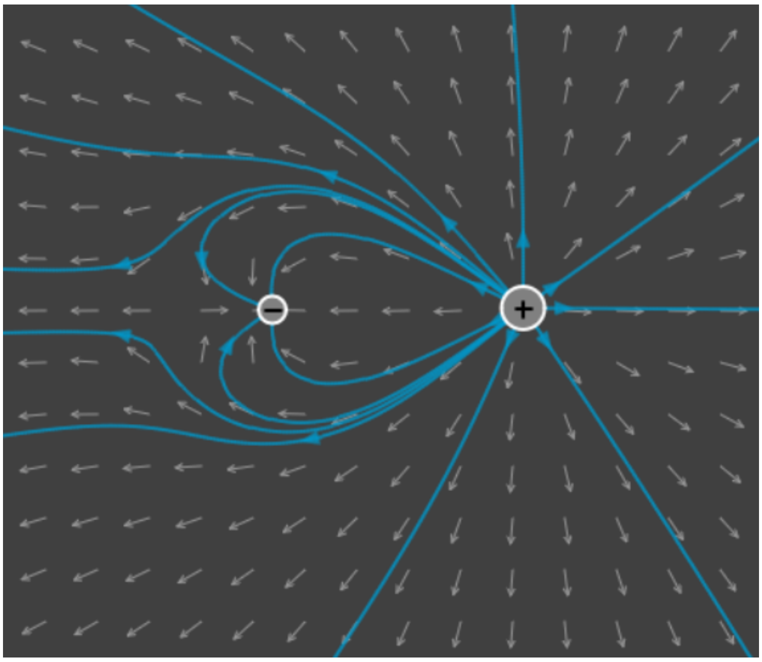
# Charges ponctuelles

1. Charge unique.
   a. Par application du théorème de Gauss, retrouver l'expression du champ électrostatique créé en tout point M par une unique charge $Q$ placée à l'origine O des coordonnées sphériques, et déterminer l'expression du potentiel électrostatique associé (la référence de potentiel nul étant choisie à l'infini).
   b. Montrer que les surfaces équipotentielles sont des sphères centrées sur O. Pour $Q > 0$, représenter quelques lignes de champ et quelques équipotentielles. Où se trouvent les surfaces de potentiel le plus élevé ?

2. Ci-dessous une carte de champ électrostatique créé par deux charges différentes.

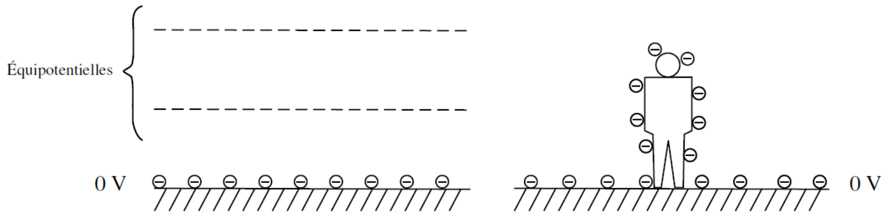



   a. Voyez-vous des plans de symétrie ou d'antisymétrie ?
   b. Tracer quelques équipotentielles.
   c. Où le champ s'annule-t-il ? En déduire une estimation du rapport des deux charges.

# Champ électrique terrestre

On considère que la Terre et son atmosphère constituent les deux armatures d'un condensateur sphérique. L'armature terrestre est chargée négativement, l'atmosphère positivement. Au voisinage du sol, le champ électrique créé est de l'ordre de 100 V/m.

1. On suppose conventionnellement que le sol est de potentiel nul. Sur la figure (a) ci-dessous, attribuer à chacune des équipotentielles sa valeur en volts, sachant qu'elles sont séparées d'un mètre. Représenter quelques lignes de champ électrique.



(a) En l'absence d'obstacle (b) En présence humaine

2. Sur la figure (b), représenter les mêmes équipotentielles en tenant compte de la présence d'un homme. Représenter quelques lignes de champ électrique au voisinage de l'homme. L'observation de ces lignes de champ permet-elle de déterminer les zones de faible ou de fort champ électrique ? Justifier. Indiquer alors les zones de fort champ électrique.

   Le système Terre-atmosphère est localement modélisable par un condensateur plan dont une armature porte la densité surfacique de charge $\sigma$ supposée positive.

3. Par une utilisation soignée du théorème de Gauss, montrer qu'un plan infini portant la densité surfacique de charge $\sigma$ crée un champ électrique de norme $E_{plan} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$.
4. Représenter le vecteur champ électrique de part et d'autre du plan infini portant la densité surfacique de charge $\sigma$. Établir, en utilisant l'expression de $E_{plan}$, et à l'aide du théorème de superposition, l'expression de la norme du champ électrique à l'intérieur et à l'extérieur d'un condensateur plan.
5. Sachant que $\sigma = 1,1\ 10^{-9}\ \mathrm{C/m^2}$, calculer la valeur numérique du champ électrique à l'intérieur du condensateur plan.

## Cyclindre infini

On considère un fil rectiligne chargé, de section circulaire de rayon $R$ en équilibre électrostatique. Ce fil est modélisé par un *cyclindre chargé en surface* avec une densité surfacique de charges uniforme $\sigma_0$.

1. Représenter cette distribution de charges. On appelera $z$ l'axe du cylindre.
2. Soit un point M situé à l'extérieur du cylindre, que l'on repère par ses coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$. Par analyse des symétries et invariances, justifier *soigneusement* que $E(\vec{M}) = E(r)\vec{e_r}$. Ce résultat est-il changé lorsque le point M est à l'intérieur du cyclindre ?
3. Par application du théorème de Gauss, déterminer le champ électrique au point M, dans le cas $r > R$. La surface de Gauss choisie sera représentée en couleur.
4. Faire de même pour $r < R$, avec un nouveau dessin. Le champ électrique est-il continu en $r = R$ ? Si ça n'est pas le cas, déterminer la discontinuité et commenter.
5. Calculer le potentiel électrostatique en fixant la référence de potentiel nul en $r = R$ (continu). Aurait-on pu choisir $V(+\infty) = 0$ ?
6. Tracer $E(r)$ et $V(r)$.