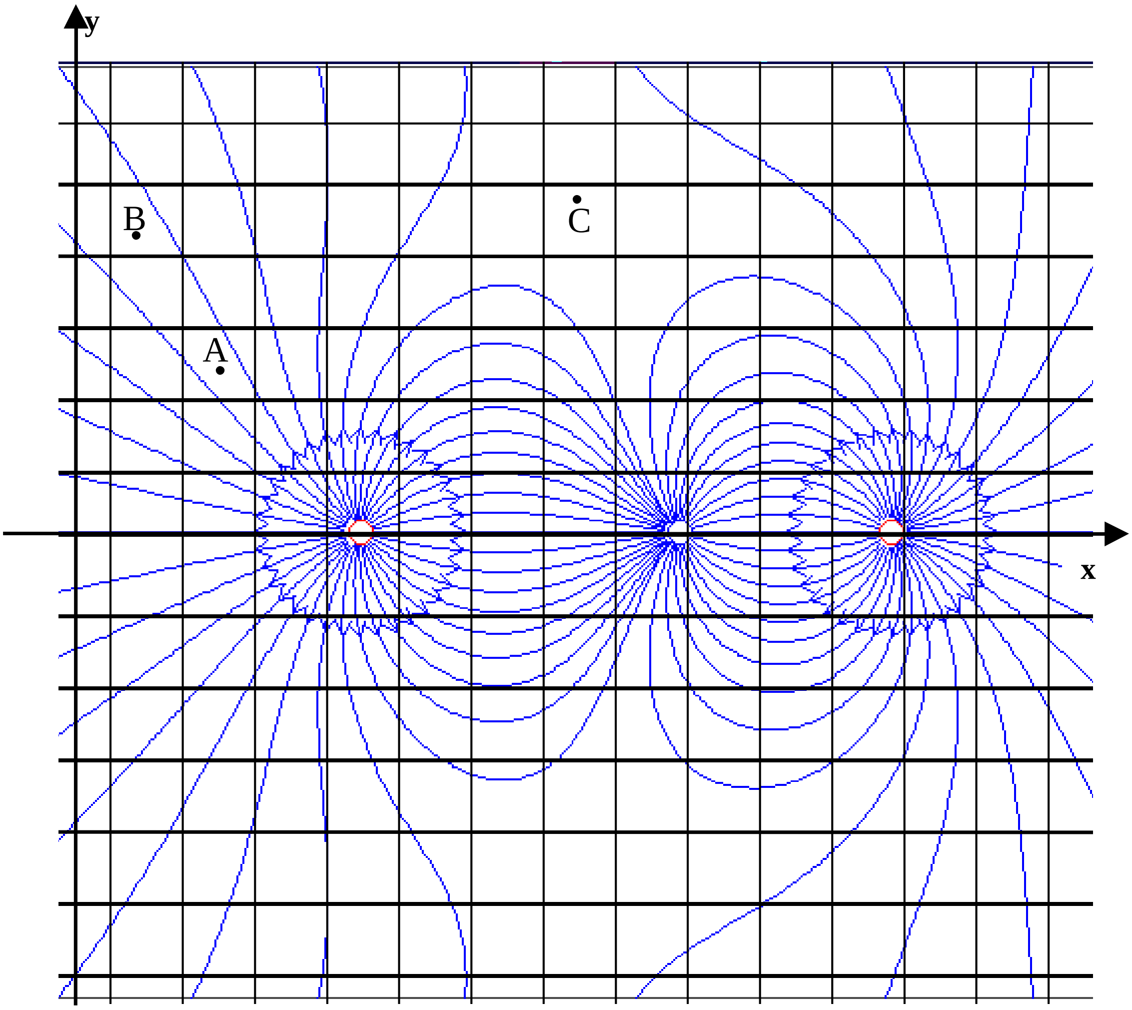
TD N°10 – Electromagnétisme (1)

EXERCICE 1 : Étude d'un champ électrique

La figure représente les lignes du champ électrostatique créé par des fils très longs, uniformément chargés, perpendiculaires au plan de la figure.

1) Quel est le signe de la charge de chacun d'entre eux ?
2) Quel est le signe de la charge totale ?
3) La norme du champ en A est de 100 $V.m^{-1}$. Calculer une valeur approchée du champ en B
4) Que peut-on dire qualitativement du champ au voisinage du point C ?



EXERCICE 2 : Résistance en géométrie cylindrique

L'espace entre deux cylindres coaxiaux d'axe Oz, de rayons R_1 et R_2, ($R_1 < R_2$) est occupé par un conducteur ohmique de conductivité γ.

La hauteur, H, des cylindres est supposée très grande devant R_1 et R_2.

On applique une différence de potentiel constante $V(R_1) – V(R_2)$ entre ces conducteurs et l'on étudie le régime permanent établi.

- Décrire les symétries et invariances de la distribution de courant dans l'espace conducteur.

- En déduire, par application du principe de Curie la forme du vecteur densité de courant $\vec{j}$.

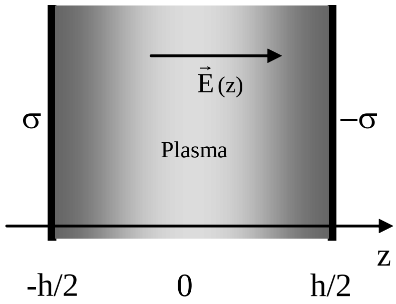
- Soit I le courant qui circule entre les cylindres, exprimer le vecteur densité de courant correspondant en fonction notamment de I, r et H.

- Calculer la résistance de ce conducteur entre les deux cylindres en fonction de R_1 et R_2.

EXERCICE 3 : Effet d'écran dans un plasma

On considère un milieu ionisé (appelé plasma), constitué de particules de charges + q et – q, de même densité particulaire au repos égale à n_0, uniforme et indépendante du temps.
Ce plasma occupe tout le domaine compris entre deux plans parallèles de cotes – h/2 et + h/2.

On charge uniformément ces deux plans (avec des densités surfaciques respectives + σ et – σ, cf. schéma) . La répartition des charges dans le plasma est alors modifiée.



Le système est supposé unidimensionnel : toutes les grandeurs ne dépendent que de la coordonnée z et le champ électrique recherché est de la forme : $\vec{E} = E(z)\vec{e}_z$.

Les densités de particules, notées respectivement $n^+(z)$ et $n^-(z)$ sont données par la loi de Boltzmann de l'équilibre thermodynamique (statistique) du système à la température T :
La probabilité $d\mathcal{P}$ de trouver une charge dans un volume $d\tau$ situé autour d'un point où le potentiel est V(z), est proportionnelle à $e^{-\frac{E_p}{k_B T}}$, où E_P est l'énergie potentielle d'interaction entre le champ et les charges.

1) Donner l'expression de E_0 valeur du champ électrique entre les plaques + σ et – σ en l'absence de plasma.

2) Justifier qualitativement la forme proposée pour le champ électrique en présence de plasma et des plans chargés.

3) Etablir la relation différentielle liant $\rho(z)$ et E(z). En déduire celle qui relie $\rho(z)$ et V(z).

4) La référence des potentiels est choisie de façon que V = 0 si $n^+ = n^- = n_0$: le potentiel nul (ou l'énergie potentielle nulle) correspond donc au plasma non perturbé par un champ.
Exprimer $n^+(z)$, $n^-(z)$ et $\rho(z)$ en fonction du potentiel, puis établir l'équation différentielle vérifiée par V(z).

5) Linéariser celle-ci pour $qV \ll k_B T$ et la résoudre. Pour déterminer la constante d'intégration, on montrera que le champ créé par le plasma est nul sur les plans z = $\pm$ h.

6) Justifier le nom : « effet d'écran » du titre de l'exercice.