



Chapitre 13: Quel modèle utilise-t-on pour expliquer notre environnement ?

I. Champs scalaires et vectoriels.

- Recueillir et exploiter des informations (météorologie, téléphone portable, etc.) sur un phénomène pour avoir une première approche de la notion de champ.
- Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.
- Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.

1. Le champ en physique.

Lâcher un crayon de n'importe quel endroit de l'espace : il tombe. Le crayon est donc soumis à une action à distance en n'importe quel endroit de l'espace où on le place.

La notion de champ (ici le champ de pesanteur) permet de caractériser l'action subie par le crayon en un point de l'espace.

Votre téléphone portable sonne ; son antenne a détecté un champ électromagnétique.

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 définit donc deux types de champs

- * **Champ scalaire: il est défini par un nombre correspondant à la valeur d'une grandeur physique.**

Exemple la température à Marseille est $\theta = 18^\circ \text{C}$ et la pression $p = 1016 \text{ hPa}$.

- * **Champ vectoriel: il est défini par un vecteur modèle mathématique défini par trois caractéristiques (une direction, un sens et une valeur ou module).**

En physique, on représente une grandeur vectorielle par un segment fléché qui a une origine (position considérée, point d'application, ...), une direction et un sens, une valeur associée à une unité et une échelle pour affecter une longueur au vecteur.

Exemple : le vecteur force $\vec{F}$, le vecteur vitesse $\vec{v}$, ...

http://espacelycee.editions-bordas.fr/eleve/anim/trajecitoires_et_champs_de_vitesse

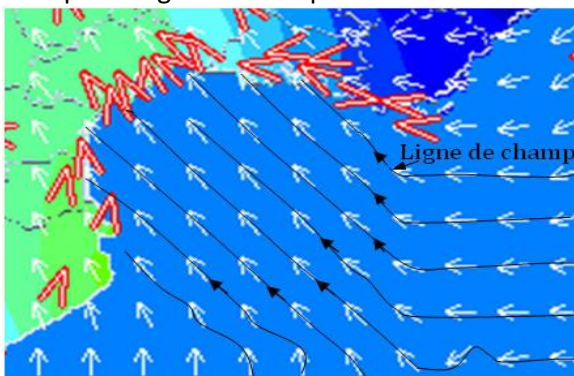
2. Représentation des champs

La carte d'un champ fait figurer les valeurs de la grandeur physique dans le cas d'un champ scalaire et les vecteurs dans le cas d'un champ vectoriel.

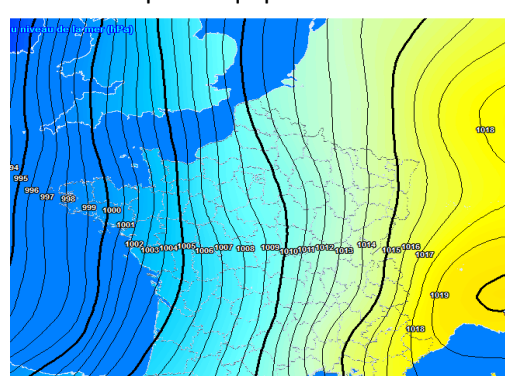
Définitions.

- * Dans le cas d'un champ vectoriel, la ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ est appelée ligne de champ.
- * Une équipotentielle (ou courbe de niveau) est la ligne obtenue en reliant tous les points où la grandeur étudiée a la même valeur.
- * Un champ vectoriel est dit uniforme si le vecteur champ qui le caractérise ne dépend pas du point considéré : les lignes de champ sont alors des droites parallèles entre elles et la valeur du champ est constante dans l'espace considéré.

Exemple de ligne de champs



Exemple d'équipotentielle





II. Le champ magnétique.

Les sources de champ magnétique (Terre, aimant, courant).

- Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ magnétique.
- Connaître les caractéristiques des lignes de champ vectoriel et d'un champ uniforme ;
- Connaître les caractéristiques du champ magnétique terrestre ;

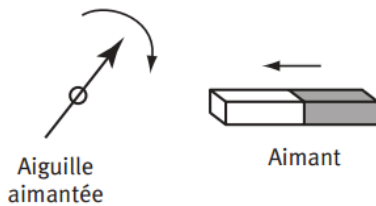
1. Mise en évidence d'un champ magnétique par une aiguille.

L'extrémité rouge d'une aiguille aimantée indique par convention le Nord géographique.

Plaçons un aimant proche de l'aiguille aimantée.

On remarque qu'elle s'oriente différemment.

L'aiguille aimantée subit une action mécanique à distance de la part de l'aimant droit.



Dans l'espace où la petite aiguille aimantée est mise en mouvement, une grandeur appelée champ magnétique permet d'interpréter les effets observés.

2. Quels sont les sources de champ magnétique ?

> Le champ magnétique terrestre

En l'absence de sources, une aiguille aimantée prend toujours la même direction ; elle est soumise au champ magnétique terrestre, du aux mouvements de convection des roches terrestres en fusion.

Le pôle nord géographique se comporte comme un pôle magnétique, que l'on appelle pôle nord magnétique. Le côté de l'aiguille aimantée qui s'oriente suivant ce pôle est appelé pôle nord par convention ; l'autre côté est donc un pôle sud.

> Les aimants

Il existe des aimants temporaires qui ne se conduisent comme des aimants que lorsqu'ils sont placés dans un champ magnétique (exemples : le fer, le nickel, le cobalt) et des aimants permanents qui, une fois aimantés, conservent une partie de leur aimantation.

Un aimant possède deux pôles : le pôle Nord et le pôle Sud. Deux pôles de même nom se repoussent ; deux pôles de noms différents s'attirent.

> Les courants électriques

Le champ magnétique créé par un fil (ou une bobine) parcouru par un courant dépend du sens du courant ; ainsi dans toutes les expériences précédentes, si l'on modifie le sens du courant dans la bobine ou dans un fil, l'effet observé est différent.

3. Caractéristiques du champ magnétique.

> La norme (valeur).

On mesure un champ magnétique, on utilise un teslamètre à sonde de Hall.

Cette sonde délivre une tension proportionnelle à la valeur du champ magnétique.

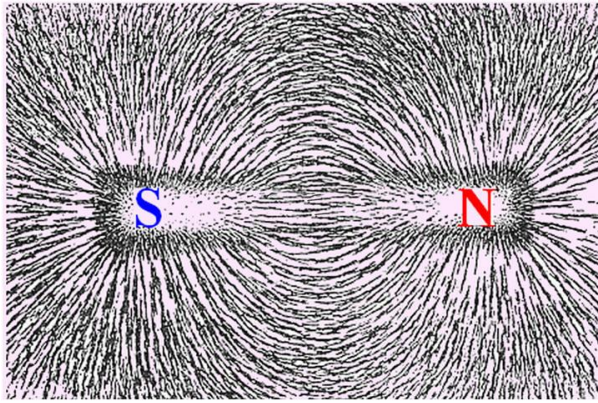
Dans le S.I., l'unité de champ magnétique est le tesla, symbole T.

> Direction et sens : ligne de champ.

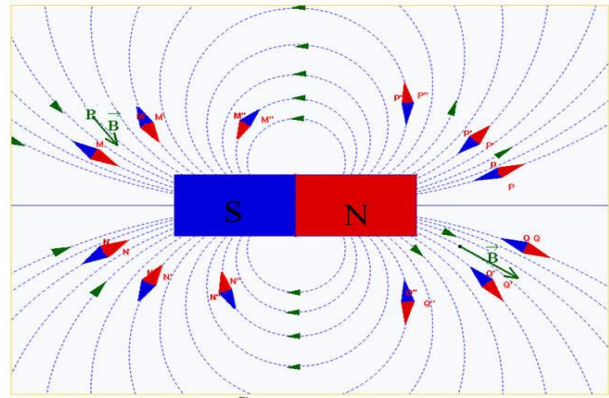
Pour visualiser le spectre magnétique d'un aimant, on utilise de la limaille de fer qui se comporte comme autant d'aiguilles aimantées qui s'orientent sous l'action du champ magnétique.

La limaille s'oriente et dessine des lignes, appelées lignes de champ. L'ensemble des lignes de champ donne le spectre magnétique.

Exemple 1 : en présence de l'aimant, les grains de limaille de fer

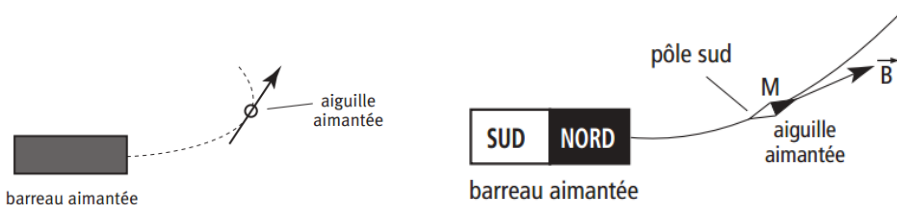


Première S : B – Comprendre.



Les lignes de champ ainsi formées sont appelées lignes de champ magnétique.

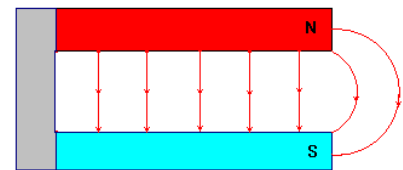
Le vecteur champ magnétique $\vec{B}(P)$ est tangent à la ligne de champ qui passe par le point P considéré. La ligne de champ est orientée dans le sens du champ magnétique du pôle Nord vers le pôle Sud $N \rightarrow S$ de la source de champ.



Remarque : Le champ magnétique étant une grandeur vectorielle, le champ résultant B de la superposition de deux champs B_1 et B_2 est la somme vectorielle des deux champs.

Exemple 2 : en présence d'un aimant en U :
L'ensemble des lignes de champ donne le spectre magnétique.

On remarque qu'à l'intérieur de l'aimant en U, les lignes de champ sont parallèles. Ceci est caractéristique d'un champ uniforme. Le champ magnétique est uniforme dans l'entrefer d'un aimant en U.



Les exemples : http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Champs/topoB.html

4. Champ magnétique terrestre.

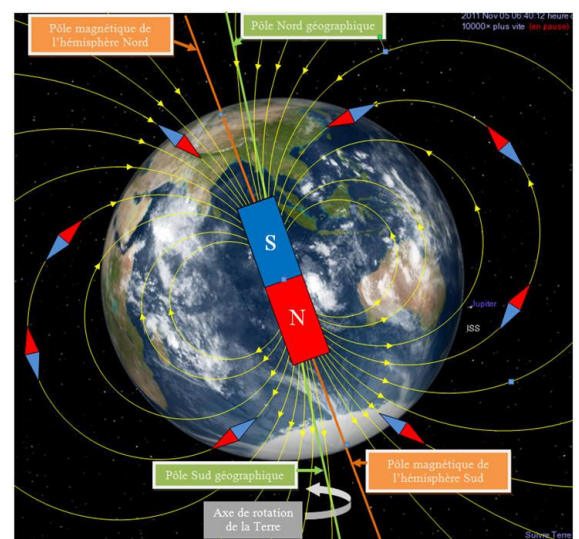
Le champ magnétique terrestre peut être modélisé par le champ créé par un aimant droit placé à l'intérieur du globe terrestre.

Actuellement, le pôle magnétique de l'hémisphère Nord, au sens géographique est un pôle magnétique Sud et le pôle magnétique de l'hémisphère Sud, au sens géographique est un pôle magnétique Nord.

Les boussoles s'orientent le long des lignes de champ magnétique terrestre.

Le pôle Nord de l'aiguille aimantée de la boussole est attiré par le pôle terrestre magnétique Sud.

Le pôle de la Terre appelé Nord magnétique est distant d'environ 1000 km du Nord géographique. Il est situé près du pôle Sud du modèle de l'aimant droit. Ce pôle doit son nom à sa proximité avec le pôle Nord géographique.





III. Le champ électrostatique.

http://uel.unisciel.fr/physique/elecstat/elecstat_ch03/co/apprendre_ch03_02.html

- Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ électrostatique.
- Connaître les caractéristiques des lignes de champ vectoriel et d'un champ uniforme ;
- Connaître les caractéristiques du champ électrostatique dans un condensateur plan ;

1. Mise en évidence d'un champ électrostatique.

Pour mettre en évidence un champ électrostatique en un point de l'espace on utilise un pendule électrostatique.

Lorsqu'on approche un objet chargé par frottement d'une petite boule de polystyrène suspendue à un fil, cette dernière se déplace. L'objet exerce donc une action à distance sur la boule suspendue.

Cette action peut être modélisée par une force à distance, appelée force électrostatique, qui s'exerce en tout point de l'espace autour de l'objet chargé.

Dans le cas de deux charges ponctuelles q et q' placées en A et B, la force d'interaction électrostatique exercée par q sur q' a pour expression :

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = k \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

où k est une constante égale à 9.10^9 dans le système international des unités et r la distance entre les charges en mètre (m).

q et q' sont les charges électriques des particules en C (Coulomb).

2. Champ électrostatique et lignes de champ.

Il règne un champ électrostatique E en un point de l'espace lorsqu'une charge électrique y subit une action mécanique.

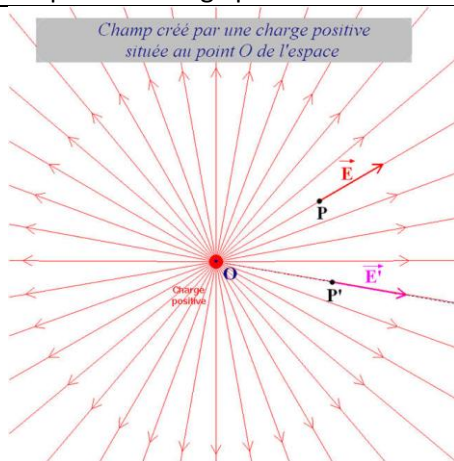
Par définition, le champ électrostatique créé en M par une charge ponctuelle q' placée en O s'exprime par : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{q'}{r^2} \vec{u}$.

Le champ électrostatique est un champ vectoriel.

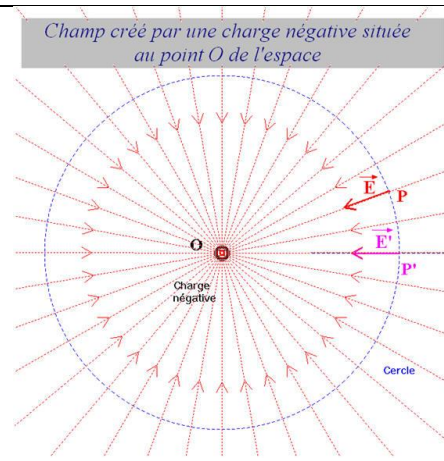
On appelle ligne de champ, une courbe de l'espace à laquelle le vecteur champ électrique est tangent en tout point. La ligne de champ est orientée dans le sens du champ. Un ensemble de lignes de champ constitue un spectre.

3. Champ électrique produit par une charge.

Champ créé par une charge ponctuelle :



Une charge ponctuelle positive placée au point O de l'espace crée un champ radial et centrifuge dans tout l'espace environnant.

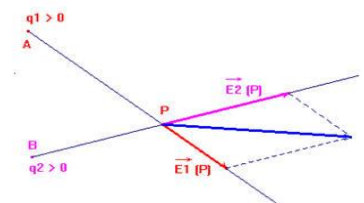


Une charge ponctuelle négative placée au point O de l'espace crée un champ radial et centripète dans tout l'espace environnant.

Un système (charge, ion, ensemble de charge) placé dans un champ électrostatique est soumis à une force électrostatique notée $F = q \cdot E$

Le champ électrostatique est une grandeur vectorielle : le champ créé par deux charges ponctuelles en un point est égal à la somme des 2 vecteurs.

On parle de champ résultant.

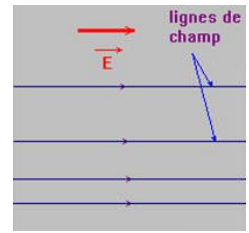




4. Champ électrique uniforme : le condensateur plan.

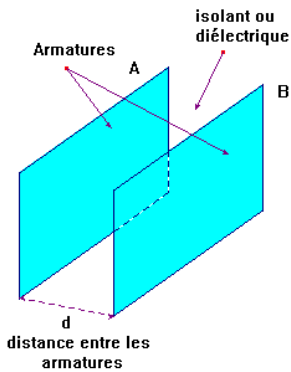
Un champ électrique est dit uniforme dans une région de l'espace si le vecteur champ conserve en tout point de cette région, la même direction, le même sens et la même valeur.

Les lignes de champ sont des droites parallèles entre elles.

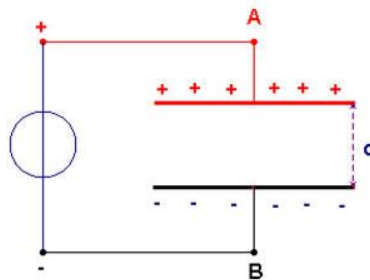


> Le condensateur plan.

Un condensateur plan est formé par deux plateaux conducteurs parallèles **A** et **B** appelés armatures, séparés par un isolant de faible épaisseur **d**.



Pour charger un condensateur, on utilise un générateur de courant.



Le générateur transfère les électrons d'une armature sur l'autre. On dit que le condensateur est chargé.

Lorsque le condensateur est chargé, le courant ne circule plus. L'armature reliée à la borne plus du générateur porte la charge $+Q > 0$: $+Q = Q_A$.

L'armature reliée à la borne moins du générateur porte la charge $-Q < 0$: $-Q = Q_B$

Entre les armatures existe la tension $U_{AB} = V_A - V_B > 0$

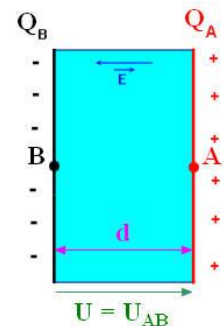
Q , grandeur positive, est appelée charge du condensateur.

C'est la charge portée par l'armature positive du condensateur : $+Q = Q_A = -Q_B$

Dans l'espace situé entre les armatures, il y a un champ électrique considéré comme uniforme.

Sa direction est perpendiculaire aux armatures, son sens est dirigé de l'armature positive à l'armature négative (sens des potentiels décroissants),

Son intensité (sa valeur) :
$$E = \frac{U_{AB}}{d} \quad \text{Unité : V/m}$$



http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Elec/Champs/champE.html

Un système (charge, ion, ensemble de charge) placé dans un champ électrostatique est soumis à une force électrostatique notée $F = q \cdot E$

IV. Le champ de pesanteur local.

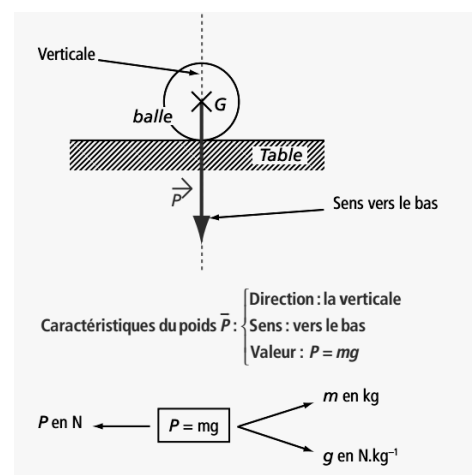
- Connaître les caractéristiques du champ de pesanteur local.
- Identifier localement le champ de pesanteur au champ de gravitation, en première approximation.

1. Champ de pesanteur.

Au voisinage de la Terre, un objet de masse **m**, est soumis à son poids.

Il existe un champ de pesanteur si un objet est soumis à une action mécanique d'attraction.

Le champ de pesanteur est un champ vectoriel.





Première S : B – Comprendre.

La relation qui lie le champ de pesanteur au point **A** et le poids d'un objet de masse **m** placé en ce point **A** est :

Le champ de pesanteur local s'exprime par : $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$.

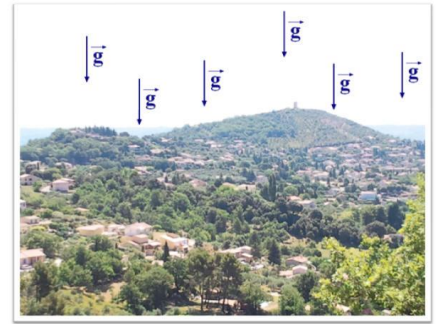
Caractéristiques du champ de pesanteur $\vec{g}$:

- Direction : la verticale
- Sens : vers le bas
- Valeur (à Paris) : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Lorsque les dimensions sont de l'ordre du kilomètre, on peut considérer que le champ de pesanteur est uniforme.

Sa valeur diminue d'environ 0,3 % si on s'élève de 10 km et sa direction varie d'environ 1° entre deux points distants de 100 km.

Le champ de pesanteur est donné localement par un fil à plomb (à cause de la rotation de la Terre, il fait un angle par rapport à la droite passant par le centre de la Terre).



2. Champ de gravitation.

Une masse **M** crée un champ de gravitation $\vec{G}$ dans tout l'espace environnant.

Ce champ est mis en évidence grâce à l'interaction gravitationnelle qui existe entre la masse **M**, placée au point **O** de l'espace et la masse **m**, placée au point **P** de l'espace.

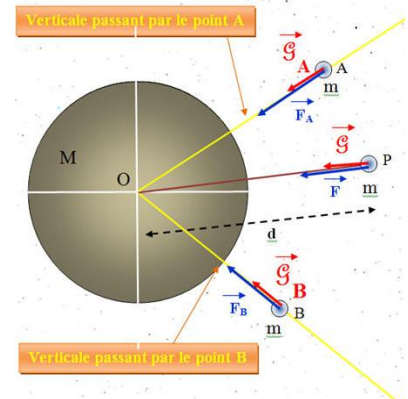
La masse **m**, située au point **P** de l'espace, subit une force $\vec{F} = m \cdot \vec{G}$

Le champ de gravitation est un champ vectoriel.

La relation qui lie le champ de gravitation $\vec{G}$ en un point **P** de l'espace et

la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}$ qui s'exerce sur l'objet de masse **m** situé au point **P** de l'espace est :

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



Caractéristiques du champ gravitationnel $\vec{G}$:

- Direction : droite OM
- Sens : sens correspondant au déplacement d'une particule de masse m placée en M soit de M vers le centre de gravité O de la Terre
- Valeur : $G = G \frac{M_T}{r^2}$

3. Champ de gravitation et de pesanteur.

À cause du mouvement de rotation de la Terre, le poids d'un objet, de masse **m**, n'est pas tout à fait identique à la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur cet objet.

En toute rigueur, en un même point **P** de l'espace : $\vec{G}_{\text{Terre}} \neq \vec{g}$

Mais la différence entre $\vec{G}_{\text{Terre}}$ et $\vec{g}$ est faible.

Lorsque la précision le permet, on identifie localement le champ de pesanteur $\vec{g}$ au champ de gravitation de la Terre $\vec{G}_{\text{Terre}}$.

Au voisinage de la Terre : $\vec{G}_{\text{Terre}} \approx \vec{g}$