

# P5 : Champs & forces

## Plan du chapitre

Qu'est-ce qu'un champ ?

### Caractéristiques d'un champ

- Champ uniforme
- Lignes isovaleurs
- Lignes de champ vectoriel

### Quelques champs courants

- Champ électrique
- Champ magnétique terrestre
- Champ de pesanteur

## Qu'est-ce qu'un champ ?

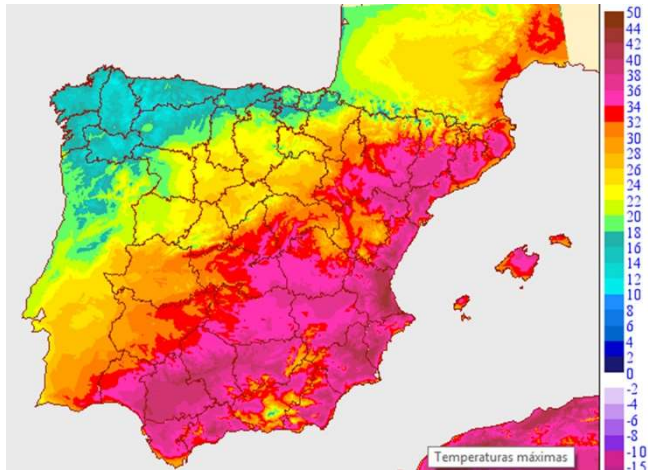
En physique, un champ est la donnée, pour **chaque point de l'espace**, de la valeur d'une **grandeur physique**.

Cette grandeur physique peut être scalaire (c'est-à-dire être un nombre, comme la température, la pression, l'altitude, ...) ou vectorielle (vitesse des particules d'un fluide, champ électrique...).

### Exemple : Champ de température

Le champ de température, à un instant  $t$ , est l'ensemble des valeurs de cette température dans la zone considérée.

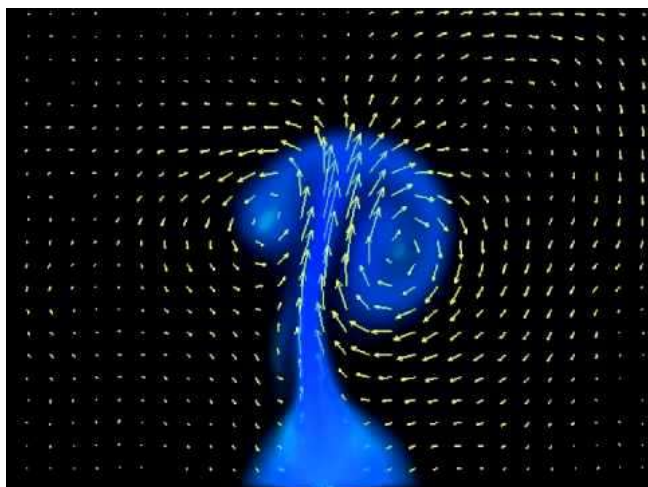
On utilise parfois des codes de couleur pour le représenter, plutôt que d'indiquer en de nombreux points de la carte la valeur de cette température.



Températures maximales dans la péninsule ibérique le 13 mai 2015

### Exemple n°2 : champs de vitesse

Le champ de vitesse des particules dans un fluide est l'ensemble de vecteurs vitesse associés à chaque particule du fluide. Il permet de savoir, en tout point de l'espace, l'importance de la vitesse d'une particule et sa direction / son sens.



Champs de vitesse des particules autour d'une volute de fumée

## Caractéristiques d'un champ

☞ Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.

☞ Connaître les caractéristiques : des lignes de champ vectoriel ; d'un champ uniforme

### Champ uniforme

Un champ est dit **uniforme** si ses caractéristiques sont identiques en **tout point** de l'espace.

### Lignes isovaleurs

Une ligne isovaleur est une ligne reliant tous les points d'une surface pour lesquels la grandeur mesurée à la même valeur.

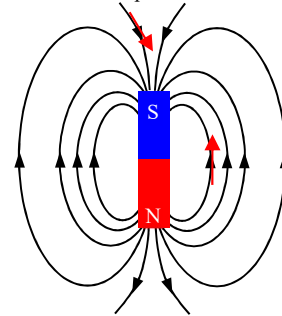
On parle de ligne *isotherme* si on travaille sur un champ de température, ou une ligne *isobare* pour un champ de pression.

*Remarque* : ces lignes ne peuvent pas se croiser. Sinon, cela signifierait qu'en ce point, la grandeur mesurée possède deux valeurs, ce qui est absurde.

### Exercice 1 Champs scalaires

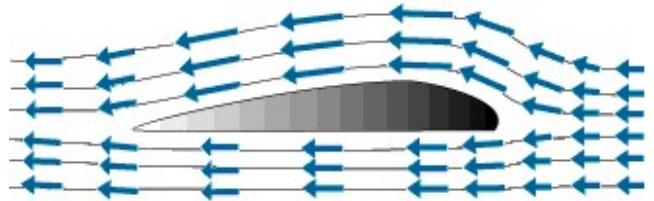
### Lignes de champ vectoriel

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



Lignes du champ magnétique créées par un aimant droit, ainsi que le champ magnétique en deux points (en rouge)

Les lignes de champ sont une manière commode de visualiser un champ vectoriel. Elles n'indiquent pas la valeur du champ, mais son orientation.



Flux d'air s'écoulant autour d'une aile d'avion. Le champ de vitesse des molécules d'air ainsi que les lignes de champ sont représentés.

### Exercice 2 Carte des vents

## Quelques champs courants

### Champ électrique

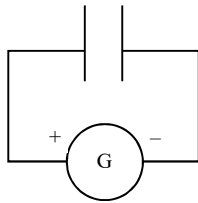
Lorsqu'une charge électrique  $q$  se trouve dans un champ électrique  $\vec{E}$ , elle est soumise à une force électrique  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ .

C'est de cette manière que le champ électrique est défini :  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

L'intensité  $E$  du champ électrique  $\vec{E}$  s'exprime en  $V \cdot m^{-1}$ .

### Champ électrique uniforme

Il est possible de créer un champ électrique uniforme en prenant deux plaques métalliques, en les mettant face à face et en les reliant aux bornes d'un générateur.



À l'intérieur d'un tel dispositif, appelé *condensateur plan*, le champ électrique est uniforme. Il est perpendiculaire aux plaques et orienté du + vers le -.

Sa valeur  $E$  est égale à la tension au borne du générateur  $U$ , divisé par la distance séparant les plaques  $d$ .

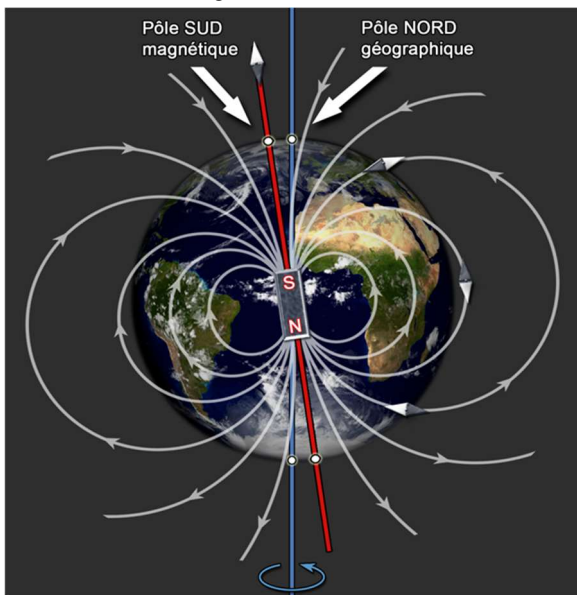
$$E = \frac{U}{d}$$

### Exercice 3 Champ électrique créé par une charge ponctuelle

#### ▪ Champ magnétique terrestre

Les lignes de champ magnétique, à l'extérieur d'un aimant, sont orientées du nord magnétique vers le sud magnétique.

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



Pôles géographiques et magnétiques de la Terre, ainsi que les lignes de champ du champ magnétique terrestre

### Exercice 4 Champ magnétique créé par une bobine

#### ▪ Champ de pesanteur

Deux masses ponctuelles  $m_A$  et  $m_B$  distance de  $d$  exercent sur elles une force attractive due à l'interaction gravitationnelle dont la valeur est :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{d^2}$$

$G$  : constante de gravitation universelle qui vaut  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$

☞ : la distance  $d$  doit être exprimée en mètre (unité S.I de distance)

#### Remarque

Pour des raisons de symétrie, cette formule est toujours valable si l'une des deux masses n'est pas ponctuelle mais sphérique (comme une planète). Dans ce cas, la distance  $d$  est la distance entre le centre de la sphère et le deuxième objet.

#### Force gravitationnelle exercée par la Terre

La force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet de masse  $m$  situé à une altitude  $z$  est :

$$F = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + z)^2} \quad \begin{array}{l} M_T : \text{masse de la Terre } (6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}) \\ R_T : \text{rayon de la Terre } (6380 \cdot 10^3 \text{ m}) \end{array}$$

Cette force pointe vers le centre de la Terre. Une force est donc une grandeur vectorielle.

#### Champ gravitationnel de la Terre

Comme pour le cas du champ électrique, le champ gravitationnel de la Terre (ou de tout autre astre, d'ailleurs) est défini par  $\vec{\Gamma} = \frac{\vec{F}}{m}$ , ou  $\vec{F}$  est la force que la Terre exerce sur un objet de masse  $m$ .

#### Poids et champ de pesanteur terrestre

• Le **poids** d'un objet est la force avec laquelle cet objet est attiré vers le centre de la Terre. En première approximation, on supposera qu'il n'y a pas de différence entre le poids  $\vec{P}$  et la force d'attraction gravitationnelle.

• Le **champ de pesanteur**  $\vec{g}$  est défini par la relation  $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$

$$\text{Sa valeur vaut : } g = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + z)^2}$$

Dans un domaine restreint d'altitude, on peut considérer que sa valeur ne varie pas.

### Exercice 5 Considérations sur la pesanteur terrestre

### Exercice 6 Force de marée