

Chapitre 11 : Interactions fondamentales et champs

Thème 2 : Mouvement et interactions

PLUS DE BONNES NOTES

13 mars 2020

Chapitre 11 : Interactions fondamentales et champs

Thème 2 : Mouvement et interactions

A. Interactions électrostatiques et loi de Coulomb

1- Charge électrique

La **charge électrique** est une caractéristique possédée par certaines particules qui peuvent subir une interaction électrostatique. Dans la mesure où ces interactions peuvent être **attractives** ou **répulsives**, il faut distinguer **deux** catégories de charges : les charges **positives** et les charges **négatives**. L'unité de charge électrique est le **coulomb** noté C . Il existe une **charge élémentaire** notée e qui correspond à la plus petite valeur de charge électrique portée par une particule.

$$e = 1,6 \times 10^{-19} C$$

La charge électrique d'une particule est généralement notée q . Au niveau macroscopique, toute charge électrique associée à un objet est un multiple de cette charge élémentaire, ainsi la charge d'un corps A se calcule ainsi :

$$q(A) = k \times e$$

- $q(A)$ est la charge du corps A en C .
- e est la charge élémentaire.
- $k \in \mathbb{Z}$ et $|k|$ est le nombre de charges élémentaires que possède le corps A .

Remarque :

- La charge d'un électron est $-e$.
- La charge d'un proton est e .
- La charge d'un atome est $0 C$ car un atome est électriquement neutre.
- La charge du noyau de l'atome de carbone de symbole ${}^{12}_6C$ se calcule ainsi :

$$q({}^{12}_6C) = Z \times e = 6 \times 1,6 \times 10^{-19} = 9,6 \times 10^{-19} C$$

2- Electrification par frottements

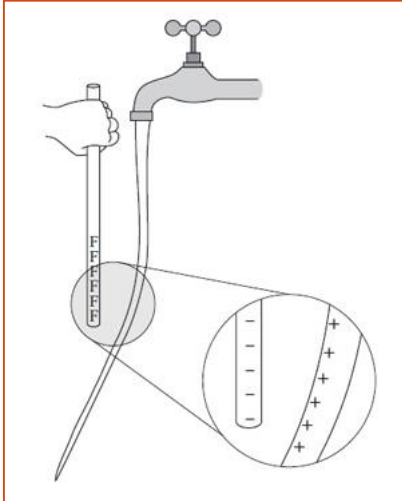
La matière est généralement électriquement **neutre** mais il est possible par frottement d'arracher ou d'apporter des électrons à un objet qui devient alors électriquement **chargé**. Si l'objet perd des électrons alors il acquiert une charge positive. Si l'objet gagne des électrons, alors il acquiert une charge négative.

Entre deux objets chargés, il existe une interaction :

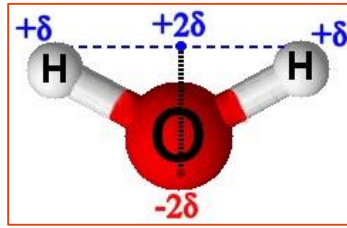
- **Répulsive** entre deux charges de même signe (entre deux charges négatives ou entre deux charges positives).
- **Attractive** entre deux charges de signes opposés (entre une charge positive et une charge négative).

Exemple :

On prend une règle initialement neutre car les atomes qui la constituent sont électriquement neutres. On frotte une règle avec un chiffon. Cette opération va arracher des électrons à la règle qui devient alors chargée positivement. On approche cette règle électrisée d'un filet d'eau et observons ce qu'il se passe :



On observe que l'eau est déviée. En effet comme nous l'avons vu dans le chapitre 6 : « cohésion et dissolution des solides », l'eau est une molécule polaire :



Ainsi, zone de la molécule d'eau chargée positivement va être attirée par la zone de la règle chargée négativement. Alors, l'eau est déviée.

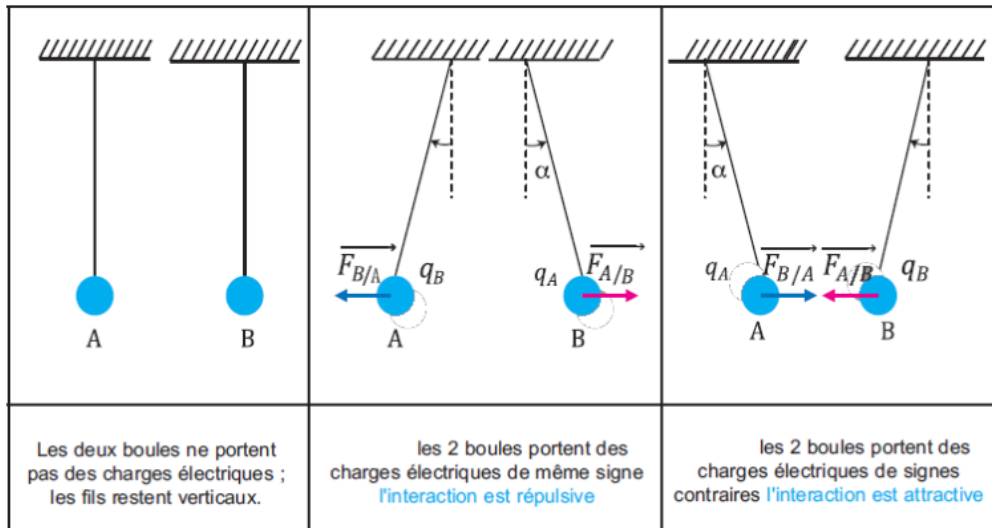
3- Loi de Coulomb pour l'interaction électrostatique

a. Interaction électrostatique

Deux corps A et B , de charges respectives q_A et q_B , exercent l'un sur l'autre des actions **électriques** modélisées par des **forces** représentées par des vecteurs $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ qui ont :

- Pour direction la droite (AB) .
- La même valeur $F_{A/B} = F_{B/A}$.
- Des sens contraires.

Illustration :



b. Loi de Coulomb

La **loi de Coulomb** permet de calculer la valeur de l'intensité d'une force électrique s'exerçant entre deux objets **ponctuels** chargés :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d^2}$$

- $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ sont les noms des forces électriques en N .
- k est la constante de Coulomb ($k = 9,0 \times 10^9 N \cdot m^2 C^{-2}$ dans l'air).
- q_A et q_B sont les charges portées par les objets A et B en C .
- d est la distance séparant les objets ponctuels A et B en m .

Ainsi, la norme de la force **augmente** quand la valeur absolue du produit des charges électriques portées par les deux objets **augmente**. Et, elle **diminue** lorsque la distance séparant les deux objets **augmente**.

Les deux objets **s'attirent** lorsque leurs charges sont de signes opposées et ils se **repoussent** lorsque leurs charges sont de même signe. Leur orientation est donc opposée :

$$\vec{F}_{A/B} = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2} \times \vec{u}_{AB} = -\vec{F}_{B/A}$$

- \vec{u}_{AB} est le vecteur unitaire orienté de A vers B , sa norme est égale à 1.

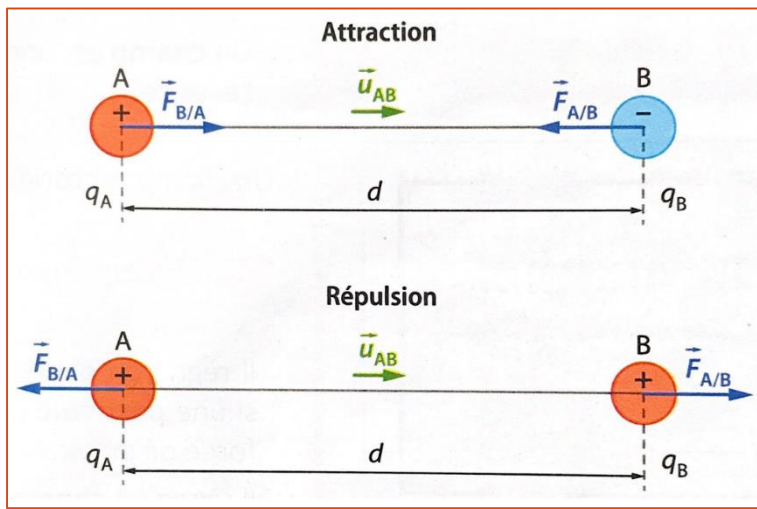


FIGURE 1 : REPRESENTATION VECTORIELLE DE LA FORCE DE COULOMB

4- Analogie entre les interactions gravitationnelle et électrostatique

	Caractéristique de la particule qui crée le champ	Schéma	Expression vectorielle	Norme
Interaction gravitationnelle	Masse m (kg)		$\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$ $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$	$F_g = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ <p> F_g: en newtons (N) $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ m: en kilogrammes (kg) d: en mètres (m) </p>
Interaction électrostatique	Charge q (C)	q_A et q_B de signes opposés 	$\vec{F}_{A/B} = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$ $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$	$F_e = k \times \frac{ q_A \times q_B }{d^2}$ <p> F_e: en newtons (N) $k = 9,0 \times 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ q: en Coulombs (C) d: en mètres (m) </p>
		q_A et q_B de même signe 		

B. Champs gravitationnel et électrostatique

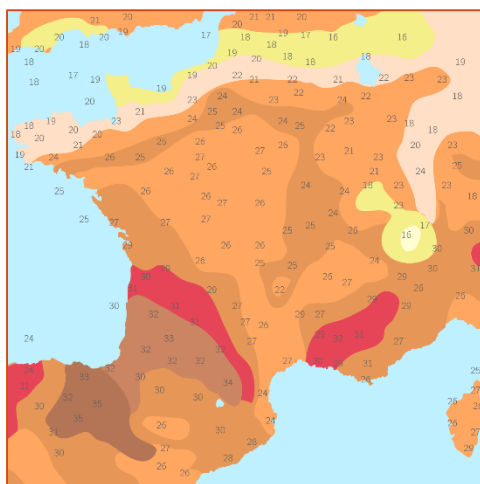
1- Notion de champ

a. Champ scalaire

Définition :

Un **champ** est une **grandeur physique** associée à chaque point de l'espace. Un champ est dit **scalaire** si la grandeur physique est caractérisée **uniquement** par des **valeurs numériques**.

Exemple :



Ici, chaque point de l'espace est caractérisé par la température qui y règne. On parle alors de champ scalaire de température.

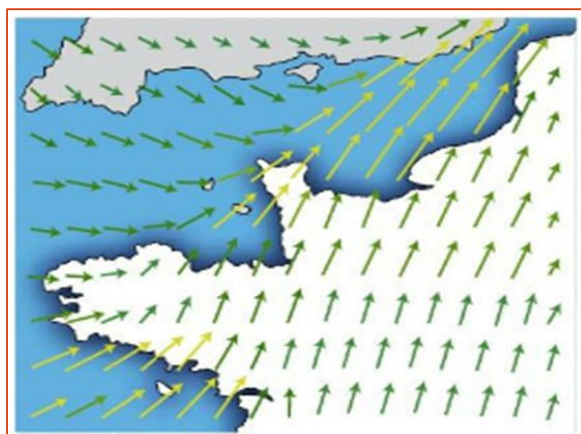
FIGURE 2 : CHAMPS SCALAIRE DE TEMPERATURE

b. Champ vectoriel

Définition :

Un champ est dit **vectoriel** si la grandeur physique correspondante est caractérisée par des **vecteurs**.

Exemple :



Ici, chaque point de l'espace est caractérisé par le vecteur vitesse du vent. En effet, le vecteur vitesse associé à la vitesse du vent nous renseigne sur la direction, le sens et la valeur de la vitesse.

FIGURE 3 : CHAMPS VECTORIEL DE LA VITESSE DU VENT

Définition :

On dit qu'un champ est **uniforme** lorsqu'il a les mêmes caractéristiques en tout point :

- Champ scalaire **uniforme** : même valeur en tout point.
- Champ vectoriel **uniforme** : même vecteur en tout point.

2- Champ électrostatique et champ gravitationnel

Il règne un **champ de gravitation** noté \vec{G} en un point de l'espace si une **particule** de masse m est placée en ce point est soumise à une force de gravitation notée \vec{F}_g .

Il règne un **champ électrostatique** noté \vec{E} en un point de l'espace si une **particule** de charge électrique q placée en ce point est soumise à une force électrostatique \vec{F}_e .

	Caractéristique de la particule qui crée le champ	Expression du champ	Direction	Sens	Valeur
Interaction gravitationnelle	Masse m (kg)	$\vec{G} = \frac{\vec{F}_g}{m}$	Même que \vec{F}_g	Même que \vec{F}_g	$G = \frac{F_g}{m}$ G : en $N \cdot kg^{-1}$ F_g : en newtons (N) m : en kilogrammes (kg)
Interaction électrostatique	Charge q (C)	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$	Même que \vec{F}_e	si $q > 0$: celui de \vec{F}_e si $q < 0$: opposé à celui de \vec{F}_e	$E = \frac{F_e}{ q }$ E : en $N \cdot C^{-1}$ F_e : en newtons (N) q : en Coulombs (C)

Un champ uniforme \vec{E} peut être créé en appliquant une tension U entre deux plaques métalliques parallèles distantes de d :

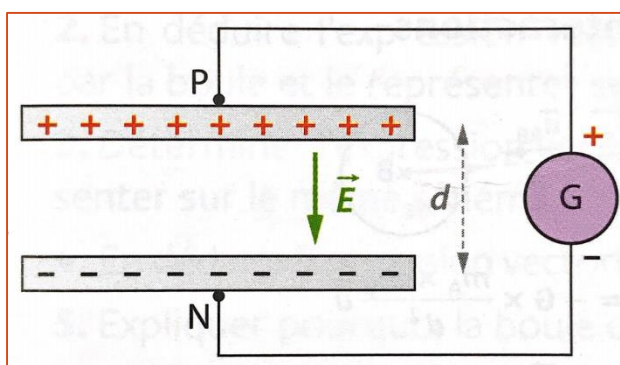


FIGURE 4 : CHAMP CREE ENTRE DEUX PLAQUES METALLIQUES CHARGÉES

La valeur du champ créé s'exprime par la relation $E = \frac{U}{d}$

- E est la valeur du champ en $V \cdot m^{-1}$ ou $N \cdot C^{-1}$.
- U est la tension électrique entre les deux plaques en V .
- d est la distance séparant les deux plaques métalliques en m .

3- Cartographier un champ

a. Définition

Cartographier un champ consiste à déterminer les **caractéristiques** de ce **champ** en **plusieurs points** de l'espace et à en donner une **représentation**.

Exemple :

Voici deux exemples de cartographie d'un champ électrique et d'un champ gravitationnel :

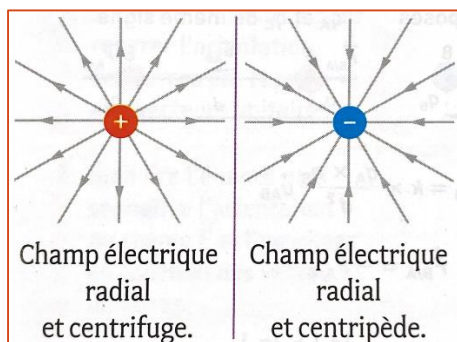


FIGURE 5 : CARTOGRAPHIE DU CHAMP ELECTRIQUE CREE PAR UNE CHARGE PONCTUELLE

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

Le champ est d'autant plus intense dans une région de l'espace que les lignes de champ y sont resserrées.

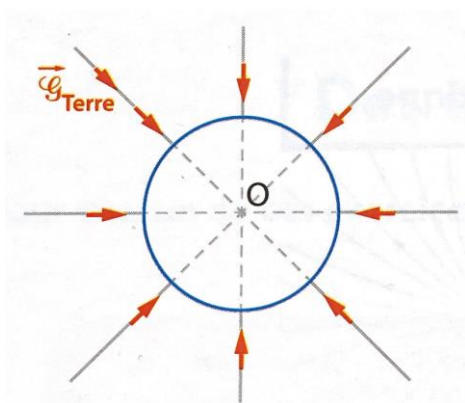


FIGURE 6 : CARTOGRAPHIE DU CHAMP DE GRAVITATION TERRESTRE. LE CHAMP EST RADIAL ET CENTRIPETE

b. Champ électrique créé par une charges ponctuelle

Le champ est :

- **Radial** et **centripète** pour une charge négative.
- **Radial** et **centrifuge** pour une charge positive.

c. Champ de pesanteur terrestre \vec{g}

Au voisinage de la Terre, un objet est soumis à son poids $\vec{P} = m \times \vec{g}$. Le champ **gravitationnel** peut alors être **assimilé** au **champ** de **pesanteur** \vec{g} de norme $g = \frac{P}{m}$, dont la direction est verticale par rapport à la surface de la Terre, orienté vers le centre de la Terre (voir figure 6).