B - LE CHAMP ELECTRIQUE

B - 1 - LE VECTEUR CHAMP ELECTRIQUE

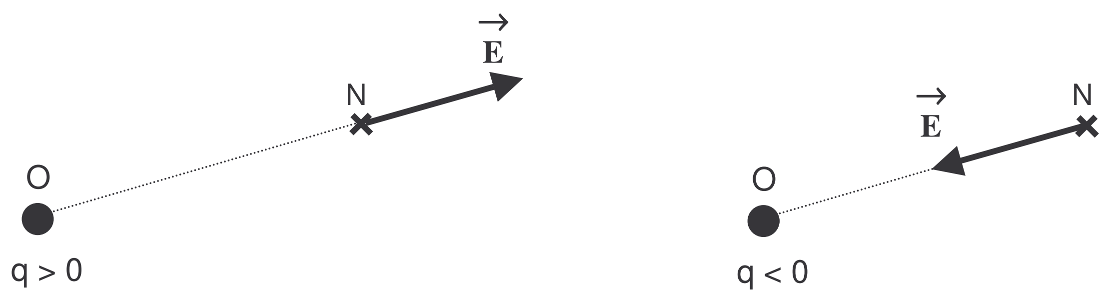
L'orientation du vecteur champ électrique dépend de la nature (positive ou négative) de la charge qui le produit.

L'effet de ce champ (attraction ou répulsion) dépend de la nature de la charge qui le subit.

Autours d'une charge, l'orientation du champ électrique $\vec{E}$ correspond au sens de l'effet qu'il aurait sur une charge positive.

Donc, **autour d'une charge q positive en O, le champ est radial vers l'extérieur**, car il repousserait une autre charge positive en N.

A l'inverse, **autour d'une charge q négative en O, le champ est radial vers l'intérieur**, car cette fois ci une charge positive en N serait attirée.



La valeur de ce champ ne dépend lui que du carré de la distance ON et de la valeur de la charge q qui le produit.

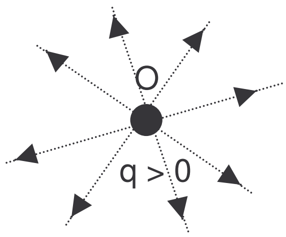
Il est usuel de poser la distance ON égale à r.

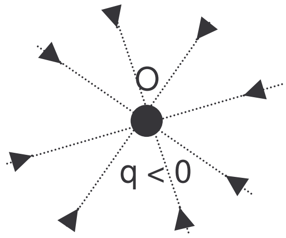
Dans le Système International d'Unités, la valeur du champ est donnée par :

$$E = 9.10^9 \frac{q}{r^2}$$

Une même valeur de charge q, positive ou négative, crée le même champ $\vec{E}$ en direction et valeur, mais pas avec le même sens sur cette direction.

Les lignes de champ sont donc radiales, orientées vers l'extérieur autour d'une charge positive et vers l'intérieur autour d'une charge négative.

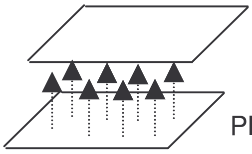




B - 2 - <u>CHAMP ELECTRIQUE UNIFORME</u>

On obtient des champs électriques uniformes lorsqu'on met en vis à vis des plans sur lesquels sont réparties uniformément des charges électriques de signes opposés.

<u>Exemple</u> : deux plaques horizontales chargées créent au centre de l'espace intervalle des lignes de champ électrique verticales.



Les composants électriques qui reproduisent cette situation sont les condensateurs plans.

De même dans les canons à électrons, on utilise des systèmes de plaques chargées pour créer de tels champs.

B - 3 - <u>LA FORCE ELECTRIQUE</u>

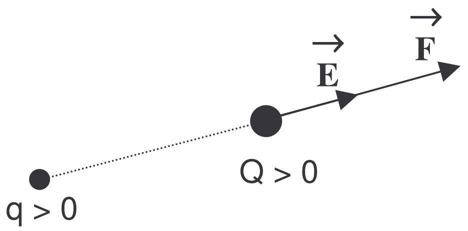
Une charge électrique **Q** dans un champ électrique $\vec{E}$ (créé par une autre charge q) est soumise à une force $\vec{F}$ d'attraction ou de répulsion selon son signe + ou -.

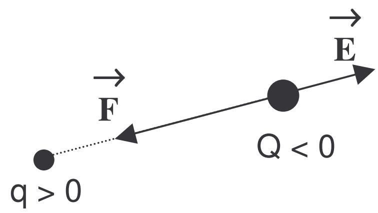
Cette force ne dépend que du champ et <u>de la valeur algébrique de la charge Q</u> qui la subit.

$$\vec{F} = Q\,\vec{E}$$

Si la charge Q est positive, $\vec{E}$ et $\vec{F}$ auront même sens.

Si la charge Q est négative, $\vec{E}$ et $\vec{F}$ auront des sens opposés.





<u>Exercice d'application B - 1</u>

On dispose 3 charges négatives identiques q aux sommets d'un triangle équilatéral de côté a. Représenter et calculer la valeur (en unités du S.I.) du champ électrique au milieu de chaque côté.

Que se passe-t-il si l'une des charges change de signe ?

$q = -10^{-11}$ C a = 6 cm

Au milieu M du côté BC s'additionnent 3 champs attractifs :

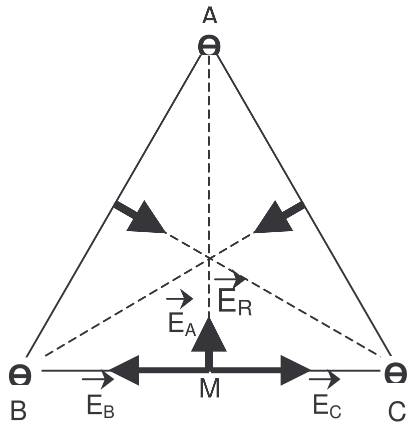
Le champ créé par la charge en B de valeur $E_B = 9.10^9 \dfrac{10^{-11}}{9.10^{-4}} = 100$ u.S.I.

Le champ créé par la charge en C de valeur $E_C = 9.10^9 \dfrac{10^{-11}}{9.10^{-4}} = 100$ u.S.I.

Le champ créé par la charge en A de valeur $E_A = 9.10^9 \dfrac{10^{-11}}{27.10^{-4}} = 33$ u.S.I.

Les champs créés par les charges B et C s'annulent et le champ résultant $\overrightarrow{E_R}$ est donc égal au champ créé par la charge en A, de valeur 33 u. S.I..

La symétrie donne les champs résultants au milieu des autres côtés.



Si la charge A devient positive en gardant même valeur absolue, en M, seul le sens du champ résultant change et devient répulsif.
Par contre en L et N, les autres milieux de côté, le champ résultant change de valeur et de direction.

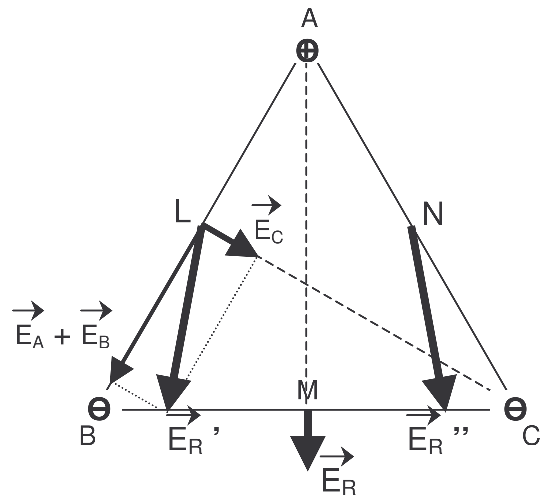
En L, les champs créés par les charges en A et B ont même valeur de 100 u.S.I. et cette fois ci ils s'ajoutent puisqu'ils sont de même sens.

En ce point, le champ créé part la charge en C vaut toujours 33 u.S.I..

Le champ résultant a donc pour valeur :

$$E_R' = \sqrt{E_C^2 + 4\,E_A^2} = 71 \text{ u.S.I.}$$

Par symétrie on obtient l'orientation du champ résultant au milieu N.



B - 4 - LE POTENTIEL ELECTRIQUE

Le potentiel électrique **V** en un point a été défini précédemment* comme l'énergie potentielle $\mathcal{E}_p$ que posséderait une charge de 1 coulomb en ce point (ou encore comme l'énergie potentielle par unité de charge).

$$V = \frac{\mathcal{E}_p}{Q}$$

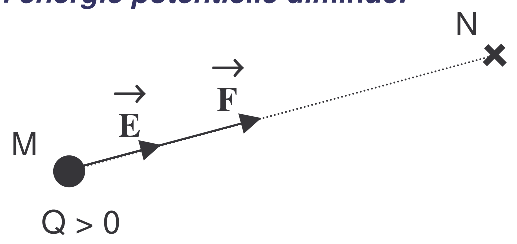
On démontre qu'il peut aussi s'exprimer en fonction du champ $\vec{E}$ qui règne en ce point.

Exemple : Supposons que dans une zone ***de champ uniforme*** $\vec{E}$ *(où la valeur du champ est donc constante); une charge* ***Q positive*** *est abandonnée sans vitesse initiale en* ***M****.*

---

* Voir le cours d'Electricité : I -Notions de base

Sous l'action de la force $\vec{F}$, elle va se déplacer ***le long d'une ligne de champ, de M vers N, vers une zone où son énergie potentielle diminue.***



Cette charge perd donc de l'énergie potentielle ($\Delta\mathcal{E}_p$ ***< 0****) tandis que la force produit un travail moteur de déplacement (*ΔT ***> 0****).* ***La perte de l'une correspondant à la production de l'autre.***

$$\Delta\mathcal{E}_p = - \Delta T$$

La mécanique définit ce travail par un produit scalaire.

$$\Delta T = \vec{F} . \vec{MN}$$

Comme il s'agit d'une force électrique, ce travail peut également s'écrire :

$$\vec{F} = Q \vec{E} \qquad \qquad \Delta T = Q. \vec{E} . \vec{MN}$$

La variation d'énergie potentielle correspond pour sa part à une variation de potentiel entre les points M et N.

$$\Delta\mathcal{E}_p = Q . \Delta V = Q (V_N - V_M)$$

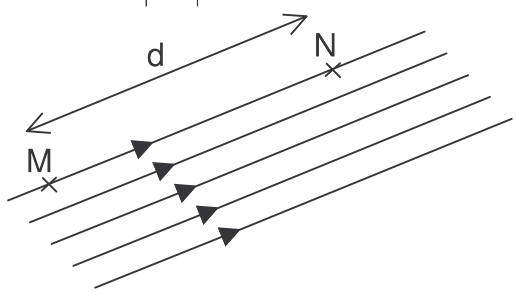
On déduit des deux dernières relations que :

$$\Delta V = V_N - V_M = - \vec{E} . \vec{MN}$$

Comme le déplacement se fait le long d'une ligne de champ, $\vec{E}$ ***et*** $\vec{MN}$ ***sont colinéaires et de même sens,*** *ce qui simplifie le produit scalaire.*

Dans un champ uniforme de valeur E, la variation de potentiel entre deux points distants de d sur une même ligne de champ est égale à :

$$|\Delta V| = E.d$$



Le vecteur champ électrique $\vec{E}$ pointant toujours vers les potentiels les plus bas.

B - 5 - UNITÉ DE MESURE D'UN CHAMP ELECTRIQUE

La relation précédente démontre que, **dans un champ uniforme,** la valeur du vecteur champ s'exprimer par :

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

Ce qui justifie que l'unité de mesure du champ électrique soit le **volt par mètre ($V.m^{-1}$).**

Exercice d'application B – 2

Une particule de masse m et de charge positive q doit être accélérée pour passer d'une vitesse nulle à une vitesse v de 100 $km.s^{-1}$. Pour cela on la soumet à un champ électrique uniforme.

Décrire le mouvement que va subir cette particule, sachant que l'on néglige l'action de son poids.

Quelle différence de potentiel $\Delta V = (V_B - V_A)$ doit-il régner entre son point de départ A et l'endroit B où elle atteint la vitesse voulue ? Quel point est au potentiel le plus élevé ?

Calculer la valeur du champ électrique qu'il faut produire si on désire que cette vitesse soit atteinte au bout de 5 cm de parcours.

$$m = 11{,}7.10^{-27}\ kg \qquad q = +\ 4{,}8.10^{-19}\ C$$

Dans un champ uniforme, une particule chargée va être soumise à un champ électrique constant, donc à une force constante.

Si elle est positive et initialement immobile, elle va donc avoir une trajectoire rectiligne dans la direction et le sens d'une ligne de champ avec un mouvement uniformément accéléré.

Le théorème de l'énergie cinétique permet d'écrire :

$$\frac{1}{2}\ m\ v^2 = \vec{F}.\vec{AB} \qquad \frac{1}{2}\ m\ v^2 = F.AB = q\ E\ AB = -\ q\ \frac{V_B - V_A}{AB}\ AB = -\ q\ \Delta V$$

$$\Delta V = -\ \frac{mv^2}{2q} \qquad \Delta V = -\ 121{,}875\ V$$

Le point de départ A est le point de potentiel le plus élevé.

De $E = \frac{|\Delta V|}{AB}$ **on déduit que** $E = 2437{,}5\ V.m^{-1}$

Vous pouvez faire les applications directes n° 4 à 10 que vous trouverez dans le document « III - Les exercices et les corrigés » à la rubrique : **Ex-EM-I-B**