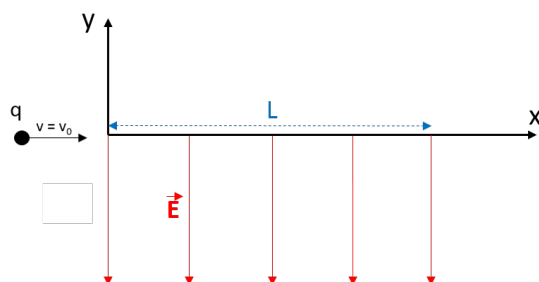


Série 8

Exercice 1: Trajectoire d'une particule chargée sous l'effet d'un champ électrique

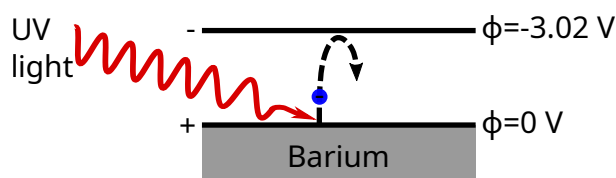
On considère une particule ponctuelle de charge q et de masse m entrant dans une région de l'espace où existe un champ électrique \vec{E} avec une vitesse initiale $\vec{v}(t=0) = v_0 \vec{e}_x$. Comme indiqué sur la figure ci-dessous, pour $x \in [0; L]$, on a $\vec{E} = -E\vec{e}_y$ avec E une constante, tandis que $\vec{E} = \vec{0}$ ailleurs. On pourra négliger la force de gravité.



- Trouvez l'expression de l'équation de la trajectoire de la charge q , $y(x)$ pour $x \in [0; L]$. Tracez la trajectoire correspondante dans le cas où $q > 0$.
- Quelle est la vitesse de la particule lorsqu'elle quitte la région où existe le champ électrique ? Que devient alors sa trajectoire ?
- Calculez la variation d'énergie cinétique de la charge q après avoir traversé la région de champ électrique non nul.
- Comment auriez-vous pu trouver la variation de l'énergie cinétique à partir de la variation du potentiel électrostatique ?

Exercice 2: Cellule photovoltaïque

On considère une source lumineuse ultraviolette éclairant une plaque de barium. L'énergie des photons de cette source lumineuse est suffisante pour éjecter des électrons de la plaque avec une haute vitesse initiale selon la direction verticale. Pour mesurer l'énergie maximale des électrons, une seconde plaque de barium, située au-dessus de la première, est chargée négativement pour stopper et réfléchir les électrons éjectés. Si le potentiel de la plaque supérieure est $\phi_S = -3.02 \text{ V}$ (par rapport à celle du dessous qui est au potentiel $\phi_B = 0 \text{ V}$), tous les électrons sont stoppés. Quelle était la vitesse maximale des électrons lors de leur éjection ? On pourra négliger l'effet de la gravité. La masse et la charge de l'électron en question sont respectivement $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ et $q = -e = -1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

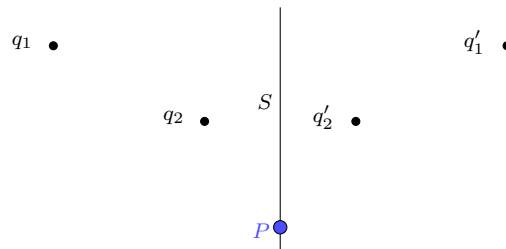


Exercice 3: Détermination de la direction du champ électrique

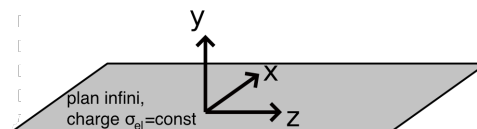
Dans des situations avec une forte symétrie de la distribution des charges électriques, une règle existe pour déduire la direction du champ électrique. Pour un point P donné :

— (E1) : S'il y a un plan de symétrie de la distribution des charges et si le point P appartient à ce plan, alors le champ électrique en ce point est contenu dans ce plan.

- (a) Considérez les charges ponctuelles q_1 et q_2 et leurs symétriques q'_1 et q'_2 par rapport au plan S comme indiqué sur la figure ci-dessous (nous avons donc $q_1 = q'_1$ et $q_2 = q'_2$). Convincez-vous, sans utiliser (E1), qu'en tout point P appartenant à ce plan de symétrie, le champ électrique \vec{E} est en effet contenu dans ce plan.



- (b) Considérez maintenant un plan infini avec une densité de charge de surface uniforme $\sigma_{el} = \text{const}$, voir figure. Utilisez (E1) pour déterminer la direction du champ électrique \vec{E} en tout point de l'espace.



Exercice 4: Vérification de la loi de Gauss

Soit une charge ponctuelle q centrée en O . Calculez

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

où S est la surface fermée de la sphère centrée en O et de rayon R :

- (a) sans Gauss.
- (b) avec Gauss.

Exercice 5: Calcul du champ \vec{E}

Soit une sphère de rayon R portant une densité surfacique de charge σ uniforme.

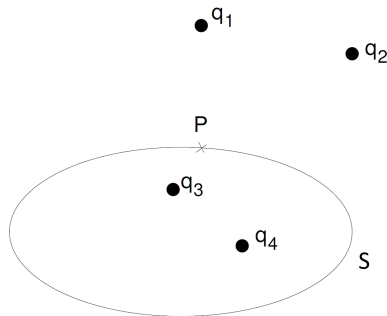
- (a) Quel est le champ \vec{E} au centre de la sphère ?
- (b) Calculez le champ \vec{E} en tout point de l'espace par la loi de Gauss.
- (c) Comment pourriez vous procéder sans utiliser la loi de Gauss ? Donnez une réponse qualitative, sans faire le calcul.
- (d) On considère maintenant une sphère de rayon intérieur R_1 et extérieur R_2 portant une densité volumique de charge ρ (donc, cette fois-ci, ce n'est plus une densité de charge par unité surface, mais par volume) suivante :

$$\rho(r) = \begin{cases} 0 & 0 < r < R_1 \\ \rho_0 & R_1 \leq r \leq R_2 \\ 0 & r > R_2 \end{cases}$$

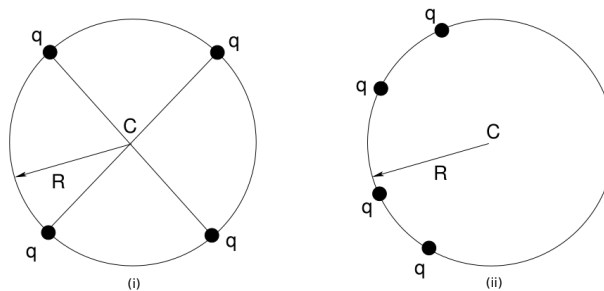
Calculez le champ \vec{E} en tout point de l'espace par la loi de Gauss.

Exercice 6: Question de compréhension

- (a) Soient 4 charges égales $q_1 \dots q_4$. Est-ce que les deux charges q_1 et q_2 , qui se trouvent à l'extérieur de la surface fermée S , influencent le flux du champ électrique à travers S ? Est-ce que la position des deux charges q_1 and q_2 influencent le champ \vec{E} au point p (avec position r_p) se trouvant sur la surface S ? Justifier votre réponse.



- (b) Vous avez les deux structures suivantes. Soit C le centre du cercle de rayon R . Quel est le potentiel électrique en C dans les deux cas?



- (c) Y a-t-il une différence entre les cas (i) et (ii) de la question b) en ce qui concerne le champ électrique en C ?

Exercice 7: Intégrales de surface

Étudier les notes complémentaires sur les intégrales de surface mise à disposition sur le moodle de cette semaine.