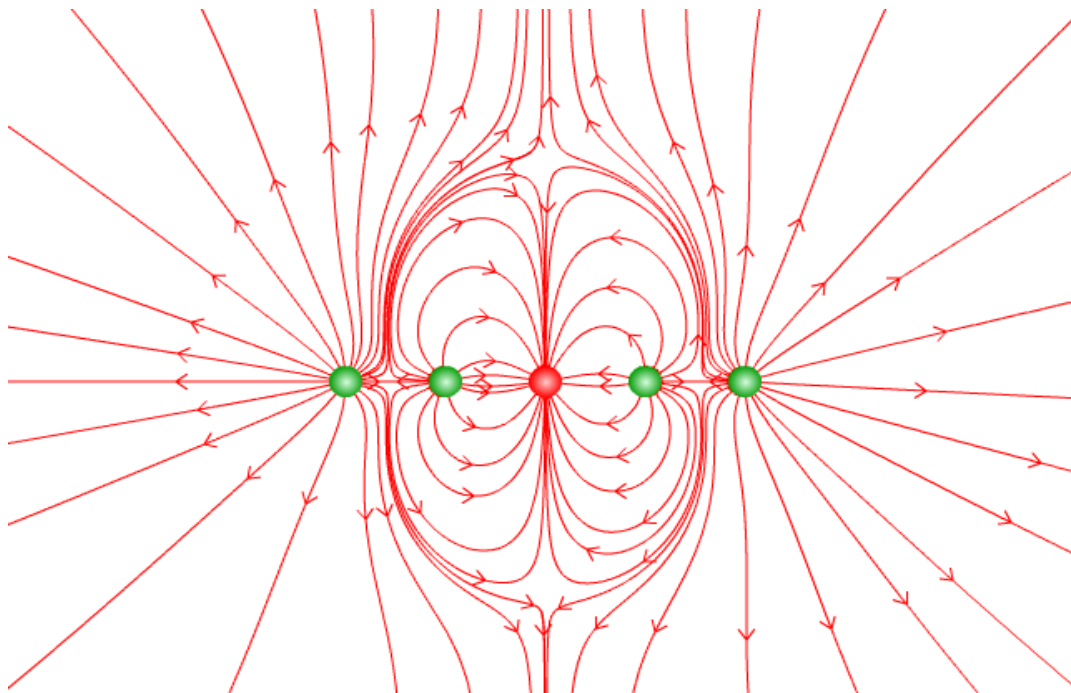


*PSI\* 2019-2020*  
*TD PHYSIQUE N°10*  
*ELECTROSTATIQUE*

**EXERCICE 1 : Analyse de lignes de champ**

La figure représente les lignes du champ créé par un ensemble de 5 charges ponctuelles numérotées de 1 à 5 de la gauche vers la droite.

- ✚ Déterminer les signes des charges.
- ✚ Il existe quatre points de champ nul sur cette figure : les positionner.
- ✚ Analyser la symétrie de la figure. Quelles relations peut-on raisonnablement en déduire entre  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  et  $q_5$  ?
- ✚ En appliquant le théorème de Gauss déterminer la relation liant  $q_2$  et  $q_3$ .
- ✚ Superposer quelques équipotentielles à la figure ci-dessous.



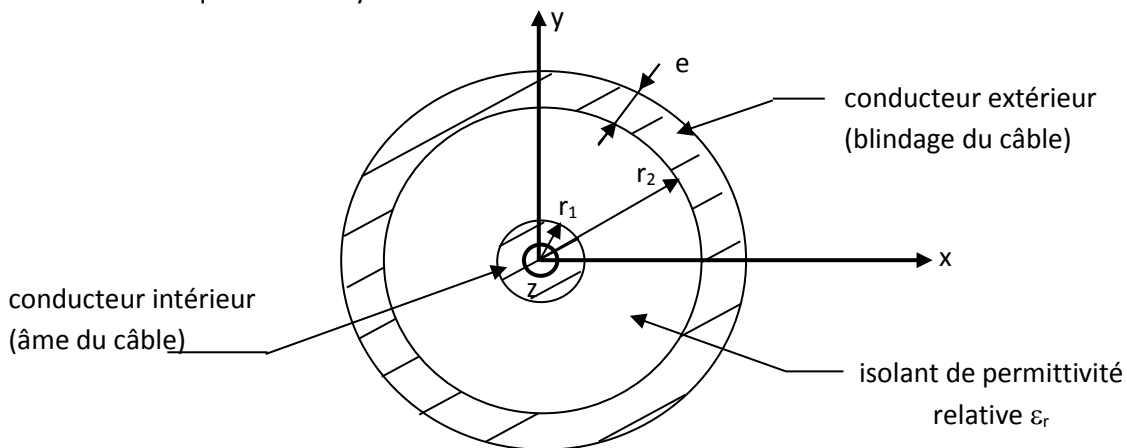
**EXERCICE 2 : Câble coaxial (CCP PSI extrait)**

Un câble coaxial est constitué par deux cylindres coaxiaux parfaitement conducteurs, de même axe Oz, et de rayons respectifs  $r_1$ ,  $r_2$  et  $(r_2+e)$ , et de longueur  $\ell$ . La longueur de la ligne  $\ell$  est assez grande devant  $r_1$  et  $r_2$  pour que l'on puisse négliger les effets de bord : on considère que les symétries et invariances sont les mêmes que si la longueur  $\ell$  était infinie.

L'espace entre les deux conducteurs contient un isolant, homogène et isotrope de permittivité relative  $\epsilon_r = 2,0$ . On rappelle que la permittivité absolue  $\epsilon$  de l'isolant est liée à sa permittivité relative par la relation  $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ , la notation  $\epsilon_0$  désignant la permittivité absolue du vide. Il suffit de remplacer  $\epsilon_0$  par  $\epsilon_0 \cdot \epsilon_r$  dans Maxwell-Gauss pour traiter cet exercice.

Pour les applications numériques, on prendra :  $r_1 = 0,15$  cm,  $r_2 = 0,50$  cm,  $\ell = 10$  m,  $e = 0,10$  cm,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H.m<sup>-1</sup>,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F.m<sup>-1</sup>.

1. Le conducteur intérieur est porté au potentiel  $V_1$  constant et le conducteur extérieur au potentiel  $V_2$  qu'on suppose nul. Les conducteurs, en équilibre électrostatique, portent alors respectivement les charges électriques  $+Q$  et  $-Q$ , supposées uniformément réparties sur les deux seules surfaces des conducteurs qui sont de rayon  $r_1$  et  $r_2$ .



1.1. Montrer que le champ électrique est radial et que sa valeur algébrique ne dépend que de  $r$ .

1.2.a. Etablir l'expression de  $E(r)$  en fonction de  $Q$ , de la permittivité  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$  de l'isolant, de  $r$  et de  $\ell$ , en distinguant les trois cas :  $r < r_1$ ,  $r_1 < r < r_2$  et  $r_2 < r < (r_2 + e)$ .

1.2.b. Montrer que, dans le domaine  $r > (r_2 + e)$ ,  $E(r) = 0$ .

1.3.a. Tracer le graphe de  $E(r)$ .

1.3.b. Commenter physiquement les éventuelles discontinuités de  $E(r)$  à la traversée des cylindres de rayons  $r_1$ ,  $r_2$  et  $(r_2 + e)$ .

1.4. Exprimer la tension  $U_{12} = V_1 - V_2$  en fonction de  $Q$ ,  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ ,  $\ell$ ,  $r_1$  et  $r_2$ .

1.5. Montrer que la capacité par unité de longueur du câble coaxial, notée  $C_1$ , est donnée par :

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

1.6. En déduire simplement l'expression de l'énergie électrostatique  $W_e$  emmagasinée par le câble coaxial de longueur  $\ell$ .

1.7. Calculer la valeur numérique de  $C_1$ .

1.8. Calculer la valeur numérique de  $W_e$  pour une tension  $U_{12} = 10$  V entre les armatures du câble.

### Résolution de problème : Total Recall

Extrait de l'article Wikipédia sur le film Total Recall réalisé en 2012 d'après la nouvelle de Philip K. Dick « Souvenirs à vendre »

*À la fin du XXIe siècle, la Terre a fait l'objet de plusieurs conflits chimiques qui ont rendu une bonne partie de la planète inhabitable. Seuls deux grands territoires sont restés sains : les Îles anglaises ainsi qu'une partie des côtes européennes, connue sous le nom d'Union Fédérale Britannique, puissance économique, et l'Australie, appelée «la Colonie», en état de pauvreté. Tous les jours, des milliers de travailleurs de la Colonie empruntent, pour se rendre à l'usine située dans l'Union Fédérale Britannique, le seul moyen de transport sûr : la Chute («The Fall»), qui passe à travers le noyau terrestre !*

Dans le film la durée du trajet est de 17 minutes. Ce temps est-il plausible ?

On donne  $R_T = 6400$  km et  $g = 9,8$  m/s<sup>-2</sup>