

Electromagnétique 2 (EM2)

1. Electrostatique (mai 2005):

1. **Champ E créé par un anneau uniformément chargé.** On considère un cercle de rayon R uniformément chargé avec une densité linéique λ .

- a) Calculer le champ électrique créé en un point M de son axe Ox .
- b) Déduire le potentiel électrique en tout point de l'axe.

2. **Cours:** Enoncer par une phrase le théorème de Gauss.

3. **Sphères concentriques.** On considère 2 sphères concentriques (de même centre), de rayons R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$). La sphère la plus petite contient une charge totale Q uniformément répartie dans tout son volume et la plus grande porte une charge $-Q$ uniformément répartie sur toute sa surface uniquement.

- a) Calculer le champ électrique en tout point de l'espace
- b) Déduire le potentiel en tout point de l'espace.

2. Electrostatique (août 2005)

1. Une boule de centre O et de rayon R porte la densité volumique uniforme de charge ρ .

Calculez le champ électrique \mathbf{E} en un point M intérieur à la sphère en fonction du vecteur \mathbf{OM} .

2. Maintenant, la boule est creusée d'une cavité sphérique de rayon $R' < R$ vide de charge de centre O' tel que : $OO' = d < R$. Pour calculer la valeur du champ dans la cavité on peut considérer que la cavité est une boule qui contient une distribution volumique de charge $-\rho$ (en cumulant les 2 types de densité, la charge dans la cavité est bien nulle).

- a) Calculez le champ \mathbf{E}' en un point M à l'intérieur d'une telle boule en fonction du vecteur $\mathbf{O'M}$ (même question que précédemment).
- b) Utiliser alors le principe de superposition pour calculer la valeur du champ total \mathbf{E}_T dans la cavité.
- c) Quelle est la particularité de ce champ \mathbf{E}_T .

3. Si les points O et O' sont confondus exprimez le potentiel électrique dans la cavité.

3. Electrostatique (décembre 2007)

1. Anneau chargé. Un anneau filiforme de rayon R porte une charge Q uniformément répartie sur sa circonférence.

- Calculer le champ électrique en un point de son axe situé à une distance x du centre. Que pensez vous du résultat $x = 0$? Pour x grand devant R ?
- L'anneau précédent est interrompu par une étroite coupure de longueur ℓ très petite devant le rayon R . Calculer le champ au centre de l'anneau (on pourra modéliser le système en l'assimilant à un anneau entier sur lequel est superposé un petit élément de longueur l et de charge opposée)

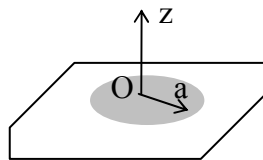
2. Faisceau d'électrons. On considère un faisceau d'électrons équivalent à un tube de rayon R rempli d'électrons de vitesse constante. La densité est considérée constante et égale à ρ ($\rho < 0$). La longueur du faisceau est suffisamment longue pour considérer que le champ électrique créé par ce système de charges est radial, c'est-à-dire perpendiculaire au faisceau, sur presque toute sa longueur.

- Exprimer le champ électrique à l'intérieur et à l'extérieur du faisceau.
- En déduire la force que subit un électron situé dans le faisceau.

4. Electrostatique (mai 2008)

1. L'électret. Un électret produit un champ électrique permanent. Une façon d'en fabriquer un consiste à bombarder sous vide un morceau de plastique à l'aide d'un faisceau d'électrons. Les électrons restent piégés dans le plastique et génèrent un champ électrique permanent. Dans l'électret schématisé ci-contre la région où sont piégés les électrons est un disque de rayon $\rho = a$, d'épaisseur négligeable et de densité surfacique σ

- trouver le champ électrique $E(z)$ le long de l'axe du disque ($z > 0$ uniquement)
- Trouver la valeur de $E(z)$ lorsque z tend vers zéro.



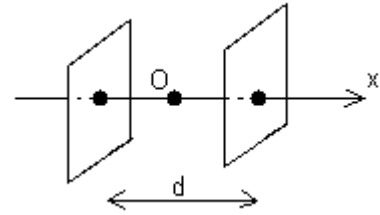
2. Une demi-sphère porte une densité superficielle de charge uniforme σ . Calculer le potentiel électrique en son centre.

3. Théorème de Gauss. Le champ électrique dans l'atmosphère est vertical et dirigé vers le bas. Il vaut 60V/m à 300m d'altitude et 100V/m à 200m . Calculer la charge contenue dans un cube de 100m d'arête situé entre ces deux altitudes ($\epsilon_0 = 8.82 \cdot 10^{-12}\text{ SI}$)

5. Electrostatique (novembre 2008)

1. Question de cours : d'une façon générale quelles sont les trois façons de calculer un champ électrostatique?

2. Profondeur de pénétration d'un plasma. Une région de l'espace, limitée par 2 plans parallèles, de grandes dimensions et distants l'un de l'autre de d , est peuplée de charges q réparties uniformément à raison de n particules par unité de volume. L'origine de l'axe Ox perpendiculaire aux plans est choisie à égale distance des deux plans. Le potentiel est choisie nul en $x = 0$.



- Par application du théorème de Gauss trouver le champ électrique d'abord à l'extérieur des plans, puis à l'intérieur.
- En déduire le potentiel en fonction de x , à l'intérieur puis à l'extérieur des plans.
- Tracer le champ et le potentiel en fonction de x

3. Action de deux charges en mouvement. Deux charges q se déplacent dans le même sens et à la même vitesse \vec{v} suivant deux droites parallèles distantes de d . Elles sont en vis-à-vis c'est-à-dire distantes aussi de d .

- Exprimer le rapport des modules des forces électrostatique, F_e , et magnétostatique, F_m , qu'elles exercent l'une sur l'autre.
- Ces deux forces sont elles de même sens ou opposées?

6. Electrostatique (mai 2009)

1. Dimensions. A partir de l'expression de la force subie par une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique, montrer que la relation $\mu_0 \epsilon_0 c^2 = 1$ est homogène. Vérifier également que l'expression du champ magnétique créé sur l'axe d'un solénoïde infiniment long est homogène.

2. Distribution surfacique de charges. Une demi-sphère porte une densité superficielle de charges uniforme σ . Calculer le champ en son centre.

3. Cylindres concentriques. Deux cylindres infinis métalliques concentriques, de rayons r_1 et r_2 , portent des densités linéaires de charge opposées, λ et $-\lambda$ respectivement. Calculer le champ créé en tout point par ce système.

4. Détermination d'une répartition de charges. On considère une répartition de charges confinée dans un volume sphérique de centre O et de rayon R . Soit M un point intérieur à cette sphère. Déterminer cette répartition de charges qu'on notera $\rho(r)$ pour que le champ ait un module constant en tout point intérieur à la sphère. Calculer ensuite la charge totale de cette sphère.

5. Flux du champ électrique. Une charge q est placée au centre d'un cube. On désire calculer le flux du champ électrique créé par cette charge à travers une des six surfaces du cube, ce qui n'est à priori pas simple.

- écrire une expression vectorielle du champ électrique élémentaire en un point M de la surface du cube (ne pas hésiter à faire un joli dessin).
- écrire une expression générale du flux de ce champ à travers une surface élémentaire qui entoure le point M
- exprimer ce flux élémentaire en fonction de l'angle solide élémentaire.

- d) en déduire le flux total à travers cette surface sachant que l'angle solide à travers lequel on voit tout le cube est 4π str.

7. Electrostatique (décembre 2009)

1. **Cours.** Enoncer les deux propriétés du champ électrostatique et les deux propriétés du champ magnétostatique (flux et circulation).

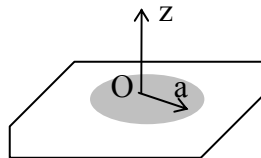
2. **Champ électrique créé par un fil infini.** Calculez, de deux façons différentes, le champ électrique créé en un point M par un fil de longueur infinie et chargé uniformément avec une densité constante λ . En déduire, à une constante près, le potentiel au voisinage du fil.

3. **Champ électrique créé par un disque.** Calculez le champ électrique créé par un disque le long de son axe lorsque ce disque est uniformément chargé en surface.

8. Electrostatique (mai 2010 – reprise de 2008)

1. **L'électret.** Un électret produit un champ électrique permanent. Une façon d'en fabriquer un consiste à bombarder sous vide un morceau de plastique à l'aide d'un faisceau d'électrons. Les électrons restent piégés dans le plastique et génèrent un champ électrique permanent. Dans l'électret schématisé ci-contre la région où sont piégés les électrons est un disque de rayon $\rho = a$, d'épaisseur négligeable et de densité surfacique σ

- c) trouver le champ électrique $E(z)$ le long de l'axe du disque ($z > 0$ uniquement)
d) Trouver la valeur de $E(z)$ lorsque z tend vers zéro.



2. Une demi-sphère porte une densité superficielle de charge uniforme σ . Calculer le potentiel électrique en son centre.

3. **Théorème de Gauss.** Le champ électrique dans l'atmosphère est vertical et dirigé vers le bas. Il vaut 60V/m à 300m d'altitude et 100 V/m à 200m . Calculer la charge contenue dans un cube de 100m d'arête situé entre ces deux altitudes ($\epsilon_0 = 8.82 \cdot 10^{-12}\text{ SI}$)

9. Electrostatique (novembre 2010)

1. **Charge d'un fil.** Un segment de fil électriquement chargé de longueur $2a$ coïncide avec l'axe Ox d'un repère. Le centre O du repère coïncide avec le milieu du segment. La

distribution des charges suit la relation : $\lambda(x) = Ax^2+B$. Calculer la charge totale du fil en fonction de a , A et B .

2. Champ électrique créé par une portion de sphère. Calculer la charge totale d'un quart de sphère de rayon R (sphère coupée en deux puis encore en deux) qui contient les distributions de charge volumique suivantes (avec $\rho_0 = 3\text{nC/m}^3$ et r et φ étant les première et troisième coordonnées sphériques):

- a) $\rho = \rho_0$
- b) $\rho(r) = \rho_0 \cdot r/R$
- c) $\rho(r, \varphi) = \rho_0 \cdot \cos(\varphi)$

3. Champ électrique. Quatre segments uniformément chargés (λ_0) de longueur $2a$ forment un carré plan de centre O . Calculer le champ électrique créé à une distance $3a$ du plan du carré le long d'un axe perpendiculaire à ce plan et passant par O .

4. Densité de charges atmosphérique. Le champ électrique dans l'atmosphère est vertical et dirigé vers le bas. Il vaut 60V/m à 300m d'altitude et 100V/m à 200m . Calculer la charge contenue dans un cube de 100m d'arête situé entre ces deux altitudes ($\epsilon_0=8.82 \cdot 10^{-12}\text{SI}$). En déduire la densité de charges moyenne.

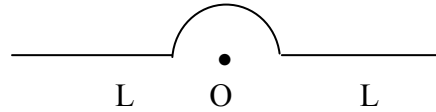
9. Electrostatique (mai 2011)

1. On considère un cercle de rayon R uniformément chargé avec une densité linéique λ .
 - a) Calculer le champ électrique créé en un point M de son axe Ox .
 - b) Déduire le potentiel électrique en tout point de l'axe.
2. Enoncer par une phrase le théorème de Gauss.
3. On considère 2 sphères concentriques (de même centre), de rayons R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$). La sphère la plus petite contient une charge totale Q uniformément répartie dans tout son volume et la plus grande porte une charge $-Q$ uniformément répartie sur toute sa surface uniquement.
 - a) Calculer le champ électrique en tout point de l'espace
 - b) Déduire le potentiel en tout point de l'espace.

10. Electrostatique (novembre 2011)

1. Un cylindre de rayon R et de longueur h est chargé en volume avec une densité de charges: $\rho = \rho_0 (1-ar/R)$. Quelle est la charge totale de ce cylindre ? Quelle est la dimension de a ? Quelle est la dimension de ρ_0 ?
2. On suppose que la Terre, considérée comme sphérique de rayon $R = 6400\text{km}$, porte une charge négative $Q = -10^6\text{C}$.
 - a) On considère que la charge Q est répartie uniformément sur la surface de la Terre avec une densité σ . Calculer σ .
 - b) On considère maintenant que la charge négative est répartie uniformément dans le sol jusqu'à une profondeur de 50km . Quelle est dans ce cas la densité volumique de charges ρ ?

3. Champs électrique et magnétique. Un conducteur est constitué de deux brins rectilignes de longueur L et d'un demi-cercle de centre O et de rayon R (figure ci-dessous). Une charge électrique est uniformément répartie sur le conducteur avec une densité linéique λ .



a) Déterminer le champ électrique et le potentiel électrostatique créés au point O (module et direction).

b) Ce brin de conducteur est maintenant parcouru par un courant uniforme I dirigé de gauche à droite. Calculer le champ magnétique au point O créé par ce courant (module et direction).

4. Théorème de Gauss. Une sphère creuse de centre O , de rayon intérieur R_1 et de rayon extérieur R_2 est chargée en volume (entre ces deux rayons) avec une densité volumique uniforme de charges ρ .

a) Enoncer le théorème de Gauss (avec des mots)

b) Calculer le champ électrique dans tout l'espace

c) Calculer le potentiel dans tout l'espace à une constante près

d) Calculer les constantes en considérant que le potentiel est nul à l'infini

11. Electrostatique (mai 2012)

1. Un disque de centre O de rayon R porte la densité de charges au point P :

$$\sigma(P) = \sigma_0 (1 - r^3/R^3)$$

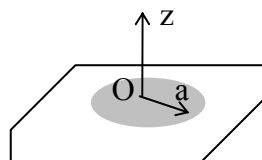
avec $r = OP$. Quelle est la dimension de a ? Quelle est la dimension de σ_0 ? Quelle est la charge totale du disque ?

2. Un cylindre de rayon R et de longueur h est chargé en volume avec une densité de charges $\rho = \rho_0 (1 - ar^3/R^3)$. Quelle est la charge totale de ce cylindre ? Quelle est la dimension de a ? Quelle est la dimension de ρ_0 ?

3. L'électret. Un électret produit un champ électrique permanent. Une façon d'en fabriquer un consiste à bombarder sous vide un morceau de plastique à l'aide d'un faisceau d'électrons. Les électrons restent piégés dans le plastique et génèrent un champ électrique permanent. Dans l'électret schématisé ci-contre la région où sont piégés les électrons est un disque de rayon $\rho = a$, d'épaisseur négligeable et de densité surfacique σ

e) trouver le champ électrique $E(z)$ le long de l'axe du disque ($z > 0$ uniquement)

f) Trouver la valeur de $E(z)$ lorsque z tend vers zéro.



4. Théorème de Gauss. Le champ électrique dans l'atmosphère est vertical et dirigé vers le bas. Il vaut 60V/m à 300m d'altitude et 100V/m à 200m . Calculer la charge contenue dans un cube de 100m d'arête situé entre ces deux altitudes ($\epsilon_0 = 8.82 \cdot 10^{-12}\text{ SI}$)

