

## MESURES ET UNITÉS DE MESURES

### Exercice : 1

On mesure la masse d'un objet à 5% près, le résultat est  $m = 150 \text{ g}$ . Quelle incertitude absolue commet-on ?

### Exercice : 2

Un cercle a pour rayon :  $R = 5,5 \text{ cm}$  à  $1,1 \text{ mm}$  près.

- 1) Quelle est la précision sur la mesure de ce rayon ?
- 2) Donner la valeur de sa surface ainsi que la précision de ce résultat.

### Exercice : 3

Pour mesurer l'épaisseur d'un cylindre creux, on mesure les diamètres intérieur  $D_i = 19,5 \pm 0,1 \text{ mm}$  et extérieur  $D_e = 26,7 \pm 0,1 \text{ mm}$ .

Donner le résultat de la mesure et sa précision.

### Exercice : 4

La mesure d'une densité par la méthode du flacon conduit à l'expression

$$\text{suivante : } d = \frac{m - m_1}{m - m_2}.$$

En adoptant la même incertitude pour tous les termes, donner l'expression de l'incertitude absolue sur  $d$  puis la calculer.

On donne :  $m = 150,2 \pm 0,1 \text{ g}$  ;  $m_1 = 52,0 \pm 0,1 \text{ g}$  ;  $m_2 = 45,2 \pm 0,1 \text{ g}$

### Exercice : 5

Exprimer correctement la surface d'un triangle de base :  $b = 87,0 \pm 0,5 \text{ cm}$  et de hauteur  $h = 45,2 \pm 0,2 \text{ cm}$ .

### Exercice : 6

Un cylindre homogène a les caractéristiques suivantes : masse  $m = 820 \pm 1 \text{ g}$  ; diamètre  $d = 42,0 \pm 0,1 \text{ mm}$  ; hauteur  $h = 41,0 \pm 0,1 \text{ mm}$ .

Calculer sa masse volumique en tenant compte des incertitudes.

### Exercice : 7

Exprimer correctement le volume d'un cube d'arête  $a = 15,2 \pm 0,5 \text{ mm}$  **Exercice : 8**

Calculer en utilisant les formules d'approximation :

$$1^\circ) (0,999)^2; 2^\circ) (1,001)^2; \frac{1,0001}{1,001} \quad \frac{1}{0,99} \quad 3^\circ); 4^\circ); 5^\circ) \quad \frac{1,001}{0,99} \quad 1,012; 6^\circ) ;$$

$$7^\circ) \frac{11}{1003}; \frac{1001}{1002} \quad 9^\circ) \cos 3^\circ; 10^\circ) \sin 4^\circ; 11^\circ) \cos 5^\circ; 12^\circ) \sin 4^\circ$$

## **CORRECTIONS DES EXERCICES :** **MESURE ET UNITÉS DE MESURES**

### **Exercice : 1**

L'incertitude absolue commise est :  $\Delta m$

L'incertitude relative ou précision est :  $\frac{\Delta m}{m} = 5\% = 0,05$

$$\Delta m = 0,05 * m = 0,05 * 150 = 7,5 \text{ g}$$

### **Exercice : 2**

1) Précision sur la mesure de R :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{0,11}{5,5} = 0,02 = 2 \%$$

2) La surface d'un cercle est donnée par la relation :

$$S = \pi R^2 = \pi \cdot (5,5)^2 = 95,03 \text{ cm}^2.$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta \pi}{\pi} * \frac{2 \Delta R}{R} = \frac{2 \Delta R}{R}$$

$$\frac{2 \Delta R}{R} * S \approx 3,80 \text{ cm}^2.$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{2 \Delta R}{R} = 0,04 * 95,03 = 3,8012$$

$$S = 95,03 \pm 3,80 \text{ cm}^2.$$

Précision sur la mesure de S :

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta \pi}{\pi} * \frac{2 \Delta R}{R} = \frac{2 \Delta R}{R} = 2 * 0,02 = 0,04 = 4 \%$$

### **Exercice : 3**

L'épaisseur d'un cylindre creux est :

$$e = \frac{D^e - D^i}{2} = \frac{26,7 - 19,5}{2} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\Delta e = \frac{1}{2} (\Delta D^e + \Delta D^i) = \frac{1}{2} (0,1 + 0,1) = 0,1$$

$$e = 3,6 \pm 0,1 \text{ mm}$$

La précision sur la mesure de l'épaisseur est :

$$\frac{\Delta e}{e} = \frac{0,1}{3,6} = 0,0277 \approx 0,028 = 2,8 \%$$

**Exercice : 4**

L'incertitude relative sur la densité est :

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta(m-m_1)}{m-m_1} + \frac{\Delta(m-m_2)}{m-m_2} = \frac{\Delta m}{m-m_1} + \frac{\Delta m}{m-m_2}$$

En adoptant la même incertitude, on a :  $\Delta m = \Delta m_1 = \Delta m_2$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta d}{d} &= \frac{2 \cdot \Delta m}{m-m_1} + \frac{2 \cdot \Delta m}{m-m_2} = 2 \cdot \Delta m \left( \frac{1}{m-m_1} + \frac{1}{m-m_2} \right) \\ \frac{\Delta d}{d} &= 2 \cdot \Delta m \cdot \frac{m-m_2 + m-m_1}{(m-m_1)(m-m_2)} = 2 \cdot \Delta m \cdot \frac{2m - m_1 - m_2}{(m-m_1)(m-m_2)} \\ \Delta d &= \frac{2 \cdot \Delta m \cdot (2m - m_1 - m_2)}{(m-m_1)(m-m_2)} \end{aligned}$$

$$\Delta d = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot (2 \cdot 150,2 - 52,0 - 45,2)}{(150,2 - 45,2)^2} \approx 0,004$$

**Exercice : 5**

$$\text{La surface d'un triangle est : } S = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{87,0 \cdot 42,6}{2} = 1853,1 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h} \Rightarrow \Delta S = S \left( \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h} \right) = 1853,1 \cdot \left( \frac{0,5}{87} + \frac{0,2}{42,6} \right) = 19,35$$

$$S = 1853,10 \pm 19,35 \text{ cm}^2. \text{ **Exercice**$$

**: 6**

$$\text{La masse volumique d'un cylindre est : } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Le volume est : } V = S \cdot h = \pi r^2 h = \pi \frac{d^2}{4} h$$

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h} = \frac{4 \cdot 820}{\pi \cdot 4,2^2 \cdot 4,1} = 14,4358 \approx 14,44 \text{ g/cm}^3.$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{2\Delta d}{d}$$

$$\text{L'incertitude sur } \rho \text{ est : } \Delta \rho = \rho \left( \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{2\Delta d}{d} \right)$$

$$\Delta \rho = 14,44 \left( \frac{1}{820} + \frac{0,1}{41} + \frac{2 \cdot 0,1}{42,0} \right) = 0,12$$

$$\rho = (14,44 \pm 0,12) \text{ g/cm}^3.$$

### **Exercice : 7**

$$\text{Le volume d'un cube est : } V = a^3 = (15,2)^3 = 3511,808 \approx 3511,81 \text{ mm}^3.$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta a}{a} \Rightarrow \Delta V = 3 \cdot V \cdot \frac{\Delta a}{a} = 3 \cdot 3511,81 \cdot \frac{0,5}{15,2} = 346,56 \text{ mm}^3.$$

$$V = 3511,81 \pm 346,56 \text{ mm}^3.$$

### **Exercice : 8**

$$1^\circ) (0,999)^2 = (1 - 0,001)^2 = 1 - 2(0,001) = 0,998$$

$$2^\circ) (1,001)^2 = (1 + 0,001)^2 = 1 + 2(0,001) = 1,002$$

$$3^\circ) \frac{1,0001}{1,001} = \frac{1+0,0001}{1+0,001} \approx \frac{1+0,0001-0,001}{1+0,001-0,001} = 0,9991$$

$$4^\circ) \frac{1}{0,99} = \frac{1}{1-0,01} = 1(1-0,01)^{-1} = 1+1(0,01) = 1,01$$

$$5^\circ) \sqrt{1,012} = 1 + \sqrt{0,012} = (1 + 0,012)^{1/2} = 1 + 0,006 = 1,006$$

$$6^\circ) \frac{1,001}{0,99} = \frac{1+0,001}{1-0,01} \approx \frac{1+0,001+0,01}{1-0,01} = 1,011$$

$$7^\circ) \frac{11}{\sqrt[3]{1003}} = \frac{10+1}{\sqrt[3]{1000+3}} = \frac{10(1+0,1)}{\sqrt[3]{1000(1+0,003)}} = \frac{10(1+0,1)}{\sqrt[3]{1000} \cdot (1+0,003)^{1/3}} \\ \frac{11}{\sqrt[3]{1003}} = \frac{10(1+0,1)}{10 \cdot (1+0,003)^{1/3}} = \frac{(1+0,1)}{(1+0,003)^{1/3}} = 1 + 0,1 - 0,001 = 1,099$$

$$8^\circ) \frac{1001}{1002} = \frac{1000+1}{1000+2} = \frac{1000(1+0,001)}{1000(1+0,002)} \approx \frac{1+0,001-0,002}{1} = 0,999$$

$$9^\circ) \text{ Soit: } 3^\circ = 0,0523 \text{ rad; } 4^\circ = 0,0698 \text{ rad; } 5^\circ = 0,0873 \text{ rad} \\ (0,0523)^2$$

$$10^\circ) \cos 3^\circ = 1 - \frac{(0,0523)^2}{2} = 0,9986$$

$$11^\circ) \sin^2 4^\circ = 0,0698$$

$$12^\circ) \cos^2 5^\circ = 1 - \frac{(0,0873)^2}{2} = 0,9962$$

## **CHAMP DE GRAVITATION**

***Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$***

### **Exercice : 1**

Comparer les valeurs des champs de gravitation, à la surface de la terre, créés par la terre et par le soleil. Distance moyenne terre - soleil :  $1,49 \cdot 10^{11} \text{m}$ . On donne : masse du soleil :  $M_s = 1,98 \cdot 10^{30} \text{kg}$  ; rayon de la terre  $R_T = 6380 \text{km}$  ; masse de la terre :  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{kg}$

**Exercice : 2**

Une boule de pétanque a une masse  $M = 730 \text{ g}$  et un rayon  $R = 4 \text{ cm}$ . Le cochonnet a une masse  $m = 12 \text{ g}$  et un rayon  $r = 1,5 \text{ cm}$ .

Calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant entre le cochonnet et la boule. Distance entre les circonférences :  $14,5 \text{ cm}$ . **Exercice :**

**3**

Soit  $d = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$  la distance qui sépare les centres respectifs  $O_1$  et  $O_2$  de la terre et de la lune, assimilées des sphères homogènes de masses.

$M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  et  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ .

Comparer les champs gravitationnels créés par la terre et par la lune en un point A du segment  $O_1O_2$  tel que  $O_1A = 10^4 \text{ km}$ .

**Exercice : 4**

La lune décrit une trajectoire quasi- circulaire autour de la terre, de rayon  $384 \cdot 10^3 \text{ km}$ . Le champ gravitationnel à la surface de la terre est  $g_0 = 9,8 \text{ N/ kg}$ , et le rayon de la terre est

$R_T = 6370 \text{ km}$ . Calculer la valeur du champ gravitationnel terrestre au centre de la lune.

**Exercice : 5**

Le soleil a une masse  $M_S = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ . La terre a une masse  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , le rayon moyen de l'orbite de la terre autour du soleil est  $1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$ . Calculer la valeur de la force d'interaction entre le soleil et la terre.

**Exercice : 6**

Calculer la force d'interaction gravitationnelle entre le noyau et l'électron de l'atome  ${}_1^1\text{H}$  sachant que la distance entre le noyau et la couche K est  $d = 53 \text{ pm}$ .

On donne :  $m_p \approx m_N \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Même question pour l'atome :  ${}_1^2\text{H}$

**Exercice : 7**

Calculer le champ de gravitation  $g_L$  créé par la lune au centre de la terre. On donne masse de la lune  $M_L = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  ; distance moyenne terre - centre de la lune  $r_L = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$ .

**Exercice : 8**

Le soleil a une masse  $M_S = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ . La terre gravite autour du soleil à la distance moyenne  $r = 15 \cdot 10^7 \text{ km}$ .

En supposant le soleil ponctuel, calculer l'intensité du champ de gravitation solaire sur l'orbite terrestre.

**Exercice : 9**

A quelle distance  $x$  de la terre le champ gravitationnel de celle-ci compense-t-il celui de la lune ?

La distance entre la terre et la lune est  $d = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$ .

$$M^T$$

Le rapport des masses vaut :  $\frac{M^T}{M^L} = 81$

### **Exercice : 10**

A quelle altitude  $h$ , le champ  $g_h$  diffère-t-il de  $g_0$  de 1% ? On donne :  $R_T = 6380$  km

### **Exercice : 11**

Compléter le tableau ci – dessous

| Corps  | Rayon (m)          | Masse (kg)           | $g_0$ (N/kg)        |
|--------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Terre  | $6,37 \cdot 10^6$  | $5,98 \cdot 10^{24}$ | 9,83                |
| Soleil | $109,26 \cdot R_T$ |                      | $27,7 \cdot g_{0T}$ |
| Mars   | $0,52 \cdot R_T$   | $0,107 \cdot M_T$    |                     |
| Lune   |                    | $0,012 \cdot M_T$    | $0,16 \cdot g_{0T}$ |

### **Exercice : 12**

La valeur du champ de gravitation de la terre à l'altitude  $h$  est donnée par la

$$g_h = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

relation :  $g = g_0$  avec  $g_0 = 9,8$  m/s<sup>2</sup> ( $R_T + h$ )

- 1) Avec quelle hypothèse cette formule est – elle établie ?
- 2) Pour  $h \ll R_T$ , donner une relation approchée de  $g_h$ .

$$g^0 - g^h$$

En déduire la variation relative  $\frac{g^0 - g^h}{g^0}$

- 3) Calculer cette variation relative à l'altitude  $h = 4808$  m, on donne  $R_T = 6380$  km.
- 4) Calculer la variation relative du poids d'un objet de 1 kg lorsqu'il passe du niveau de la mer au sommet de l'altitude  $h$ .

### **Exercice : 13**

La lune est considérée comme un corps à répartition sphérique de masse, de rayon  $R_L = 1740$  km et de masse  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22}$  kg.

- 1) Donner l'expression du vecteur champ de gravitation de la lune à une distance  $r \gg R_L$  de son centre.
- 2) a) Calculer la valeur du champ de gravitation lunaire  $g_{0L}$  à la surface de la lune.  
b) Comparer cette valeur à celle du champ de gravitation terrestre  $g_{0T}$  à la surface de la terre.

- 3) Lors de la dernière mission lunaire (Apollo XVII), les astronautes ont ramené 117 kg de roches. Quel était le poids de ces roches : a) à la surface de la lune ?  
b) à la surface de la terre ?

**Exercice : 14**

En août 1976, la sonde Wiking I s'est posée sur la planète Mars ; elle a transmis de nombreuses observations du sol martien. On admet que cette planète est à répartition de masse de symétrie sphérique. Masse de Mars :  $M_M = 6,42 \cdot 10^{23}$  kg ; rayon moyen de Mars  $R_M = 3397$  km.

r

- 1) Donner l'expression littérale du champ de gravitation  $g_M$  créé par Mars en un point P situé à la distance r de son centre ( $r \gg R_M$ )
- 2) La sonde avait un poids de 35000N sur terre. Quelle était la valeur de la force exercée par Mars sur la sonde satellisée autour de Mars, à une altitude  $h = 1520$  km ?
- 3) a) Calculer la du champ de gravitation à la surface de Mars.  
b) Comparer cette valeur à celle du champ de gravitation de la terre, à la surface de la terre.

**Exercice : 15**

La lune a un rayon  $R_L = 1738$  km et une masse  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22}$  kg.

- 1) Donner la valeur du champ de gravitation à la surface lunaire..
- 2) Lors d'une << pesée >> sur la terre, l'indication donnée par un << pèse – personne >> est 80 N. Quelle serait l'indication de la même << pesée >> sur la lune ? On donne :  $g_0 = g_{0T} = 9,8$  N / kg.

## **CORRECTIONS DE SEXERCICES :**

### **CHAMPDEGRAVITATION**

#### **Exercice : 1**

Comparaison des valeurs des champs de gravitation :

Par la terre à la surface de la terre :  $g_{0T} = \frac{G.M^T}{R_T^2}$

Par le soleil à la surface de la terre :  $g_s = \frac{G.M^s}{r^2}$

$$g_{0T} = \frac{G.M_s}{r^2} = \frac{6,67.10^{-11} * 1,98.10^{30}}{(1,49.10^8)^2} = 5,98.10^{-4}$$

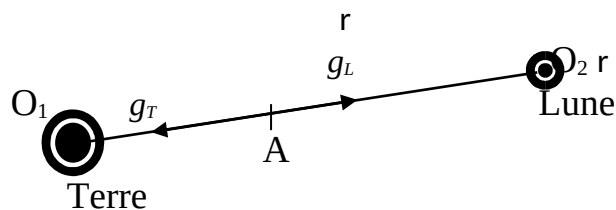
#### **Exercice : 2**

La distance entre les centres de la boule et du cochonnet est :

$$d = 4 + 14,5 + 1,5 = 20 \text{ cm}$$

$$F = \frac{G.M.m}{d^2} = \frac{6,67.10^{-11} * 730.10^{-3} * 12.10^{-3}}{(0,20)^2} = 1,46.10^{-11} \text{ N}$$

#### **Exercice : 3**



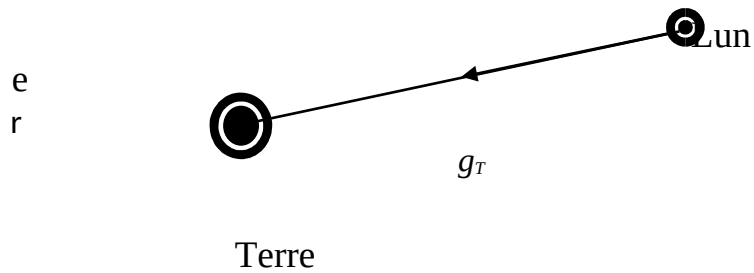
Soit  $d = O_1O_2 = 3,84.10^8 \text{ m}$  ; si  $O_1A = 10^4 \text{ km} = 10^7 \text{ m}$  alors  $O_2A = 3,74.10^8 \text{ m}$

$$g_T = \frac{G.M_T}{(O_1A)^2} ; g_L = \frac{G.M_L}{(O_2A)^2}$$

$$g_T = \frac{G.M_T}{(O_1A)^2} = \frac{6,67.10^{-11} * 5,98.10^{24}}{(10^7)^2} = 5,84.10^{-2} \text{ m/s}^2$$

$$g_L = \frac{G.M_L}{(O_2A)^2} = \frac{6,67.10^{-11} * 7,32.10^{22}}{(3,74.10^8)^2} = 1,3.10^{-2} \text{ m/s}^2$$

#### Exercice : 4



Le champ de gravitation créé par la terre au centre de la lune est :

$$g = \frac{G \cdot M_T}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{(384 \cdot 10^3)^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ N/kg}$$

#### Exercice : 5

Valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre le soleil et la terre :

$$F = \frac{G \cdot M_T \cdot M_S}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 1,98 \cdot 10^{30}}{(1,49 \cdot 10^{11})^2}$$

$$F = 3,557 \cdot 10^{22} \text{ N} \approx 3,56 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

#### Exercice : 6

Calcul de la force de gravitation entre le noyau et l'électron :

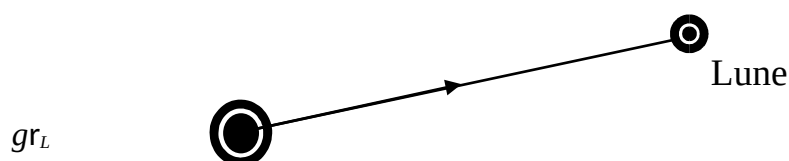
Pour  ${}_1^1\text{H}$

$$F = \frac{G \cdot m_N \cdot m_e}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{(53 \cdot 10^{-12})^2} = 3,6 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

Pour  ${}_1^2\text{H}$

$$F = \frac{G \cdot m_N \cdot m_e}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}) \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{(53 \cdot 10^{-12})^2} = 7,2 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

#### Exercice : 7

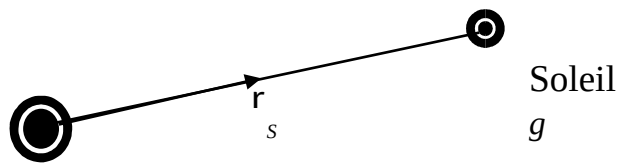


Terre

Le champ de gravitation créé par la lune au centre de la terre est :

$$g_L = \frac{G \cdot M_L}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,3 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ N/kg}$$

### Exercice : 8



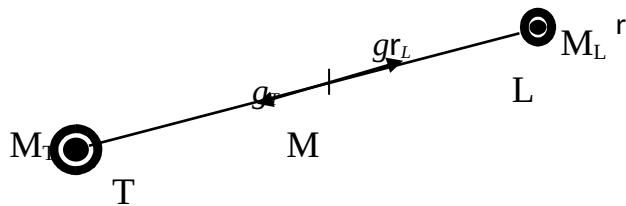
Terre

Le champ de gravitation solaire sur l'orbite terrestre est :

$$g_s = \frac{G \cdot M_s}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,98 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} = 5,86 \cdot 10^{-3} \text{ N/kg}$$

### Exercice : 9

Soit M le point où les champs se compensent :



En posant  $MT = x$  alors  $ML = d - x$

Puisque les champs se compensent, alors  $g_T = g_L \Rightarrow \frac{G \cdot M_T}{x^2} = \frac{G \cdot M_L}{(d - x)^2}$

$$\frac{M_T}{x^2} = \frac{M_L}{(d - x)^2} \Rightarrow \frac{81}{x^2} = \frac{1}{(d - x)^2}$$

$$x^2 = 81(d - x)^2$$

Puisque  $x < d$ , on a :  $\frac{x}{d-x} = 9 \Leftrightarrow \frac{x}{d-x} = 9$  soit  $9(d-x) = x$

$$9d - 9x = x \Rightarrow 9d = 10x \Rightarrow x = 0,9.d = 0,9 \cdot 3,84.10^8 = 345,6.10^6 \text{ m.}$$

### Exercice : 10

$$g_h = g_0 \left( \frac{R_T}{R_T + h} \right)^2 = \frac{g_0 R_T^2}{(R_T + h)^2} = g_0 \left( \frac{1}{1 + \frac{h}{R_T}} \right)^2 = g_0 \left( 1 + \frac{h}{R_T} \right)^{-2} = g_0 \left( 1 - 2 \frac{h}{R_T} \right)$$

$$g_h = g_0 - \frac{2 g_0 h}{R_T} \Rightarrow g_h - g_0 = - \frac{2 g_0 h}{R_T}$$

$$g_h - g_0 = - \frac{2 g_0 h}{R_T}$$

La variation relative de  $g_h$  est :

$$\frac{g_h - g_0}{g_0} = - \frac{2 h}{R_T}$$

Calcul de h pour une diminution relative de 1%

$$- \frac{2 h}{R_T} = - \frac{1}{100} \Rightarrow h = \frac{R_T}{2 \cdot 100} = \frac{6380}{200} \approx 32 \text{ km}$$

### Exercice : 11

| Corps   | Rayon (m)                 | Masse (kg)                      | $g_0$ (N/kg)             |
|---------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Soleil  | $6,96.10^8 = 109,26. R_T$ | $1,98.10^{30} = 0,33.10^6. M_T$ | $272,63 = 27,73. g_{0T}$ |
| Mercure | $2,34.10^6 = 0,37. R_T$   | $3,28.10^{23} = 0,055. M_T$     | $3,99 = 0,41. g_{0T}$    |
| Venus   | $6,26.10^6 = 0,98. R_T$   | $4,83.10^{24} = 0,81. M_T$      | $8,22 = 0,84. g_{0T}$    |
| Terre   | $6,37.10^6 = R_T$         | $5,98.10^{24} = M_T$            | $g_{0T} = 9,83$          |
| Mars    | $3,32.10^6 = 0,52. R_T$   | $6,40.10^{23} = 0,107. M_T$     | $3,87 = 0,39. g_{0T}$    |
| Lune    | $1,74.10^6 = 0,27. R_T$   | $7,34.10^{22} = 0,012. M_T$     | $1,62 = 0,16. g_{0T}$    |
| Jupiter | $6,98.10^7 = 10,96. R_T$  | $1,90.10^{27} = 317,7. M_T$     | $26,01 = 2,64. g_{0T}$   |
| Saturne | $5,82.10^7 = 9,14. R_T$   | $5,68.10^{26} = 94,98. M_T$     | $11,18 = 1,14. g_{0T}$   |

## Exercice : 12

1) La terre a une répartition de masse à symétrie sphérique

1) Soit  $h = r - R_T$ , l'altitude au dessus du sol, du point considéré. La valeur  $g$  du champ en ce point s'écrit :

$$G.M_T = g_0.R_T^2$$

$$g_h = g_p = \frac{G.M_T}{(R_T + h)^2}$$

Pour des faibles altitudes ( $h \ll R_T$ ), trouvons une relation approchée de  $g_h$

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = \frac{1}{(1 + \frac{h}{R_T})^2} \approx 1 - \frac{2h}{R_T}$$

$$g_h = g_0 \left(1 - \frac{2h}{R_T}\right)$$

La variation relative est :  $\frac{g_h - g_0}{g_0} = -\frac{2h}{R_T}$

3) Calcul de la variation relative

$$g_0 - g_h = \frac{2h}{R_T} g_0 = 2 \cdot \frac{4808}{6380} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$$

$$g_0 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

4) Au niveau de la mer ( $h = 0$ ), le poids est :  $P_0 = m \cdot g_0$

A l'altitude  $h$ , le poids est:  $P_h = m \cdot g_h$

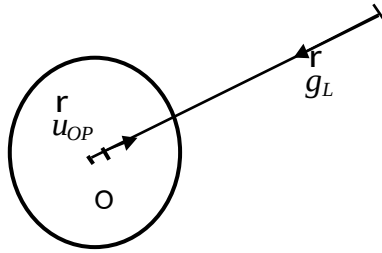
$$P_0 - P_h = m \left[ g_0 - g_0 \left(1 - \frac{2h}{R_T}\right) \right] = m g_0 \left(1 - 1 + \frac{2h}{R_T}\right) = P_0 \left(\frac{2h}{R_T}\right)$$

$$\frac{P_0 - P_h}{P_0} = \frac{2h}{R_T} = 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,15\%$$

$$P_0 = 6380 \text{ N}$$

## Exercice : 13

1) Expression du champ de gravitation de la lune à une distance  $r \geq R_L$  de son centre.



$$g_L = \frac{G.M_L}{r_L^2} r_{u_{OP}} \Rightarrow g_L = \frac{G.M_L}{r_L^2}$$

2) a) champ de gravitation à la surface de la lune :

$$= \frac{G.M_L}{R_L^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,34 \cdot 10^{22}}{(1740 \cdot 10^3)^2} = 1,617 \approx 1,62 \text{ m/s}^2$$

b) Comparaison :  $* R_T^2 = 7,34 \cdot 10^{22} * (6380 \cdot 10^3)^2 = 0,164 \approx 0,16$

$$g_{0L} = \frac{G.M_L}{R_{L2}^2} = \frac{G.M_T}{R_{T2}^2} = \frac{M_L}{M_T} \cdot \frac{R_{T2}^2}{R_{L2}^2} = 0,16 \cdot g_{0T} = 0,16 \cdot g_{0T}$$

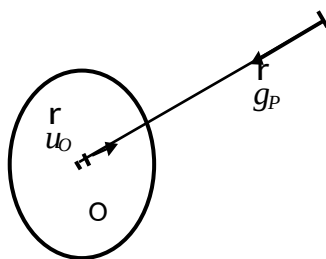
3) Calcul du poids des roches

a) A la surface de la terre :  $P_T = m \cdot g_{0T} = 117 \cdot 9,8 = 1147 \text{ N}$

b) A la surface de la lune :  $P_L = m \cdot g_{0L} = 117 \cdot 1,62 = 189,54 \text{ N}$

### Exercice : 14

1) En considérant Mars comme un objet à répartition de masse sphérique de centre O, le champ de gravitation en un point P, situé à la distance  $r \geq R_M$ ,



$$g_P = \frac{G.M_M}{r^2} r_{u_O} \Rightarrow g_P = \frac{G.M_M}{r^2}$$

s'écrit :

2) La sonde a des dimensions petites par rapport à sa distance au centre O de Mars ; elle peut être considérée comme un objet ponctuel de masse m.

Elle est donc soumise à la force de gravitation de valeur :

$$F = m \cdot g_p = m \cdot G \cdot \frac{M_L}{r^2}$$

La masse de la sonde est :  $m = \frac{P}{g_p} = \frac{35.000}{9,8} \approx 3571 \approx 3570 \text{ kg}$

Le rayon  $r = R_M + h = 3397 + 1520 = 4917 \text{ km}$

$$\frac{3570 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,42 \cdot 10^{23}}{(4,92 \cdot 10^6)^2} = 6315,4 \approx 6320$$

La force  $F = N$

3) a) champ de gravitation à la surface de Mars :  $g = G \cdot M_M = 6,67 \cdot 10^{-11}$

$\cdot 6,42 \cdot 10^{23} = 3,7108 \approx 3,71 \text{ N/kg}$

$\frac{G \cdot M}{R_M^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,42 \cdot 10^{23}}{(3,397 \cdot 10^3)^2}$

b) Comparaison :

$g_{0T} = 9,8 = 2,64$

$g_{0M} = 3,71$

Le poids d'un objet à la surface de la terre est environ 2,6 fois plus grand que le poids du même objet à la surface de Mars.

### Exercice : 15

1) Le champ de gravitation à la surface lunaire est donné par la relation :

$G \cdot M_L = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,342 \cdot 10^{22} = 1,62 \text{ N/kg}$

$g_{0L} = \frac{G \cdot M_L}{R_L^2} = \frac{1,62}{(1738 \cdot 10^3)^2}$

2) A la surface de la terre :  $P_T = m \cdot g_{0T} = 80 \text{ N}$

L'indication de la même << pesée >> sur la lune est :

$P_L = m \cdot g_{0L} = P_T \cdot \frac{g_{0L}}{g_{0T}} = 80 \cdot 1,62 =$

$13,22 \text{ N}$

## **CHAMP ELECTROSTATIQUE**

### **Exercice : 1**

Trouver les caractéristiques du vecteur champ  $E$  pour la force électrostatique  $F$  s'exerçant sur proton compense son poids  $P$ .

Même question pour l'électron.

On donne :  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg ;  $g = 9,8$  N/kg.

### **Exercice : 2**

Dans une molécule de dihydrogène, les protons constituant les noyaux des deux atomes sont à une distance  $d = 74,1$  pm.

1) Calculer la valeur de la force d'interaction électrostatique entre les deux protons.

On donne : charge du proton en valeur absolue  $q = e = 1,69 \cdot 10^{-19}$  C.

2) Comparer la valeur de cette force à celle la force de gravitation s'exerçant entre les deux protons de la même molécule.

On donne :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ; constante de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

**Exercice : 3** Une particule chargée, située dans un champ électrique de valeur  $E = 5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ ,

$r$

est soumise à une force électrique de sens opposé au vecteur  $E$  et de valeur

$F = 8 \cdot 10^{-14} \text{ N}$ . 1) a) Donner l'expression de la

force électrique  $r$   $r$

b) Représenter le champ  $E$  et la force  $F$

2) a) Calculer la valeur de la charge électrique  $q$ .

b) Quel est le signe de la charge ? En déduire le nom de la particule.

**Exercice : 4**

On considère deux charges immobiles placées dans le vide en A ( $q_1 = -10 \text{ nC}$ ) et en B ( $q_2 = 40 \text{ nC}$ ). La distance entre A et B est 5 cm.

1) Calculer la valeur du champ électrique en un point M situé à 3 cm de A et 4 cm de B. (Le triangle AMB étant rectangle en M)

2) Calculer la valeur de la force qui s'exerce sur une ponctuelle  $q = +10 \text{ nC}$  placée en M.

**Exercice : 5**

La boule d'un pendule électrostatique, de masse  $m = 2,5 \text{ g}$  porte une charge  $q = 0,5 \text{ μC}$ .

1) Quelle doit être l'intensité d'un champ électrostatique horizontal pour que le fil s'incline de  $30^\circ$  C par rapport à la verticale ?

2) Quel angle fait le fil avec la verticale si le champ a une intensité de  $10^4 \text{ V/m}$  ?

3) Calculer la tension du fil ? On donne :  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

**Exercice : 6**

Deux charges électriques  $q = 1 \text{ nC}$  et  $q' = 9 \text{ nC}$  sont situées respectivement en deux points A et B, distants de 8 cm. Trouver la position du point de la droite AB où le champ électrostatique résultant est nul ?

**Exercice : 7**

1) Deux charges ponctuelles positives  $q$  et  $q'$  sont placées en deux points A et B distants de  $2l$ . Déterminer le champ électrique : a) Au milieu M de AB.

b) En un point N, situé sur la droite AB à la distance  $3l$  de M.

A.N :  $q = 5 \text{ μC}$  ;  $q' = 3q$ ;  $l = 5 \text{ cm}$

2) Le champ électrique est nul entre A et B en un point O. Déterminer la position de ce point par rapport à A ?

3) On place une charge positive  $q'' = q$ , en un point C, situé sur la médiatrice du segment AB à la distance  $2l$  de A.

Déterminer le champ électrique au centre de symétrie G du triangle ABC.

### **Exercice : 8**

Entre deux plateaux d'un condensateur, le champ électrique est uniforme et perpendiculaire aux armatures, sa valeur est :  $E = 10^4 \text{ V/m}$ . Dans ce champ, on place une tige homogène AB isolante de longueur  $2a = 20 \text{ cm}$  qui porte à ses extrémités les charges  $+q$  et  $-q$ . Cette tige est suspendue en son milieu à un fil de constante de torsion  $C = 10^{-5} \text{ N.m. rad}^{-1}$ .

Lorsque le champ est nul, la tige est parallèle aux armatures. Elle tourne d'un angle  $\theta = 30^\circ$  lorsqu'on établit le champ. Calculer la valeur de la charge  $q$ .

### **Exercice : 9**

Deux sphères très petites et portant la même charge  $+q$  sont placées dans l'air en A et B. On pose  $AB = 2b$ . On considère le point O milieu de AB et M un point situé sur médiatrice de AB tel que :  $OM = x$ .

Déterminer l'expression de l'intensité du champ électrique au point M en fonction de  $x$  ?

### **Exercice : 10**

Quatre sphères conductrices identiques très petites sont montées sur un support isolant et disposées aux sommets d'un carré ABCD (figure) de côté  $10 \text{ cm}$  et placé dans l'air.

Les sphères situées en A et C, sommets opposés portent une charge  $0,4 \mu\text{C}$ , les deux autres une charge de  $-0,8 \mu\text{C}$ .

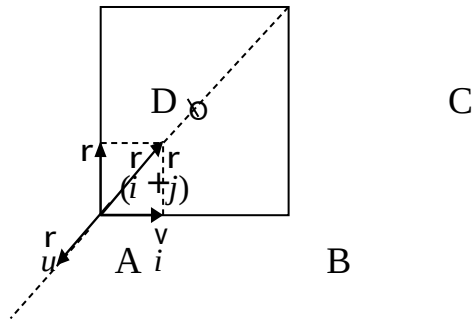
1) Calculer le champ électrostatique créé par les trois charges B, C et D en A.

En déduire la force qui s'exerce sur la charge située en A.

2) Calculer le champ en O, centre du carré ABCD.  $r$   $r$   
r

On donne :  $\vec{C}_A = -\vec{C}_C = - (i +$

$$\vec{j}) \frac{CA}{\sqrt{2}}$$



$j$

### **Exercice : 11**

Deux charges électriques ponctuelles de  $10^{-6}\text{C}$  et  $-10^{-6}\text{C}$  sont placées respectivement en deux points A et B distants de 10 cm.

Déterminer les caractéristiques du champ électrique résultant :

- 1) Au milieu M de A et B.
- 2) En un point P situé à 10 cm de chacune des charges.

### **Exercice: 12**

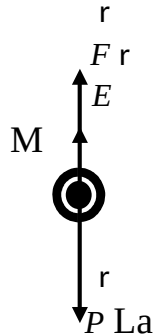
Trois charges ponctuelles égales chacune à  $10^{-6}\text{C}$  sont au sommet d'un triangle équilatéral de côté  $a = 10\text{ cm}$ . Déterminer le champ électrique : a) au milieu de chaque côté

b) au centre G du triangle.

**CORRECTIONS DES EXERCICES :**

# CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

## Exercice : 1 Cas du proton :



force et le poids se compensant, on a :

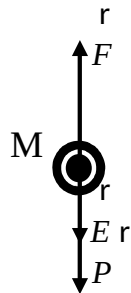
$$Fr + Pr = 0 \Rightarrow F - P = 0 \Rightarrow F = P \Rightarrow q_p \cdot E = m_p \cdot g \Rightarrow E = \frac{m_p}{|q_p|} \cdot g$$

- Point d'application : le point M
- Direction : vertical
- Sens : vers le haut

-27

$$- \text{ Intensité : } E = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9,8}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 10,23 \cdot 10^{-8} \text{ V/m}$$

## Cas de l'électron :



Puisque La force et le poids se compensent, on a la relation :

$$F + P = 0 \Rightarrow F - P = 0 \Rightarrow F = P \Rightarrow q_e \cdot E = m_e \cdot g \Rightarrow E = \frac{m_e}{|q_e|} \cdot g$$

- Point d'application : le point M
- Direction : vertical
- Sens : vers le bas

-31     -27

$$- \text{ Intensité : } E = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9,8}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,57 \cdot 10^{-11} \text{ V/m}$$

$$1,6 \cdot 10^{-19}$$

### Exercice : 2

1) Calcul de la force d'interaction électrostatique :

$$F_e = K \frac{|q_P \cdot q_P|}{d^2} = K \frac{e^2}{(74,1 \cdot 10^{-12})^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(74,1 \cdot 10^{-12})^2} = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

2) Calcul de la force d'interaction gravitationnelle :

$$F_g = G \frac{m_P \cdot m_P}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (1,67 \cdot 10^{-27})^2}{(74,1 \cdot 10^{-12})^2} = 3,39 \cdot 10^{-44} \text{ N}$$

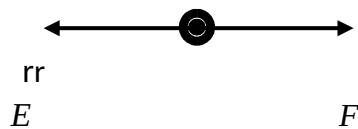
—  $F_e = 1,24 \cdot 10^{-36}$  donc  $F_e > F_g$

Comparaison:

$$F_g$$

### Exercice : 3

1) a) Expression de la force électrique :  $F = q \cdot E$  b) Représentation :

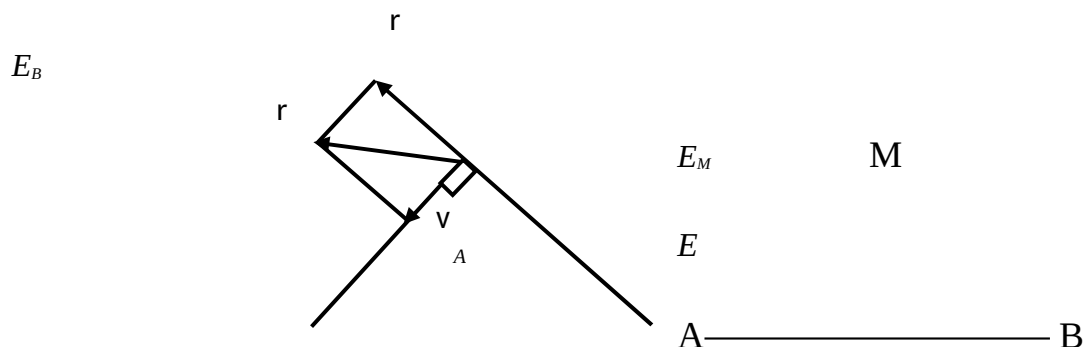


2) a) Calcul de la valeur de la charge électrique :

$$|q| = \frac{F}{E} = \frac{8 \cdot 10^{-14}}{5 \cdot 10^{-5}} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

b) signe de q :  $q < 0$  ; nom de la particule : électron

### Exercice : 4



AB = 5 cm; AM = 3 cm; BM = 4 cm

1) Calcul du champ électrique résultant au point M  $r_M$

$$r_B \Rightarrow E_B^2 + E_A^2 \Rightarrow E_M = \sqrt{E_A^2 + E_B^2}$$

$$E = E_A + E_B \quad E_M = E_A + E_B$$

$$E_A = \frac{K|q_A|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 10 \text{ V/m} \quad (3.10)$$

$$E_B = \frac{K|q_B|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 2,25 \cdot 10^5 \text{ V/m}$$

$E_M = \sqrt{E_A^2 + E_B^2} = \sqrt{(10^5)^2 + (2,25 \cdot 10^5)^2} = 2,46 \cdot 10^5 \text{ V/m}$  Valeur de la force s'exerçant sur la charge  $q = 10 \text{ nC}$  en M

$$F = q \cdot E_M = 10 \cdot 10^{-9} \cdot 2,46 \cdot 10^5 = 2,46 \cdot 10^{-3} \text{ N} \quad \text{Exercice : 5}$$

1) Calcul de l'intensité du champ électrique :

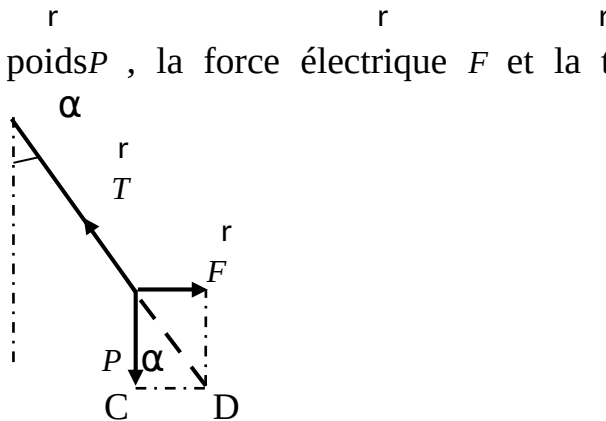
$r$   $r$

La force électrique a pour expression :  $F = q \cdot E$  Le système étudié : la boule

Bilan des forces : le poids  $P$ , la force électrique  $F$  et la tension  $T$  du fil

O

B \_ A  $r$



Dans le triangle rectangle BCD, on a :

$$\tan \alpha = \frac{CD}{BC} = \frac{F}{P} = \frac{qE}{m \cdot g} \Rightarrow E = \frac{m \cdot g}{|q|} \cdot \tan \alpha$$

$$E = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{0,5 \cdot 10^{-6}} \cdot \tan 30^\circ = 28,29 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

2) Calcul de  $\alpha$  pour  $E = 10^4 \text{ V/m}$

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q|E}{m \cdot g} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4}{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8} = 0,204 \Rightarrow \alpha = 11,53^\circ$$

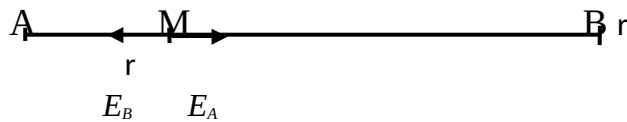
3) Calcul de la tension du fil :

$$T^2 = P^2 + F^2 \Rightarrow T = \sqrt{P^2 + F^2} = \sqrt{(m \cdot g)^2 + (q \cdot E)^2}$$

$$T = \sqrt{(2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8)^2 + (0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4)^2} = 0,025 \text{ N}$$

### Exercice : 6

Soit M le point où le champ résultant est nul



Le champ résultant est nul au point M si :

$$r_M r_A r_B r \Rightarrow E r_A = -E r_B \Rightarrow E_A = E_B \quad E = E + E = 0$$

Posons  $MA = x \Rightarrow MB = d - x$ ; on a :  $E_A = \frac{Kx \cdot 2q}{4} ; E_B = \frac{(dK - \cdot 'qx) \cdot 2}{4}$

$$E_A = E_B \Rightarrow \frac{Kx \cdot 2q}{4} = \frac{(dK - \cdot 'qx) \cdot 2}{4} \Rightarrow Kqx \cdot 2 = (dK - \cdot 9xq) \cdot 2 \Rightarrow x \cdot 2 = (d - 9x) \cdot 2$$

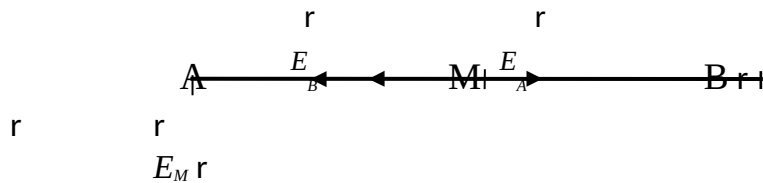
$9x^2 = (d - x)^2$  puisque  $x < d$ , on a :

$$3x = d - x \Rightarrow 4x = d \Rightarrow x = AM = \frac{d}{4} = \frac{8}{4} = 2cm$$

### Exercice: 7

1) a) champ au milieu M de AB :

$$AM = BM = \ell = 5 \cdot 10^{-2} m$$



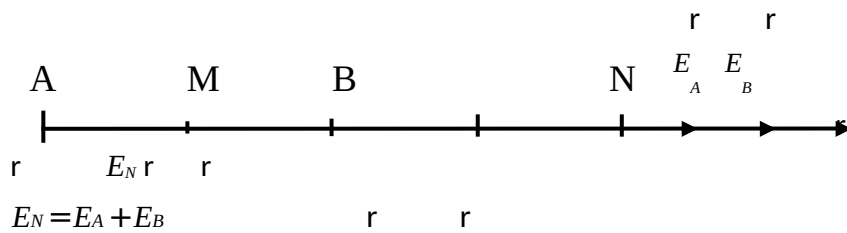
$$E_M = E_A + E_B$$

Les vecteurs champs :  $E_A$  et  $E_B$  sont opposés:

$$E_M = |E_A - E_B| = \left| \frac{K \cdot q}{2 \cdot 2} - \frac{K \cdot q}{2} \right| = \left| \frac{Kq - 3Kq}{2} \right| = \frac{2K \cdot q}{2} = Kq$$

A.N :  $E_M = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-6} V/m = 36 \cdot 10$   
(5.10 )

b) au point N tel que  $MN = 3\ell$

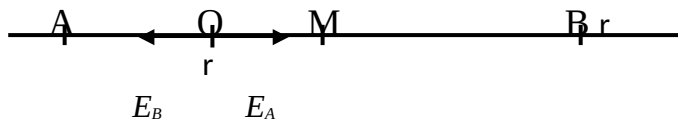


Les vecteurs champs :  $E_A$  et  $E_B$  ont même direction et même sens :

$$E_N = E_A + E_B = \frac{K \cdot q}{r^2} + \frac{K \cdot 'q}{r^2} = \frac{K \cdot q}{r^2} + \frac{3 \cdot K \cdot q}{r^2} \quad (4.1) \quad (2.1)$$

$$E = \frac{K \cdot q}{16.1} + \frac{3 \cdot K \cdot 2q}{4.1} = \frac{13 \cdot K \cdot 2q}{16.1} = \frac{13 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot (5.10)} = 14,6 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

2) Position du O par rapport à A.



Le champ résultant est nul au point O si :

$$r_O r_A r_B \Rightarrow E r_A = -E r_B \Rightarrow E_A = E_B \quad E = E + E = 0$$

$$\text{Posons } OA = x \Rightarrow OB = 2l - x; \text{ on a : } E_A = \frac{Kx \cdot 2q}{r^2}; E_B = \frac{(2l - x) \cdot 'q}{r^2}$$

$$E_A = E_B \Rightarrow \frac{Kx \cdot 2q}{r^2} = \frac{(2l - x) \cdot 'q}{r^2} \Rightarrow Kqx^2 = (2l - x) \cdot 3qx$$

$$\frac{x^2}{(2l - x)^2} = 3 \cdot \frac{q}{q} \Rightarrow 3 \cdot x = (2l - x) \Rightarrow 3 \cdot x = 4.1 - 4 \cdot .xl + x$$

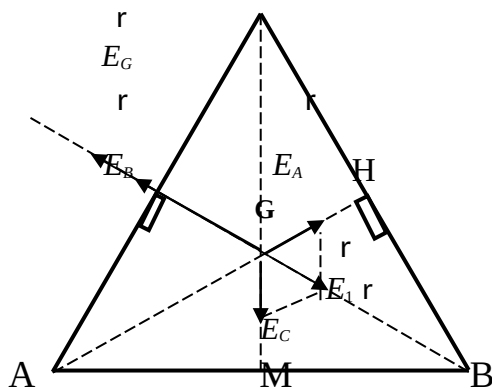
$$2x^2 + 4xl - 4l^2 = 0$$

La solution de l'équation du second degré est :

$$x = -l \pm l \sqrt{3} = 3,66 \text{ cm}$$

3) Champ au centre G du triangle

Le point G est le point de rencontre des médianes.



$$AB = BC = AC = 2\ell$$

AHC est un triangle rectangle en H

$$(AC)^2 = (AH)^2 + (CH)^2 \Rightarrow (AH)^2 = (AC)^2 - (CH)^2$$

$$(AH)^2 = 4\ell^2 - \ell^2 = 3\ell^2 \Rightarrow AH = \ell\sqrt{3}$$

Dans le triangle rectangle BGH rectangle en H, on a:

$$\tan \hat{G} = \frac{BH}{GH} \quad \sqrt{3} \quad \frac{BH}{GH} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \tan 60^\circ = \sqrt{3} \Rightarrow GH = \frac{BH}{\sqrt{3}} = \frac{\ell}{\sqrt{3}} = \frac{\ell\sqrt{3}}{3}$$

$$AG = AH - GH = \ell\sqrt{3} - \frac{\ell\sqrt{3}}{3} = \frac{2\ell\sqrt{3}}{3}$$

$$AG = BG = CG = \frac{2\ell\sqrt{3}}{3} \Rightarrow (AG)^2 = (BG)^2 = (CG)^2 = \frac{4\ell^2}{3}$$

$$E_A = \frac{K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} = \frac{3 \cdot K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2}; E_B = \frac{K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} = \frac{3 \cdot K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2}; E_C = \frac{K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} = \frac{3 \cdot K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2}$$

$$E_G = E_A + E_B + E_C = E_B + E_1 \text{ avec } E_1 = E_A + E_C$$

$$E_A = E_C = E_1 = \frac{3 \cdot K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2}$$

Le champ résultant est :  $E_G = E_B - E_1$

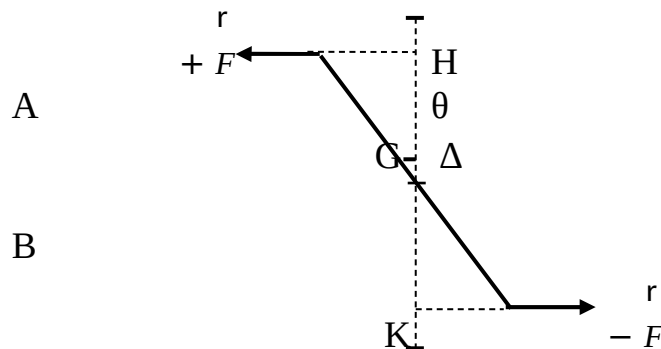
$$E_G = \frac{9Kq}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} - \frac{3 \cdot K \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} = \frac{6Kq}{4\pi\epsilon_0 \ell^2} = \frac{6 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2} = 27 \cdot 10 \text{ V/m}$$

**Exercice : 8** Les forces qui s'exercent sur la tige sont :

$$r \quad r$$

- les forces électrostatiques  $+F$  et  $-F$  (forces égales et opposées)
- la force de torsion  $\tau^r$ .

A l'équilibre, on a :  $\sum M(F_{ext}/\Delta) = 0$



Le moment de ( $\tau^r$ ) torsion par rapport à est :  $M(\tau^r / \Delta) = -C.\theta$

Le moment des forces électrostatiques est :  $M(F / \Delta) = 2F.a \cos\theta$

$$M(+F / \Delta) = M(-F / \Delta) = GH * F = (a \cos\theta) * F = F * a \cos\theta$$

2 Le moment du

couple de forces électrostatiques est :  $M(F_c / \Delta) = 2F.a \cos\theta$

$$M(F_c / \Delta) = 2 * M(+F / \Delta) = 2F.a \cos\theta$$

D'après le théorème des moments, on a :

$$M(F_c / \Delta) + M(\tau^r / \Delta) = 0 \Rightarrow 2F.a \cos\theta + (-C.\theta) = 0$$

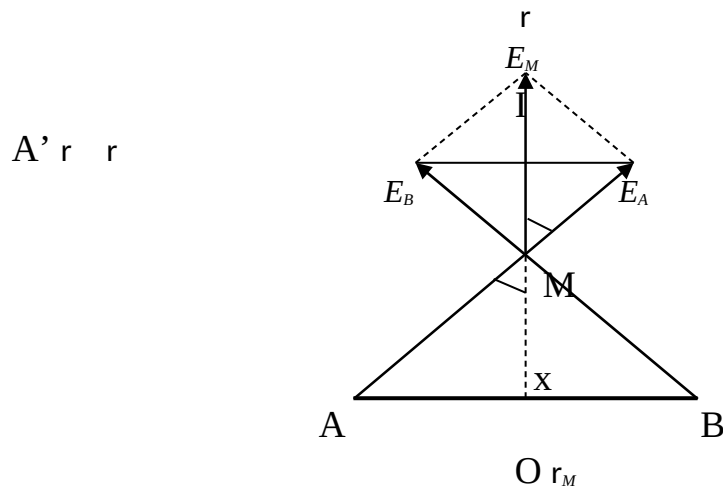
$$M(F_c / \Delta) + M(\tau^r / \Delta) = 0$$

$$2qE.a \cos\theta = C.\theta \Rightarrow q = \frac{C.\theta}{2E.a \cos\theta}; \theta \text{ s'exprime en radian}$$

$$A.N : \Rightarrow q = \frac{10^{-5} * (\pi / 6)}{2 * 10^{10} * \cos 30^\circ} = 3,02.10^{-9} \text{ C.}$$

**Exercice : 9**

Détermination du champ résultant au point M  
 $OB = b$  ;  $OM = x$



$$r_A \quad r_B \quad r \Rightarrow E_M = 2 * MI$$

$$E = E + E = 2 * MI$$

Dans les triangles rectangles MIA' et AOM, on a :

$$\cos \hat{M} = \frac{OM}{AM} = \frac{MI}{MA'} \Rightarrow x \frac{MI}{\sqrt{b^2 + x^2}} = \frac{MI}{E_A}$$

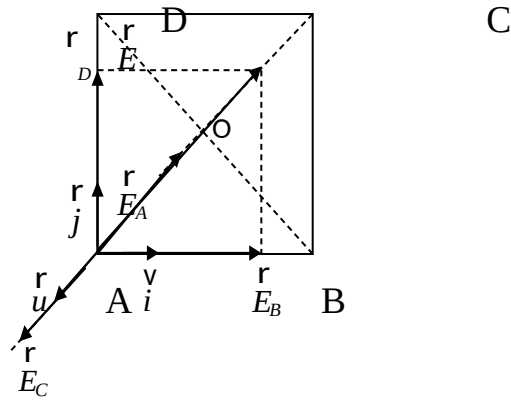
$$MI = E_A * \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} = \frac{K \cdot q}{x^2 + b^2} * \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}}$$

$$E_M = 2 * MI = 2 * \frac{K \cdot q}{x^2 + b^2} * \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} = \frac{2Kq}{(x^2 + b^2)^{3/2}} * x = \frac{2K \cdot q \cdot x}{(b^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$E_M = \frac{2K \cdot q \cdot x}{(b^2 + x^2)^{3/2}}$$

### **Exercice : 10**

1) Champ électrique  $E_A$  créé par les trois charges au point A.



r r r r r r r r r

E 1

$$E_A = E_B + E_C + E_D = (E_B + E_D) + E_C = E_1 + E_C$$

$$AB = BC = CD = DA = a \text{ et } (AC)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$\text{Posons : } q_A = q_C = q = 0,4 \mu C ; q_B = q_D = -0,8 \mu C = -2q$$

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_B + \vec{E}_D = \frac{K \cdot (-2q)}{a^2} \cdot \vec{i} + \frac{K \cdot (-2q)}{a^2} \vec{j} = \frac{2Kq}{a^2} [-(\vec{i} + \vec{j})]$$

$$-(\vec{i} + \vec{j}) = \vec{u}\sqrt{2} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\frac{K \cdot q}{a^2} (2\sqrt{2}) \vec{u}$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_C = -\frac{K \cdot q}{a^2} (2\sqrt{2}) \vec{u} + \frac{K \cdot q}{2a^2} \cdot \vec{u} = \frac{K \cdot q}{a^2} (-2\sqrt{2} + \frac{1}{2}) \vec{u}$$

$$\frac{K \cdot q}{a^2} (-\frac{1}{2} + 2\sqrt{2}) (-\vec{u}) \text{ on a } E_A = \|\vec{E}_A\| = \frac{K \cdot q}{a^2} (-\frac{1}{2} + 2\sqrt{2})$$

$$E_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 0,410^{-6}}{(0,1)^2} \cdot (-\frac{1}{2} + 2 \cdot 2) = 8,38 \cdot 10^5 V/m$$

$$\vec{r} = K \cdot q^B \cdot \vec{r} = K \cdot q^D \cdot \vec{r} ; E_{r_C} = K q^C \cdot \vec{u} E_B = 2 \cdot \vec{i} ; E_D$$

r r

$$\vec{r} E_A =$$

√

Valeur de la force exercée sur la charge placée en A :

$$F = |q_A E_A| = 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8,38 \cdot 10^5 = 0,335 \text{ N}$$

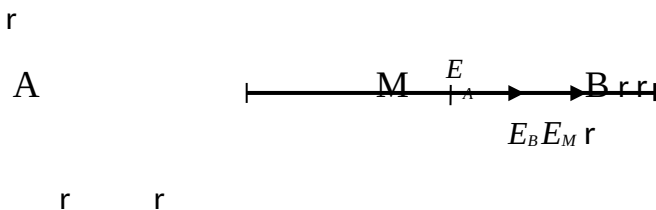
Champ au centre O du carré :

$$\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_C + \vec{E}_B + \vec{E}_D$$

$$\vec{E}_O = \frac{K \cdot q}{r_{OA}^2} (-\vec{u}_r) + \frac{K \cdot q}{r_{OC}^2} (+\vec{u}_r) + \frac{K \cdot (-2q)}{r_{OB}^2} (\vec{v}_r) + \frac{K \cdot (-2q)}{r_{OD}^2} (-\vec{v}_r) = 0$$

### Exercice : 11

1) Calcul du champ au milieu M du segment AB :

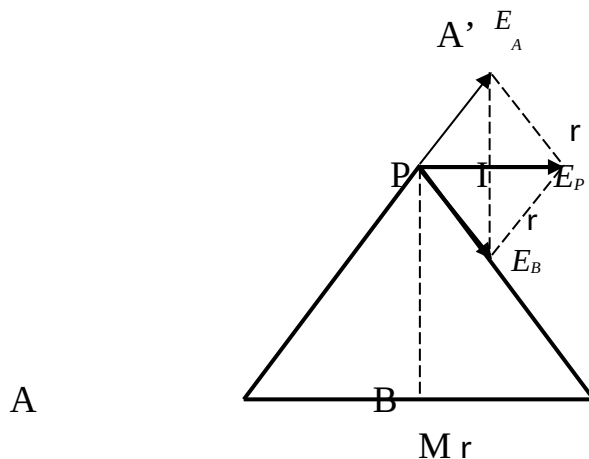


$$E_M = E_A + E_B$$

Les vecteurs champs créés en M ont même direction et même sens, on a :

$$E = E_A + E_B = \frac{K|q_A|}{(AM)^2} + \frac{K|q_B|}{(BM)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-8}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-8}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 72 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

2) Champ au point P tel que AP = BP = 10 cm



$$E_P = E_A + E_B$$

Dans les triangles rectangles AMP et PIA', on a :

$$\cos \hat{A} = \cos \hat{P} \Rightarrow \frac{AM}{AP} = \frac{PI}{PA'} \Rightarrow PI = \frac{AM \cdot PA'}{AP} = AM \cdot \frac{E_A}{E_P}$$

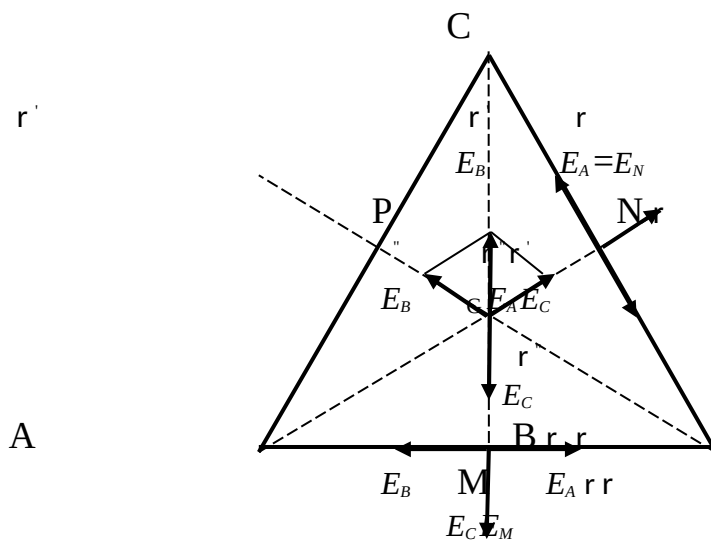
$$PI = \frac{2 \cdot AM}{\sqrt{3}} = \frac{K|q_A|}{E_P}$$

$$E_P = 2 \cdot \frac{P}{4\pi \epsilon_0 r^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot (10 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ V/m}$$

### Exercice : 12

$$AB = BC = AC = a = 10 \text{ cm} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$(AC)^2 = (MC)^2 + (AM)^2 \Rightarrow (MC)^2 = (AC)^2 - (AM)^2 = a^2 - \frac{a^2}{4} = \frac{3a^2}{4}$$



$$(CM)^2 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

a) - Champ au milieu M de AB.

$$E_M = E_A + E_B + E_C$$

$$r_A = r_B = r_M = r_C \Rightarrow E_M = E_C$$

Puisque  $E_A + E_B = 0$  alors  $E = E_C$

$$E = \frac{K \cdot q_C}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{(10 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ V/m}$$

$$E_M = E_C = \frac{U}{d} = \frac{120}{0,05} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

- Champ au milieu N de BC.

Dans les triangles rectangles ANB et BPA,  $\hat{A} = \hat{B} = 30^\circ$

$$\cos \hat{A} = \frac{AN}{AB} \Rightarrow AN = AB \cdot \cos 30^\circ = 0,1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow (AN)^2 = \left(0,1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

## **CONDENSATEURS**

**Exercice : 1** On charge sous une tension de 100 V un condensateur de capacité 500  $\mu\text{F}$ . Quelle est la charge de chaque armature ?

**Exercice : 2**

Quelle devrait être la surface des armatures d'un condensateur plan de constante diélectrique  $\epsilon_r = 100$  et d'épaisseur  $e = 1 \text{ mm}$ , pour que sa capacité soit 1 F ?

**Exercice : 3**

On veut construire un condensateur plan, de capacité  $C = 0,5 \mu\text{F}$ , destiné à fonctionner sous une tension de 500 V ; le diélectrique est au papier paraffiné :  $\epsilon_r = 3,5$ . Pour des raisons de sécurité, on fixe la tension de service à la moitié de la tension disruptive.

- 1) Calculer la distance  $d$  qui sépare les deux armatures.
- 2) Calculer la surface en regard des deux armatures. On donne  $E_d = 5 \cdot 10^7 \text{ V/m}$

**Exercice : 4**

La tension aux bornes d'un condensateur est  $U = 75 \text{ V}$ , sa charge est alors  $Q = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ .

- 1) Calculer la capacité du condensateur
- 2) Calculer l'énergie du condensateur chargé.

3) Ce condensateur peut être assimilé à un condensateur plan dont la surface des armatures est  $S = 360 \text{ cm}^2$ . Quelle est la nature du diélectrique dont l'épaisseur est  $e = 0,19 \text{ mm}$  ?

**Exercice : 5**

On charge un condensateur de capacité  $C = 2 \text{ }\mu\text{F}$  sous une tension  $U = 1000\text{V}$  ; On l'isole puis on l'associe en parallèle avec un condensateur de capacité  $C' = 0,5 \text{ }\mu\text{F}$  en évitant toute perte de charge. Calculer :

- 1) La charge  $Q$  du système
- 2) La tension  $U'$  entre les armatures de chacun des condensateurs.
- 3) L'énergie  $W$  du système
- 4) La quantité d'énergie dissipée par cette association.

**Exercice : 6**

Un nuage de surface  $S = 1 \text{ km}^2$ , situé à l'altitude  $h = 500 \text{ m}$ , constitue avec la terre un condensateur, que nous supposons plan. La différence de potentiel entre le nuage et la terre est  $U = 5 \cdot 10^5 \text{ V}$ . 1) Calculer la capacité du condensateur 2) Quelle est son énergie ?

- 3) La décharge constituant l'éclair se fait en  $10^{-6} \text{ s}$  ; quelle est la puissance échangée ?
- 4) En considérant le condensateur, nuage- terre, comme un dipôle émettant la puissance  $P$ , calculer l'ordre de grandeur de l'intensité du courant de décharge.

**Exercice : 7**

Un condensateur à lame d'air est formé de deux armatures semi-circulaires de rayon  $R = 6 \text{ cm}$ , distantes de  $d = 2 \text{ mm}$ .

Les deux armatures, dont l'une est fixe et l'autre mobile, se recouvrent partiellement. Soit  $\alpha$  l'angle correspondant à leur surface en regard.

- 1) Exprimer en fonction de  $\alpha$  la capacité  $C$  du condensateur
- 2) Calculer  $C$  pour  $\alpha = 0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$
- 3) On fixe  $\alpha = 60^\circ$  et on charge le condensateur sous une tension de  $100\text{V}$ . Calculer la charge  $Q$  du condensateur et le nombre  $n$  d'électrons ayant migré lors de la charge.
- 4) On insère entre les lames une plaque de porcelaine exactement ajustée (pour la porcelaine,  $\epsilon_r = 10$ ). La tension est toujours de  $100\text{V}$  et  $\alpha = 60^\circ$ . Calculer la nouvelle charge  $Q'$  du condensateur. **Exercice : 8**

Les armatures d'un condensateur plan sont circulaires de rayon  $6 \text{ cm}$  et séparées par un isolant de pouvoir inducteur spécifique  $8$  et d'épaisseur  $0,2 \text{ mm}$ .

Calculer sa capacité ?

Quelle serait cette capacité si l'isolant était de l'air ? **Exercice**

**: 9**

Trois condensateurs :  $C_1 = 6\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 7\mu\text{F}$  et  $C_3$  sont montés en parallèle aux bornes d'un secteur de  $200\text{V}$ , puis isolés. La quantité d'électricité ainsi prise par

l'ensemble est de 3,2 mC. Calculer la valeur de  $C_3$  **Exercice : 10**

On associe en série 3 condensateurs de capacité : 2  $\mu\text{F}$ , 3  $\mu\text{F}$  et 6  $\mu\text{F}$ . On soumet l'ensemble à une d.d.p de 100V. Calculer la capacité du condensateur équivalent ; la charge commune à chaque condensateur et les différences de potentiel entre les armatures de chaque condensateur.

**Exercice : 11**

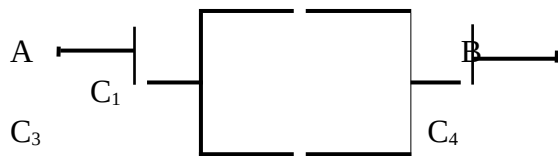
On veut construire un condensateur de 1  $\mu\text{F}$  en prenant pour diélectrique des lames de verre de 1mm d'épaisseur et dont les faces sont tapissées de feuilles d'étain. Calculer le nombre de ces lames en tenant compte qu'une marge de 3 cm doit exister entre 3 côtés, dont deux sont des largeurs et le 3<sup>ème</sup> une longueur. En déduire la tension sous laquelle il faut charger ce condensateur pour que l'énergie emmagasinée soit  $10^{-2}$  J ;

Permittivité relative du verre (ou constante diélectrique) :  $\epsilon_r = 3,5$  Dimensions des lames : 30 x 40 cm.

**Exercice : 12**

On considère l'association de condensateurs ci- dessous

$C_2$



$C_3$

On

et  $U_{AB} = 600\text{V}$ .

donne :  $C_1 = 1 \mu\text{F}$  ;  $C_2 = 0,5 \mu\text{F}$  ;  $C_3 = 1,5 \mu\text{F}$  ;  $C_4 = 2 \mu\text{F}$

1) Calculer la capacité du condensateur équivalent

2) Calculer de la tension aux bornes de chaque condensateur

**CORRECTIONS DES EXERCICES :**  
**CONDENSATEURS**

**Exercice : 1**

Soit A l'armature chargée positivement :

$$Q_A = Q = C \cdot U = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ C}$$

$$Q_B = - Q_A = - C \cdot U = 5 \cdot 10^{-2} \text{ C}$$

**Exercice : 2**

-3

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} \Rightarrow S = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{36\pi \cdot 10^9 \cdot 1} = 36\pi \cdot 10^4 \approx 1,13 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

**Exercice : 3**

1) La tension de service U est la moitié de la tension disruptive  $U_d$  qui détermine l'écartement d des armatures pour l'isolant choisi.  $U_d = 2 \cdot 500 = 10^3 \text{ V}$

$$L'écartement est d = \frac{U_d}{E_d} = \frac{10^3}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{4,5 \cdot 10^{-7}}{75} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} \Rightarrow S = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{6 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3,5} = 0,57 \text{ m}^2$$

2) La surface est S telle que :  $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$

#### **Exercice : 4**

1) Capacité du condensateur :

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{4,5 \cdot 10^{-7}}{75} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

2) Energie du condensateur chargé :

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-9} \cdot 75^2 = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

3) Détermination de la nature du diélectrique :

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} \Rightarrow \epsilon_r = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{6 \cdot 10^{-9} \cdot 0,19 \cdot 10^{-3}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 360 \cdot 10^{-4}} = 3,578$$

Le diélectrique est le papier paraffiné.

#### **Exercice : 5**

1) Charge Q du système :

$$Q = C \cdot U = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

2) La tension U' de chaque condensateur

$$U = \frac{Q}{C_e} = \frac{Q}{C + C} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{(2 + 0,5) \cdot 10^{-6}} = 800 \text{ V}$$

3) L'énergie W du système :

$$W = \frac{1}{2} C_e U^2 = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 800^2 = 0,8 \text{ J}$$

4) Energie dissipée (perdue) par l'association :

$$W_p = W - W' = \frac{1}{2} C U^2 - \frac{1}{2} C U'^2 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ J}$$

#### **Exercice : 6**

1) Capacité C du condensateur nuage- terre

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6}{1,77 \cdot 10^{-8}} = 500 \text{ F}$$

2) Energie du condensateur :

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = 0,5 \cdot 500 \cdot (510^5)^2 = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

3) Puissance échangée :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2,2 \cdot 10^3}{10} = 2,2 \cdot 10 \text{ watts}$$

4) Intensité du courant de décharge :

$$W = U \cdot I \cdot t \Rightarrow I = \frac{W}{U \cdot t} = \frac{2,2 \cdot 10^3}{5 \cdot 10 \cdot 10} = 4,4 \cdot 10 \text{ A}$$

### Exercice : 7

1) Capacité C du condensateur en fonction de  $\alpha$

Les armatures ont une portion en regard S qui est un secteur d'angle au centre  $\alpha$ .

L'aire S est obtenue de la façon suivante : Si  $\alpha = 2 \cdot \pi \text{ rad}$  alors  $S = \pi \cdot R^2$  (aire du disque)

$$\text{Si } \alpha = 1 \text{ rad alors } S = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot \pi}$$

$$\text{Pour } \alpha \text{ quelconque, } S = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot \pi} \cdot \alpha = \frac{R^2}{2} \cdot \alpha ; \alpha \text{ s'exprime en radian}$$

$$\text{La capacité est : } C = \frac{S}{d} = \frac{R^2 \cdot \alpha}{2 \cdot d}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r = \epsilon_0 \epsilon_r$$

2) Calcul de la capacité C pour  $\epsilon_r = 1$

$$\alpha = 0^\circ = 0 \quad \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \quad \frac{(6 \cdot 10^{-2})^2}{2} \text{ rad : } C = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0 = 0 \text{ F}$$

$$8,33 \cdot 10^{-12} \text{ F} \quad \frac{\pi}{3} \quad (6 \cdot 10^{-2})^2 \quad \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \quad \frac{\pi}{3} \quad \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2} \alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3} \text{ rad : } C = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\pi}{3} = 8,33 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} : C = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(6 \cdot 10^{-2})^2}{2} = 12,5 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

3) Calcul de la charge du condensateur pour  $\alpha = 60^\circ$  et  $\epsilon_r = 1$

$$Q = C \cdot U = 8,33 \cdot 10^{-12} \cdot 100 = 8,33 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$

Le nombre d'électrons ayant migrés lors de la décharge est :

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{8,33 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,2 \cdot 10^9 \text{ électrons}$$

4) En remplaçant l'air par la porcelaine, on augmente la capacité C d'un facteur  $\epsilon_r$ .

$$C' = \epsilon_r \cdot C = 10 \cdot 8,33 \cdot 10^{-12} = 8,33 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

La nouvelle charge du condensateur est :

$$Q' = C' * U = \epsilon_r * C * U = \epsilon_r Q = 10 * 8,33.10^{-10} = 8,33.10^{-9} \text{ C}$$

La charge devient 10 fois plus grande.

### **Exercice : 8**

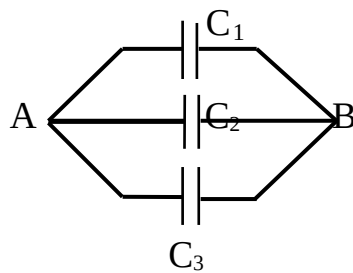
Capacité du condensateur :

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{e} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot \pi \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2}{36 \cdot 10^{-3}} = 410 \text{ pF}$$

Si l'isolant était de l'air,  $\epsilon_r = 1$ , la capacité devient :

$$C' = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{e} = 41 \text{ pF}$$

### **Exercice : 9**



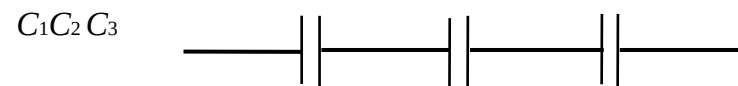
La capacité du condensateur équivalent est :

$$C_e = \frac{Q}{U_{AB}} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{200} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 \Rightarrow C_3 = C_e - (C_1 + C_2)$$

$$C_3 = 16 \cdot 10^{-6} - (6 \cdot 10^{-6} + 7 \cdot 10^{-6}) = 3 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

### **Exercice : 10**



Calcul de la capacité  $C_e$  du condensateur équivalent :

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{6}{6} \Rightarrow C_e = 1 \mu\text{F}$$

La charge commune :

$$Q = C_e U = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 10^{-4} \text{ C}$$

La tension aux bornes de chaque condensateur :

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{10^{-4}}{2 \cdot 10^{-6}} = 50 \text{ V}; U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{10^{-4}}{3 \cdot 10^{-6}} = 33,33 \text{ V}; U_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{10^{-4}}{6 \cdot 10^{-6}} = 16,67 \text{ V}$$

### **Exercice : 11**

La capacité du condensateur est :  $C_1 = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{e}$ . Soit  $n$  le nombre de lames enfilées, l'ensemble de ces  $n$  condensateurs est équivalent à un condensateur unique dont la surface des armatures est :  $S \cdot n$  et d'épaisseur :  $e$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S \cdot n}{e} = n \cdot C_1 \Rightarrow n = \frac{C \cdot e}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}$$

Les  $n$  condensateurs de capacité  $C_1$ , associés en parallèle (ou en surface) ont une capacité :  $C = n \cdot C_1$

$$S = (40 - 2 \times 3)(30 - 2 \times 3) = 34 \cdot 10^{-2} \times 24 \cdot 10^{-2} = 34 \times 24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{C \cdot e}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S} = \frac{10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{36 \cdot \pi \cdot 10^{-9}} \approx 396$$

$n$

$$\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S = 1 \cdot 3,5 \cdot 34 \cdot 24 \cdot 10^{-4}$$

La tension est liée à l'énergie par la relation :  $W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$

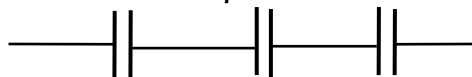
$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-2}}{10^{-6}}} = 41,4 \text{ V}$$

## Exercice : 12

1) Calcul de la capacité  $C_e$  du condensateur équivalent

Les condensateurs  $C_2$  et  $C_3$  sont en parallèle, soit  $C_P$  leur capacité équivalente :

$$C_P = C_2 + C_3 = 0,5 + 1,5 = 2 \mu\text{F}$$



$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_P} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{2}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{4}{4} + \frac{2}{4} + \frac{1}{4} = \frac{7}{4}$$

$$C_e = \frac{4}{7} = 0,57 \mu\text{F}$$

2) Calcul de la tension aux bornes de chaque condensateur :  $Q$

$$Q = C_e U_{AB} = 0,57 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 3,42 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{3,42 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-6}} = 342 \text{ V}$$

$$U_2 = U_3 = \frac{Q}{C_2} = \frac{3,42 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-6}} = 171 \text{ V}; U_4 = \frac{Q}{C_4} = \frac{3,42 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-6}} = 171 \text{ V}$$

## ÉLECTROMAGNETISME

### **Exercice : 1**

Calculer la valeur de l'induction magnétique terrestre et celle de sa composition verticale en un lieu où sa composante horizontale vaut  $B_0 = 1,96 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  et l'inclinaison magnétique  $\hat{I} = 64^\circ 30'$ .

### **Exercice : 2**

En un lieu, on a mesuré pour l'induction magnétique terrestre la composante horizontale  $B_0 = 1,98 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  et la composante verticale  $B_V = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ . Calculer en ce lieu l'inclinaison  $I$  et le module de l'induction magnétique terrestre.

### **Exercice : 3**

1) La composante horizontale du champ magnétique terrestre a pour valeur  $B_H = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  et l'inclinaison  $I = 64^\circ$  ;

Déterminer l'intensité du champ magnétique terrestre  $B_T$  ainsi que la valeur de sa composante horizontale verticale  $B_V$ .

2) La direction de la composante horizontale  $B_H$  n'est pas exactement celle de la direction sud – nord géographique, le décalage angulaire est de l'ordre de  $D = 5^\circ$ .

Donner dans le plan horizontal les composantes du champ magnétique terrestre suivant la direction sud – nord et la direction perpendiculaire.

3) En un point O, le champ magnétique horizontal  $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ . Ce champ se superpose au champ magnétique terrestre.

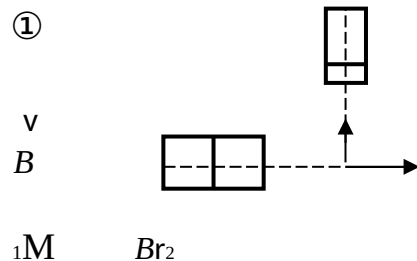
Montrer qu'en ce point O le champ magnétique résultant est compris entre 0 et  $4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  suivant le sens de  $B_0$  (dans le plan horizontal passant par le point O).

### Exercice : 4 r

En un point M de l'espace se superposent deux champs magnétiques  $B_1$  et  $B$  créés par deux aimants dont les directions sont orthogonales.

Voir figure ci - dessous

On donne  $B_1 = 3.10^{-3} \text{ T}$  et  $B_2 = 4.10^{-3} \text{ T}$



②

- 1) Déterminer les pôles des deux aimants et représenter le champ résultant  $r$
- 2) Calculer l'angle  $\alpha = (B_1, B)$

### Exercice : 5 v

A Paris, le champ magnétique terrestre  $B$  possède une composante horizontale  $B_H = 2.10^{-5} \text{ T}$  et une inclinaison de  $64^\circ$ . Quelle est la valeur de  $B$  ?

### Exercice : 6

- 1) La composante horizontale  $B_H$  de l'induction magnétique terrestre en un point O a pour module  $B_H = 2.10^{-5} \text{ T}$ . L'inclinaison magnétique terrestre  $\hat{I}$  est égale à  $64^\circ$ .

a) Déterminer graphiquement le vecteur induction magnétique terrestre  $B$  au point O ainsi que la composante verticale  $B_v$  de ce vecteur. On précisera l'échelle choisie.

b) Calculer les modules de  $B$  et de  $B_v$  ?

2) Une aiguille aimantée, reposant sur un pivot vertical et dont le moment magnétique  $\mathcal{M} = 0,6 \text{ S.I.}$ , est en équilibre en position horizontale.

Déterminer le moment du couple magnétique auquel elle est soumise de la part de l'induction magnétique terrestre.

3) Cette aiguille ne peut être maintenue en équilibre en position horizontale que si son centre de gravité G, n'est pas confondu avec le point O.

Calculer la distance OG, sachant que la masse,  $m = 1,8 \text{ g}$ . L'intensité du champ de pesanteur est  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

**Exercice : 7**

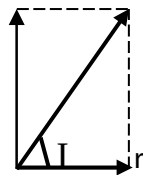
En un lieu où l'intensité horizontale du champ magnétique terrestre a pour valeur  $B_H = 0,220$  gauss et une inclinaison  $\hat{I} = 60^\circ$ , quelle est la valeur du champ magnétique terrestre ?

**CORRECTIONS DES EXERCICES :**  
**ELECTROMAGNETIQUE**

**Exercice : 1**

$v$

$B_v B$



$B_0$

Calcul de l'induction magnétique terrestre  $B$  :

$$\cos \hat{I} = \frac{B_H}{B} \Rightarrow B = \frac{B_H}{\cos \hat{I}} = \frac{1,96 \cdot 10^{-5}}{\cos 64,5^\circ} = 4,55 \cdot 10^{-5} T$$

Calcul de la composante horizontale du champ magnétique terrestre :

$$\tan \hat{I} = \frac{B_v}{B_H} \Rightarrow B_v = B_H \tan \hat{I} = 1,96 \cdot 10^{-5} \tan 64,5^\circ = 4,11 \cdot 10^{-5} T$$

$$B_0$$

### Exercice : 2

Voir figure exercice : 1

Calcul de l'inclinaison I :

$$\tan \hat{I} = \frac{B_v}{B_0} = \frac{3,57.10^{-5}}{1,98.10^{-5}} \Rightarrow \hat{I} = 60,94^\circ$$

$$B_0 = 1,98.10^{-5} T$$

Calcul du module de l'induction magnétique :

$$B^2 = B_0^2 + B_v^2 \Rightarrow B = \sqrt{(1,98.10^{-5})^2 + (3,57.10^{-5})^2} = 4,076.10^{-5} T$$

### Exercice : 3

a) Intensité du champ magnétique terrestre  $B_T$

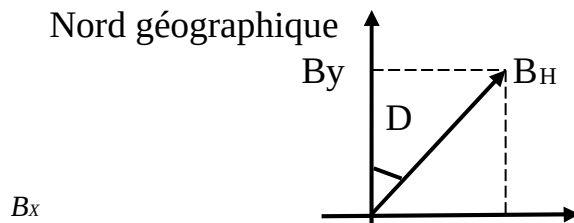
$$B_H = B_T \cos \hat{I} \Rightarrow B_T = \frac{B_H}{\cos \hat{I}} = \frac{2.10^{-5}}{\cos 64^\circ} = 4,56.10^{-5} T$$

Valeur de la composante horizontale  $B_v \tan \hat{I} =$

$$\frac{B_v}{B_H} \Rightarrow B_v = B_H \tan \hat{I} = 2.10^{-5} \tan 64^\circ = 5,1.10^{-5} T$$

b)  $B_H$

Nord géographique



$$B_x = B_H \sin \hat{D} = 2.10^{-5} \cdot \sin 5^\circ = 0,17.10^{-5} T$$

$$B_y = B_H \cos \hat{D} = 2.10^{-5} \cdot \cos 5^\circ = 1,99.10^{-5} T$$

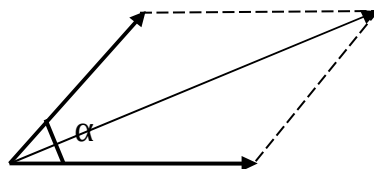
c)  $B = B_0 + B_H$

$B_0$

$B_H$

$\alpha$

$B$

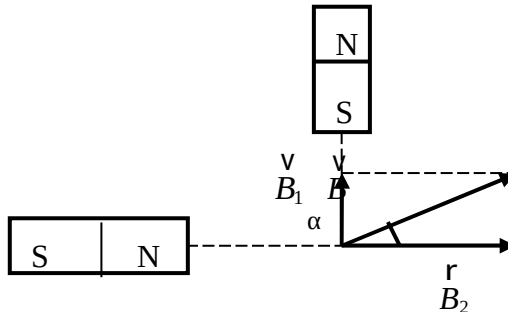


$$\text{Si } \alpha = 0, B = B_H + B_0 = 2.10^{-5} + 2.10^{-5} = 4.10^{-5} T$$

Si  $\alpha = \pi$ ,  $B = B_H - B_0 = 2.10^{-5} - 2.10^{-5} = 0 \text{ T}$

#### **Exercice : 4**

1) Pôles des aimants et représentation (voir figure)



2) Calcul de l'angle  $\alpha$  :

$$\tan \alpha = \frac{B_1}{B_2} = \frac{3.10^{-3}}{4.10^{-3}} \Rightarrow \alpha =$$

#### **Exercice : 5**

Valeur du champ magnétique B :

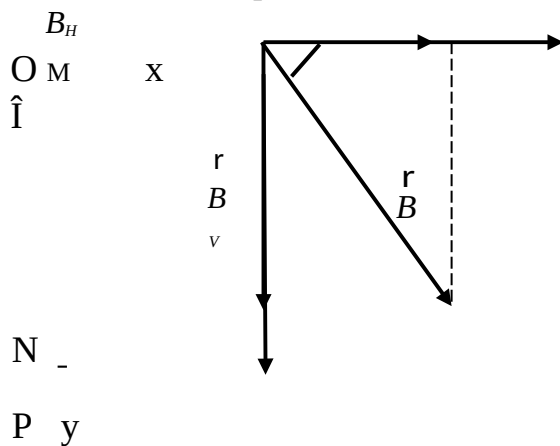
$$B = \frac{B_H}{\cos 64^\circ} = \frac{2.10^{-5}}{\cos 64^\circ} = 4.562.10^{-5} \text{ T}$$

#### **Exercice : 6**

1)

a) Représentation graphique :

Echelle : 1,5cm pour  $10^{-5} \text{ T}$



b) Calcul des modules de B et  $B_V$  Dans le triangle rectangle OMP

$$OM = B_H = 2.10^{-5} = 4.6.10^{-5} \text{ T}$$

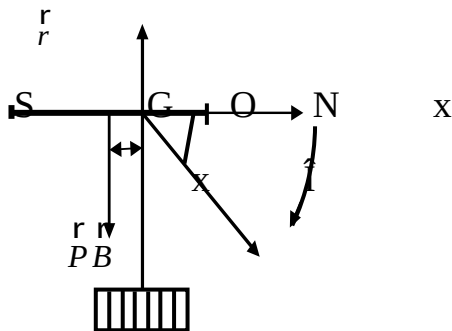
$$OP = \frac{B \cos \hat{I}}{\cos 64^\circ} = \frac{B \cos \hat{I}}{\cos 64^\circ} \cdot MP^{-5} \cdot \tan 64^\circ = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\tan \hat{I} = \frac{OM}{OM} = \text{Soit } B_V = B_H \cdot \tan \hat{I} = 2,10$$

2) Le moment du couple est donné par la relation :

$$M_C = \mathcal{M} \cdot B \cdot \sin \hat{I} = \mathcal{M} \cdot B_H \cdot \tan \hat{I} = 0,6 \cdot 2,10^{-5} \cdot 2,05 = 2,46 \cdot 10^{-5} \text{ N.m. Rad}^{-1}$$

3) L'aiguille est maintenue en équilibre en position horizontale si elle est soumise à un couple de moment  $M_c$  égal et de signe contraire de  $M_C$ .



Soit  $OG = x$ , le couple antagoniste  $M_c$  est fourni par le poids  $P$  de l'aiguille et la réaction  $r'$  du pivot.

$$\sum \tau = 0 \text{ et } M_C = m \cdot g \cdot x$$

$$M(P) = m \cdot g \cdot x ; M(r')$$

Les moments des deux couples sont égaux.

$$M_C = m \cdot g \cdot x \Rightarrow x = \frac{M_C}{m \cdot g} = \frac{1,64 \cdot 10^{-3}}{2,46 \cdot 10^{-5} \cdot 9,8} = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 0,7 \text{ mm}$$

$$OG = x = 0,7 \text{ mm}$$

### **Exercice: 7**

On rappelle que 1 gauss (Gs) =  $10^{-4} \cdot \text{C} = 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^8 = 3 \cdot 10^4 \text{ T}$

$$B = \frac{B^H}{\cos \hat{I}} = \frac{0,220 \cdot 3 \cdot 10^4}{\cos 60^\circ} = T$$

## CHAMPS CRÉÉS PAR LES COURANTS

### **Exercice : 1**

Quelle est l'intensité du courant rectiligne indéfini qui crée à 5 cm du fil une induction d'intensité égale à  $2 \cdot 10^{-5} \text{T}$ .

### **Exercice : 2**

Une bobine plate comprend 50 spires de rayon moyen 10 cm ; son plan est parallèle au méridien magnétique. Quel courant faut-il faire circuler :

- a) Pour que l'intensité de l'induction magnétique créée au centre de la bobine vaille 100 fois celle de la composante horizontale de l'induction terrestre ( $0,2 \cdot 10^{-4} \text{T}$ ) ?
- b) Pour qu'une petite aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical et placée au centre de la bobine, tourne de  $60^\circ$  quand on lance le courant dans la bobine ?

### **Exercice : 3**

- a) Un fil, parcouru par un courant de 10 A, est tendu horizontalement, parallèlement au méridien magnétique. Préciser la direction, le sens et l'intensité de l'induction magnétique créée en un point M situé à 10 cm du milieu du fil.
- b) On place en M une très petite aiguille aimantée, mobile autour d'un axe vertical. De quel angle tournera-t-elle quand on coupera le courant ? On donne : composante horizontale de l'induction magnétique terrestre :  $0,2 \cdot 10^{-4} \text{T}$

### **Exercice : 4**

Sur une bobine de 50 cm de longueur et de 10 cm de diamètre, on enroule régulièrement 200 m de fil conducteur. On fait passer dans ce solénoïde un courant de 2 A. Calculer l'induction magnétique au centre. **Exercice : 5**

Une bobine plate de 5 cm de rayon et comportant 50 spires est parcourue par un courant I. Son plan coïncide avec le méridien magnétique. Elle porte en son centre une boussole de déclinaison. La composante horizontale de l'induction terrestre vaut  $0,2 \cdot 10^{-4} \text{T}$ .

Calculer I pour que l'aiguille de la boussole tourne de  $45^\circ$ . **Exercice**

### **: 6**

Un solénoïde est formé par un enroulement à spires jointives de fil de cuivre isolé. Le diamètre de ce fil est  $d = 0,5 \text{ mm}$ . On mesure la résistance du solénoïde et on trouve  $R = 40 \Omega$ . Calculer la longueur de fil enroulé.

L'induction au centre étant  $B = 5 \cdot 10^{-3} \text{T}$ , calculer l'intensité du courant qui parcourt ce solénoïde.

Déterminer le rayon du solénoïde s'il est formé d'une seule couche de fil et si sa longueur est  $L = 1 \text{ m}$ .

Résistivité du cuivre :  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .

## CHAMPS CRÉÉS PAR LES COURANTS

### **Exercice : 1**

Un conducteur rectiligne OA a un poids de 0,1 N. Il est parcouru par un courant d'intensité 20 A.

Le champ magnétique uniforme horizontal, d'intensité  $2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ , agit sur une portion  $CD = \ell = 5 \text{ cm}$  situé au milieu du conducteur.

A l'équilibre, calculer l'angle  $\alpha$  que fait le conducteur OA avec la verticale.

### **Exercice : 2**

Un fil rectiligne homogène, de masse 8 g, de longueur 25 cm, est suspendu par son extrémité supérieure à un point O autour duquel il peut tourner librement ; sa partie inférieure plonge dans le mercure d'une cuvette ; il est parcouru par un courant de 5 A. Sur une hauteur de 2 cm, entre deux points à 19 cm et 21 cm de O, règne un champ magnétique dont les lignes d'induction sont horizontales ; la valeur moyenne de l'induction est 0,05 T. Calculer l'angle de ce fil avec la verticale.

### **Exercice : 3**

Un fil rectiligne, homogène, de masse 10 g et longueur 30 cm, est suspendu par son extrémité supérieure à un point O autour duquel il tourne librement. Son autre extrémité plonge dans du mercure. Ce fil, parcouru par un courant d'intensité 8 A, est placé dans un champ magnétique horizontal uniforme. Il s'écarte de la verticale d'un angle de  $6^\circ$ . Le champ agit sur une hauteur de 4 cm entre deux points situés à 20 cm et 24 cm de O. En déduire la valeur du champ. On donne  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

### **Exercice : 4**

Deux fils de longueur infinie, rectilignes, parallèles et distants de 1 m, sont traversés par des courants de même intensité et de même sens. L'intensité commune est égale à 100 A. Dans le plan des fils, calculer :

- 1) Le champ magnétique résultant à égale distance des deux fils.
- 2) Le champ magnétique à 25 cm de l'un des fils, dans le plan formé par les deux fils  $r$  (on précisera l'orientation de  $B$  sur un schéma)
- 3) Répondre aux questions 1) et 2) avec des courants de sens contraires.

### **Exercice : 5**

Deux conducteurs  $C_1$  et  $C_2$ , de longueur infinie, sont parallèles et distants de 10 cm. Ils sont parcourus par des courants d'intensités  $I_1 = 15 \text{ A}$  et  $I_2 = 5 \text{ A}$ .

Précise la position des points où le champ magnétique résultant est nul : a)  
Lorsque les courants sont de même sens  
b) Lorsqu'ils sont de sens contraires.

**Exercice : 6**

Une roue de Barlow, de diamètre 10 cm, est plongée dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire à la roue et d'intensité  $2 \cdot 10^{-2}$  T. Elle est traversée par un courant d'intensité 30 A. On admettra que le couple agissant sur la roue est le même que celui qui agirait si tout le courant passait dans le fil rectiligne joignant le centre de la roue au point de contact avec le mercure. Calculer le moment du couple moteur ainsi que la puissance développée par la roue lorsqu'elle fait 150 trs/min.

**Exercice : 7**

Une roue de Barlow de 8 cm de rayon a sa moitié inférieure plongée dans un champ magnétique de 0,05 T, perpendiculairement à son plan ; le courant est de 20 A. Calculer la valeur du poids à placer à l'extrémité d'un rayon horizontal de la roue pour l'empêcher de tourner.

La roue précédente fait 2 trs/s. Calculer la puissance en watts du petit moteur ainsi réalisé. **Exercice : 8**

Une roue de Barlow, ayant un rayon  $R = 10$  cm, a son quart inférieur dans un champ magnétique uniforme d'intensité  $B = 0,04$  T et normal au plan du disque. On admettra que le moment du couple auquel est soumise la roue est le même que si le courant total  $I = 10$  A la traversant était rectiligne, allant de l'extrémité inférieure A vers le centre O.

Calculer la puissance d'un tel moteur s'il effectue 2 trs/s.

**Exercice : 9**

Dans une expérience avec une balance de Cotton, on mesure le champ quasiuniforme dans l'entrefer d'un électroaimant. On place une masse de 5 dg sur le plateau pour rétablir l'équilibre lorsqu'un courant de 5 A circule dans les fils.

Calculer B sachant que les bras de leviers sont égaux. On donne :  $g = 10$  N/kg ;  $\ell = 3$  cm.

## CINEMATIQUE

### Exercice : 1

Un automobiliste roule à la vitesse de 120 Km/h sur une route rectiligne où la vitesse est limitée à 90 Km/h. Un motard de la gendarmerie part à sa poursuite. Il démarre au moment précis où l'automobile passe devant lui. Le motard est animé d'un mouvement uniformément varié tel qu'il atteint la vitesse de 100 Km/h en 10 s.

- 1) Calculer la durée de la poursuite.
- 2) Calculer la distance parcourue lors de la poursuite.
- 3) Déterminer la vitesse du motard lorsqu'il rattrape l'automobile. **Exercice : 2**

Trois voitures A, B et C effectuent des mouvements rectilignes uniformément accélérés, en partant d'une vitesse nulle.

- La voiture A atteint 100 Km/h en 200 m de parcours ;
- La voiture B atteint 100 Km/h en 7 secondes - La voiture C effectue 100 m en 5 secondes.

Calculer l'accélération de chaque voiture.

### Exercice : 3

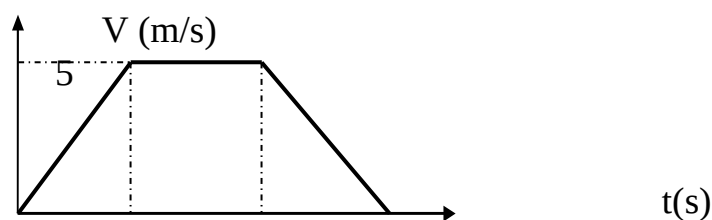
Une auto- route présente un tronçon rectiligne entre deux aires de repos A et B distantes de 5 Km.

Un véhicule  $M_1$  passe devant A à 11h et se dirige vers B à une vitesse de 72 Km/h. Un véhicule  $M_2$  passe devant B à 11 h 02 min et se dirige vers A à la même vitesse de 72 Km/h.

- 1) Ecrire les équations horaires des mouvements de  $M_1$  et  $M_2$ .
- 2) En déduire l'heure et le lieu du croisement des deux véhicules. **Exercice :**

4

Un mobile décrit une trajectoire rectiligne. On donne la représentation graphique de sa vitesse en fonction du temps.



0

16

28

35

Calculer son accélération au cours de chacune des trois phases du mouvement.  
En déduire la nature du mouvement.

# **PHYSIQUE – CHIMIE**

**Terminales : C & D**

## **EXERCICES ET PROBLÈMES**

### **CORRIGÉS**

# TABLE DES MATIERES

| <b>PHYSIQUE</b>                                      |              |
|------------------------------------------------------|--------------|
| <b>CHAPITRES</b>                                     | <b>PAGES</b> |
| <b>Cinématique</b>                                   | <b>10</b>    |
| <b>Mouvement du centre d'inertie</b>                 | <b>25</b>    |
| <b>Mouvement dans un champ uniforme</b>              | <b>49</b>    |
| <b>Interaction gravitationnelle</b>                  | <b>78</b>    |
| <b>Oscillateurs mécaniques</b>                       | <b>90</b>    |
| <b>Généralités sur les mouvements</b>                | <b>113</b>   |
| <b>Propagation d'un mouvement vibratoire</b>         | <b>118</b>   |
| <b>Superpositions de deux phénomènes vibratoires</b> | <b>132</b>   |
| <b>Ondes stationnaires – Expérience de Melde</b>     | <b>145</b>   |
| <b>Champ magnétique</b>                              | <b>157</b>   |
| <b>Force de Lorentz</b>                              | <b>171</b>   |
| <b>Force de Laplace</b>                              | <b>184</b>   |
| <b>Induction – Auto induction</b>                    | <b>197</b>   |
| <b>Oscillateurs électriques</b>                      | <b>212</b>   |

| <b>CHIMIE</b>                               |            |
|---------------------------------------------|------------|
| <b>Solutions aqueuses : <math>pH</math></b> | <b>246</b> |
| <b>Couple acide – base</b>                  | <b>256</b> |
| <b>Réactions acide – base</b>               | <b>271</b> |
| <b>Alcools</b>                              | <b>296</b> |
| <b>Acides carboxyliques</b>                 | <b>310</b> |
| <b>Amines</b>                               | <b>326</b> |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| <b>Acides <math>\alpha</math> aminés</b> | <b>333</b> |
| <b>Cinétique chimique</b>                | <b>341</b> |