

Un champ désigne une grandeur physique dont la valeur dépend du point de l'espace donné. Si la valeur est un nombre, on parle de champ scalaire.

Si le champ est un vecteur, on parle de champ scalaire.

Voir : Notion de champ en physique - Champ électrostatique - Champ de gravitation :

<https://youtu.be/SXecdMk7xp8?feature=shared>

### I- Champ électrique

Les propriétés électriques de la matière sont perçues depuis l'antiquité. Très tôt, était remarqué que le frottement de l'ambre (résine fossile des conifères utilisé en bijouterie) permettait l'attraction de corps légers. Le mot grec désignant l'ambre est : elektron. La quantité d'électricité acquise par un corps frotté est appelée (XVII<sup>ème</sup> siècle) charge électrique.

#### 1°) Charges électriques

Deux corps de même matière et frottés avec une matière identique, se repoussent.

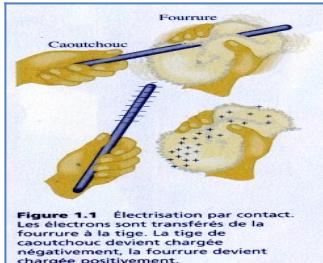
Par contre, des matériaux différents et/ou frottés par des matières différentes, peuvent s'attirer.

Par leurs effets, il apparaît que deux types de charge existent : elles sont conventionnellement appelées *charges positives* et *charges négatives*.

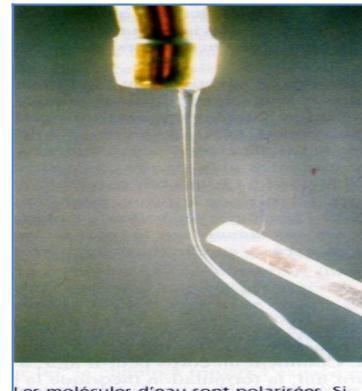
- Des charges de même signe ..... et des charges de signes opposés .....
  - La charge d'un système isolé est .....
- Si une charge négative est créée, une charge positive l'est également de manière simultanée.
- La formation d'une charge dans un espace donné ne peut se créer qu'en déplaçant des .....
  - La charge totale accumulée en un endroit est donc .....

Charge élémentaire :  $e = 1,60217733 \cdot 10^{-19} C$

Constante de la force de Coulomb dans le vide :  $k = 8,98755 \cdot 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$

<p>Électrisation par contact. Les électrons sont transférés de la fourrure à la tige. La tige de caoutchouc devient chargée négativement. La fourrure devient chargée positivement.</p>	 <p align="center"><b>Figure 1.1</b> Électrisation par contact. Les électrons sont transférés de la fourrure à la tige. La tige de caoutchouc devient chargée négativement, la fourrure devient chargée positivement.</p>
<p>Un morceau d'ambre frotté avec de la fourrure attire de petits morceaux de papier.</p>	 <p align="center">Un morceau d'ambre frotté avec de la fourrure attire de petits morceaux de papier.</p>

Les molécules d'eau sont .....

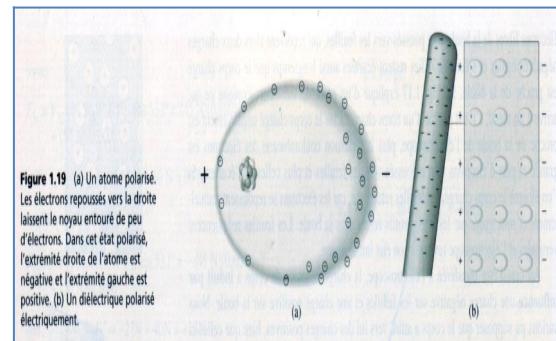


Les molécules d'eau sont polarisées. Si une tige chargée est amenée près d'un filet d'eau, les molécules d'eau s'alignent de façon qu'elles soient attirées vers la tige chargée. Pensez-vous qu'un liquide non polaire, comme l'essence, a un comportement pareil ?

Si une tige chargée est amenée près d'un filet d'eau, les molécules d'eau s'alignent de façon qu'elles soient attirées vers la tige chargée.

(a) : un atome polarisé. Les électrons repoussés vers la droite laissent le noyau entouré de peu d'électrons. Dans cet état polarisé, l'extrémité droite de l'atome est négative et l'extrémité gauche est positive.

(b) Un diélectrique polarisé électriquement.

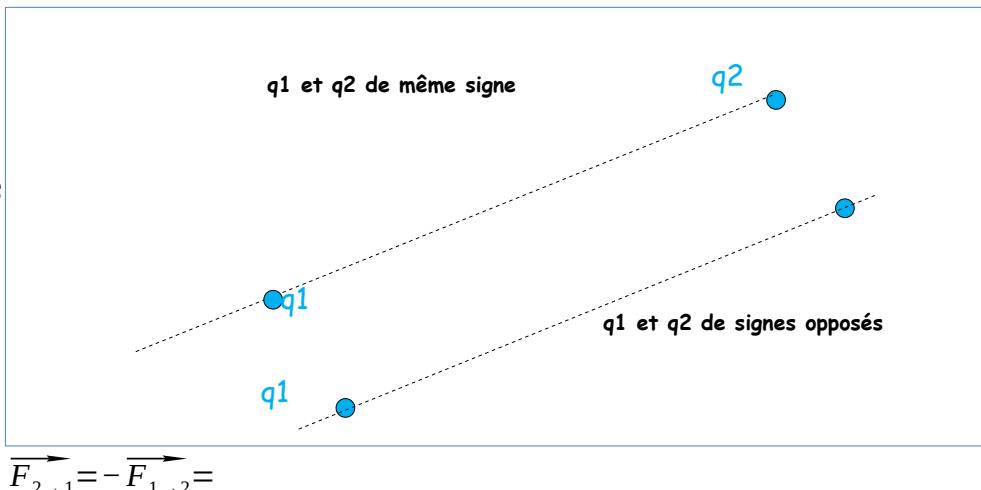


**Remarque 1 : l'électrisation par frottement :** le frottement de deux matériaux d'affinité électronique différentes, permet le transfert d'électrons et l'accumulation de charges négatives sur l'un et par défaut, de charges positives sur l'autre.

**L'électrisation par influence ou par induction :** lorsqu'on approche une charge d'un objet sans qu'il y ait contact, dans certains cas, les charges de même signe de l'objet sont repoussées, celles de signes opposés sont attirées. C'est ce que l'on observe dans certaines espèces chimiques : on parle d'espèces polarisées.

## 2°) Force électrique : loi de Coulomb

Charles Coulomb (1736-1806) a montré expérimentalement que deux charges ponctuelles, interagissent selon l'axe les reliant, avec une intensité proportionnelle à leurs charges  $q_1$  et  $q_2$  et à l'inverse du carré de la distance  $r$  les séparant. Cette interaction s'écrit vectoriellement :



La résultante des forces exercées par une distribution de charges est égale à la somme vectorielle des forces exercées par chacune des charges.

### 3°) Champ électrique

Une distribution des charges électriques génère dans l'espace qui l'entoure, une propriété appelée champ électrique : une charge  $q$  placée dans ce champ noté  $\vec{E}$  subit une force électrique telle que :

$E$  s'exprime en  $N.C^{-1}$  ou en  $kg.m.s^{-3}.A^{-1}$  et nous verrons plus loin l'unité la plus usité :  $V.m^{-1}$ .

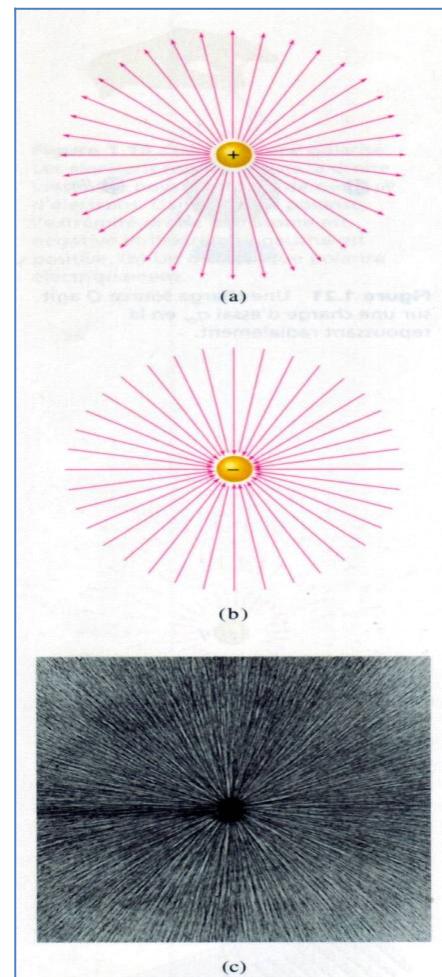
Pour une charge ponctuelle notée  $q_0$ , le champ électrique, en déduction de l'expression de la force de Coulomb, s'écrit :

#### Cartographie d'un champ vectoriel :

- Si on représente en plusieurs points de l'espace régulièrement espacés le vecteur champ, ceux-ci décrivent des lignes orientées. Une ligne de champ nous renseigne sur le sens et la direction du champ en un point .
- Plus les lignes sont ressérées, plus la valeur du champ est importante.

Les lignes de champ électrique créé par une charge  $q_0$  ponctuelle, montrent :

- si  $q_0 > 0$ , les lignes de champ divergent à partir de la charge ; si  $q_0 < 0$  les lignes de champ convergent vers la charge.
- les lignes de champ sont concentrées, à proximité de la charge, le champ y est intense.

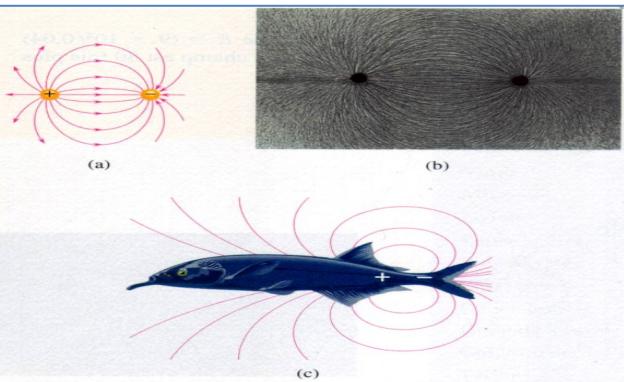


**Figure 1.23** (a) Les lignes de force divergent à partir d'une charge ponctuelle positive. (b) Les lignes de force convergent vers une charge ponctuelle négative. (c) Des fibres fines de rayonne, suspendues dans l'huile, tendent à s'aligner au voisinage d'un objet chargé. Cet agencement des fibres peut être considéré comme un révélateur des lignes de force.

Quelques exemples de lignes de champ pour des distributions différentes de charges.

Nous constatons et retiendrons que :

- les lignes de champ partent toujours d'une charge positive vers une charge négative.
- les lignes de champ ne se croisent jamais : en effet, si c'était le cas, le champ aurait deux valeurs différentes à l'intersection.



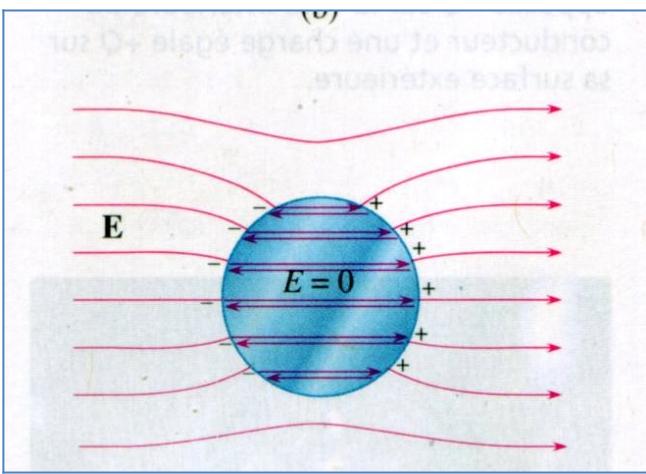
- Un conducteur possède des charges libres de se déplacer. Dans le cas d'un métal, il s'agit d'électrons. Si un tel conducteur est placé dans un champ, les charges subissent une force électrique et sont susceptibles de se déplacer (courant électrique). Il se peut également que ces charges se déplacent afin de se répartir différemment ; à l'équilibre, soit aucun mouvement de charge, la nouvelle distribution génère un champ électrique qui se superpose au précédent afin de l'annuler (A l'équilibre mécanique  $\vec{F} = q \vec{E} = \vec{0}$ ).

*Le champ électrique à l'intérieur d'un conducteur à l'équilibre est nul*

Exemple d'application : cage de Faraday

Puisque le champ électrique est nul à l'intérieur d'un conducteur, les lignes de champ sont perpendiculaires à la surface du conducteur.

- La présence d'un conducteur déforme les lignes de champ : voir figure 9. Remarquons en particulier une extrémité du personnage : d'après ce que nous avons dit précédemment, les lignes de champ convergent en se resserrant vers cette extrémité (doigt). Le champ électrique est toujours plus intense sur une extrémité : c'est l'effet de pointe.

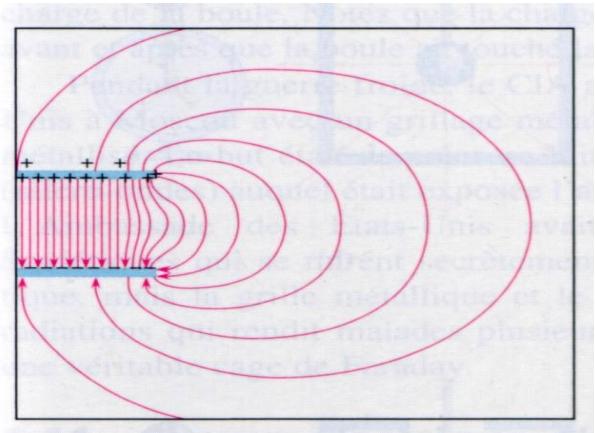
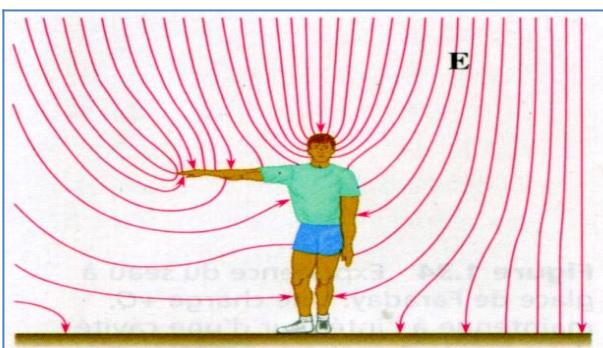


Loin des bords, entre deux plaques parallèles chargées, le champ est :

- de sens ;
- de direction ;
- d'intensité :

Nous retiendrons que :

*le champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan est uniforme.*



#### 4°) Potentiel électrique

Le champ électrique peut être également cartographié par des lignes reliant les points M de l'espace où la valeur  $E(M)$  du champ  $\vec{E}(M)$  est constante.

Ces lignes sont appelées .....

Elles sont caractérisées par une valeur V appelée ..... (Unité : .....

La différence de potentiel qui existe entre deux points de l'espace est appelée ..... entre ces deux points :

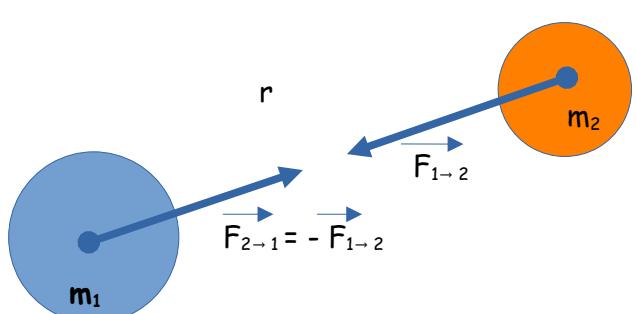
Si on peut considérer que le champ  $\vec{E}$  est uniforme entre deux points séparés d'une distance d dans la direction de  $\vec{E}$  et soumis à la tension U :

Remarque : dans la cartographie du champ, la valeur du champ peut se déduire de la différence de potentiel entre deux équipotentielles et de la distance qui les séparent.

### II- Champ de gravitation et champ de pesanteur.

#### 1°) Champ de gravitation

Deux masses  $m_1$  et  $m_2$  interagissent : il s'agit de l'interaction gravitationnelles

Force d'interaction gravitationnelle entre deux corps de masse $m_1$ et $m_2$ et distants de la distance $r$ : $\vec{F} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r$ $G = 6,6742 \cdot 10^{-11}$ $N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$	
--	--

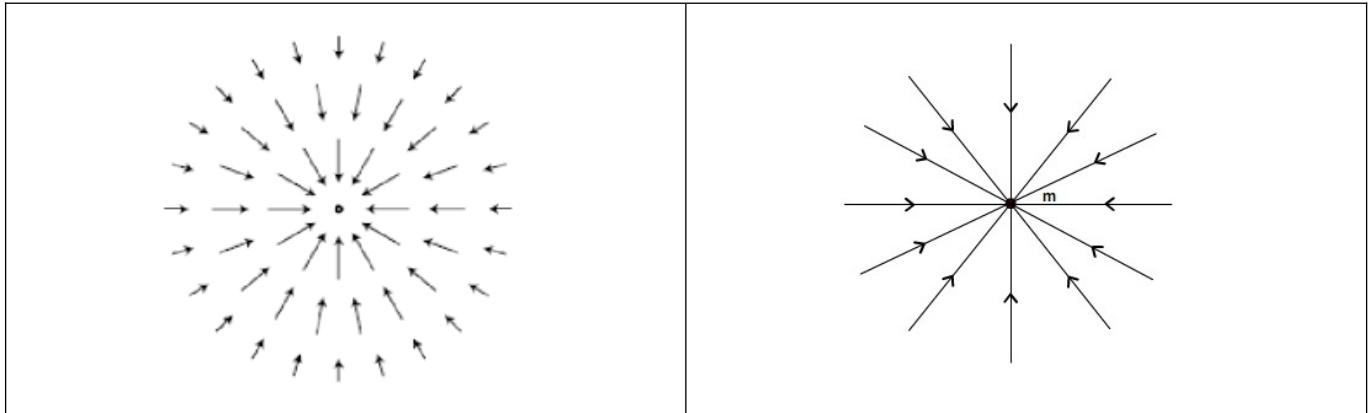
En chaque point de l'espace, le champ d'interaction gravitationnelle varie en intensité, sens et direction.

La force de gravitation peut encore s'écrire générée par la masse  $m_1$  peut s'écrire :

$$\vec{F} = m_2 \cdot \vec{G} \text{ avec } G = \dots$$

$\vec{G}$  est appelé ..... créé par la masse  $m_1$

La cartographie du champ de gravitation s'obtient par simulation Python (voir annexe)



Voir : cartographier le champ de gravitation : <https://youtu.be/SsrzJj71-lo>

## 2°) Champ de pesanteur

Le champ de pesanteur est l'expression du champ de gravitation exercé par la Terre à proximité du sol.

<p>Force d'interaction gravitationnelle subit par le corps de masse <math>m</math> et situé à l'altitude <math>z</math> :</p> $\vec{F} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} \cdot \vec{u}_r$ <p>= .....</p>	<p>Altitude <math>z</math></p> <p>Corps de masse <math>m</math></p> <p><math>\vec{F}</math></p> <p><math>\vec{u}_r</math></p> <p><math>r</math></p> <p><math>M_T = 5,9742 \times 10^{24} \text{ kg}</math></p> <p><math>R_T = 6371 \text{ km}</math></p> <p>Terre de masse <math>M_T</math> et de rayon <math>R_T</math></p>
---	--

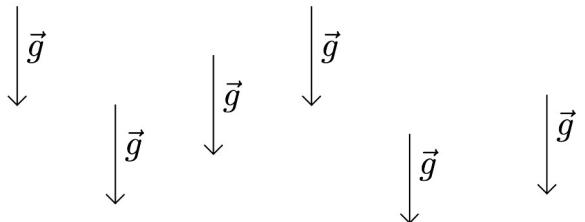
- Au niveau du sol,  $z = 0$  et  $g_0 =$  .....
- La valeur de l'altitude à atteindre pour que la constante de pesanteur diminue de 1% est  $z =$  .....
- La valeur de la distance à parcourir sur le sol terrestre afin que le champ de gravitation tourne d'un angle de  $1^\circ$  est :  $\ell =$  .....

Nous retiendrons que le champ de pesanteur est caractérisé par un axe vertical dirigé vers le bas et d'intensité notée  $g$ . Le vecteur correspondant sera considéré constant pour des mouvements de faibles variations d'altitude et de distance

horizontale parcourue, par rapport aux valeurs précédemment calculées.

Dans le champ de pesanteur, tout objet de masse  $m$  est soumis à son .....

$$\vec{F}_p = \dots$$



Terre