

# Forces et champs associés – Réponses aux questions de la fiche d'activité

## II. CHAMP ÉLECTRIQUE

### 2. Champ créé par une sphère chargée

On modélise la situation par un dispositif plan constitué d'une pointe chargée au centre d'une cuve.

Par définition d'une ligne de champ, en tout point de l'espace où le champ étudié existe, il est tangent aux lignes de champ. Elles permettent une « cartographie » du champ étudié.

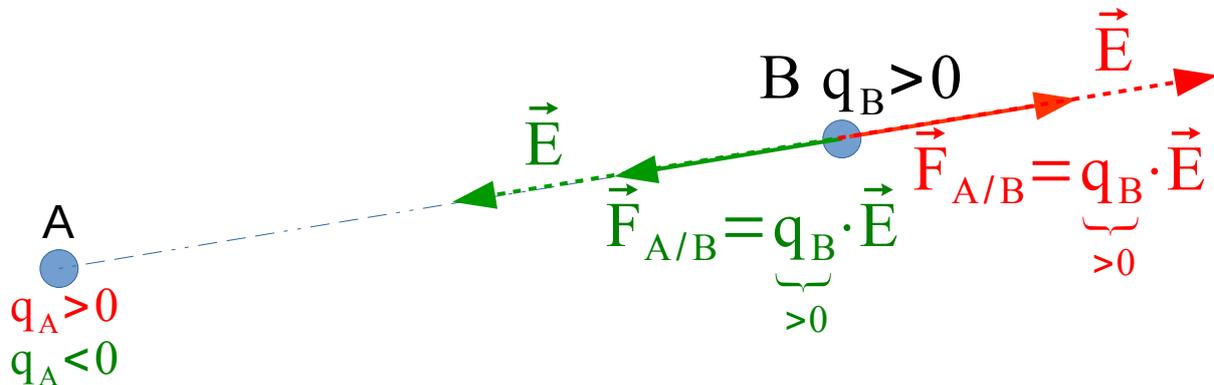
1. La cuve contient des graines de forme allongée, posées sur une pellicule d'huile. Elles s'orientent tangentielllement au champ électrique et permettent de matérialiser les lignes de champ dans la cuve.

On observe des lignes de champ qui se coupent au niveau de la pointe chargée : **LES LIGNES DE CHAMP SONT RADIALES.**



Photo 1 : Lignes de champ créés par une charge ponctuelle

2. Considérons une charge ponctuelle A créant un champ électrique  $\vec{E}$  dans son voisinage. On fait étudier sur le schéma ci-dessous le cas d'une charge A positive (en rouge) et négative (en vert). Le sens du champ électrique est déduit de la colinéarité entre force électrostatique et champ électrique résultant de sa définition.



On constate que si la charge  $q_A$  est négative, le champ électrique  $\vec{E}$  pointe vers A. En revanche, si la charge  $q_A$  est positive, le champ électrique  $\vec{E}$  pointe de A vers l'extérieur.

3. Une charge ponctuelle  $q$  crée dans l'espace qui l'entoure un champ électrique  $\vec{E}$  radial dont l'expression vectorielle est :

$$\vec{E} = k \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{u}$$

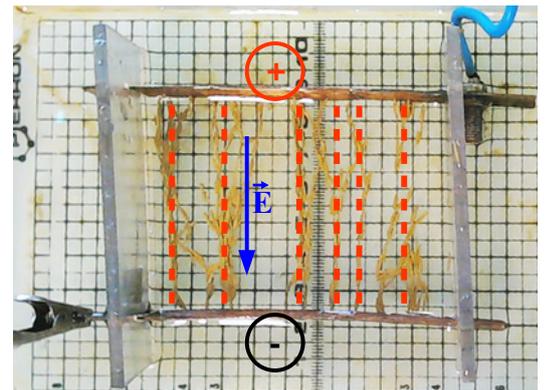
$\vec{u}$  est un vecteur unitaire ( $\|\vec{u}\|=1$ ), pointant de la charge ponctuelle  $q$  vers l'extérieur, de sorte que si la charge  $q$  est négative, le vecteur champ  $\vec{E}$  soit dirigé vers la charge et inversement.

### 3. Champ électrique dans un condensateur plan

1. Les lignes de champ matérialisées par l'alignement des graines semblent rectilignes, orthogonales aux plaques.

2. D'après les réponses précédentes, on peut tracer un vecteur champ électrique pointant de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement (la polarité des plaques est arbitraire).

$\vec{E}$  est uniforme, donc il est constant en tout point de l'espace entre les plaques. On peut se contenter de le représenter en un seul point.



## 4. Phénomène d'électrisation

1. Le courant électrique est défini comme *UNE CIRCULATION DE CHARGES ÉLECTRIQUES*. Dans un *SOLIDE*, ce sont les *ÉLECTRONS* qui assurent le transfert des charges.

2. Un matériau est *CONDUCTEUR* s'il dispose d'*ÉLECTRONS LIBRES DE SE DÉPLACER* sous l'influence d'une tension non nulle et d'un champ électrique. Les métaux sont les matériaux courants possédant cette propriété.

À l'inverse, dans un *ISOLANT*, les électrons *NE SONT PAS LIBRES DE SE DÉPLACER*, la conduction électrique y est impossible.

Remarque : sous l'action de champs électriques suffisamment intenses, un isolant peut s'ioniser et devenir conducteur.

Un article sur le cas de l'air :  - <https://colibris.link/electricite-air>

### Différencier électrisation par influence et électrisation par contact

1. Le carillon électrostatique, vidéo accessible ci-contre (scanner ou cliquer).

Le carillon électrostatique est constitué d'un pendule en aluminium placé entre les plaques d'un condensateur. Les plaques sont chargées à l'aide d'une machine de Wimshurst.

La boule d'aluminium est *INITIALEMENT NEUTRE*.

Dans la première phase, dès qu'on commence à charger les plaques, on constate que *LE PENDULE EST ATTIRÉ VERS L'UNE DES PLAQUES*.

Dès qu'il *ENTRE EN CONTACT* avec une plaque, il *EST VIVEMENT REPOUSSÉ* et traverse le pendule. Il touche alors la plaque opposée et se retrouve à nouveau repoussé. Il s'anime d'un mouvement de va-et-vient entre les deux plaques.

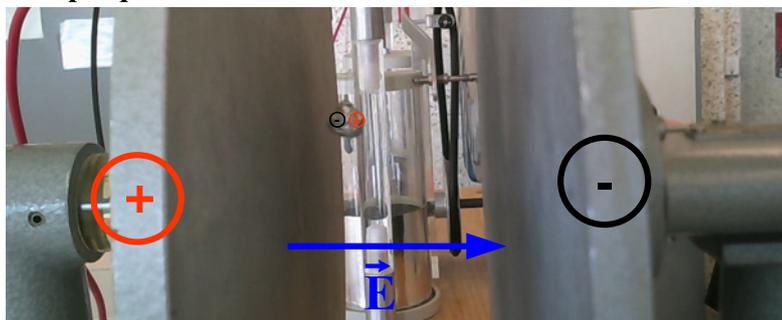


QR Code 1 : Carillon électrostatique - <https://colibris.link/carillon-electrostatique>

### 2. Première phase, avant le contact avec une des plaques

Sous l'action du champ électrique qui apparaît entre les plaques chargées, *LES ÉLECTRONS LIBRES DU PENDULE EN ALUMINIUM SE DÉPLACENT VERS LA PLAQUE CHARGÉE POSITIVEMENT*. Les noyaux des atomes, positifs, sont fixes donc la sphère se polarise : *ELLE S'ÉLECTRISE PAR INFLUENCE*.

L'interaction attractive entre la plaque positive et la partie négative de la sphère provoque son mouvement.



### Lors du contact avec une des plaques

Lorsque le pendule entre en contact avec l'une des plaques chargées, les électrons libres peuvent circuler, il s'électrise par contact et se charge du même signe que la plaque. L'interaction entre le pendule et la plaque devient répulsive, il s'éloigne vivement de la plaque.

Lors du contact avec l'autre plaque, le pendule s'électrise à nouveau par contact avec une charge du même signe que la plaque. Il est repoussé de la plaque et traverse à nouveau l'espace entre les plaques.

Ce mouvement se poursuit tant que le déséquilibre de charges entre les deux plaques est significatif.

3. Il y a donc électrisation par influence (à distance) avant que le pendule n'entre en contact avec une plaque. Celui-ci se polarise.

Il y a électrisation par contact lorsque le pendule touche une plaque. Il se charge du même signe que la plaque avec laquelle il est entré en contact.

### III. CHAMP DE GRAVITATION

#### 1. Expression du champ de gravitation

1. On utilise la relation  $g = \frac{G \times M_T}{r^2}$  avec la masse de la Terre et en remplaçant  $r$  par le rayon de la Terre

$R_T$  puisqu'on se place au niveau du sol. Donc  $g_0 = \frac{G \times M_T}{R_T^2}$ .

$$\text{Application numérique : } g_0 = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,4 \times 10^6)^2} = 9,72 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

On retrouve la valeur de l'accélération de la pesanteur utilisée dans la définition du poids  $P = m \times g$ , où la valeur communément admise est  $9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

2. Pour adapter la relation précédente au cas de la Lune, on remplace la masse de la Terre par la masse de la Lune  $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$  et le rayon de la Terre par le rayon de la Lune  $R_L = 1,735 \times 10^6 \text{ m}$ .

$$\text{On a donc } g_L = \frac{G \times M_L}{R_L^2}.$$

$$\text{Application numérique : } g_L = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,35 \times 10^{22}}{(1,735 \times 10^6)^2} = 1,63 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

On a donc  $\frac{g_0}{g_L} \simeq 6$ . L'intensité du champ de pesanteur sur la Lune est donc six fois plus faible que sur la Terre. Cela explique pourquoi sur l'illustration il est possible d'effectuer des sauts bien plus importants que sur Terre.



QRCode 1 : La réalité des sauts à la surface de la Lune

#### 2. Lignes de champ

1. Pour déterminer les lignes de champs, sachant que la force de gravitation  $\vec{F}$  est colinéaire au vecteur champ  $\vec{g}$ , il suffit d'observer la direction de chute d'objets lâchés sans vitesse initiale ou d'utiliser un fil à plomb permettant de repérer la verticale.

On obtient ainsi des lignes de champ dirigées vers le centre de la Terre.

2. Le vecteur unitaire  $\vec{u}$  pointe donc vers le centre de la Terre.

3. Si on se limite à une zone restreinte, on peut considérer que ces lignes de champ sont parallèles et dirigées selon la verticale du lieu considéré.

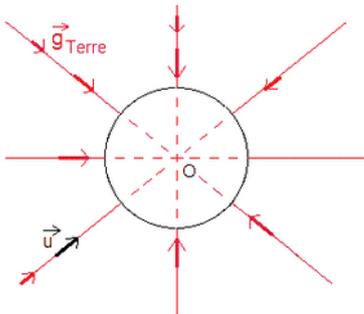


Illustration 1 : Lignes de champ pointant vers le centre de la Terre



Illustration 2 : Champ de pesanteur dirigé verticalement dans une zone restreinte

### 3. Variation avec l'altitude

1. L'expression du champ de gravitation au niveau du sol est donnée par :

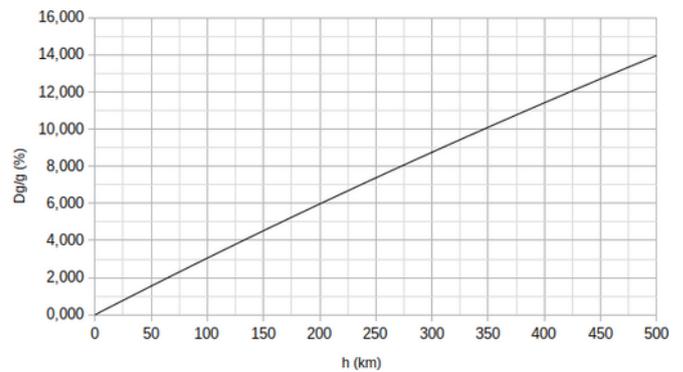
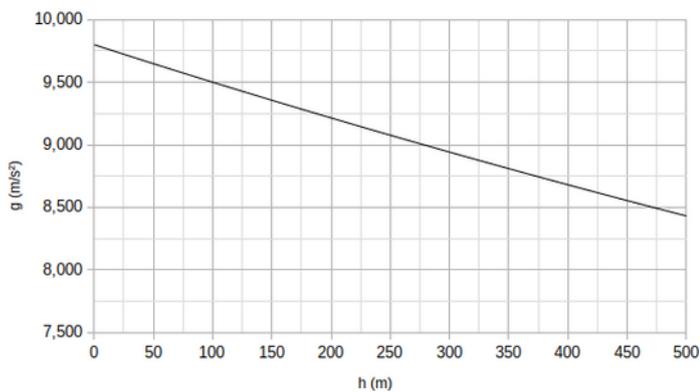
$$g_0 = G \times \frac{M_T}{R_T^2}$$

Sachant que  $g = G \times \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$ , on peut écrire :

$$\frac{g}{g_0} = \frac{\frac{G \times M_T}{(R_T + h)^2}}{\frac{G \times M_T}{R_T^2}} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

$$\text{Soit : } g = g_0 \times \left( \frac{R_T}{R_T + h} \right)^2$$

2.



3. Graphiquement, on constate une diminution de 1 % de l'intensité du champ de gravitation pour une altitude voisine de 35 km.

4. La plupart de nos activités se déroulent sur des zones géographiques restreintes donc la direction du champ  $\vec{g}$  peut être considérée comme constante. De même, les variations d'altitude sont souvent faibles, donc sa norme varie peu.

En première approximation, on peut donc bien considérer le champ de gravitation comme uniforme.