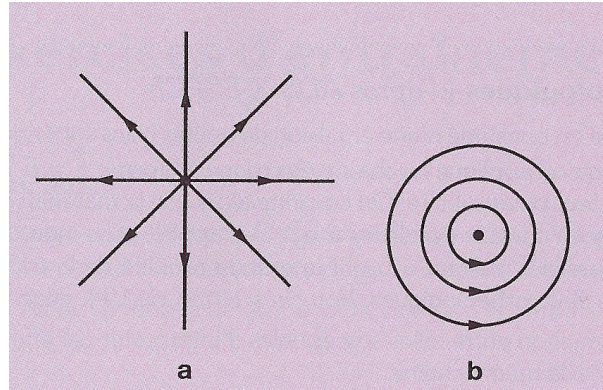


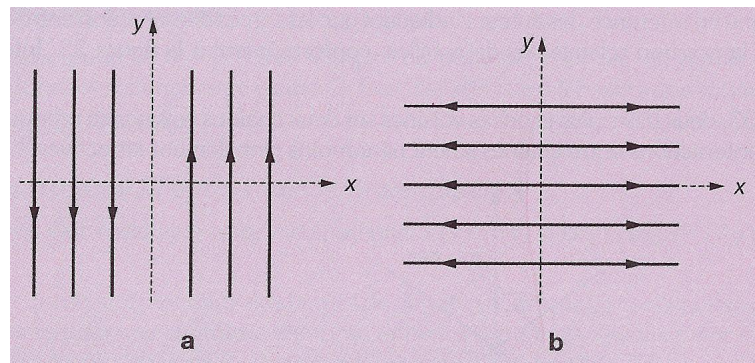
## TD EM 2 - Potentiel électrostatique

### 1 Champ électrostatique

1. Les cartes de lignes de champ des figures a et b ci-dessous sont invariantes par translations perpendiculairement au plan de la figure. Laquelle ne peut pas décrire un champ électrostatique ?



2. Même question pour les deux figures ci-dessous :



### 2 Tension atteinte avec la machine de Wimshurt

Les sphères de métal étant séparées de  $d \simeq 1$  cm, évaluer l'ordre de grandeur de la tension existant entre celles-ci juste avant qu'elles ne se déchargent en claquant.

On donne le champ disruptif de l'air :  $E_d = 3,6 \cdot 10^6$  V.m<sup>-1</sup>.



### 3 Atome d'hydrogène

1. Calculer le champ électrostatique associé au potentiel

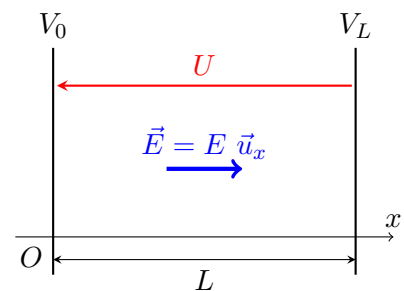
$$V(r) = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r} \exp(-r/a)$$

puis son flux  $\phi(r)$  à travers une sphère de centre  $O$  et de rayon  $r$ .

2. On cherche une distribution continue de charges de densité volumique  $\rho(r)$  qui puisse créer ce champ. En utilisant le théorème de Gauss, interpréter la différence  $\phi(r + dr) - \phi(r)$ . En déduire  $\rho(r)$ . Cette distribution peut-elle décrire le nuage électronique ?
3. Retrouver directement  $\rho(r)$  à l'aide de l'équation locale de Maxwell Gauss et du formulaire d'analyse vectorielle.
4. En utilisant le théorème de Gauss pour une sphère dont le rayon  $r$  tend vers zéro, montrer que la source du champ comprend en outre une charge ponctuelle en  $O$  et la déterminer. Que peut-elle représenter ?

### 4 Mouvement de particules chargées dans un champ uniforme stationnaire

1. Quelle est la force que subit un proton plongé dans une région de l'espace où règne un champ électrostatique uniforme  $\vec{E} = E \vec{u}_x$  ?
2. Montrer que l'on peut négliger le poids du proton devant la force générée par un champ  $E = 100 \text{ kV.m}^{-1}$ . On prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .
3. La zone de l'espace où règne le champ  $\vec{E}$  a une longueur  $L$ . On note  $U = V_0 - V_L$  la différence de potentiel entre les deux armatures qui créent le champ électrostatique. Établir la relation entre  $E$ ,  $U$  et  $L$ .



4. En supposant que le proton entre dans la zone de champ avec une énergie cinétique négligeable, exprimer l'énergie cinétique du proton sortant de la zone d'accélération, en fonction de  $e$  et  $U$  puis sa vitesse en fonction de  $e$ ,  $U$  et  $m$ .
5. Retrouver ce résultat en appliquant le principe fondamental de la dynamique. Exprimer le temps  $\tau_L$  mis par le proton pour parcourir la distance  $L$  en fonction de  $e$ ,  $m$ ,  $L$  et  $E$  puis en fonction de  $e$ ,  $m$ ,  $L$  et  $U$ . Retrouver la valeur de la vitesse calculée au 4.

*Remarque* : on définit l'électron-volt comme étant l'énergie cinétique transférée une charge  $e$  ayant traversé une chute de potentiel égale à 1 V.

Données :

- charge élémentaire  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse du proton :  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$