle d'une dizaine de degrés par rapport à l'axe de rotation de la Terre. Les lignes de champ magnétique terrestre forment des boules orientées vers le pôle magnétique de l'hémisphère Nord, appelé par abus de langage, pôle Nord magnétique. Sa valeur varie entre 20 et 50 nT à la surface de la Terre.

3. Champ électrostatique

3.1. Mise en évidence

Si un objet chargé (pendule électrostatique par exemple) placé en un point de l'espace s'oriente différemment selon sa position alors il est soumis à une force qui résulte du champ électrostatique E régnant en ce point.

3.2. Vecteur champ électrostatique

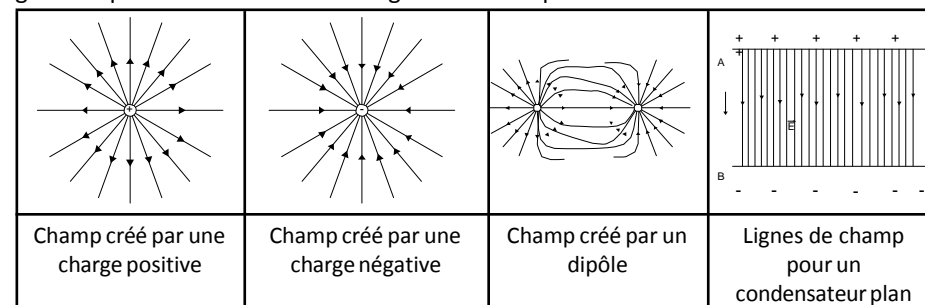
En chaque point de l'espace, la force subie par un objet de charge q est liée au champ électrostatique E régnant en ce point tel que : $F = q \cdot E$.

Si le signe de la charge est positif alors les deux vecteurs force et champ électrostatique sont colinéaires et de même sens.

Si le signe de la charge est négatif alors les deux vecteurs force et champ électrostatique sont colinéaires et de sens opposés.

3.3. Cartographie du champ électrostatique

On peut mettre en évidence des lignes de champ électrostatique à l'aide de petites graines qui s'orientent selon les lignes de champ.



On appelle condensateur plan l'ensemble formé par deux plaques métalliques parallèles séparées par un isolant.

Lorsqu'on impose une tension U entre les deux plaques, des charges électriques positives apparaissent sur une plaque et des charges électriques négatives apparaissent sur l'autre. Un champ électrique est alors créé entre ces deux plaques et dans leur voisinage.

Le champ électrostatique \vec{E} à l'intérieur d'un condensateur plan est uniforme :

- sa direction est perpendiculaire aux plaques
- son sens va de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement
- sa valeur E (en $V.m^{-1}$) dépend de la tension U (en volts) imposée entre les deux plaques

et de la distance d (en mètres) entre celles-ci : $E = \frac{U}{d}$

4. Champs de pesanteur et de gravitation

4.1. champ de pesanteur

Tout objet placé à proximité de la Terre subit une force appelée poids de l'objet et notée P qui résulte du champ de pesanteur \vec{g} existant en ce point.

Le champ de pesanteur local \vec{g} en un point A est un champ vectoriel lié au poids P d'un

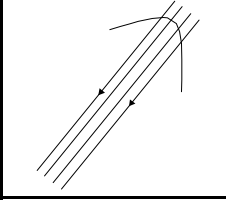
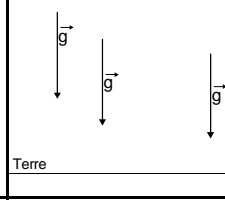
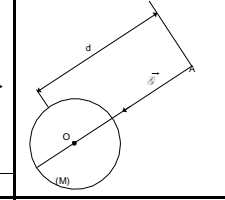
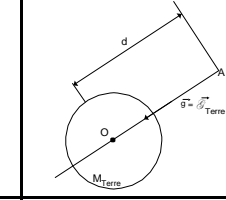
objet de masse m tel que : $\vec{g} = \frac{P}{m}$; il est appliqué en A, de direction verticale, orienté vers

le bas et de valeur : $g = \frac{P}{m}$ avec le poid P en newton, la masse m en kilogramme et la valeur du champ de pesanteur g en $N.kg^{-1}$.

4.2. Cartographie du champ de pesanteur

Les lignes de champ associées au vecteur champ de pesanteur sont des droites qui passent par le centre de la Terre et orientées vers la Terre.

Pour une région de l'espace dont les dimensions sont voisines du kilomètre, le champ de pesanteur peut être considéré comme uniforme. Les lignes de champ sont alors des droites parallèles orientées vers la Terre.

			
Lignes de champ de pesanteur uniforme	Pour un champ uniforme le vecteur champ de pesanteur est constant	Champ de gravitation d'un solide à répartition sphérique en un point A	Identité des champs de pesanteur et de gravitation

4.3. Champ de gravitation

Un objet de masse m est soumis à une force d'interaction gravitationnelle \vec{F} qui résulte

du champ gravitationnel \vec{G} tel que : $\vec{G} = \frac{\vec{F}}{m}$

La force d'interaction gravitationnelle ayant pour expression : $F = G \frac{m \times m_T}{d^2}$ (revoir chapitre 7) on obtient alors l'expression du champ de gravitation : $G = G \frac{m_T}{d^2}$ ou m_T

représente la masse de la Terre et d la distance entre le centre de la Terre et le point d'étude.

Le poids correspond à l'action de la Terre sur un objet de masse m , mais du fait de la rotation de la Terre sur elle-même, le poids est légèrement différent de la force d'interaction gravitationnelle exercée sur l'objet par la Terre. Les champs de pesanteur et de gravitation sont légèrement différents.

Cette différence étant faible, on peut identifier localement le champ de pesanteur au champ de gravitation : $G = \vec{g}$.