

AVANT-PROPOS

Ce manuel d'Exercices corrigés et de Questions de cours s'adresse uniquement aux élèves de la 11^{ème} Sciences. Il couvre une grande partie du programme en vigueur, à savoir :

✓ **En physique**

- Champ gravitationnel ; Champ électrostatique ; Champ magnétique et les condensateurs
- Cinématique : Généralités sur les mouvements paramètres de positions et mouvements circulaires
- Dynamique : principe fondamental de la dynamique ; énergie cinétique-Théorème du centre d'inertie. Etc.....

✓ **En chimie**

- Détermination des masses molaires ; de la formule développée (Notion d'isomérisation)
- Les hydrocarbures saturés(les alcanes) et insaturés(Les alcènes et les alcynes)
- Les polymères et le benzène
- Les hydrocarbures oxygénés : les alcools, aldéhydes, cétones et acides)
- Identification de quelques ions-Oxydoréduction en solution aqueuse. Etc.

De plus, les questions de cours proposées seront traitées par les élèves eux-mêmes à travers les cours dispensés dans leurs classes respectives. Le contenu a été défini à partir de sujets proposés aux Devoirs et Compositions au L.B.N.M ; Lycée Public de Tominian et Lycée Public de San. Il doit donc permettre aux élèves de préparer les Devoirs et Compositions à venir, ensuite d'acquérir une base solide pour affronter les terminales Sciences (TSE et TSEXP).

Ce manuel a pour objectif de :

- Couvrir le manque cruel de documents d'exercices corrigés pour les classes de 11^{ème} Sciences;
- Outiller les élèves à pouvoir répondre aux questions de cours sans difficulté.

L'ouvrage est divisé en deux grandes parties :

- Cours en vue de renforcer le niveau de l'élève
- Exercices corrigés (regroupent les exercices suivis de leurs solutions)

Nous demeurons ouverts aux critiques et suggestions.

L'auteur

Prof-Hassane GAKOU- Lycée Public de San-Contact : 74-58-61-60 /64-58-61-60

Prof-Oumar KONE- *Lycée Bambougou N'Dji de MARKALA (LBNM)*–Contact : 79-15-17-88

Prof- BERTHE- Lycée CABRAL-Ségou-Contact : 66 77 26 17 /77 33 59 66

A-PHYSIQUE

I-CHAMP GRAVITATIONNEL :**Situation de Problème :**

Tout corps lancé à une altitude tend à se diriger vers la surface terrestre. Comment comprendre ce phénomène d'attraction ?

ACTIVITES**Activité 1 : Loi de Newton (énoncé, expression mathématique)**

Soit deux corps A et B de masse respective m_A et m_B sont situés à une distance r l'un de l'autre.

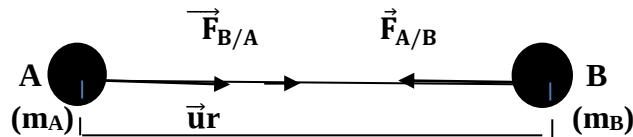
Consigne :

1. Représente :

- La force attractive $\vec{F}_{A/B}$ exercé par le corps A sur B ;
- La force attractive $\vec{F}_{B/A}$ exercée par le corps B sur A.

2. Donne les caractéristiques de $\vec{F}_{A/B}$ et de $\vec{F}_{B/A}$

3. A partir des caractéristiques de $\vec{F}_{A/B}$ et de $\vec{F}_{B/A}$ énonce la loi de Newton sur l'attraction universelle et donne son expression mathématique.

Synthèse partielle :**1- Représentation des forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$:****2- Les caractéristiques de $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$**

- $\vec{F}_{A/B}$ est appliquée au centre d'inertie de B de direction la droite (AB) dirigée de B vers A et d'intensité $F_{A/B}$;
- $\vec{F}_{B/A}$ est appliquée au centre d'inertie de A de direction la droite (AB) dirigée de A vers B et d'intensité $F_{B/A}$.

3. Enoncé de la loi de Newton sur l'attraction universel : Deux corps A et B de masses respectives m_A et m_B placés à une distance r l'un de l'autre subissent une interaction mutuelle par le biais de deux forces : $\vec{F}_{A/B} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \vec{u} = -\vec{F}_{B/A}$

$G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ est la constante de gravitation, et $\vec{u}$ est le vecteur unitaire (norme égale à 1)

Expression mathématique : $F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2}$

Enoncé : Deux points matériels quelconques de masses respectives m et m' placées à la distance r l'un de l'autre, exercent l'un sur l'autre des forces attractives et opposées dont l'intensité commune est proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance : $F = G \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2}$

NB : la force de gravitation est toujours attractive.

Activité 2 : Vecteur champ de gravitation (définition, caractéristique, application)

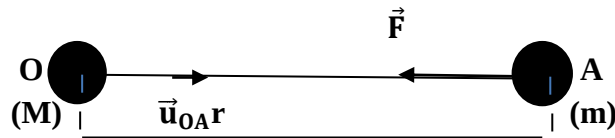
Soit deux corps ponctuels O et A de masses respectives M et m distant de r.

Consigne :

- 1- Représente et caractérise la force attractive $\vec{F}$ exercée par O sur A.
- 2- Soit $\vec{u}_{OA}$ le vecteur unitaire de la droite (OA) orienté de O vers A. Exprime le vecteur force $\vec{F}$ en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}_{OA}$.
- 3- Trouve le rapport $\vec{g}_A(M) = \frac{\vec{F}}{m}$ traduisant l'influence gravitationnelle de la masse M située en O sur une masse quelconque m située en A.
- 4- Définis le vecteur champ gravitationnel.
- 5- Définis le champ gravitationnel ou champ de gravitation.
- 6- Trouve quelques applications du champ gravitationnel.

Synthèse partielle :

- 1- Représentation de la force attractive $\vec{F}$ exercée par O sur A.



Caractéristiques de $\vec{F}$:

- Point d'application : centre de gravité de A ;
- Direction : la droite (OA)
- Sens : dirigé de A vers O ;
- Intensité : $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$

- 2- Expression de $\vec{F}$ en fonction de $\vec{u}_{OA}$: $\vec{F} = - G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{u}_{OA}$

- 3- Trouvons le rapport $\vec{g}_A(M) = \frac{\vec{F}}{m}$:

$$\vec{F} = - G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{u}_{OA} ; \quad \frac{\vec{F}}{m} = - G \cdot \frac{M}{r^2} \vec{u}_{OA} ; \quad \vec{g}_A(M) = - G \cdot \frac{M}{r^2} \vec{u}_{OA}$$

- 4- Définition : le vecteur champ de gravitation est le rapport $\vec{g}_A(M) = \frac{\vec{F}}{m}$, $\vec{F}$ étant la force gravitationnelle exercée par un corps de masse M sur un A de masse m.

- 5- Définition :

- Le champ gravitationnel est une région de l'espace où un corps est soumis à une force gravitationnelle.

- La force gravitationnelle subit par un corps de masse m placé en un point quelconque est égal au produit de sa masse par le vecteur champ de gravitation en ce point.

- 6- Applications : La théorie de l'attraction gravitationnelle a trouvé sa confirmation dans les systèmes suivants : Le mouvement des planètes du système solaire ; Les planètes et leurs satellites ; Le soleil et les comètes ; Les Etoiles d'une galaxie

Activité 3 : Champ de gravitation terrestre (définition, expression mathématique)

La terre assimilée à une sphère de centre O et de rayon R_T de masse M_T crée dans l'espace qui l'entoure un champ de gravitation.

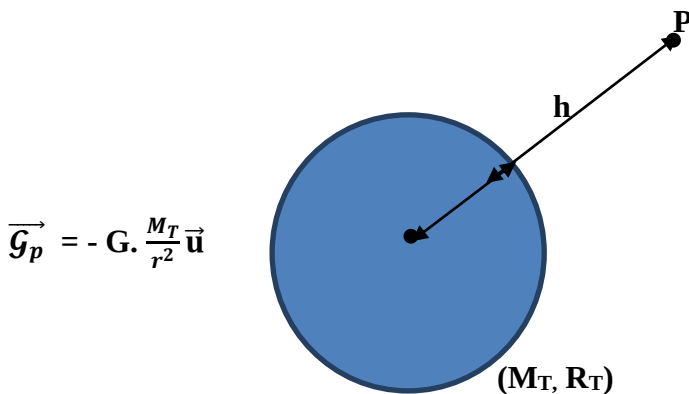
Soit un point P situé à une distance r du centre O de la terre.

Consigne :

1. Définis le champ gravitationnel terrestre.
2. En désignant par $\vec{u}$ le vecteur unitaire de la droite (OP) dirigé de O vers P ; exprime le vecteur champ de gravitation terrestre $\vec{G}_P$ créé au point P en fonction de $\vec{u}$.
3. Trouve l'expression du champ gravitationnel $\mathcal{G}_h$ situé à une altitude h de la terre en fonction de la constante gravitationnelle G, du rayon R_T de la terre, de la masse M_T de la terre et de l'altitude h.
4. Trouve l'expression du champ gravitationnel $\mathcal{G}_0$ à la surface de la terre en fonction de la constante gravitationnelle G, du rayon R_T de la terre et de la masse M_T de la terre.
5. Ecris la relation entre $\mathcal{G}_h$ et $\mathcal{G}_0$.
6. En utilisant la formule d'approximation $(1 + \epsilon)^2 = 1 + 2 \cdot \epsilon$ (ϵ infiniment petit) montre qu'au voisinage de la terre on a : $\mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \left(1 - 2 \frac{h}{R_T} \right)$

Synthèse partielle :

1. Définition : Le champ gravitationnel terrestre est le champ de gravitation exercé par la terre sur tout corps dans son environnement.
2. Expression vectorielle du champ de gravitation terrestre :



2. L'expression du champ gravitationnel $\mathcal{G}_h$ situé à une altitude h de la terre:

On aura $r = R_T + h$. Donc : $\mathcal{G}_h = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$ (1)

3. L'expression du champ gravitationnel $\mathcal{G}_0$ à la surface de la terre :

A la surface de la terre $h = 0$ et $r = R_T$

Donc : $\mathcal{G}_0 = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$ (2)

4. Relation entre $\mathcal{G}_h$ et $\mathcal{G}_0$:

De (1) et (2) on a : $\mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

5. Montrons que : $\mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \left(1 - 2 \frac{h}{R_T} \right)$

$$\mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \quad \mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \cdot \frac{R_T^2}{R_T^2 \left(\frac{h}{R_T} + 1 \right)^2}$$

$$\mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R_T} \right)^2} \quad \mathcal{G}_h = \mathcal{G}_0 \cdot \left(1 + \frac{h}{R_T} \right)^{-2}$$

Au voisinage de la terre $h \ll R_T$ donc $\frac{h}{R_T} \ll 1$ d'après la formule d'approximation $(1 + \epsilon)^2 = 1 + m\epsilon$ on a : $g_h = g_0 \cdot (1 - 2\frac{h}{R_T})$ cqfd

EXERCICES

Exercice1: Relation entre champ gravitationnel à la surface et en dehors de la terre.

On assimile la terre à un corps à répartition sphérique, de centre O, de rayon $R=6380\text{km}$ et de masse $M=5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Consigne :

1-a) Donne la relation qui définit le champ de pesanteur à une distance h de la surface de la terre en fonction de R , h et g_0 intensité de la pesanteur au sol.

b) Calcule la valeur théorique du champ de pesanteur g_0 à la surface de la terre.

2-Un satellite géostationnaire est à la distance $h=4200 \text{ km}$ de la surface de la terre.

a) Calcule la valeur du champ de pesanteur créé par la terre au niveau du satellite de masse $m=400 \text{ kg}$.

b) En déduis la force de pesanteur qui s'exerce sur le satellite.

Solution 1

1)a) La relation définissant le champ de pesanteur à l'altitude et à la surface de la terre :

$$g_h = \frac{g_0 \cdot R^2}{(R + h)^2}.$$

b) Calcul de la valeur théorique du champ de pesanteur g_0 à la surface de la terre :

$$g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2} ; \text{A.N.: } g_0 = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6380 \cdot 10^3)^2} = 9,79 \approx 9,8 \quad \boxed{g_0 = 9,8 \text{ N/kg}}$$

2) $m=400\text{kg}$.

a) Calcul de la valeur du champ de pesanteur créé par la terre au niveau du satellite.

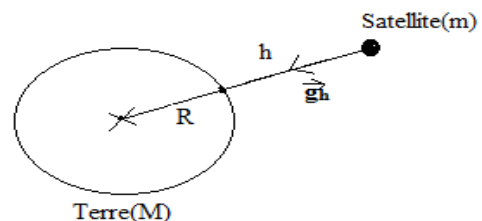
$$g_h = \frac{g_0 \cdot R^2}{(R + h)^2}$$

$$\text{A.N.: } g_h = \frac{9,8 \times (6380 \cdot 10^3)^2}{(6380 \cdot 10^3 + 4200 \cdot 10^3)^2} = 3,56 \approx 3,6$$

$$\boxed{g_h = 3,6 \text{ N/kg}}$$

b) La force de pesanteur qui s'exerce sur le satellite : $P = m \times g_h$

$$\text{A.N.: } P = 400 \times 3,6 = 1440 \quad \boxed{P = 1440 \text{ N}}$$



Exercice 2: satellite Spoutnik.

Le satellite Spoutnik a été le premier satellite artificiel lancé en 1957 par l'URSS, il se désintègre dans l'atmosphère le 4 Janvier 1958. C'était une sphère de masse 84 kg , environ.

Données : masse de la terre $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$; rayon de la terre $R_T = 6400 \text{ km}$; Constante de gravitation universel $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ U.S.I.}$

Consigne :

- 1-Détermine le champ de gravitation de la terre auquel était soumis ce satellite à une altitude de 280 km.
- 2-Détermine la valeur du champ de gravitation de la terre auquel était soumis ce satellite au sol.
- 3-Quelle est la force d'attraction existant entre le satellite Spoutnik et la terre ?

Solution 2

1-Déterminons le champ de gravitation de la terre auquel était soumis ce satellite à une

altitude de 280 km : $G_h = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

A.N: $G_h = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{(64 \cdot 10^5 + 28 \cdot 10^4)^2} = 8,9 \approx 9,0$ **$G_h = 9,0 \text{ N/kg}$**

2-Déterminons la valeur du champ de gravitation de la terre auquel était soumis ce

satellite au sol : $G_o = G \frac{M_T}{R_T^2}$

A.N: $G_o = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{(64 \cdot 10^5)^2} = 9,77 \approx 9,8$ **$G_o = 9,8 \text{ N/kg}$**

3-La force d'attraction existant entre le satellite Spoutnik et la terre est :

$$F = G \frac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}$$

A.N: $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24} \times 84}{(64 \cdot 10^5 + 28 \cdot 10^4)^2} = 753,36$ **$F = 753,36 \text{ N}$**

Exercice 3: Io, le satellite de Jupiter.

Io est le satellite le plus proche de Jupiter. Il a un diamètre de 3630 km.

Son centre décrit autour de Jupiter une trajectoire circulaire de rayon 422000 km. Il effectue une révolution complète en 1,8 jour ; sa masse volumique moyenne est égale à 3500 kg/m³.

Consigne :

1-Calculer la masse d'Io.

2-Calculer la force de gravitation exercée par Jupiter sur Io.

Données : masse de Jupiter $M_J = 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}$; volume d'une sphère homogène : $V = 4/3 \cdot \pi R^3$; constante gravitationnelle $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ USI}$.

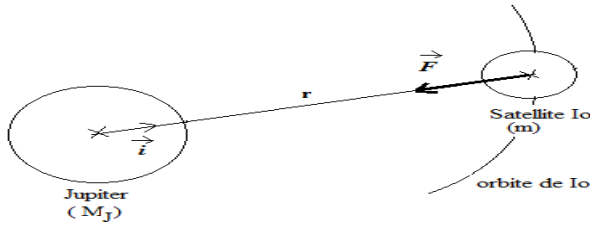
Solution 3

1-Calcul de la masse d'Io :

-cherchons, d'abord, le rayon d'Io : $R = \frac{D}{2} = \frac{363 \cdot 10^4}{2} = 1,81 \cdot 10^6 \text{ m}$

-la masse d'Io s'exprime par : $m = \rho \times V = \rho \times \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$

A.N: $m = 3500 \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (1,81 \cdot 10^6)^3 = 8,69 \cdot 10^{22}$ **$m = 8,69 \cdot 10^{22} \text{ kg}$**



2-Calcul de la force de gravitation exercée par Jupiter sur Io.

$$\vec{F} = -G \frac{M_J \times m}{r^2} \vec{i} ; \text{ en valeur } F = G \frac{M_J \times m}{r^2}$$

$$\text{AN: } F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1,9 \cdot 10^{27} \times 8,69 \cdot 10^{22}}{(422 \cdot 10^6)^2} = 6,18 \cdot 10^{22} \quad \boxed{F = 6,18 \cdot 10^{22} \text{ N}}$$

Exercice 4: Champ gravitationnel saturnien.

Saturne est assimilable à un corps à répartition sphérique de masse de rayon $R_{\text{sat}} = 57500 \text{ km}$ et de masse $M_{\text{sat}} = 5,69 \cdot 10^{26} \text{ kg}$.

Consigne :

1-Ecris l'expression littérale du champ gravitationnel à la surface de Saturne. Calcule cette valeur.

2-Compare les valeurs des champs gravitationnels créés par la Terre et Saturne à leurs surfaces.

3-La distance minimale entre les centres de ces planètes est voisine de $1,20 \cdot 10^9 \text{ km}$.

a) Calcule la valeur du champ gravitationnel créé par Saturne au centre de la Terre pour cette distance

b) Calcule la valeur du champ gravitationnel créé par le soleil au centre de la Terre.

c) Compare les valeurs de ces deux champs.

Données : Masse du Soleil $M_s = 1,9 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ et la distance Terre-Soleil $d = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ et champ de gravitation créé sur la surface de la terre $g_0 = 9,80 \text{ N/kg}$.

Solution 4

1) L'expression littérale du champ gravitationnel à la surface de saturne.

$$G_{\text{Sat}} = G \frac{M_{\text{sat}}}{R_{\text{sat}}^2} \text{ comme } G_{\text{Sat}} \approx g_{0\text{Sat}} \text{ alors } g_{0\text{Sat}} = G \frac{M_{\text{sat}}}{R_{\text{sat}}^2}$$

$$\text{A.N: } g_{0\text{Sat}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,69 \cdot 10^{26}}{(57500 \cdot 10^3)^2} = 11,47 \approx 11,5 \quad \boxed{g_{0\text{Sat}} = 11,5 \text{ N/kg}}$$

2) Comparaison avec le champ de gravitation terrestre :

Le champ de gravitation créé à la surface de saturne ($g_{0\text{Sat}} = 11,5 \text{ N/kg}$) est supérieur à celui créé à la surface de la terre ($g_0 = 9,8 \text{ N/kg}$) : $g_{0\text{Sat}} > g_0$.

3) a) Calcul de la valeur du champ de gravitation créé par saturne au centre de la terre

$$(d' = 1,20 \cdot 10^9 \text{ km}). \quad g = G \frac{M_{\text{sat}}}{d'^2}$$

$$\text{A.N: } g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,69 \cdot 10^{26}}{(1,20 \cdot 10^{12})^2} = 2,63 \cdot 10^{-8} \approx 2,7 \cdot 10^{-8} \quad \boxed{g = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{ N/kg}}$$

b) Calcul du champ de gravitation créé par le soleil au centre de la terre ($d = 150.10^6$

km) : $g' = G \frac{M_s}{d^2}$; **A.N:** $g' = 6,67.10^{-11} \cdot \frac{1,9.10^{30}}{(150.10^9)^2} = 5,63.10^{-3} \approx 5,6.10^{-3}$

$g' = 5,6.10^{-3} \text{ N/kg}$

c) Comparaison des deux champs :

Le rapport : $\frac{g'}{g} = \frac{5,6.10^{-3}}{2,7.10^{-8}} = 2,1.10^5$ montre que le champ de gravitation créé par le soleil

au centre de la terre est très grand devant le champ de gravitation créé par saturne au centre de la terre

Exercice 5: champ de gravitation Lunaire.

Soient m_L et m_T les masses respectives de la Lune et de la Terre, ces astres étant supposés à répartition sphérique de masse et r_L et r_T leurs rayons respectifs. On donne la valeur du champ de gravitation terrestre G_{0T} à la surface de la Terre : $G_{0T} = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On sait que $m_T = 81 m_L$ ($m_T = 5,98.10^{24} \text{ kg}$) et que $r_T = 11/3 r_L$ ($r_T = 6400 \text{ km}$). On donne la distance des centres des deux astres Terre-Lune $D = 3,8.10^5 \text{ km}$ et la constante de gravitationnelle $G = 6,67.10^{-11} \text{ U.S.I.}$

Consigne :

1- Calcule la valeur du champ de gravitation G_{0L} à la surface de la Lune.

2- Calcule la force de gravitation qu'exerce la lune sur la terre.

3- Il existe sur la ligne joignant les deux astres Terre et Lune un point M (entre la Terre et la Lune) où les champs de gravitation lunaire et terrestre se compensent. Situe ce point M remarquable en calculant sa distance d au centre de la Terre.

4- a)- Représente, sur un schéma, les vecteurs champ de gravitation lunaire $G_L(M)$ et champ de gravitation terrestre $G_T(M)$ au point M.

b)- Quel est, sur le segment Terre-Lune, le domaine où l'action gravitationnelle de la Terre est prépondérante ?

Solution 5

1- Calcul de la valeur du champ de gravitation G_{0L} à la surface de la Lune.

$$G_{0L} = G \frac{m_L}{(r_L)^2}$$

- cherchons m_L et r_L : $r_T = \frac{11}{3} r_L \Rightarrow r_L = \frac{3 \times r_T}{11}$; $r_L = \frac{3 \times 64.10^5}{11} = 1,74.10^6 \text{ m}$

$m_T = 81 \times m_L \Rightarrow m_L = \frac{m_T}{81}$; $m_L = \frac{5,98.10^{24}}{81} = 7,38.10^{22} \text{ kg}$

- le champ de gravitation est donc :

$$G_{0L} = 6,67.10^{-11} \frac{7,38.10^{22}}{(1,74.10^6)^2} = 1,62 \text{ m/s}^2 \quad \boxed{G_{0L} = 1,62 \text{ m/s}^2}$$

2- Calcul de la force de gravitation qu'exerce la Lune sur la terre : $F = G \frac{m_L \times m_T}{D^2}$

A.N: $F = 6,67.10^{-11} \frac{7,38.10^{22} \times 5,98.10^{24}}{(3,8.10^8)^2} = 2,04.10^{20} \quad \boxed{F = 2,04.10^{20} \text{ N}}$

3-Calculons cette distance d , du point M au centre de la terre.

-champ de gravitation créé par la terre en M : $G_T(M) = G \frac{m_T}{d^2}$

-champ de gravitation créé par la Lune en M : $G_L(M) = G \frac{m_L}{(D-d)^2}$

-les deux champs se compensent signifie : $G_T(M) = G_L(M) \Leftrightarrow G \frac{m_T}{d^2} = G \frac{m_L}{(D-d)^2}$

$$\frac{m_T}{d^2} = \frac{m_L}{(D-d)^2} \Rightarrow \frac{m_T}{m_L} (D-d)^2 = d^2 \quad \text{Or } \frac{m_T}{m_L} = 81 \quad \text{on a :}$$

$$81(D-d)^2 = d^2 \Rightarrow 81(D-d)^2 - d^2 = 0 \Rightarrow (9(D-d) + d)(9(D-d) - d) = 0 ;$$

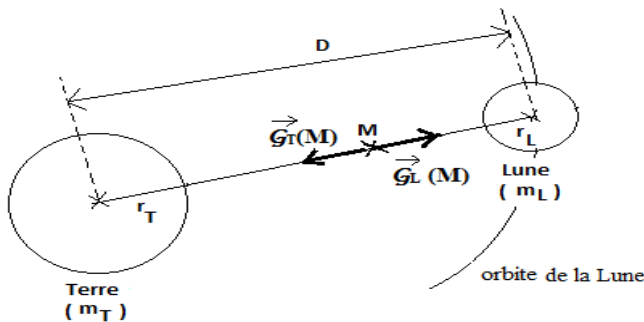
La résolution de cette équation à deux inconnues donne :

$$d = 4,27 \cdot 10^8 \text{ m ou } d = 3,42 \cdot 10^8 \text{ m.}$$

On remarque que la distance $d = 4,27 \cdot 10^8 \text{ m}$ est supérieure à $D = 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$; donc elle est à exclure.

Finalement, la distance d , de M au centre de la terre est : $\boxed{d = 3,42 \cdot 10^8 \text{ m.}}$

4- a)-Représentons, sur un schéma les vecteurs champ de gravitation lunaire $\vec{G}_L(M)$ et champ de gravitation terrestre $\vec{G}_T(M)$ au point M :



b)- C'est à gauche du point M , situé sur le segment Terre-Lune, que l'action gravitationnelle de la Terre est prépondérante.

II-Champ électrostatique

Situation de Problème

Deux charges électriques placées l'une à côté de l'autre se repoussent ou s'attirent.

Comment comprendre ce phénomène d'attraction ou de répulsion ?

ACTIVITES

Activité 1 : Loi de Coulomb (énoncé, expression mathématique)

Soient deux porteurs de charge s_1 et s_2 de charge électriques respectives q_1 et q_2 . S_1 et s_2 sont séparées par la distance d .

Consigne :

1. Représente les forces $\vec{F}_{1/2}$ et $\vec{F}_{2/1}$ exercées respectivement par les charges q_1 et q_2 l'une sur l'autre dans les cas suivants :

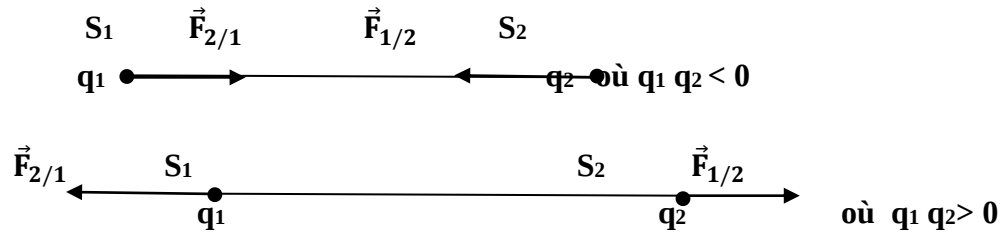
- a) q_1 et q_2 sont de même signe ;
- b) q_1 et q_2 sont de signe contraire.

2. Comment sont les caractéristiques de ses forces les unes par rapport aux autres ?

3. A partir de ses caractéristiques énonce la loi de Coulomb.

Synthèse partielle :

1. Représentation des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$:



2. Caractéristiques : Dans les deux cas $\vec{F}_{1/2}$ et $\vec{F}_{2/1}$ ont la même direction, sont de sens opposés et de même intensités.

NB : $F_{1/2} = F_{2/1} = F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$ avec $K = 9 \cdot 10^9 \text{ SI}$

3. Enoncé de la loi de coulomb : Dans le vide ou dans l'air deux charges ponctuelles S_1 et S_2 situées à la distance d l'une de l'autre et portant respectivement les charges q_1 et q_2 sont soumises à deux forces directement opposées, portées par la même droite, de même intensité proportionnelle au produit des charges q_1 et q_2 et inversement proportionnelle

au carré de leur distance. $F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$

4. Définition : On appelle champ électrostatique toute région de l'espace dans laquelle une charge électrique est soumise à des forces électrostatiques.

Activité 2 : Vecteur champ électrostatique (définition, caractéristiques)

Lorsqu'une charge q est placée en un point M d'un espace champ électrostatique, la force électrostatique à laquelle elle est soumise ne dépend que de la valeur q de cette charge et du champ électrostatique qui existe au point M indépendamment de la

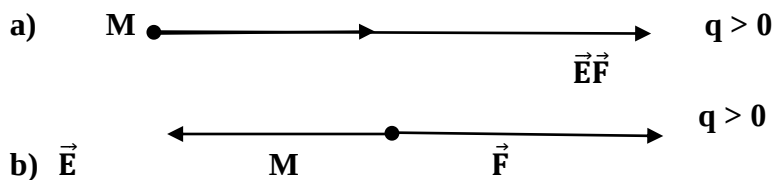
présence de q . Le rapport constant $\frac{\vec{F}}{q}$ est le champ électrostatique créé par la charge q

au point M . $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ donc $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$

Consigne : Représente les vecteurs force électrostatique $\vec{F}$ et champ électrostatique

$\vec{E}$ créés par une charge q en un point M dans les cas suivants : a) $q > 0$ et b) $q < 0$

Synthèse partielle : Les vecteurs force électrostatique et champ électrostatique créés par une charge q en un point M :



Caractéristiques de $\vec{E}$:

- Droite d'action : la droite d'action de $\vec{E}$ est confondue à celle de $\vec{F}$;
- Sens : $\vec{E}$ est de même sens que $\vec{F}$ si la charge $q > 0$, de sens opposé à $\vec{F}$ si $q < 0$.
- Intensité : $E = \frac{F}{q}$

NB : Les lignes de champ sont des lignes contiguës, tangentes au vecteur électrique en chacun de leurs points et orientés dans le sens des vecteurs champs.

L'ensemble des lignes de champs constitue le spectre électrostatique.

Activité 3 : Champ électrique crée par une charge ponctuelle :

Consigne 1 : Représente les lignes de champ électrique créée en un point S où est placée une charge q_0 dans les cas suivants :

- a) $q_0 > 0$ (champ divergent).
- b) $q_0 < 0$ (champ convergent).

Synthèse partielle 1 : Représentation :

Pour une charge ponctuelle les lignes de champ sont radiales :

- si la charge est positive le champ est divergent ;
- si la charge est négative le champ est convergent.

Le champ crée par une charge électrique ponctuelle q à une distance d de cette charge (dans le vide ou dans l'air) a pour expression :

$$E = \frac{k \cdot q}{d^2} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ SI donc } E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |q|}{d^2}$$

Activité 4 : Champ électrique créée par un dipôle

Un dipôle est un ensemble de deux charges ponctuelles de même valeur absolue, de signes opposés, situées à une distance invariable l'une de l'autre.

Représentation des lignes de champ d'un dipôle :

NB : Les lignes de champ créées par le dipôle vont du pôle positif vers le pôle négatif.

Soit une charge q positive placée en A entre les deux plaques. Elle est soumise à une force $F = q \cdot E$. Elle se déplace de A à B distants d'une longueur d .

Le travail de la force $\vec{F}$ au cours du déplacement est :

$W = F \cdot d = q \cdot E \cdot d$ or $W = q (V_A - V_B)$ où $V_A - V_B$ est la ddp ou tension entre A et B.

$q \cdot E \cdot d = q (V_A - V_B)$ donc $E = \frac{(V_A - V_B)}{d}$, $E = \frac{U_{AB}}{d}$ avec $U_{AB} = (V_A - V_B)$

EXERCICES

Exercice 1 : Force gravitationnelle et force électrostatique.

Deux charges électriques ponctuelles $q_1 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et $q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ constituant un dipôle, sont respectivement placées en deux points A et B distants de 10 cm. Ces deux charges ont respectivement pour masse $m_1 = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $m_2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et constante de gravitation universelle

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ U.S.I.}$

Consigne :

1-Compare les intensités des forces gravitationnelle $\vec{F}_g$ et électrique $\vec{F}_e$ existant entre ces deux charges. Conclue.

2-Détermine le module du champ électrique créé :

- a) En M milieu d'AB ;
- b) En un point P situé entre A et B à 2 cm de q_1 ,

3-On place au point P une particule positive de charge $5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. quelle est l'intensité de la force qui s'exerce sur elle ?

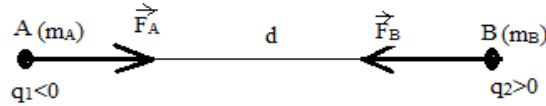
On donne la constante de proportionnalité : $K = 9 \cdot 10^9 \text{ U.S.I.}$

Solution 1

1-Comparons les forces, gravitationnelle F_g et électrique F_e existant entre l'électron et le proton :

-Force gravitationnelle entre les deux charges :

$$F_g = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$



A.N: $F_g = 6,6710^{-11} \cdot \frac{9,10^{-31} \times 1,67 \cdot 10^{-27}}{(0,1)^2} = 10^{-65}$ **$F_g = 10^{-65} \text{ N}$**

-Force électrique entre les deux charges : $F_e = K \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{d^2}$

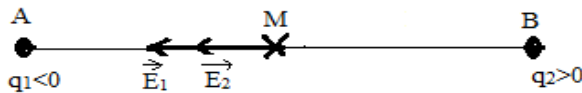
A.N: $F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|-1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,6 \cdot 10^{-19}|}{(0,1)^2} = 2,3 \cdot 10^{-26}$ **$F_e = 2,3 \cdot 10^{-26} \text{ N}$**

-Du rapport $\frac{F_e}{F_g} = \frac{2,3 \cdot 10^{-26}}{10^{-65}} = 2,3 \cdot 10^{39}$, on conclue que le rapport étant

extraordinairement grand, la force gravitationnelle est négligeable devant la force électrique.

2. Détermination du champ électrique créé:

a) en milieu de AB :



$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, en valeurs $E = E_1 + E_2$ (les deux vecteurs ont même sens).

$$E_1 = K \cdot \frac{|q_1|}{AM^2} \text{ Avec } AM = \frac{AB}{2} = \frac{0,1}{2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} ; E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|-1,6 \cdot 10^{-19}|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 5,76 \cdot 10^{-7} \text{ V/m} ;$$

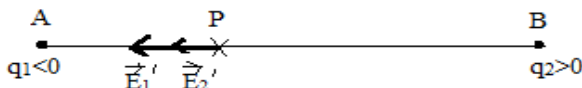
$$E_2 = K \cdot \frac{|q_2|}{BM^2} \text{ Avec } BM = AM = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} ; \text{ D'où } E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|1,6 \cdot 10^{-19}|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 5,76 \cdot 10^{-7} \text{ V/m}$$

On remarque que $E_1 = E_2 = 5,76 \cdot 10^{-7} \text{ V/m}$

Le champ électrique en M est : $E = E_1 + E_2 = 2 \cdot E_1$

A.N: $E = 2 \times 5,76 \cdot 10^{-7} = 1,152 \cdot 10^{-6}$ **$E = 1,152 \cdot 10^{-6} \text{ V/m}$**

b) en un point P situé entre AB à 2cm de q_1 :



$\vec{E}' = \vec{E}_1' + \vec{E}_2'$, En valeurs $E' = E_1' + E_2'$

$$E_1' = K \cdot \frac{|q_1|}{AP^2} \text{ Avec } AP = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} ; \text{ D'où } E_1' = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|-1,6 \cdot 10^{-19}|}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ V/m}$$

$$E_2' = K \cdot \frac{|q_2|}{BP^2} \text{ Avec } BP = 0,1 - 2 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} ; E_2' = 9 \cdot 10^9 \frac{|1,6 \cdot 10^{-19}|}{(8 \cdot 10^{-2})^2} = 2,25 \cdot 10^{-7} \text{ V/m}$$

Le champ électrique en P est :

$$E' = E_1' + E_2' = 3,6 \cdot 10^{-6} + 2,25 \cdot 10^{-7} = 5,85 \cdot 10^{-7} \text{ V/m} \quad \boxed{E' = 5,85 \cdot 10^{-7} \text{ V/m}}$$

3) La force qui s'exerce sur la charge est :

$$F = |q| \cdot E' = 5 \cdot 10^{-5} \times 5,85 \cdot 10^{-7} = 2,925 \cdot 10^{-11} \text{ N} \quad \boxed{F = 2,925 \cdot 10^{-11} \text{ N}}$$

Exercice 2 : Champ électrique résultant au sommet du triangle équilatéral.

Soit un triangle équilatéral ABC de côté a. Aux sommets B et C, on place la même charge +q.

Consigne :

1-Détermine le champ électrostatique $\vec{E}$ créé en A.

2-Détermine le champ électrostatique $\vec{E}'$ créé en I, milieu de BC.

Données : $q = 0,1 \mu\text{C}$ et $a = 10\text{cm}$; la constante de proportionnalité $K = 9 \cdot 10^9 \text{ U.S.I.}$

3-Quelle serait la force électrique s'exerçant sur la charge $Q = 0,1 \text{ nC}$ placée en A.

Donnée : ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$).

Solution 2

1-Déterminons le champ électrostatique $\vec{E}$ créé en A.

$$\vec{E} = \vec{E}_C + \vec{E}_B$$

En utilisant les propriétés des diagonales d'un losange on a :

$$E = 2 \times AH \text{ Or } AH = E_C \times \cos(30^\circ) \text{ donc}$$

$$E = 2 \times E_C \times \cos(30^\circ)$$

-calculons E_C :

$$E_C = K \frac{|+q|}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|0,1 \cdot 10^{-6}|}{(0,1)^2} = 9 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

- le valeur du champ E est :

$$E = 2 \times 9 \cdot 10^4 \times \cos(30^\circ) = 1,56 \cdot 10^5 \text{ V/m} \quad \boxed{E = 1,56 \cdot 10^5 \text{ V/m}}$$

$$\vec{E}' = \vec{E}'_C + \vec{E}'_B ; \text{ En module } E' = |E'_C - E'_B|$$

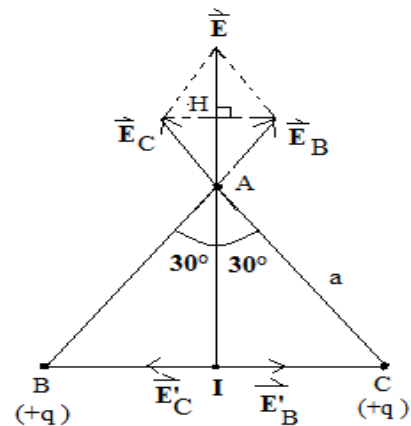
$$E'_C = K \frac{|+q|}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} \text{ et } E'_B = K \frac{|+q|}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} \Rightarrow E'_C = E'_B \text{ d'où } \boxed{E' = 0}$$

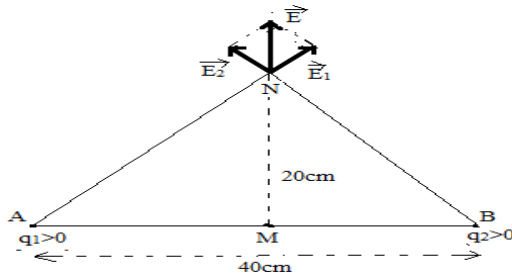
3-La force électrique s'exerçant sur la charge $Q = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ placée en A est.

$$F = |Q| \times E ; \text{ AN : } F = |0,1 \cdot 10^{-9}| \times 1,56 \cdot 10^5 = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ N} \quad \boxed{F = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$$

Exercice 3 : Champ électrostatique créé par deux charges ponctuelles en un point.

Deux charges ponctuelles $q_1 = 10\mu\text{C}$ et $q_2 = 30\mu\text{C}$ sont placées respectivement en A et B une distants de 40 cm. Détermine le module du champ électrique $\vec{E}$ en un point N situé sur la médiatrice de AB à 20 cm du milieu M de AB ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$).



Solution 3**Détermination du module du champ électrique au point N**

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, en valeurs $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ (E est la résultante des vecteurs E_1 et E_2).

$E_1 = K \cdot \frac{|q_1|}{AN^2}$ Avec $AN^2 = AM^2 + MN^2$ (théorème de Pythagore appliqué au triangle ANM). On a $AN^2 = (20 \cdot 10^{-2})^2 + (20 \cdot 10^{-2})^2 = 8 \cdot 10^{-2} m$

$E_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-5}}{8 \cdot 10^{-2}} = 1,13 \cdot 10^6 V/m$. $E_2 = K \cdot \frac{|q_2|}{BN^2}$ Avec $BN^2 = BM^2 + MN^2$ (théorème de Pythagore appliqué au triangle BNM)

On a $BN^2 = (20 \cdot 10^{-2})^2 + (20 \cdot 10^{-2})^2 = 8 \cdot 10^{-2} m$; $E_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{3 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 10^{-2}} = 3,38 \cdot 10^6 V/m$.

A.N : $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(1,13 \cdot 10^6)^2 + (3,38 \cdot 10^6)^2} = 3,56 \cdot 10^6$ **$E = 3,56 \cdot 10^6 V/m$**

Exercice 4 : Déviation d'une particule chargée.

Une particule $\alpha(He^{2+})$ passe entre deux plaques métalliques soumises à une tension de 200 V et distantes de 10 cm (charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$).

Consigne :

- 1-Détermine la valeur du champ électrique régnant entre les deux plaques.
- 2-Détermine l'intensité de la force électrique que subit la particule.
- 3-La particule sera-t-elle déviée vers la plaque de plus haut ou celle de plus bas potentiel ?

Solution 4

1-Déterminons la valeur du champ électrique régnant entre les deux plaques.

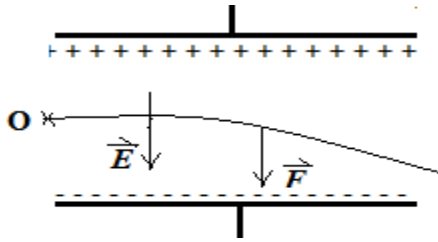
$$E = \frac{U}{d} ; \text{ **A.N :** } E = \frac{200}{0,1} = 2 \cdot 10^3 \text{ **$E = 2 \cdot 10^3 V/m$** }$$

2-Déterminons l'intensité de la force électrique que subit la particule.

$$F = |q| \times E$$

$$\text{ **A.N :** } q = 2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,2 \cdot 10^{-19} C \text{ et } F = 3,2 \cdot 10^{-19} \times 2 \cdot 10^3 = 6,4 \cdot 10^{-16} \text{ **$F = 6,4 \cdot 10^{-16} N$** }$$

3-La charge de la particule étant positive, elle sera déviée vers la plaque du plus bas potentiel (plaque négative).

**Exercice 5 : Force de pesanteur et force électrostatique.**

La boule d'un pendule électrostatique de masse $m = 2,5\text{g}$ porte une charge $q = 0,5\mu\text{C}$. Elle est placée dans un champ électrique uniforme.

1-Quelle doit être la valeur du champ électrique horizontal pour que le fil s'incline d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à la verticale sous l'action d'une force électrique?

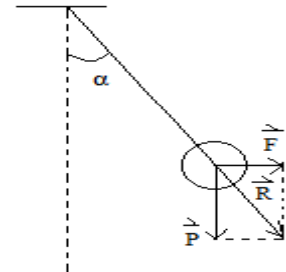
2-De quel angle le fil s'inclinera-t-il par rapport à la verticale si le champ électrique a une valeur de 10^4 V.m^{-1} . ($g = 10\text{m.s}^{-2}$).

Solution 5

1-Cette valeur du champ électrique horizontal est :

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q| \times E}{m \times g} \Rightarrow E = \frac{m \times g \times \tan \alpha}{|q|}$$

$$\text{AN : } E = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \times 10 \times \tan 30^\circ}{|0,5 \cdot 10^{-6}|} = 2,9 \cdot 10^4 \quad \boxed{E = 2,9 \cdot 10^4 \text{ V/m}}$$



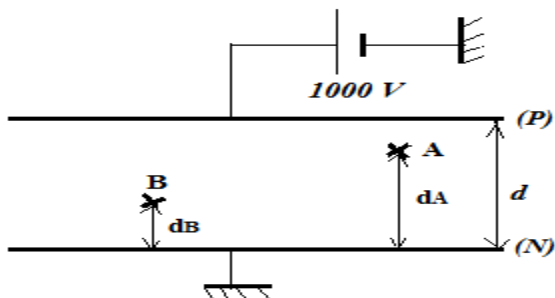
2-Cet angle aura pour valeur avec $E' = 10^4 \text{ V/m}$.

$$\tan \alpha = \frac{|q| \times E'}{m \times g} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{|q| \times E'}{m \times g} \right) ; \text{A.N : } \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-6} \times 10^4}{2,5 \cdot 10^{-3} \times 10} \right) = 11,3 \quad \boxed{\alpha = 11,3^\circ}$$

Exercice 6 : Relation entre champ électrostatique et différence de potentiel.

Entre deux plaques distantes de $d = 10 \text{ cm}$, un générateur maintient une tension $U = 1000 \text{ V}$. Les plans équipotentiels contenant les points A et B sont situés respectivement à $d_A = 7 \text{ cm}$ et $d_B = 3 \text{ cm}$ de la plaque négative.

Calcule les différences de potentiel $V_A - V_N$, $V_A - V_B$ et $V_B - V_P$.

**Solution 6**

Calculons les différences de potentiel : $V_A - V_N$, $V_A - V_B$ et $V_B - V_P$.

-Cherchons le champ électrique régnant entre les plaques (P) et (N) :

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1000}{0,1} = 10^4 \text{ V/m}$$

Alors on a respectivement :

$$V_A - V_N = E \times d_A = 10^4 \times 7.10^{-2} = 700 \quad \boxed{V_A - V_N = 700 \text{ V}}$$

$$V_A - V_B = E \times (d_A - d_B) = 10^4 \times (7.10^{-2} - 3.10^{-2}) = 400 \quad \boxed{V_A - V_B = 400 \text{ V}}$$

$$V_B - V_P = E \times (d_B - d) = 10^4 \times (3.10^{-2} - 0,1) = -700 \quad \boxed{V_B - V_P = -700 \text{ V}}$$

Exercice 7: Gouttelette d'huile électrisée dans un champ électrique uniforme.

Des gouttes d'huile électrisées peuvent se déplacer entre deux plateaux métalliques horizontaux, distants de 7 mm. L'une des gouttes, de rayon $0,88.10^{-6} \text{ m}$, reste immobile lorsque la d.d.p. appliquée entre les plaques vaut 245 V, la plaque supérieure étant chargée positivement.

Consigne :

1. Calcule la charge de la goutte d'huile.
2. Compare ce résultat à la charge électrique élémentaire.

Données : masse volumique de l'huile : $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$; volume d'une sphère de rayon

$R : V = \frac{4}{3} \pi R^3$; intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; charge élémentaire :

$$e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$$

Solution 7

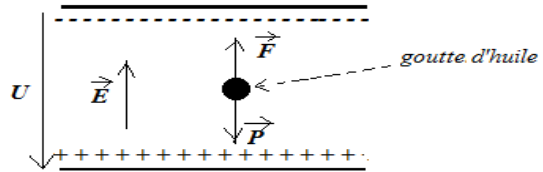
1. Calcul de la charge de la goutte d'huile :

La goutte d'huile reste immobile (ou en équilibre) si son poids $\vec{P}$ est exactement égale à la force électrique $\vec{F}$, en intensité :

$$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0} \text{ d'où } P = F$$

$$\text{Avec } P = m \times g = \rho \times V \times g = \rho \times \frac{4}{3} \pi \times R^3 \times g \text{ et}$$

$$F = |q| \times E = |q| \times \frac{U}{d}$$



$$P = F \Rightarrow \rho \times \frac{4}{3} \pi \times R^3 \times g = |q| \times \frac{U}{d} \Rightarrow |q| = \frac{\rho \times \frac{4}{3} \pi \times R^3 \times g \times d}{U}$$

$$\text{AN : } |q| = \frac{800 \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (0,88.10^{-6})^3 \times 9,8 \times 7.10^{-3}}{245} = 6,39.10^{-19} \approx 6,4.10^{-19} \quad \boxed{|q| = 6,4.10^{-19} \text{ C}}$$

2. Comparaison de ce résultat avec la charge électrique élémentaire :

$$\text{On calcule le rapport : } \frac{|q|}{e} = \frac{6,4.10^{-19}}{1,6.10^{-19}} = 4 \text{ d'où } \boxed{|q| = 4.e \text{ C}}$$

Donc, la charge de la goutte est égale à quatre fois celle de la charge élémentaire.

III-CONDENSATEUR

Activité 1 :

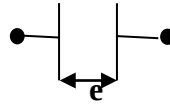
Q s'exprime en coulomb (C), U en volt (V), C en farad (F).

Le farad représente une capacité énorme ; on utilise ses sous multiples :

- Le microfarad (μF) : $1\mu F = 10^{-6} \text{ F}$

- Le nanofarad (nF) : $1nF = 10^{-9} F$
- Le picofarad (pF) : $1pF = 10^{-12} F$

Expression de la capacité d'un condensateur : $C = \frac{Q}{U}$ soit $Q = CU$



La capacité C d'un condensateur plan est proportionnelle à surface de regard S de ses armatures et inversement proportionnelle à la distance e qui les sépare.

- Dans le vide ou dans l'air la capacité d'un condensateur plan est :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{e}$$

$\epsilon_0 = \frac{1}{36 \cdot \pi \cdot 10^9} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ SI}$: permittivité du vide.

- Si le diélectrique est autre que le vide et l'air la capacité du condensateur plan est $C > C_0$.

Le rapport $\frac{C}{C_0} = \epsilon$ est appelé permittivité relative ou constante diélectrique de l'isolant.

Soit $C = \epsilon \cdot C_0$ $C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{e}$ S (en m^2), e (en m)

Activité 2 : Energie

L'énergie électrique emmagasinée dans un condensateur lors de sa charge a pour expression :

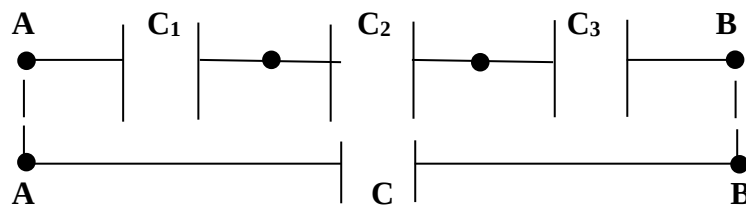
$$W = \frac{1}{2} C U^2; W = \frac{1}{2} Q \cdot C \text{ ou } W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Activité 3 : Association

1. Association en série : Soit trois condensateurs C_1, C_2, C_3 montés en série entre deux bornes A et B. On remplace les trois condensateurs par un condensateur de capacité C .

Consigne 1 : En appliquant la loi d'additivité des tensions entre A et B trouve l'expression de la capacité équivalente C des condensateurs C_1, C_2, C_3 montés en série.

Synthèse partielle 1: Expression de la capacité équivalente :



Dans un montage en série les condensateurs ont la même charge Q .

D'après la loi d'additivité des tensions entre A et B :

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 \quad \text{alors que : } U_1 = \frac{Q}{C_1}, U_2 = \frac{Q}{C_2}, U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

$$\text{Donc : } U_{AB} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \quad \text{soit : } \frac{U_{AB}}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (1)$$

L'ensemble des condensateurs en série est équivalent à un condensateur unique de capacité C dont la tension entre ses armatures est U_{AB} .

$$\text{Donc } U_{AB} = \frac{Q}{C} \quad \text{soit } \frac{U_{AB}}{Q} = \frac{1}{C} \quad (2)$$

$$\text{D'où de (1) et (2)} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Conclusion : Quand des condensateurs sont montés en séries, l'inverse de la capacité du condensateur équivalent à l'ensemble, est égale à la somme des inverses des capacités de ces condensateurs.

Si on a n condensateurs de même capacité C_0 groupés en série la capacité équivalente à l'ensemble est : $\frac{1}{C} = \frac{n}{C_0}$ soit $C = \frac{C_0}{n}$

2. Association en parallèle : Soit trois condensateurs C_1, C_2, C_3 montés en parallèle entre deux bornes A et B.

Consigne 2 : En appliquant la loi des tensions entre A et B trouve l'expression de capacité équivalente C des condensateurs C_1, C_2, C_3 montés en parallèles.

Synthèse partielle 2 : Expression de la capacité équivalente :

Dans un montage en parallèle les charges s'ajoutent ; la charge totale Q des trois condensateurs C_1, C_2, C_3 montés en parallèles entre A et B est :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

La tension est la même aux bornes des trois condensateurs donc :

$$Q_1 = C_1 U_{AB}, Q_2 = C_2 U_{AB}, Q_3 = C_3 U_{AB}.$$

$$\text{On a alors : } Q = C_1 U_{AB} + C_2 U_{AB} + C_3 U_{AB}$$

$$\frac{Q}{U_{AB}} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3)$$

L'ensemble des condensateurs en parallèles est équivalent à un condensateur unique de capacité C dont la tension entre ses armatures est U_{AB} .

$$\text{Donc } Q = C U_{AB} \quad \text{soit : } \frac{Q}{U_{AB}} = C \quad (4)$$

$$\text{De (3) et (4) on a } \boxed{C = C_1 + C_2 + C_3}$$

Conclusion : Quand des condensateurs sont montés en parallèles, la capacité du condensateur équivalent à l'ensemble, est égale à la somme des capacités ces condensateurs.

Si on a n condensateurs de même capacité C_0 groupés en parallèle la capacité équivalente à l'ensemble est : $C = nC_0$

EXERCICES

Exercice 1 : Groupement de condensateurs.

Consigne :

Calcule la capacité totale de :

a-Trois condensateurs en série : 10 μ F, 10 μ F et 22 μ F.

b- Quatre condensateurs en parallèle : 10 pF, 10 pF, 33 pF et 33 pF.

c-Deux condensateurs en parallèle (100 pF et 220 pF) placés en série avec un troisième de 220 pF.

Solution 1

Calcul de la capacité totale :

a- Trois condensateurs en série : 10 μ F, 10 μ F et 22 μ F (à convertir en farad):

Soit $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 10 \mu\text{F}$ et $C_3 = 22 \mu\text{F}$. La capacité totale est donnée par :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

AN : $\frac{1}{C} = \frac{1}{10.10^{-6}} + \frac{1}{10.10^{-6}} + \frac{1}{22.10^{-6}} = 2,45.10^5 \Rightarrow C = \frac{1}{2,45.10^5} = 4,08.10^{-6}$

C = 4,08.10⁻⁶ F

b- Quatre condensateurs en parallèle : 10 pF, 10 pF, 33 pF et 33 pF (à convertir en farad):

Soit C₁ = 10 pF, C₂ = 10 pF, C₃ = 33 pF et C₄ = 33 pF. La capacité totale est donnée par:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

A.N : $C = 10.10^{-12} + 10.10^{-12} + 33.10^{-12} + 33.10^{-12} = 86.10^{-12}$ **C = 86.10⁻¹² F**

c-Deux condensateurs en parallèle (100 pF et 220 pF) placés en série avec un troisième de 220 pF :

Soit C₁ = 100 pF, C₂ = 220 pF, C₃ = 220 pF. La capacité totale est donnée par:

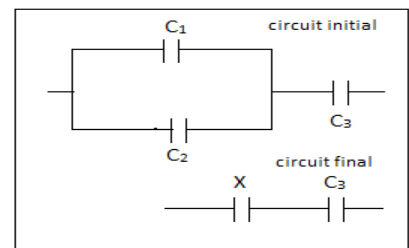
Les capacités C₁ = 100 pF, C₂ = 220 pF étant en parallèle ; on a pour ce groupement la capacité totale X telle

que : $X = C_1 + C_2 = 100.10^{-12} + 220.10^{-12} = 3,2.10^{-10} \text{ F}$

A présent, X est en série avec C₃. La capacité totale C est :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{X} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3,2.10^{-10}} + \frac{1}{220.10^{-12}} = 7,67.10^9 \Rightarrow C = \frac{1}{7,67.10^9} = 1,30.10^{-10}$$

C = 1,30.10⁻¹⁰ F



Exercice 2 :Durée de charge d'un condensateur.

Un condensateur de 100 µF est chargé sous une tension de 30 V.

1-Quelle est la quantité d'électricité emmagasinée ?

2- Quelle est la durée de la charge si le condensateur est traversé par un courant de 1 mA ?

3-Quelle est l'énergie électrique emmagasinée ?

Solution 2

C₁ = 100 µF = 100.10⁻⁶ F, U = 30 V.

1-La quantité d'électricité emmagasinée est :

$q = C \times U$; **AN : $q = 100.10^{-6} \times 30 = 3.10^{-3}$ **q = 3.10⁻³ C****

2- La durée de la charge du condensateur pour $I = 1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$ est :

$q = C \times U = I \times t \Rightarrow t = \frac{q}{I}$; **AN : $t = \frac{3.10^{-3}}{10^{-3}} = 3$ **t = 3 s****

3-L'énergie électrique emmagasinée est :

$W = \frac{1}{2} C \times U^2$; **AN : $W = \frac{1}{2} \times 100.10^{-6} \times (30)^2 = 4,5.10^{-2}$ **W = 4,5.10⁻² J****

Exercice 3 : Montage en série et parallèle de 2 condensateurs.

Un condensateur de 47µF et un autre de 33µF supportent la même tension maximale soit 25V. On les branche en série puis en parallèle.

Consigne : Calcule pour chaque branchement :

1-La capacité équivalente.

2-La tension maximale que peut supporter le groupement.

3-L'énergie emmagasinée par le groupement lorsqu'il est chargé sous la tension maximale.

Solution 3

$C_1 = 47 \mu\text{F} = 47 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, $C_2 = 33 \mu\text{F} = 33 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, $U_1 = U_2 = 25 \text{ V}$.

-Branchement en série :

1-La capacité équivalente est :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{47 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{33 \cdot 10^{-6}} = 5,16 \cdot 10^4 \Rightarrow C = \frac{1}{5,16 \cdot 10^4} = 1,94 \cdot 10^{-5} \quad \boxed{C = 1,94 \cdot 10^{-5} \text{ F}}$$

2-La tension maximale que peut supporter le groupement est :

$$U = U_1 + U_2 = 25 + 25 = 50 \quad \boxed{U = 50 \text{ V}}$$

3-L'énergie emmagasinée par le groupement est :

$$W = \frac{1}{2} C \times U^2 ; \quad \underline{\text{AN}} : W = \frac{1}{2} \times 1,94 \cdot 10^{-5} \times (50)^2 = 2,42 \cdot 10^{-2} \quad \boxed{W = 2,42 \cdot 10^{-2} \text{ J}}$$

-Branchement en parallèle :

1-La capacité équivalente est :

$$C = C_1 + C_2 = 47 \cdot 10^{-6} + 33 \cdot 10^{-6} = 8 \cdot 10^{-5} \quad \boxed{C = 8 \cdot 10^{-5} \text{ F}}$$

2-La tension maximale que peut supporter le groupement est :

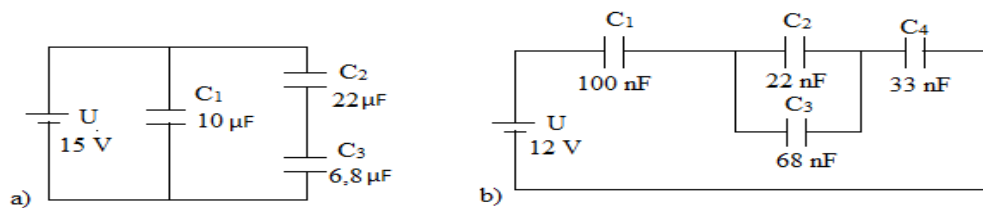
$$U = U_1 = U_2 = 25 \quad \boxed{U = 25 \text{ V}}$$

3-L'énergie emmagasinée par le groupement est : $W = \frac{1}{2} C \times U^2 ;$

$$\underline{\text{AN}} : W = \frac{1}{2} \times 8 \cdot 10^{-5} \times (25)^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \quad \boxed{W = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}}$$

Exercice 4 : Charge et capacité totale de condensateurs sous tension.

Calcule la charge et la tension aux bornes de chacun des condensateurs des circuits suivants :



Solution 4

a)-la charge et la tension aux bornes du condensateur C_1 :

$$U = U_{C_1} = 15 ; \quad \boxed{U_{C_1} = 15 \text{ V}} \quad q_1 = C_1 \times U_{C_1} = 10 \cdot 10^{-6} \times 15 = 1,5 \cdot 10^{-4} \quad \boxed{q_1 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$$

-charges et tensions aux bornes des condensateurs C_2 et C_3 :

(C_2 et C_3 sont en série) :

$$U = U_{C1} = U_{C2} + U_{C3} \Rightarrow U = \frac{q_2}{C_2} + \frac{q_3}{C_3} \text{ Or } q_2 = q_3 = q \text{ on a donc :}$$

$$U = q\left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right) \Rightarrow q = \frac{U \times C_2 \times C_3}{C_2 + C_3} \text{ A.N.: } q = \frac{15 \times 22.10^{-6} \times 6,8.10^{-6}}{22.10^{-6} + 6,8.10^{-6}} = 7,8.10^{-5}$$

$$\boxed{q_2 = q_3 = 7,8.10^{-5} \text{ C}}$$

$$q_2 = C_2 \times U_{C2} \Rightarrow U_{C2} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{7,8.10^{-5}}{22.10^{-6}} = 3,54 \text{ V} \quad \boxed{U_{C2} = 3,54 \text{ V}}$$

$$U_{C3} = \frac{q_3}{C_3} = \frac{7,8.10^{-5}}{6,8.10^{-6}} = 11,47 \text{ V} \quad \boxed{U_{C3} = 11,47 \text{ V}}$$

b)-la capacité totale du circuit : C₂ et C₃ sont en parallèle, X est la capacité totale :

$$X = C_2 + C_3 = 22.10^{-9} + 68.10^{-9} = 9.10^{-8} \text{ F}$$

C₁, X et C₄ sont en série, C est la capacité totale :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{X} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{100.10^{-9}} + \frac{1}{9.10^{-8}} + \frac{1}{33.10^{-9}} \Rightarrow C = 1,94.10^{-8} \text{ F}$$

La charge totale est donc $q = C \times U = 1,94.10^{-8} \times 12 = 2,33.10^{-7} \text{ C}$

-les charges et tensions aux bornes des condensateurs C₁ et C₄ :

$$q_1 = q_4 = q \quad \text{Donc : } \boxed{q_1 = q_4 = 2,33.10^{-7} \text{ C}}$$

$$q_1 = C_1 \times U_{C1} \Rightarrow U_{C1} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{2,33.10^{-7}}{100.10^{-9}} = 2,33 \text{ V} \quad \boxed{U_{C1} = 2,33 \text{ V}}$$

$$U_{C4} = \frac{q_4}{C_4} = \frac{2,33.10^{-7}}{33.10^{-9}} = 7,06 \text{ V} \quad \boxed{U_{C4} = 7,06 \text{ V}}$$

-la charge et la tension aux bornes des condensateurs C₂ et C₃ :

$$U_{C2} = U_{C3} = U - (U_{C1} + U_{C4}) = 12 - (2,33 + 7,06) = 2,61 \text{ V} \quad \boxed{U_{C2} = U_{C3} = 2,61 \text{ V}}$$

$$q_2 = C_2 \times U_{C2} = 22.10^{-9} \times 2,61 = 5,74.10^{-8} \text{ C} \quad \boxed{q_2 = 5,74.10^{-8} \text{ C}}$$

$$q_3 = C_3 \times U_{C3} = 68.10^{-9} \times 2,61 = 1,77.10^{-7} \text{ C} \quad \boxed{q_3 = 1,77.10^{-7} \text{ C}}$$

Exercice 5 : Condensateur électrolytique à couche d'aluminium.

Un condensateur électrolytique à couche d'aluminium a une capacité de 500 μF pour une surface d'une armature de 0,1 m². L'alumine a une permittivité relative ϵ_r voisine de 9.

Consigne :

1-Calculer l'épaisseur de couche d'alumine. Comment peut-on obtenir des dépôts si fins ?

2-Quelle est la tension maximale que peut supporter un tel condensateur sachant que la rigidité diélectrique de l'alumine est de 1000 kV.mm⁻¹ ?

($\epsilon_0 = 8,84.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$).

Solution 5

$$C = 500 \text{ μF}, S = 0,1 \text{ m}^2, \epsilon_r = 9, E = 1000 \text{ kV.mm}^{-1} = \frac{1000 \times 10^3}{10^{-3}} = 10^9 \text{ V/m}.$$

1-Calcul de l'épaisseur de couche d'alumine :

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{e} \Rightarrow e = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times S}{C} ; \text{AN: } e = \frac{8,84 \cdot 10^{-12} \times 9 \times 0,1}{500 \cdot 10^{-6}} = 1,59 \cdot 10^{-8} \quad \boxed{e = 1,59 \cdot 10^{-8} \text{ m}}$$

-On obtient ces dépôts si fins par électrolyse.

2-La tension maximale que peut supporter un tel condensateur est :

$$E = \frac{U}{d} ; \text{ Avec } d = e ; \text{ on donc } U = E \times e ; \text{ AN: } U = 10^9 \times 1,59 \cdot 10^{-8} = 15,9 \quad \boxed{U = 15,9 \text{ V}}$$

Exercice 6 : Signe des armatures d'un condensateur.

Un condensateur de bornes E et D, de capacité : $C = 4,7 \mu\text{F}$, est chargé sous une tension $U_{ED} = V_E - V_D$ égale à 12 V.

Consigne :

1-Calculer la charge portée par chaque armature E et D.

2-Quelle est armature qui possède un excès d'électrons ?

Solution 6

1-Calcul de la charge portée par chaque armature E et D.

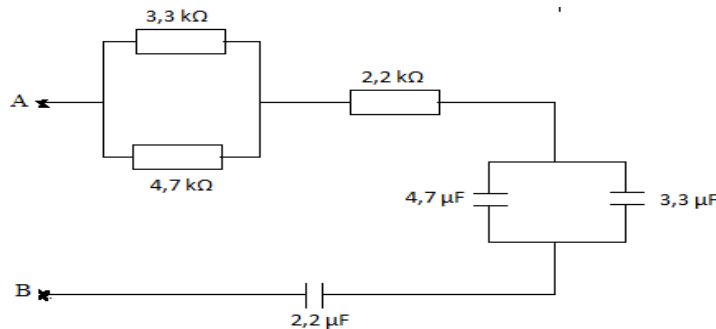
$$q = q_E = -q_D = C \times U_{ED} \quad \text{AN: } q = 4,7 \cdot 10^{-6} \times 12 = 5,64 \cdot 10^{-5} \quad \boxed{q = 5,64 \cdot 10^{-5} \text{ C}}$$

2-C'est l'armature D qui possède un excès d'électrons ($V_D < 0$).

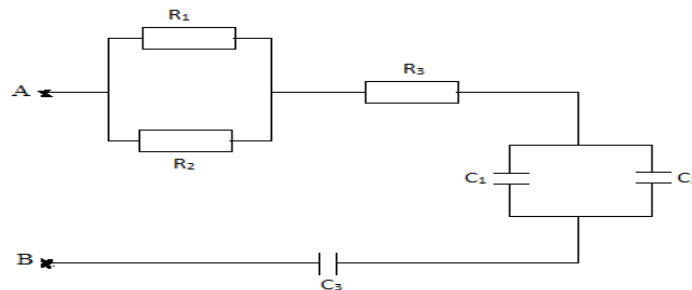
Exercice 7 : simplification d'un circuit électrique.

Le schéma représente une association de résistances et de condensateurs. On veut simplifier le schéma électrique en remplaçant l'association par une résistance R associée en série à un condensateur de capacité C.

Calcule R et C.



Solution7



-Calcul de R :

R_1 et R_2 sont en parallèle et X est la résistance équivalente :

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3,3 \cdot 10^3} + \frac{1}{4,7 \cdot 10^3} = 5,16 \cdot 10^{-4} \Rightarrow X = 1,94 \cdot 10^3 \Omega$$

X et R₃ sont en série et R est la résistance équivalente :

$$R = X + R_3 = 1,94.10^3 + 2,2.10^3 = 4,14.10^3 \quad \boxed{R = 4,14.10^3 \Omega}$$

-Calcul de C :

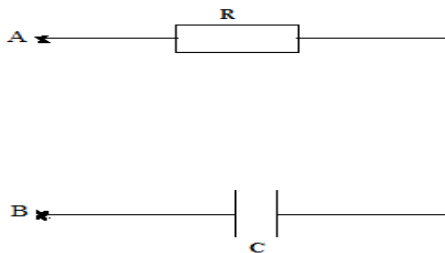
C₁ et C₂ sont en parallèle et Y est la capacité totale :

$$Y = C_1 + C_2 = 4,7.10^{-6} + 3,3.10^{-6} = 8.10^{-6} F$$

Y et C₃ sont en série et C est la capacité totale :

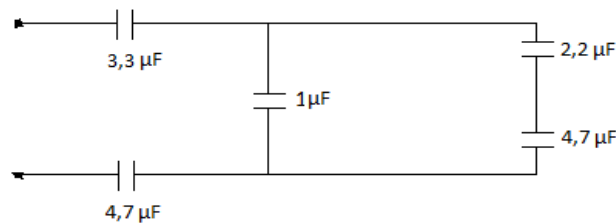
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{8.10^{-6}} + \frac{1}{2,2.10^{-6}} = 5,79.10^5 \Rightarrow C = 1,73.10^{-6} \quad \boxed{C = 1,73.10^{-6} F}$$

-Circuit simplifié :



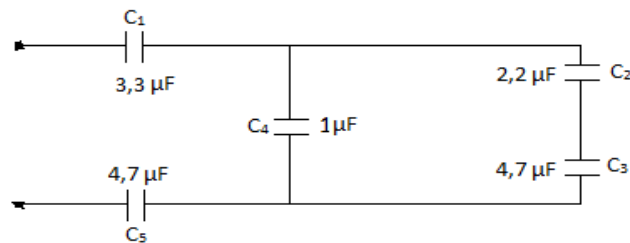
Exercice 8:Capacité totale de condensateur en branchement mixte.

On considère le groupement de condensateurs représentée sur la figure. Quelle est la capacité du condensateur équivalant à toute l'association ci-dessous ?



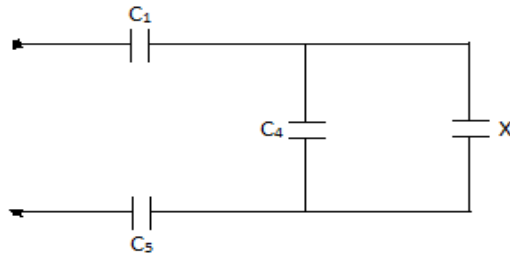
Solution 8

La capacité du condensateur équivalant à toute l'association est :



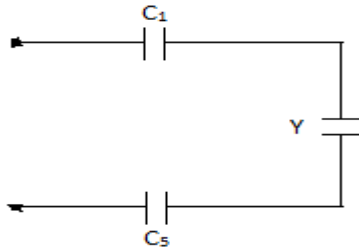
-C₂ et C₃ sont en série et X est la capacité totale :

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{2,2.10^{-6}} + \frac{1}{4,7.10^{-6}} = 6,67.10^5 \Rightarrow X = 1,5.10^{-6} F$$



-X et C_4 sont en parallèle et Y est la capacité totale :

$$Y = X + C_4 = 1,5 \cdot 10^{-6} + 10^{-6} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$



-Y, C_1 et C_5 sont en série et C est la capacité totale :

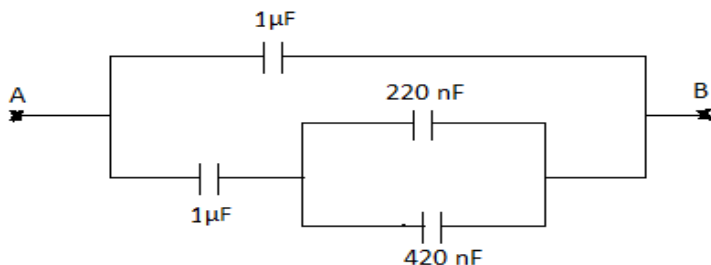
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{3,3 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{4,7 \cdot 10^{-6}} = 9,16 \cdot 10^5 \Rightarrow \boxed{C = 1,09 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

Exercice 9: Charge d'un groupement de condensateurs.

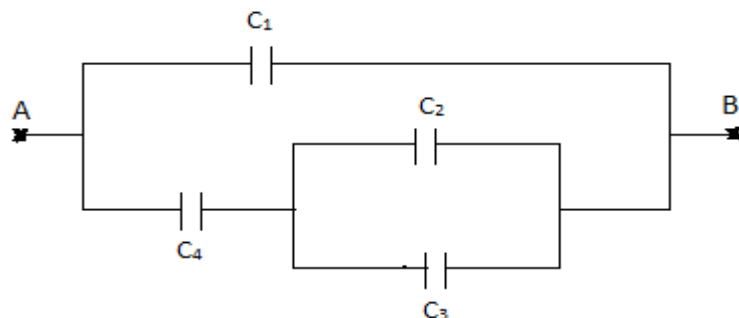
Soit le circuit de la figure ci-dessous :

1-Quelle est la capacité C_{AB} du condensateur équivalent à toute l'association ?

2-Calcule la charge Q traversant l'association ($U_{AB} = 1 \text{ kV}$).

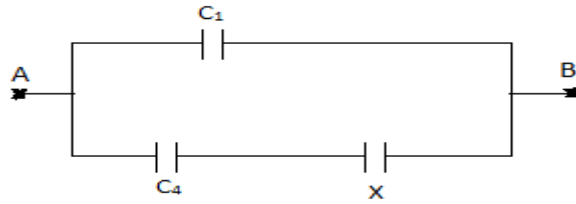


Solution 9



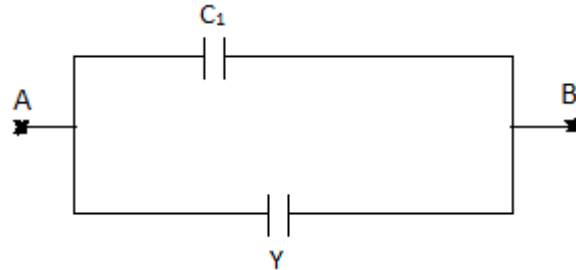
1- La capacité C_{AB} du condensateur équivalent à toute l'association :

$$C_2 \text{ et } C_3 \text{ sont en parallèle et X est la capacité totale : } X = C_2 + C_3 = 220 \cdot 10^{-9} + 420 \cdot 10^{-9} = 6,4 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$



X et C₄ sont en série et Y est la capacité totale:

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{X} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6,4 \cdot 10^{-7}} + \frac{1}{10^{-6}} = 2,56 \cdot 10^6 \Rightarrow Y = \frac{1}{2,56 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$



Y et C₁ sont en parallèle et C_{AB} la capacité du condensateur équivalent :

$$C_{AB} = Y + C_1 = 4 \cdot 10^{-7} + 10^{-6} = 1,4 \cdot 10^{-6} \quad \boxed{C_{AB} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$$

2-La charge q qui traverse l'association avec U_{AB}=10³ V.

$$Q = C_{AB} \times U_{AB} \quad \underline{\text{A.N.}} : Q = 1,4 \cdot 10^{-6} \times 10^3 = 1,4 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{Q = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ C}}$$

IV-Champ magnétique

SITUATION PROBLEME

Depuis le temps de nos ancêtres, les Hommes avaient remarqué que certains minerais de fer, tel la magnétite, avaient la propriété particulière d'attirer les petits morceaux de fer.

- Quel nom porte cette propriété physique ?
- Comment se nomment les corps possédant une telle propriété ?

Activité 1 : LES AIMANTS :

Consigne 1 :

1. Définis : aimant et donne ses caractéristiques.

2. Définis la boussole et donne ses caractéristiques

Synthèse partielle1 :

1. Définition et les caractéristiques de l'aimant.

Les aimants sont des corps capables d'attirer les métaux ferromagnétiques : fer, cobalt, nickel et certains alliages.

- Il existe plusieurs types d'aimants : Droit, en U, Circulaire . . .
- Un aimant possède toujours deux pôles : le pôle Nord et le pôle Sud.
- Deux pôles de même nom se repoussent.
- Deux pôles de noms différents s'attirent.

2. Définition : La boussole est un aimant léger (aiguille aimantée) monté sur un axe de rotation. En dehors de l'influence de tout aimant, l'axe de la boussole prend toujours la même direction : la direction Sud – Nord géographique (presque).

Activité 2 : ESPACE CHAMP MAGNETIQUE :

- 1) Définis et caractérise l'espace champ magnétique d'un aimant
- 2) Définis les lignes de champ et donne leurs orientations autour d'aimant.

Synthèse partielle 2 :

1) Définition et caractéristiques :

L'espace champ magnétique d'un aimant est la zone qui l'entoure et dans laquelle il fait sentir son influence. Cette zone est caractérisée en chaque point par un vecteur champ magnétique noté $\vec{B}$.

-Point d'application : le point considéré

- Direction : l'axe de l'aiguille aimantée

- Sens : la direction SN

- Valeur $B = \|\vec{B}\|$ en **Tesla** (T).

2) Définition et les orientations des lignes de champ d'un aimant.

Les lignes de champ (spectres magnétique) constituent la topographie de l'espace champ magnétique. Elles sont orientées du pôle Nord vers le pôle Sud de l'aimant.

NB : Dans l'entrefer de l'aimant en U, le champ est uniforme : En tout point, $\vec{B}$ a la même direction, le même sens et la même valeur.

Le champ magnétique terrestre est la résultante de deux composantes :

- ✓ $\vec{B}_H$ composante horizontale du champ magnétique terrestre au point M. On en déduit l'inclinaison i (angle). Voir ci-contre.
- ✓ $\vec{B}_V$ composante verticale du champ magnétique terrestre au point M.

$$\vec{B}_T = \vec{B}_H + \vec{B}_V$$

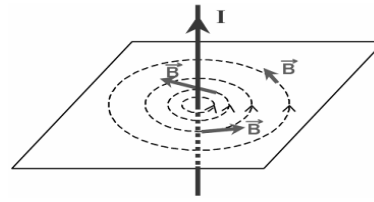
NB : $\vec{B}_H$ est souvent noté $\vec{B}_0$

1) moment magnétique $\vec{M}$ d'un aimant

Le moment magnétique $\vec{M}$ est parallèle à la ligne des pôles de l'aimant dirige dans le sens SN. Le moment du couple exercé par un champ magnétique $\vec{B}$ sur aimant de moment magnétique $\vec{M}$ est proportionnel au sinus de l'angle que font entre eux les vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{M}$: $\Gamma = M \cdot B \cdot \sin \alpha$

- La valeur du champ B est proportionnelle à l'intensité du courant.

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{d}$$



- Champ magnétique créé par un courant circulaire :

Toutes les lignes sortent par une face appelée face nord (N) et entrent par l'autre face appelée face sud (S).

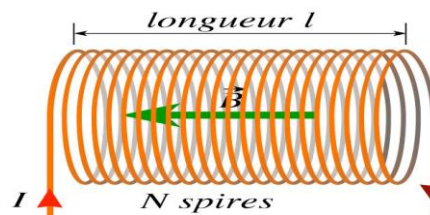
Le sens de B dépend du sens de I. Le champ au centre est d'autant plus important que l'intensité du courant est plus élevée et que le rayon est plus petit.

Si on a plusieurs spires on obtient une bobine plate

$$B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{NI}{R} \quad N : \text{nombre de spires} ; R : \text{rayon de la bobine}$$

b) Champ créé par un solénoïde : A l'intérieur d'un solénoïde le champ est uniforme d'intensité

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{\ell} = \mu_0 \cdot nI$$



μ_0 : perméabilité du vide = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ U.S.I (H/m)}$

$n = \text{densité des spires} = \frac{N}{\ell}$; $N = \text{nombre des spires}$

La valeur d'un champ magnétique créé par un courant dépend de la géométrie du courant, de son intensité et de la position du point de mesure.

Force de Laplace :

1. Observation et conclusion :

Un conducteur rectiligne parcouru par un courant continu (I), placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ sur une longueur (ℓ), subit une force électromagnétique appelée Force de Laplace et défini par : $\vec{F}_L = I \times \vec{\ell} \wedge \vec{B}$.

2. Caractéristiques de la force de Laplace :

- Point d'application : Le milieu de la portion du conducteur située dans le champ magnétique,

- Direction : la perpendiculaire au plan ($\vec{\ell}, \vec{B}$), (=> on a toujours $\vec{F}_L \perp \vec{\ell}$ et $\vec{F}_L \perp \vec{B}$)

- **Sens** : est tel que le trièdre $(\vec{I} \times \vec{\ell}, \vec{B}, \vec{F}_L)$ est direct,

- **Valeur** : $F_L = I \ell \times B \times |\sin(\vec{\ell}, \vec{B})|$ Avec F_L en Newton (N), I en ampère (A), ℓ en mètre (m) et B en Tesla (T).

- **Définition légale d'Ampère** : L'Ampère est l'intensité d'un courant constant qui maintenu dans deux conducteurs parallèles rectilignes de longueur infinie de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1m l'un de l'autre dans le vide, produit entre ces conducteurs une force de $2 \cdot 10^{-7} \text{N/m}$ de longueur ;

EXERCICES

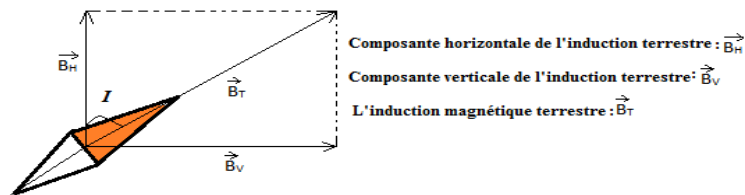
Exercice 1 : Champ magnétique terrestre.

Une aiguille aimantée, mobile autour de son centre de gravité en position d'équilibre stable dans le champ magnétique terrestre, prend une inclinaison magnétique $I=64^\circ$. Sachant que la composante horizontale de l'induction terrestre vaut $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, calcule l'induction magnétique terrestre au lieu considéré.

Solution1

$I = 64^\circ$; $B_H = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

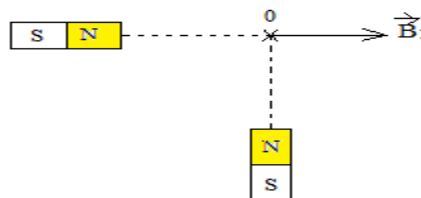
- Calcul de l'induction magnétique terrestre au lieu considéré :



$$\cos(I) = \frac{B_H}{B_T} \Rightarrow B_T = \frac{B_H}{\cos(I)} \quad \text{AN : } B_T = \frac{B_H}{\cos(I)} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{\cos(64^\circ)} = 4,6 \cdot 10^{-5} \quad \boxed{B_T = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$$

Exercice 2: Champ magnétique créé par deux aimants.

Une aiguille dont le centre O est placé sur l'axe de l'aimant 1 s'aligne sur cet axe suivant le vecteur $\vec{B}_1$ de valeur 5,0 mT. On place l'aimant 2 comme sur la figure : l'aiguille tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre d'un angle $\alpha = 24^\circ$.



Détermine l'intensité du champ magnétique $\vec{B}_2$ créé en O par l'aimant 2 ainsi que l'intensité du champ magnétique résultant $\vec{B}_T$.

Solution 2

-L'intensité du champ magnétique $\vec{B}_2$ est :

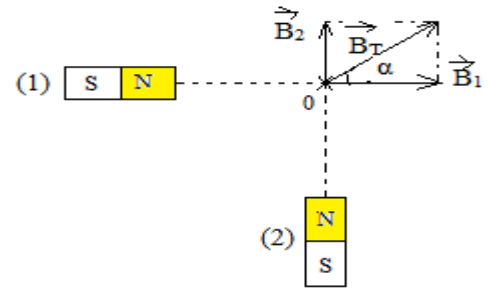
$$\tan \alpha = \frac{B_2}{B_1} \Rightarrow B_2 = B_1 \times \tan \alpha \quad \underline{\text{AN:}}$$

$$B_2 = 5,0.10^{-3} \times \tan 24^\circ = 2,2.10^{-3} \quad \boxed{B_1 = 2,2.10^{-3} \text{ T}}$$

-L'intensité du champ magnétique $\vec{B}_T$ sera :

$$\cos \alpha = \frac{B_1}{B_T} \Rightarrow B_T = \frac{B_1}{\cos \alpha} \quad \underline{\text{AN:}} \quad B_T = \frac{5,0.10^{-3}}{\cos 24^\circ} = 5,5.10^{-3}$$

$$\boxed{B_T = 5,5.10^{-3} \text{ T}}$$



Exercice 3: Sens d'orientation d'une boussole dans une bobine.

Une bobine, de longueur 50 cm, comprenant 1000 spires de diamètre 4 cm, est parcourue par un courant d'intensité 300 mA.

1-Fais un schéma clair sur lequel on indiquera le sens du courant, la direction et l'orientation des lignes d'induction à l'intérieur de la bobine. Cette bobine est-elle un solénoïde long ? Justifie.

2-a) Calcule le nombre de spires par mètre de la bobine.

b) Calcule l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

3-L'axe du solénoïde est placé perpendiculaire au méridien magnétique. Une boussole est placée en son centre.

a) Comment s'oriente cette boussole en l'absence de courant ?

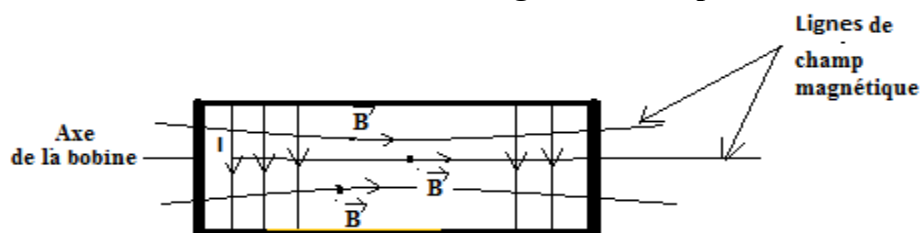
b) De quel angle tourne la boussole quand on fait passer dans le solénoïde le courant de 300 mA (la composante horizontale de l'induction terrestre vaut 2.10^{-5} T).

On donne la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} \text{ S.I.}$

Solution 3

$$l=50\text{cm}=0,5\text{m}; N=1000; D=4\text{cm}=4.10^{-2}\text{m}; I=300\text{mA}=0,3\text{A}.$$

1-Schéma clair de la bobine avec les lignes de champ, l'intensité du courant.



$$R = \frac{D}{2} = \frac{4.10^{-2}}{2} = 2.10^{-2} \text{ m et } l=0,5\text{m};$$

d'où Cette bobine est un solénoïde ($l \gg R$).

2-a) Calcul du nombre de spires par mètre.

$$n = \frac{N}{l} \quad \underline{\text{A.N:}} \quad n = \frac{1000}{0,5} = 2000 \quad \boxed{n = 2000 \text{ spires/mètre}}$$

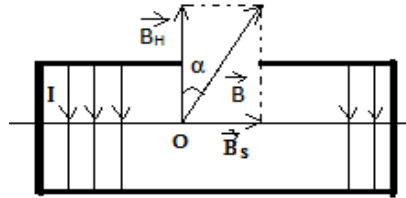
b) Calcul de l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde

$$B = \mu_0 . n . I \quad \text{Avec } \mu_0 = 4\pi.10^{-7} \text{ U.S.I}$$

$$\underline{\text{A.N:}} \quad B = 4\pi.10^{-7} \times 2000 \times 0,3 = 7,54.10^{-4} \quad \boxed{B=7,54.10^{-4} \text{ T}}$$

3-a) En l'absence du courant dans la bobine, l'aiguille aimantée s'oriente suivant la composante horizontale du champ magnétique terrestre.

b) L'angle dont tourne la boussole quand on fait passer le courant :



$$\tan \alpha = \frac{B_S}{B_H} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{B_S}{B_H} \right) \quad \text{Avec } B_S = B = 7,54 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

$$\text{A.N: } \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{7,54 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-5}} \right) = 88,48 \quad \boxed{\alpha = 88,48^\circ}$$

Exercice 4 : Champ d'un solénoïde.

On réalise un solénoïde en enroulant régulièrement un fil de cuivre de diamètre $d = 0,20$ mm sur un cylindre de longueur $l = 40$ cm et de rayon $R = 5,0$ cm. L'épaisseur de l'isolant du fil est négligeable et les spires sont jointives.

Consigne :

1-Calcule le nombre n de spires par mètre.

2-Calcule la résistance du solénoïde sachant que la résistance du fil est $4 \cdot 10^{-3} \Omega$ par mètre.

3-Le solénoïde est branché aux bornes d'un accumulateur de f.é.m. $6,0$ V et résistance interne $r = 0,5 \Omega$.

a) Donne la relation entre la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde et l'intensité du courant qui le traverse.

b) En déduis les valeurs de la constante de proportionnalité et du champ magnétique.

Solution 4

1-Calcul du nombre n de spires par mètre :

$$\text{-calculons d'abord le nombre de spires total : } N = \frac{l}{d} = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{0,20 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^3 \text{ spires}$$

$$\text{- d'où } n \text{ a pour valeur : } n = \frac{N}{l} = \frac{2 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^3 \quad \boxed{n = 5 \cdot 10^3 \text{ spires par mètre}}$$

2-Calcul de la résistance du solénoïde sachant que la résistance du fil égal à $4 \cdot 10^{-3} \Omega$ par mètre :

-calculons, d'abord, la longueur L du fil du solénoïde avec P le périmètre du cercle de rayon R : $L = N \times P = N \times 2\pi R$

$$\text{AN: } L = 2 \cdot 10^3 \times 2 \times 3,14 \times 5,0 \cdot 10^{-2} = 6,28 \cdot 10^2 \text{ m}$$

$$\text{La résistance } R \text{ du fil entier est donc : } R = 4 \cdot 10^{-3} \times L = 4 \cdot 10^{-3} \times 6,28 \cdot 10^2 = 2,51 \quad \boxed{R = 2,51 \Omega}$$

3- a) La relation entre la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde et l'intensité du courant qui le traverse est : $B = (\mu_0 \times n).I = k \times I$ donc $\boxed{B = k \times I}$ (k : C^{te} de proportionnalité)

b) En déduisons les valeurs de la constante de proportionnalité et du champ magnétique avec $E = 6,0 \text{ V}$ et $r = 0,5 \Omega$:

-calculons, d'abord, l'intensité I dans le circuit en utilisant la loi de Pouillet :

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{6,0}{2,51+0,5} = 2 \text{ A}$$

-la valeur de la constante de proportionnalité : $B = (\mu_0 \times n).I = k \times I$ par identification,

$$k = \mu_0 \times n = 4\pi \cdot 10^{-7} \times 5 \cdot 10^3 = 6,28 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{k = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ T.A}^{-1}}$$

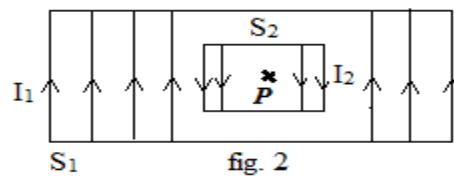
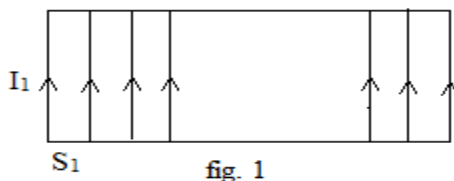
-la valeur du champ magnétique est : $B = k \times I = 6,28 \cdot 10^{-3} \times 2 = 1,26 \cdot 10^{-2}$; $\boxed{B = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ T}}$

Exercice 5 : Résultante de 2 vecteurs champs magnétiques colinéaires et de sens contraires.

Consigne :

1-Un solénoïde S_1 , comportant $n_1 = 1000$ spires par mètre, est parcouru par un courant d'intensité $I_1 = 3,0 \text{ A}$ (fig. 1).

Calcule la valeur du champ magnétique B_1 à l'intérieur de ce solénoïde.



2-On introduit, à l'intérieur de S_1 , un petit solénoïde S_2 comportant $n_2 = 500$ spires par mètre, de même axe que S_1 et parcouru par un courant de sens contraire (fig. 2). Calcule le champ magnétique $\vec{B}$ en P , à l'intérieur des deux solénoïdes, lorsque ceux-ci sont parcourus par les courants d'intensité I_1 et I_2 ($I_2 = 3,0 \text{ A}$).

Solution 5

1- Calcul de la valeur du champ magnétique B_1 à l'intérieur de ce solénoïde S_1 :

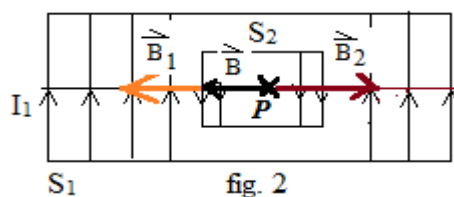
$$B_1 = \mu_0 \times n_1 \times I_1 = 4\pi \cdot 10^{-7} \times 1000 \times 3,0 = 3,8 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{B_1 = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ T}}$$

2-Calcul du champ magnétique $\vec{B}$ en P , à l'intérieur des deux solénoïdes, lorsque ceux-ci sont parcourus par les courants d'intensité I_1 et I_2 ($I_2 = 3,0 \text{ A}$) :

- calculons, d'abord, la valeur du champ B_2 à l'intérieur de ce solénoïde S_2 :

$$B_2 = \mu_0 \times n_2 \times I_2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \times 500 \times 3,0 = 1,9 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{B_2 = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ T}}$$

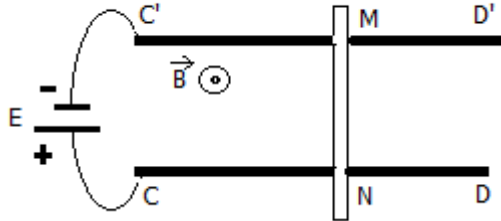
-calculons le champ magnétique $\vec{B}$ résultant : Au point P , les vecteurs $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ sont colinéaires et de sens opposés d'où $B = |B_1 - B_2|$



$$\text{AN : } B = |3,8 \cdot 10^{-3} - 1,9 \cdot 10^{-3}| = 1,9 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{B = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ T}}$$

Exercice 6: Champ magnétique créé par le déplacement d'un conducteur sur 2 rails.

Deux rails parallèles sont écartés de 20cm et la barre cylindrique MN leur est perpendiculaire. Le tout est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ est normal au plan horizontal des rails et a pour intensité $B=0,5\text{ T}$. Les extrémités des rails sont reliées aux pôles d'un générateur de force électromotrice $E=6\text{V}$ et la résistance totale du circuit ainsi réalisé est égale à $R=2\Omega$.

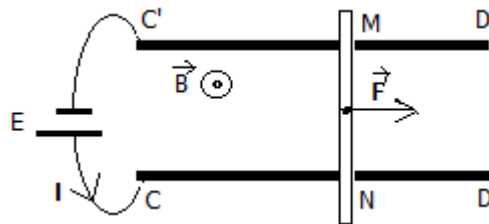
**Consigne :**

- 1-Donne les caractéristiques de la force de Laplace s'exerçant au milieu de la barre.
- 2-Calcul le travail de cette force lors d'un déplacement de $d=10\text{cm}$.

Solution 6

$MN=l=20\text{cm}=0,2\text{m}$; $B=0,5\text{T}$; $E=6\text{V}$; $R=2\Omega$.

- 1-Les caractéristiques de la force de Laplace :



- point d'application : milieu du conducteur MN ;
- direction orthogonale au plan du champ magnétique et au conducteur MN ;
- sens donné par la règle de la main droite ;
- intensité : $F = I \times MN \times B = I.l.B$ avec $I = \frac{E}{R} = \frac{6}{2} = 3\text{A}$ (Loi de Pouillet).

On a donc, $F = 3 \times 0,2 \times 0,5 = 0,3$ $F=0,3\text{ N}$

- 2- Calcul du travail de cette force avec $d=10\text{cm}=0,1\text{m}$.

$$W_{(F)} = F \times d \quad \text{A.N: } W_{(F)} = 0,3 \times 0,1 = 3.10^{-2} \quad \text{W}_{(F)} = 3.10^{-2} \text{ J}$$

Exercice 7: Roue de Barlow.

Une roue de Barlow est formée d'un disque de rayon $r=15\text{cm}$. La roue est alimentée par un courant continu d'intensité $I=10\text{A}$. Le courant arrive au mercure et sort par l'axe de rotation du disque. La valeur de l'induction magnétique présente est $0,5\text{T}$ perpendiculaire au plan du disque. Le disque tourne à une vitesse constante de 3 trs/s.

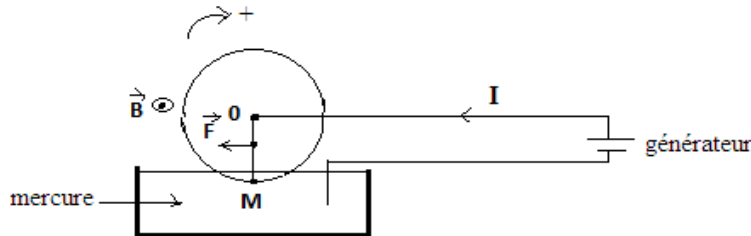
Consigne :

- 1-Fais le schéma du dispositif. Calcule le moment de la force électromagnétique par rapport à l'axe de rotation.
- 2-Calcul la puissance du disque.

Solution7

$r = 15\text{cm} = 15 \cdot 10^{-2}\text{m}$; $I = 10\text{A}$; $B = 0,5\text{T}$; $N = 3\text{trs/s}$.

1-Schéma du dispositif :



-Calcul du moment de la force électromagnétique par rapport à l'axe de rotation

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = F \times \frac{OM}{2} = F \times \frac{r}{2} \quad \text{or} \quad F = I \times OM \times B = I \times r \times B$$

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = I \times r \times B \times \frac{r}{2} = \frac{I \times r^2 \times B}{2} \quad \text{A.N: } M_{\Delta}(\vec{F}) = \frac{10 \times (15 \cdot 10^{-2})^2 \times 0,5}{2} = 5,63 \cdot 10^{-2}$$

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = 5,63 \cdot 10^{-2} \text{N.m}$$

2-Calcul de la puissance du disque

$$P = M_{\Delta}(\vec{F}) \times \omega \quad \text{Avec } \omega = 2\pi N = 2 \times 3,14 \times 3 = 18,84 \text{rad/s}$$

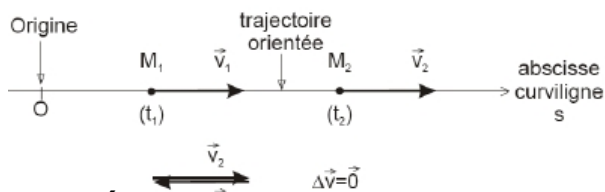
$$\text{A.N: } P = 5,63 \cdot 10^{-2} \times 18,84 = 1,06 \quad \boxed{P = 1,06 \text{ W}}$$

V-CINEMATIQUE :**1. Définition**

- **Mécanique** : Domaine de la physique ayant pour objet l'étude des forces et des mouvements.
- **Cinématique** : La cinématique consiste à analyser de façon purement mathématique le mouvement des corps en les assimilant à des points matériels sans se préoccuper des causes de ce mouvement. Les grandeurs physiques de la cinématique sont le temps, la position, la vitesse et l'accélération. .
- **Points matériels** : solides dont les dimensions sont suffisamment petites pour qu'on puisse les assimiler à un point.
- **Référentiel** : système de repérage permettant de situer un événement dans l'espace et le temps.

2. Mouvements**2.1.Mouvement rectiligne uniforme**

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniforme lorsque sa trajectoire est une droite et le vecteur vitesse constant ($\vec{v} = v_0 \vec{t}$). C est un mouvement à vecteur accélération nul.



- **Équation horaire** : Conditions initiales: $\text{A } t = 0 \Rightarrow x = x_0 \text{ et } v = v_0$

$$v = v_0 \text{ cste} \Rightarrow a = \boxed{a = 0} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = v_0$$

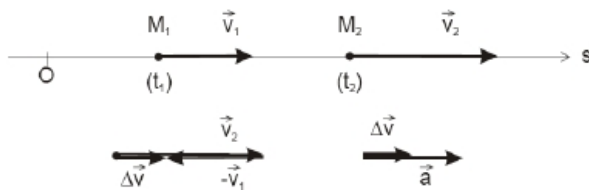
$$\Rightarrow x = v_0 t + C \text{ (cste d'intégration)}$$

$$\text{A } t = 0, x = x_0 \Rightarrow x_0 = x_0 \times 0 + C \Rightarrow C = x_0 \text{ d'où } x = v_0 t + x_0$$

$$\begin{cases} a = 0 \\ v = v_0 \\ x = v_0 t + x_0 \end{cases} \text{ sont les équations horaires d'un mouvement rectiligne uniforme}$$

2.2. Mouvement rectiligne uniformément varié

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié si sa trajectoire est une droite et son vecteur accélération constant ($\vec{a} = a_0 \vec{t}$).



• Équation horaire

$$a = a_0 = \text{cste} \Rightarrow v = at + v_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0$$

$$v = at + v_0 \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} \Rightarrow x - x_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \text{ (formule de Torricelli)}$$

$$\begin{cases} a = a_0 \\ v = at + v_0 \\ x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0 \\ v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \end{cases} \text{ Equations horaires d'un mouvement rectiligne uniformément varié}$$

N.B.: Au cours d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré, les espaces parcourus en des intervalles de temps égaux sont en progression arithmétique de raison $r = a\theta^2$

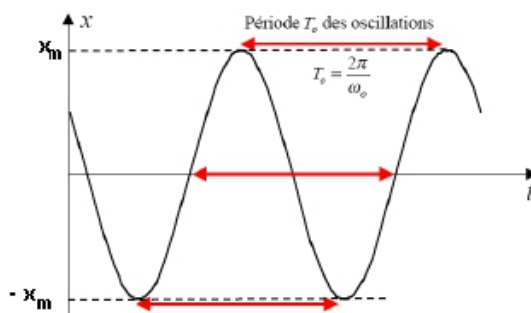
2.3. Mouvement sinusoïdale : Un mobile M est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal

si son équation horaire peut s'écrire sous la forme: $x = x_m \sin(\omega t + \varphi)$

x : élongation ou abscisse ; x_m : amplitude maximale (toujours positive); ω (rad/s): pulsation;

$(\omega t + \varphi)$: phase à l'instant de date t ; φ : phase à l'origine.

- **Position du mobile :** $\sin(\omega t + \varphi) \in [-1; 1]$ donc $x \in [-x_m; x_m]$: le mobile se déplace sur un segment de droite $[AA']$. M est animé d'un mouvement de va et vient de part et d'autre de O centre du mouvement.



Les expressions de la période et de la fréquence sont :

$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$
---------------------------	---

Le temps des oscillations est donné par la relation : $t = nT$

- **Vitesse et accélération**

$$x = x_m \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow v = \frac{dx}{dt} = x_m \omega \cos(\omega t + \varphi) ; a = \frac{dv}{dt} = -x_m \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

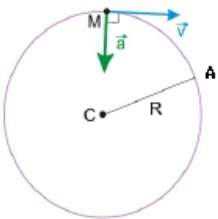
$$a = -x_m \omega^2 [\sin(\omega t + \varphi)] = -\omega^2 x$$

$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ est l'équation différentielle caractéristique d'un mouvement rectiligne sinusoïdal.

2.4. Mouvement circulaire uniforme

Un mobile décrit un mouvement circulaire uniforme si sa trajectoire est un cercle et la norme de son vecteur vitesse constante.

- **Accélération :**



$$\vec{a} = a_t \vec{T} + a_n \vec{N} ;$$

Le mouvement est uniforme : $v = cste \Rightarrow \frac{dv}{dt} \vec{T} = 0$,

l'accélération du mouvement se réduit à l'accélération normale : $\vec{a} =$

$$\vec{a}_N = \frac{v^2}{R} \vec{N}$$

Le vecteur accélération d'un mouvement circulaire uniforme est dirigé vers le centre de la trajectoire: on dit que l'accélération est **centripète**.

- **Équations horaires :** La position du mobile peut être repérée par l'abscisse angulaire α ou l'abscisse curviligne $\widehat{AM} = R\alpha$.

Par définition la vitesse angulaire est l'angle balayé pendant l'unité de temps :

$\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ (rad/s)

La vitesse linéaire pour expression :

$v = \frac{ds}{dt}$

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(R\alpha)}{dt} = \boxed{v = R\omega} \quad R \frac{d\alpha}{dt} = R\omega \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_N = \frac{v^2}{R} \vec{N} = R\omega^2 \vec{N}$$

Pour un mouvement circulaire uniforme $\omega = cte$

$$\begin{cases} \vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{N} = R\omega^2 \vec{N} \\ v = R\omega \\ \alpha = \omega t + \alpha_0 \\ s = vt + s_0 \end{cases} \Rightarrow \text{équations horaires d'un mouvement circulaire uniforme.}$$

EXERCICES

Exercice 1: équation de la trajectoire d'un mouvement.

Dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ d'axe Ox horizontal et d'axe Oy vertical descendant, la position d'un point mobile animé d'un mouvement curviligne de chute libre est donnée par les

équations horaires suivantes :
$$\begin{cases} x = 3t + 2 & (1) \\ y = 4,9t^2 & (2) \end{cases}$$

Consigne :

- 1-Exprime dans la base $(\vec{i}, \vec{j})$ les vecteurs position et vitesse du point M.
- 2-Montre que le vecteur accélération $\vec{a}$ est constante. Quelle est son intensité ?
- 3-Détermine les vecteurs position $\vec{OM}_0$ et vitesse $\vec{v}_0$ à l'instant initial.
- 4-Etablis l'équation de la trajectoire de M et donne la nature de sa trajectoire.

Solution 1

1-Exprimons dans la base $(\vec{i}, \vec{j})$:

-les vecteurs position de M : on a $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} = (3t + 2)\vec{i} + (4,9t^2)\vec{j}$

-vitesse du point M : on a, $\vec{V}_M = V_x\vec{i} + V_y\vec{j}$ or $V_x = \frac{dx}{dt} = 3 \text{ m/s}$ et $V_y = \frac{dy}{dt} = 9,8t \text{ (m/s)}$

Donc $\vec{V}_M = 3\vec{i} + (9,8t)\vec{j}$

2-Montrons que le vecteur accélération $\vec{a}$ est constante : $\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$ or $a_x = \frac{dV_x}{dt} = 0$ et

$a_y = \frac{dV_y}{dt} = 9,8 \text{ m/s}^2$ donc, $\vec{a} = 0\vec{i} + (9,8)\vec{j} = 9,8\vec{j} = C^{te}$

-Son intensité est : $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{0^2 + (9,8)^2} = 9,8$ **$a = 9,8 \text{ m/s}^2$**

3-Déterminons les vecteurs position $\vec{OM}_0$ et vitesse $\vec{v}_0$ à l'instant initial ($t = 0$) : en

remplaçant le temps t par zéro dans $\vec{OM}$ et dans $\vec{V}_M$ on a :

$\vec{OM}_0 = 2\vec{i}$ et $\vec{V}_0 = 3\vec{i}$

4-Etablissons l'équation de la trajectoire de M et donnons la nature de sa trajectoire :

Eliminons t entre les équations (1) et (2) : de (1) on a, $t = \frac{x-2}{3}$, t dans (2) :

$$y = 4,9\left(\frac{x-2}{3}\right)^2 = \frac{4,9}{9}(x^2 - 4x + 4) = 0,54(x^2 - 4x + 4) = 0,54x^2 - 2,16x + 2,16$$

L'équation y est sous la forme $y = ax^2 + bx + c$; donc la trajectoire de M est parabolique.

Exercice 2: Freinage d'un train.

1-Un train partant du repos atteint au bout de 5s la vitesse de 36km/h.

a) Quelle est l'accélération de ce train ?

b) Ecris l'équation horaire de son mouvement.

c) Trace le diagramme de la vitesse en fonction du temps.

2-L'accélération est maintenue constante :

a) Calcule la durée de 100m de parcours.

b) Quelle est, à la fin de ce parcours, la vitesse du train en km/h ?

3-La vitesse calculée dans la question 2-b) étant acquise, le conducteur serre les freins en imprimant au train une accélération $a = -2\text{m.s}^{-2}$.

a) Au bout de quel temps le train s'arrête-t-il après le début du freinage ?

b) Calcule la distance parcourue par le train jusqu'à l'arrêt complet.

Solution 2

1- $t = 5\text{s}$; $v = 36\text{km/h} = 36 \cdot 10^{-3} \times 3600 = 10\text{m/s}$.

a) L'accélération de ce train est :

$$v = at + v_0 \text{ avec } v_0 = 0 \Rightarrow v = at \Rightarrow a = \frac{v}{t} \text{ A.N : } a = \frac{10}{5} = 2 \quad \boxed{a = 2 \text{ m/s}^2}$$

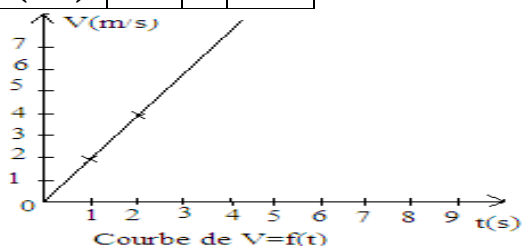
b) Ecrivons l'équation horaire de son mouvement : $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ avec $v_0 = 0$ et $x_0 = 0$

$$= 0 \text{ on a } x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2t^2 = t^2 \quad \boxed{x = t^2}$$

c) Traçons le diagramme de la vitesse en fonction du temps :

-la vitesse s'exprime par $v = \frac{dx}{dt} = 2t$ et le tableau des valeurs $v = f(t)$ est :

t(s)	0	1	2
v (m/s)	0	2	4



2- $a = 2 \text{ m/s}^2$.

a) Calculons la durée de 100m de parcours :

$$\text{On a } x = t^2 \Rightarrow t = \sqrt{x} = \sqrt{100} = 10 \quad \boxed{t = 10 \text{ s}}$$

b) La vitesse du train en km/h, à la fin de ce parcours, est :

$$v = at = 2 \times 10 = 20 \text{ m/s} \text{ soit } v = 20 \cdot 10^{-3} \times 3600 = 72 \text{ km/h} \quad \boxed{v = 72 \text{ km/h}}$$

3- $a = -2\text{m.s}^{-2}$, $v_0 = 20 \text{ m/s}$.

a) Le temps où le train s'arrêtera après le début du freinage est :

$$v = at + v_0 \text{ or } v = 0 \text{ (avec le freinage)} \Rightarrow 0 = at + v_0 \Rightarrow t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-20}{-2} = 10 \quad \boxed{t = 10 \text{ s}}$$

b) Calculons la distance parcourue par le train jusqu'à l'arrêt complet :

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \Rightarrow -v_0^2 = 2ax \Rightarrow x = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-(20)^2}{2 \times (-2)} = 100 \quad \boxed{x = 100 \text{ m}}$$

Exercice 3: mouvements rectilignes.

1-a) Détermine l'équation horaire d'un mouvement rectiligne uniforme sachant que sa vitesse est + 3,0 m/s et qu'à la date $t = 2$ s, le mobile se situe à l'abscisse - 2 m.

b) Détermine la position du mobile à la date $t = 10$ s

2-Un mobile M a un mouvement rectiligne uniformément varié. Son accélération est égale à $+2\text{m/s}^2$, à la date $t = 0$, il se situe à l'abscisse + 4 m avec une vitesse égale à - 5m/s.

a) Ecris l'équation horaire du mobile M.

b) A quelles dates M passe-t-il à l'origine O des abscisses ?

c) Quelle est l'abscisse minimale du mobile et la date correspondante ?

d) Quelle est la vitesse du mobile lorsqu'il passe à l'abscisse $x = 8$ m ?

Solution 3

1- $v = + 3,0 \text{ m/s}$; $t = 2 \text{ s}$; $x = - 2 \text{ m}$.

a) Déterminons l'équation horaire de ce mouvement rectiligne uniforme : $x = vt + x_0$

$$-2 = +3(2) + x_0 \Rightarrow x_0 = -2 - 6 = -8\text{m} \text{ d'où } \boxed{x = 3t - 8}$$

b) Déterminons la position du mobile à la date $t = 10$ s :

$$x = 3(10) - 8 = 30 - 8 = 22 \quad \boxed{x = 22 \text{ m}}$$

2- $a = +2\text{m/s}^2$, à $t = 0$, $x = + 4 \text{ m}$, $v_0 = - 5\text{m/s}$.

a) Ecrivons l'équation horaire du mobile M : $x = \frac{1}{2}at + v_0t + x_0$

$$4 = \frac{1}{2}(2)(0) + (-5)(0) + x_0 \Rightarrow x_0 = 4 \text{ d'où } \boxed{x = t^2 - 5t + 4}$$

b) Les dates auxquelles M passe par l'origine O des abscisses est :

Ces dates correspondent à $x = 0 \Leftrightarrow t^2 - 5t + 4 = 0$ (équation du second degré)

$$\Delta = (-5)^2 - 4(1)(4) = 9 ; t_1 = \frac{5 - \sqrt{9}}{2} = 1 \quad t_2 = \frac{5 + \sqrt{9}}{2} = 4$$

Les dates auxquelles M passe par l'origine O sont : $\boxed{t_1 = 1 \text{ s et } t_2 = 4 \text{ s.}}$

c) L'abscisse minimale du mobile et la date correspondante sont :

L'abscisse est minimal si $v = \frac{dx}{dt} = 0 \Leftrightarrow 2t - 5 = 0 \Rightarrow t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ s}$, remplaçons t dans x :

$$x = (2,5)^2 - 5(2,5) + 4 = -2,25\text{m}.$$

Donc l'abscisse minimal est $\boxed{x = -2,25 \text{ m}}$ et le temps correspondant est $\boxed{t = 2,5 \text{ s.}}$

d) La vitesse du mobile lorsqu'il passe à l'abscisse $x = 8$ m est :

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \Rightarrow v = \sqrt{2a(x - x_0) + v_0^2}$$

A.N: $v_0 = -5 \text{ m/s}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$, $x = 8 \text{ m}$ et $x_0 = 4$.

$$v = \sqrt{2(2)(8-4) + (-5)^2} = \sqrt{41} = 6,40 \text{ m/s}$$

Exercice 4: temps de croisement de deux mobiles.

Un élève, en retard pour son cours de Physique-Chimie, voit son autobus démarrer alors qu'il se trouve à 20 m de la portière d'entrée. L'autobus est animé d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré, d'accélération $0,80 \text{ m/s}^2$.

L'élève s'élance quand il voit l'autobus démarrer et il court à la vitesse $v = 6 \text{ m/s}$, espérant pouvoir le rattraper. Rattrapera-t-il l'autobus ? Si oui, calcule la durée de sa course et la distance parcourue (voir fig. ci-dessous) :

**Solution 4**

-Ecrivons les équations de mouvement de l'autobus (x_1) et de l'élève (x_2) :

$$x_1 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0, \text{ ici } v_0 = 0, x_0 = 20 \text{ m d'où } x_1 = \frac{1}{2}(0,80)t^2 + (0)t + 20 = 0,4t^2 + 20$$

$$x_2 = vt + x_0, \text{ ici } v = 6 \text{ m/s}, x_0 = 0 \text{ d'où } x_2 = 6t$$

L'élève rattrape l'autobus si $x_1 = x_2 \Rightarrow 0,4t^2 + 20 = 6t \Rightarrow 0,4t^2 - 6t + 20 = 0$

$$\Delta = (-6)^2 - 4(0,4)(20) = 4 ; t_1 = \frac{6 - \sqrt{4}}{2(0,4)} = 5 \text{ s} ; t_2 = \frac{6 + \sqrt{4}}{2(0,4)} = 10 \text{ s}$$

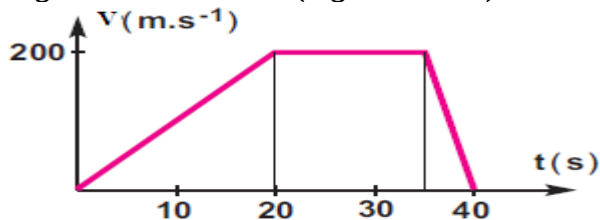
-L'élève rattrape l'autobus après avoir couru $t = 5 \text{ s}$; sur une distance $x_2 = 6(5) = 30 \text{ m}$.

-La solution $t_2 = 10 \text{ s}$ correspond à la situation où l'élève, en mouvement uniforme, dépasserait l'autobus et serait ensuite rattrapé par lui. Donc n'est pas à considérer.

Exercice 5: caractérisation du mouvement d'un mobile.

Un mobile décrit une trajectoire rectiligne. Sa position par rapport à un point O de la trajectoire orientée est repérée à l'instant t par son abscisse x .

Caractérise le mouvement du mobile durant les différentes étapes du trajet à partir du diagramme des vitesses (Fig. ci-dessous).

**Solution 5**

Caractérisons le mouvement du mobile durant les différentes étapes du trajet à partir du diagramme des vitesses :

Rappel : un mouvement est rectiligne uniforme si $v = C^{te}$; un mouvement est rectiligne uniformément varié si $a = C^{te}$, $v = at + v_0$.

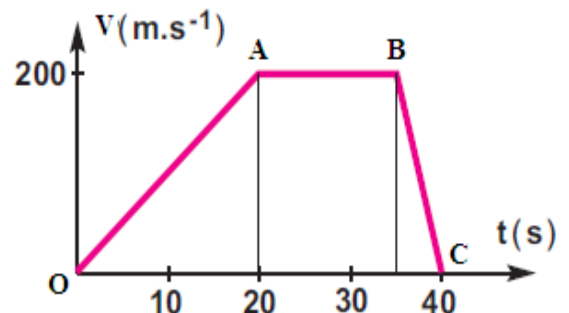
La courbe $v = f(t)$ est linéaire : $v = at + b$

-Si $t \in [0; 20]$; O ($t = 0, v = 0$) $\Rightarrow 0 = a(0) + b \Rightarrow b = 0$

A ($t = 20 \text{ s}, v = 200 \text{ m/s}$)

$$\Rightarrow 200 = 20a + b \Rightarrow 200 = 20a \Rightarrow a = \frac{200}{20} = 10 \text{ m/s}^2 ; v = 10t ;$$

d'où le mouvement du mobile est rectiligne uniformément varié ($a = 10 \text{ m/s}^2 = C^{te}$).



-Si $t \in [20;35]$; A ($t = 20$ s, $v = 200$ m/s) $\Rightarrow 200 = 20a + b$ (1)

B ($t = 35$ s, $v = 200$ m/s) $\Rightarrow 200 = 35a + b$ (2)

En formant le système avec les relations (1) et (2) et en le résolvant on obtient : $a=0$ et $b=200$.

$v = 200$ m/s ; d'où le mouvement du mobile est rectiligne uniforme ($a = 0$).

-Si $t \in [35;40]$; B ($t = 35$ s, $v = 200$ m/s) $\Rightarrow 200 = 35a + b$ (1)

C ($t = 40$ s, $v = 0$) $\Rightarrow 0 = 40a + b$ (2)

En formant le système avec les relations (1) et (2) et en le résolvant on obtient : $a = -40$ et $b=1600$.

$v = -40t + 1600$;

d'où le mouvement du mobile est rectiligne uniformément varié ($a = -40$ m/s² = c^{te})

Exercice 6: mouvement rectiligne sinusoïdal.

L'équation du mouvement d'un mobile est donnée par : $x = 7,3 \cos(100\pi - \frac{\pi}{4})$ avec x en cm.

Détermine les valeurs de : l'amplitude, de la phase à l'origine des temps, la période et la fréquence.

Solution 6

Déterminons ces valeurs :

-l'amplitude : $X_m = 7,3$ cm = $7,3 \cdot 10^{-2}$ m ;

-la phase à l'origine des temps : $\varphi = -\frac{\pi}{4}$ rad ;

-la période : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{100\pi} = 2 \cdot 10^{-2}$ s ;

-la fréquence : $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-2}} = 50$ Hz.

Exercice 7: Détermination de l'équation horaire d'un mouvement rectiligne sinusoïdal.

Un mobile ponctuel M, supposé ponctuel, est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de

période $T = \frac{\pi}{10}$ s de part et d'autre d'un point O.

Consigne :

1-Déterminons l'équation horaire du mouvement de M sachant qu'à l'origine des temps, son abscisse x_0 est égale à 2 cm et sa vitesse est nulle.

2-Quelle est la vitesse maximale du mobile ? En quel point le mobile acquiert cette vitesse ?

3-Quelle est la vitesse du mobile à la date $t = 1$ s ?

Solution 7

1-Déterminons l'équation horaire du mouvement de M :

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$$

-cherchons ω : $T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{10}} = 20$ rad/s.

-cherchons ω et φ : à $t = 0$, $x = x_0 = X_m \Rightarrow x_0 = X_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = \frac{x_0}{X_m} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$

Donc $x = 2 \cdot 10^{-2} \cos(20t)$ (x en mètre).

2-La vitesse maximale du mobile est :

$v = \frac{dx}{dt} = -2 \cdot 10^{-2} \times 20 \sin(20t) = -0,4 \sin(20t)$, la vitesse est maximale si $\sin(20t) = 1$, donc

$v_{\max} = -0,4$ m/s ; en valeur absolue $|v_{\max}| = 0,4$ m/s

-Le point où le mobile acquiert cette vitesse maximale est: $\sin(20t) = 1 \Rightarrow 20t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{\pi}{40} \text{ s}$

Remplaçons t dans x : $x = 2 \cdot 10^{-2} \cos(20(\frac{\pi}{40})) = 0$ **$x = 0$**

3-La vitesse du mobile à la date $t = 1 \text{ s}$:

$$v = -0,4 \sin(20(1)) = -0,14 \quad \boxed{v = -0,14 \text{ m/s}}$$

Exercice 8: Position d'équilibre d'un mobile en mouvement rectiligne sinusoïdal.

Un point matériel, animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal, se déplace sur un segment AB de longueur 20 cm. La période du mouvement est $T = 2 \text{ s}$. A l'origine des temps le mobile est à la position d'abscisse $x = 5 \text{ cm}$ et sa vitesse est négative. (Fig. ci-dessous)



Consigne :

1-Ecris l'équation horaire du mouvement.

2-A quel instant le mobile passe-t-il pour la 1^{ère} fois par la position d'équilibre ?

Solution 8

AB = 20 cm = 0,2 m, $T = 2 \text{ s}$.

1-Ecrivons l'équation horaire du mouvement :

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Calcul de } \omega \text{ et de } X_m : \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ rad/s} ; X_m = \frac{AB}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ m.}$$

$$\text{A } t = 0, x = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow 5 \cdot 10^{-2} = X_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{0,1} = 0,5 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3} \text{ rad ou } \varphi = -\frac{\pi}{3} \text{ rad.}$$

La vitesse initiale est négative si $\varphi = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$ car $v_0 = -X_m \omega \sin \varphi = -0,1 \times \pi \times \sin(\frac{\pi}{3}) = -0,27 \text{ m/s}$

.Donc $\boxed{x = 0,1 \cos(\pi t + \frac{\pi}{3})}$ (x en mètre).

2-L'instant où le mobile passe pour la 1^{ère} fois par la position d'équilibre est :

$$\text{A la position d'équilibre } x = 0 \Rightarrow 0 = 0,1 \cos(\pi t + \frac{\pi}{3}) \Rightarrow \cos(\pi t + \frac{\pi}{3}) = 0 \Rightarrow \pi t + \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{2} + k\pi$$

($k \in \mathbb{N}$). Si le mobile passe pour la 1^{ère} fois par la position d'équilibre $k = 0$, donc

$$\pi t + \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \pi t = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6} = 0,17 \quad \boxed{t = 0,17 \text{ s}}$$

Exercice 9: Exploitation d'une courbe sinusoïdale.

Un mobile est en mouvement rectiligne sinusoïdal.

La courbe ci-dessous est celle de $x = f(t)$.

Consigne :

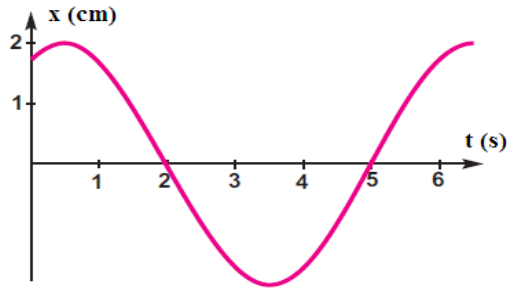
1-Déduis de cette courbe :

a) L'amplitude X_m de l'abscisse x du mobile M.

b) La période T, du mouvement et la pulsation ω .

c) la phase φ à l'instant $t = 0,5 \text{ s}$.

2-Ecris, alors, l'équation horaire du mouvement de M.

**Solution 9**

1-a) L'amplitude X_m de l'abscisse x du mobile M est :

$$X_m = 2\text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

b) La période T du mouvement est: $T = 3 \text{ s}$;

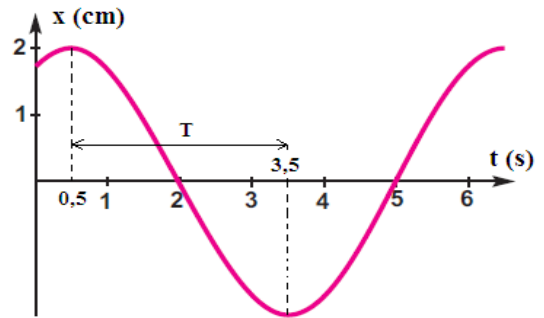
La pulsation ω est donnée par la relation

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3} \text{ rad/s}$$

c) La phase φ à l'instant $t = 0,5 \text{ s}$ est : l'équation du mouvement du mobile s'écrit $x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$

At=0,5s

$$x = 2 \cdot 10^{-2} = X_m \Rightarrow X_m = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{3}(0,5) + \varphi\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{\pi}{3} + \varphi\right) = \frac{X_m}{X_m} = 1 \Rightarrow \frac{\pi}{3} + \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{3} \text{ rad}$$



2-L'équation horaire du mouvement de M est donc:

$$x = 2 \cdot 10^{-2} \cos\left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{3}\right) \quad (\text{x en mètre})$$

Exercice 10: Etude d'un mouvement circulaire uniforme.

Un mobile M parcourt un cercle de rayon $R = 5 \text{ m}$, à la vitesse constante de 10 m/s .

1-Calculer la vitesse angulaire et l'accélération du mobile M.

2-Trouver les équations horaires du mouvement de M sachant qu'à l'instant initial le mobile passe par l'origine des arcs.

3-On désigne par x l'abscisse de la projection H de M sur un axe $x'Ox$ parallèle au rayon vertical OA, $x = OH$ à la date t . a) Exprime x en fonction de R , ω et t .

b) Donne la valeur de l'abscisse x à l'instant $t = 10 \text{ s}$.

Solution 10

1-La vitesse angulaire est :

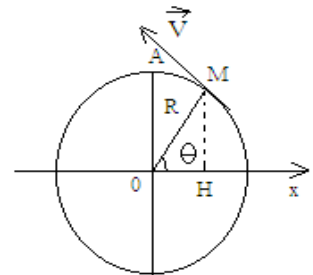
$$V = R \times \omega \Rightarrow \omega = \frac{V}{R} = \frac{10}{5} = 2 \quad \boxed{\omega = 2 \text{ rad/s}}$$

$$\text{-L'accélération du mobile est : } a = \frac{V^2}{R} = \frac{10^2}{5} = 20 \quad \boxed{a = 20 \text{ m/s}^2}$$

2-Les équations horaires du mouvement de M sont :

$$\text{-Pour l'abscisse angulaire : } \theta = \omega t + \theta_0 \text{ avec } \theta_0 = 0 \Rightarrow \theta = \omega t \quad \boxed{\theta = 2t}$$

$$\text{-Pour l'abscisse curviligne : } S = Vt + S_0 \text{ avec } S_0 = 0 \Rightarrow S = Vt \quad \boxed{S = 10t}$$



3-a)Exprimons x en fonction de R , ω et t :

$$OH = x, \cos \theta = \frac{OH}{R} = \frac{x}{R} \Rightarrow x = R \cos \theta \text{ or } \theta = \omega t \text{ donc } \boxed{x = R \cos \omega t}$$

b) Donnons la valeur de l'abscisse x pour $t = 10 \text{ s}$: $x = 5 \cos 2(10) = 2,04 \text{ m}$

Exercice 11 : Période et fréquence du mouvement d'un mobile.

Un mobile ponctuel se déplace d'un mouvement uniforme sur un cercle de rayon $R=2\text{ cm}$; il effectue 5 tours en 2 s.

Consigne : On demande de déterminer la valeur de:

- 1-la fréquence du mouvement et la période du mouvement ;
- 2-les valeurs v et ω de la vitesse et de la vitesse angulaire ;
- 3-la valeur a de l'accélération.

Solution 11

1-la fréquence du mouvement est :

5 tours en 2 s signifient que $N = \frac{5}{2} = 2,5\text{ Hz}$.

2-la période du mouvement est : $T = \frac{1}{N} = \frac{1}{2,5} = 0,4\text{ s}$.

3- les valeurs v et ω de la vitesse et de la vitesse angulaire sont :

$$\omega = 2\pi N = 2 \times 3,14 \times 2,5 = 15,7\text{ rad/s}$$

$$V = R \times \omega = 2 \cdot 10^{-2} \times 15,7 = 0,314\text{ m/s}$$

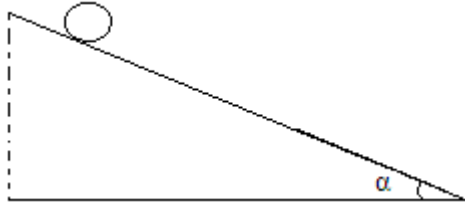
4-la valeur a de l'accélération est :

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{(0,314)^2}{2 \cdot 10^{-2}} = 4,93\text{ m/s}^2 \text{ (ou user la formule } a = R \times \omega^2 \text{)}$$

VI-DYNAMIQUE ET TRANSLATION

Exercice 1: application de la relation fondamentale de la dynamique.

Un sphère, de masse $m=80\text{ kg}$, est en mouvement sur un plan incliné qui fait un angle $\alpha = 20^\circ$ sur l'horizontale (fig. ci-dessous).



L'ensemble des forces s'opposant à l'avancement de la sphère équivaut à une force unique de valeur 100 N. (Intensité de la pesanteur : $g=9,8\text{ N/kg}$)

- 1-Fais le bilan des forces extérieures appliquées et déduis l'accélération de la sphère.
- 2-En déduis la nature du mouvement de la sphère.
- 3-La sphère est abandonnée en haut de la pente avec une vitesse de 18 km/h. Quel temps mettra-t-elle pour parcourir une distance égale à 500 m dans ces conditions ?

Solution 1

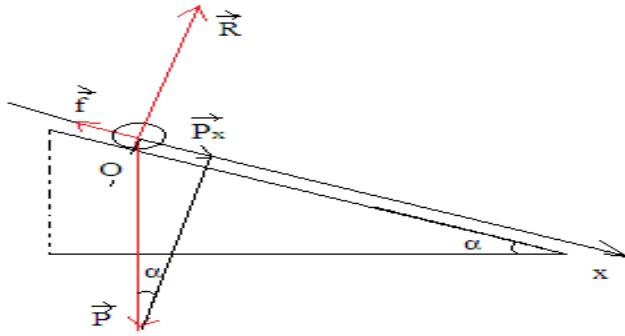
1-Le bilan des forces extérieures appliquées :

La sphère est soumise aux forces suivantes : son poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ du plan incliné et la force de résistance à l'avancement $\vec{f}$.

-Déduisons l'accélération de la sphère :

D'après la relation fondamentale de la dynamique $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$

Projetons cette relation sur l'axe Ox :



$$P_x + R_x + f_x = ma_x \Rightarrow P \sin \alpha + 0 - f = ma \Rightarrow mg \sin \alpha - f = ma \Rightarrow a = \frac{mg \sin \alpha - f}{m}$$

$$\text{A.N: } a = \frac{80 \times 9,8 \sin 20^\circ - 100}{80} = 2,10 \quad \boxed{a = 2,10 \text{ m/s}^2}$$

2-La sphère a un mouvement de translation rectiligne et uniformément accéléré.

3-Le temps que mettra la sphère pour parcourir une distance égale à 500 m est :

L'équation horaire du mouvement de la sphère s'écrit : $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$

Avec $v_0 = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$, $x_0 = 0$ et $a = 2,10 \text{ m/s}^2$ on a : $x = \frac{1}{2}(2,10)t^2 + 5t = 1,05t^2 + 5t$

$$x = 500 \text{ m} \Rightarrow 500 = 1,05t^2 + 5t \Rightarrow 1,05t^2 + 5t - 500 = 0 ; \Delta = 5^2 + 4 \times 1,05 \times 500 = 2125.$$

$$\text{La seule solution positive est : } t = \frac{-5 + \sqrt{2125}}{2 \times 1,05} = 19,57 \quad \boxed{t = 19,57 \text{ s}}$$

Exercice 2: chute libre d'une pierre sans vitesse initiale.

Une pierre est abandonnée sans vitesse initiale à l'orifice d'un puits ; l'observateur entend le bruit du choc de la pierre sur l'eau 4 s après l'abandon. On néglige l'action de l'air.

1-A quelle profondeur l'eau est-elle située ? ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

2-Quelle serait le temps au bout duquel on entendrait le bruit de la pierre sur l'eau si celle-ci était située à une profondeur de 122 m ?

3-Quelle est la vitesse de la pierre à la surface de contact avec l'eau ?

Solution 2

1-La profondeur à laquelle l'eau est située est :

$$z = \frac{1}{2}gt^2 = 0,5 \times 10 \times (4)^2 = 80 \quad \boxed{z = 80 \text{ m}}$$

$$2\text{-Ce temps serait : } z = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times z}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 122}{10}} = 4,94 \quad \boxed{t = 4,94 \text{ s}}$$

3-La vitesse de la pierre à la surface de contact avec l'eau :

$$v = \frac{dz}{dt} = gt = 10 \times 4 = 40 \quad \boxed{v = 40 \text{ m/s}}$$

Exercice 3: chute libre de 2 billes sans vitesse initiale.

On laisse tomber deux billes sans vitesse initiale du même point, mais à 0,4 s d'intervalle.

Calcule la distance qui sépare après 2 s de chute de la 1^{ère} bille. ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

Solution 3

Calculons la distance qui sépare les 2 billes :

Soit t_1 , la durée de chute de la 1^{ère} bille et t_2 celle de la 2^{ème} bille.

$$z_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \text{ avec } t_1 = 2 \text{ s ; on a : } z_1 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 2^2 = 19,6 \text{ m}$$

$$z_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \text{ avec } t_2 = t_1 - 0,4 = 2 - 0,4 = 1,6 \text{ s ; on a : } z_2 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times (1,6)^2 = 12,54 \text{ m}$$

Donc la distance de séparation est : $z_1 - z_2 = 19,6 - 12,54 = 7,06 \text{ m}$

Exercice 4: chute libre d'un corps avec vitesse initiale.

Un corps, en chute le long d'un axe vertical Oz (orienté vers le bas), a une vitesse $v = 44,6 \text{ m/s}$ à l'abscisse $z = 100 \text{ m}$; détermine la vitesse initiale puis la date correspondant à $z = 100 \text{ m}$ sachant que O est la position du mobile à l'instant initial $t = 0$. ($g = 9,8 \text{ N/kg}$)

Solution 4

-La vitesse initiale est :

$$v^2 - v_0^2 = 2g(z - z_0) \text{ avec } z_0 = 0$$

$$\text{On a : } v^2 - v_0^2 = 2gz \Rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - 2gz}$$

$$v_0 = \sqrt{(44,6)^2 - 2 \times 9,8 \times 100} = 5,4 \quad \boxed{v_0 = 5,4 \text{ m/s}}$$

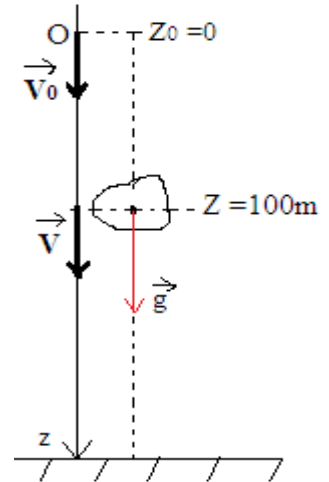
-La date correspondante à $z = 100 \text{ m}$ est :

$$z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t = \frac{1}{2} \times 9,8t^2 + 5,4t = 4,9t^2 + 5,4t$$

$$\text{Avec } z = 100 \text{ m ; } 4,9t^2 + 5,4t - 100 = 0$$

$$\Delta = (5,4)^2 - 4 \times 4,9 \times (-100) = 1989,16$$

$$\text{La seule solution est le temps positif : } t = \frac{-5,4 + \sqrt{1989,16}}{2 \times 4,9} = 3,6 \text{ s.}$$



Exercice 5: chute libre d'une bille avec ou sans vitesse initiale.

1-Une bille, de 10 g tombe en chute libre. Etablis l'équation de son mouvement si :

- La bille est lâchée sans vitesse initiale ;
- La bille est lâchée avec une vitesse initiale.

2-Calcule la valeur de l'énergie potentielle si la bille est lâchée avec une vitesse initiale $v_0 = 10 \text{ cm/s}$ sachant que la bille tombe au sol après une durée de 15 s. ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

Solution 5

1-Etablissons l'équation du mouvement de la bille :

a) Si la bille est lâchée sans vitesse initiale

-la bille est soumise à son propre poids ;

$$\text{-d'après la RFD } \sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{g} = \vec{a}$$

Projections sur l'axe Oz : $\vec{g}$ ($g_z = g$) ; $\vec{v}_0$ ($v_{0z} = 0$) ; O ($z_0 = 0$).

Il vient que ce M.R.U.V. dont l'équation s'écrit:

$$z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0 = \frac{1}{2}gt^2$$

b) Si la bille est lâchée avec une vitesse initiale

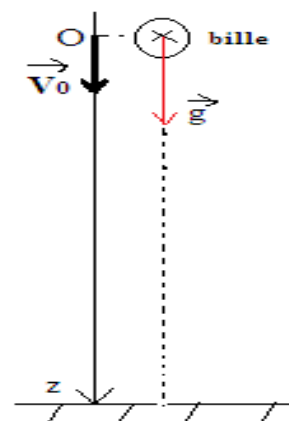
On a : $\vec{v}_0$ ($v_{0z} = v_0$) d'où l'équation du mouvement s'écrit :

$$z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t$$

2-Calculons la valeur de l'énergie potentielle :

$$E_p = W(\vec{P}) = m \times g \times z ; \text{ Avec } z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 15^2 + 0,1 \times 15 = 1104 \text{ m}$$

$$E_p = W(\vec{P}) = 10^{-2} \times 9,8 \times 1104 = 108,19 \quad \boxed{E_p = 108,19 \text{ J}}$$



B-CHIMIE

I-DETERMINATION DES MASSES MOLAIRES

Exercice 1: abaissement cryométrique d'une solution.

La densité gazeuse d'une substance par rapport à l'air est voisine de 3. On l'utilise comme soluté dans une expérience de cryométrie. La solution aqueuse de la substance est à 2%.

1-Détermine la masse molaire approchée de cette substance.

2-Calculer l'abaissement cryométrique de la solution sachant que la constante cryométrique de l'eau est 1850.

Solution 1

$d=3$; $C=2\%=0,02$.

1-Détermination de la masse molaire approchée de cette substance

$M=29 \times d=29 \times 3=87 \text{ g/mol}$.

2-Calcul de l'abaissement cryométrique de la solution ($K_e=1850$).

$$\Delta\theta = K_e \times \frac{C}{M} = 1850 \times \frac{0,02}{87} = 0,4 \quad \boxed{\Delta\theta = 0,4^\circ\text{C}}$$

Exercice 2: point de congélation d'une solution.

Le point de congélation du benzène pur est $5,5^\circ\text{C}$. Une solution très diluée de sulfure de carbone CS_2 , dans le benzène au titre 1/100 se congèle à $4,85^\circ\text{C}$. Détermine :

1-La valeur de la constante cryométrique du benzène ;

2-Le point de congélation d'une solution très diluée de phénol $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, dissout dans le benzène au titre de 2/100.

Données : C : 12g/mol ; H : 1g/mol ; O : 16g/mol ; N : 14g/mol ; S : 32g/mol.

Solution 2

$\theta_0 = 5,5^\circ\text{C}$ (benzène); $T \approx C = 1/100 = 0,01$ $\theta = 4,85^\circ\text{C}$ (CS_2).

Détermination de :

1-La valeur de la constante cryométrique du benzène

$M(\text{CS}_2) = 12 + 2 \times 32 = 76 \text{ g/mol}$; $\Delta\theta = \theta_0 - \theta = 5,5 - 4,85 = 0,65^\circ\text{C}$

$$\Delta\theta = K_b \cdot \frac{C}{M(\text{CS}_2)} \Rightarrow K_b = \frac{\Delta\theta \times M(\text{CS}_2)}{C} = \frac{0,65 \times 76}{0,01} = 4940 \quad \boxed{K_b = 4940}$$

2-Le point de congélation du phénol

$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6 \times 12 + 5 + 16 + 1 = 94 \text{ g/mol}$; $T \approx C = 1/200 = 0,02$

$$\Delta\theta' = K_b \cdot \frac{C}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})} \Leftrightarrow \theta_0 - \theta' = K_b \cdot \frac{C}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})} \Leftrightarrow \theta' = \theta_0 - K_b \cdot \frac{C}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}$$

$$\underline{\text{A.N :}} \theta' = 5,5 - 4950 \cdot \frac{0,02}{94} = 4,4^\circ\text{C} \quad \boxed{\theta' = 4,4^\circ\text{C}}$$

Exercice 3: calcul de la constante de Raoult.

Sachant qu'une demi-mole d'un corps non électrolyisable dissoute dans 100 g d'eau pure abaisse de 9,2°C le point de congélation de celle-ci.

1-Calculer la constante de Raoult de l'eau pure.

2-Calculer les masses respectives d'alcool ordinaire (C₂H₆O) et de sucre (C₁₂H₂₂O₁₁) qu'il faudrait dissoudre dans la même quantité d'eau pure pour que l'abaissement soit 0,5°C.

Solution 3

$$n=0,5\text{mol} ; m_e=100\text{g} ; \Delta\theta = 9,2^\circ\text{C}$$

1- Calcul de la constante de Raoult de l'eau: $C = \frac{m}{me} = \frac{n \times M}{me}$

$$\Delta\theta = Ke \cdot \frac{n \times M}{me \times M} \Rightarrow \Delta\theta = Ke \cdot \frac{n}{me} \Rightarrow Ke = \frac{\Delta\theta \times me}{n} = \frac{9,2 \times 100}{0,5} = 1840 \quad \boxed{Ke=1840}$$

2-Calcul des masses respectives d'alcool ordinaire (C₂H₆O) et de sucre (C₁₂H₂₂O₁₁) :

$$\Delta\theta' = 0,5^\circ\text{C} ; m_e=100\text{g}.$$

$$\Delta\theta' = Ke \cdot \frac{C'}{M} \Rightarrow \Delta\theta' = Ke \cdot \frac{m}{me \times M} \Rightarrow m = \frac{\Delta\theta' \times me \times M}{Ke}$$

-Pour l'alcool ordinaire : M(C₂H₆O)=46g/mol

$$m(C_2H_6O) = \frac{0,5 \times 100 \times 46}{1840} = 1,25 \quad \boxed{m(C_2H_6O)=1,25\text{g}}$$

-Pour le sucre : M(C₁₂H₂₂O₁₁)=342g/mol.

$$m(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{0,5 \times 100 \times 342}{1840} = 9,3 \quad \boxed{m(C_{12}H_{22}O_{11})=9,3\text{g}}$$

Exercice4: calcul de la température de solidification.

La solution de 0,3 g d'un corps A dans 100 g d'un liquide B n'est pas électrolyisable. Sa température de solidification commençante est 16,55°C ; celle d'une solution de 0,6 g de A dans 100 g de B est 16,40°C.

Calcule la température de solidification commençante du liquide B.

Solution 4

Calculons la température de solidification commençante du liquide B :

-Solution1 (m_A=0,2g ; m_B=100g ; $C = \frac{m_A}{m_B} = \frac{0,2}{100} = 2 \cdot 10^{-3}$; $\theta_0 = 16,55^\circ\text{C}$; $\theta = ?$)

$$\Delta\theta = \frac{KC}{M_A} ; \text{avec } \Delta\theta = \theta_0 - \theta$$

--Solution2 (m'_A=0,6g ; m'_B=100g ; $C = \frac{m'_A}{m'_B} = \frac{0,3}{100} = 6 \cdot 10^{-3}$; $\theta'_0 = 16,40^\circ\text{C}$; $\theta' = ?$)

$$\Delta\theta' = \frac{KC'}{M_A} ; \text{avec } \Delta\theta' = \theta'_0 - \theta' ; \text{Faisons le rapport } \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta'} = \frac{KC}{M_A} \times \frac{M_A}{KC'} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta\theta'} = \frac{C}{C'} \Rightarrow \Delta\theta \times C' = \Delta\theta' \times C \Rightarrow (\theta_0 - \theta) \times C' = (\theta'_0 - \theta) \times C$$

$$\theta_0 \cdot C' - \theta \cdot C' = \theta'_0 \cdot C - \theta \cdot C \Rightarrow \theta = \frac{\theta'_0 \cdot C - \theta_0 \cdot C'}{C - C'}$$

$$\text{A.N. : } \theta = \frac{16,40 \times 3 \cdot 10^{-3} - 16,55 \times 6 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}} = 16,7 \quad \boxed{\theta=16,7^\circ\text{C}}$$

II-DETERMINATION DE LA FORMULE BRUTE**Activité 1 : Formule Développée****Consigne 1 :**

- 1) Définis : la formule brute ; la formule semi-développée et deux exemples dans chaque cas.
- 2) A partir des formules brutes suivantes : CH_4 ; C_2H_6 ; C_2H_2 .

Fais les formules développées correspondantes et donne sa définition.

Synthèse partielle 1 :

- 1) Définitions :
 - La formule brute

La formule moléculaire brute indique le nombre et la nature des différents constituants du corps considère.

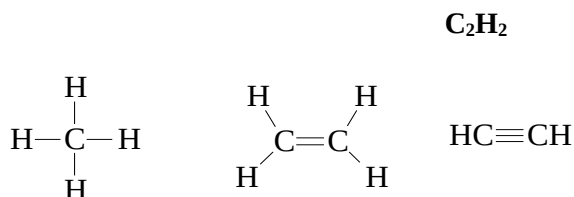
Exemples : CH_4 ; $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$

- La formule semi-développée

Elle fait ressortir les groupes d'atomes et les modes de liaisons entre ces groupes.

Exemple : $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$; $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$.

- 2) Des exemples de formule développée

**Définition : la formule développée ou structurale**

Elle fait ressortir les modes de liaison (liaison simple, liaison double, liaison triple) et la position des atomes les uns par rapport aux autres, en particulier comment les atomes de carbone sont liés entre eux et aux autres atomes de la molécule.

Activité 2 : ISOMERIE**Consigne 2 :**

- 1) Définition l'isomérisation.
- 2) Cites les différents types d'isomérisation et définis-les.

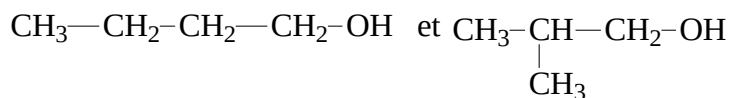
Synthèse partielle 2 :

1. Définition: c'est le domaine de la chimie qui s'occupe de l'étude des composés ayant même composition chimique et même masse moléculaire mais dont la structure atomique et les propriétés physico-chimiques sont différentes.

2. Les différences isomériques:

- L'isomérisation de constitution : on distingue trois sortes d'isomérisation de constitution.
- L'isomérisation de chaîne : ce sont des isomères qui ne diffèrent que par la structure de leurs chaînes carbonées

Exemples : $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{OH}$



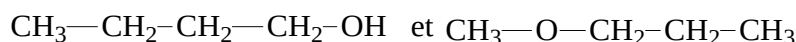
- L'isométrie de position : ce sont des isomères qui se diffèrent par la position d'une même fonction chimique.

Exemples



- L'isométrie de fonction : ce sont des isomères dont les molécules se diffèrent par la nature de leur fonction chimique.

Exemples



- Les isomères de configuration (stéréo-isomères) diffèrent par leur arrangement dans l'espace :
- ✓ L'isométrie est dit Z (Zusammen=ensemble) lorsque les hydrogènes sont du même côté du plan de la double liaison ;
- ✓ L'isométrie est dit E (Entgegen=opposé) si les hydrogènes sont de part et d'autre du plan de la double liaison.

Synthèse générale

La masse molaire d'un composé $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ se calcul :

- ✓ Par la relation la liant à sa masse m et à son nombre de moles n : $M = \frac{m}{n}$.
- ✓ Par sa densité par rapport à l'air : $M = 29 \cdot d$.
- ✓ Par ses pourcentages massiques : $M = \frac{1200 \cdot X}{\%C} = \frac{100y}{\%H} = \frac{1600z}{\%O}$

La formule brute d'un composé $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ se calcul :

- ✓ Par sa masse molaire $12 \cdot x + y + 16 \cdot z = M$
- ✓ Par le bilan molaire de l'équation de sa combustion dans l'oxygène de l'air.
- ✓ Par ses pourcentages massiques : $x = \frac{\%C \cdot M}{1200}$; $y = \frac{\%H \cdot M}{100}$; $z = \frac{\%O \cdot M}{1600}$

EXERCICES :

Exercice 1: formule brute de la quinine.

La quinine est un médicament très efficace dans la lutte contre les fièvres et le paludisme. Elle est toujours extraite du quinquina selon un procédé décrit par Pelletier et Caventou en 1820. Sa masse molaire est de 324g/mol et sa composition centésimale massique est la suivante : C : 74,07% ; H : 7,41% ; O : 9,87% ; N : 8,64%.

1-Quelle est la formule brute de la quinine ?

2-La solubilité de la quinine dans l'eau est faible 2,15g/L. Calcule la quantité de quinine dans 100cm³ d'une solution saturée. Quelle est la concentration de la solution correspondante ?

Solution 1

$M=324\text{g/mol}$; C : 74,07% ; H : 7,41% ; O : 9,87% ; N : 8,64%.

1) La formule brute de la quinine : sa formule générale est $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_t$

Le rapport des proportions définies est : $\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O} = \frac{14t}{\%N} = \frac{M}{100}$

De ce rapport on a : $x = \frac{M \times \%C}{1200} = \frac{324 \times 74,07}{1200} = 19,9 \approx 20$

$y = \frac{M \times \%H}{100} = \frac{324 \times 7,41}{100} \approx 24$; $z = \frac{M \times \%O}{1600} = \frac{324 \times 9,87}{1600} \approx 2$

$t = \frac{M \times \%N}{1400} = \frac{324 \times 8,64}{1400} \approx 2$; La formule brute de la quinine est donc $\boxed{C_{20}H_{24}O_2N_2}$

2) Calcul de la quantité de quinine dans 100cm³ ou 0,1 L.

1L → 2,15g

0,1L → $m(C_{20}H_{24}O_2N_2) = \frac{0,1L \times 2,15g}{1L} = 0,215g$

$\boxed{M(C_{20}H_{24}O_2N_2)=0,215g}$

-La concentration de la solution correspondante :

$V=100\text{cm}^3=0,1\text{L}$; $n(C_{20}H_{24}O_2N_2) = \frac{m(C_{20}H_{24}O_2N_2)}{M} = \frac{0,215}{324} = 6,63 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$C = \frac{n(C_{20}H_{24}O_2N_2)}{V} = \frac{6,63 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ $\boxed{C=6,63 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}$

Exercice 2: formule brute d'un acide organique.

Un acide organique a pour composition centésimale massique : C : 26,1% ; O:69,5% ; H : 4,4%.

On dissout 11,5 g de cet acide dans un litre d'eau et on dose la solution obtenue avec de la soude de concentration 1 mol/L ; la soude et l'acide réagissent mole à mole.

1-Sachant que 20ml de solution acide sont dosée par 5ml soude, calcule la masse molaire de l'acide ; en déduis sa formule brute.

2-En respectant la valence des éléments, propose une formule développée pour l'acide.

Solution 2

$m_a=11,5\text{g}$; $V=1\text{L}$; $V_a=20\text{mL}=2 \cdot 10^{-2} \text{ L}$; $C_{\text{NaOH}}=1\text{mol/L}$; $V_{\text{NaOH}}=5\text{mL}=5 \cdot 10^{-3} \text{ L}$.

1-déduction de la formule brute de l'acide : la formule générale est $C_xH_yO_z$:

-Cherchons d'abord la masse molaire de l'acide : $na = \frac{ma}{Ma} = \frac{Ca}{V} \Rightarrow Ca = \frac{ma \times V}{Ma}$

$na = n_{\text{NaOH}} \Leftrightarrow Ca \times Va = C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \Rightarrow \frac{ma \times V}{Ma} \times Va = C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \Rightarrow Ma = \frac{ma \times V \times Va}{C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}}}$

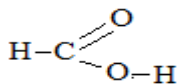
A.N : $Ma = \frac{11,5 \times 1 \times 2 \cdot 10^{-2}}{1 \times 5 \cdot 10^{-3}} = 46 \text{ g/mol}$

-Utilisons, à présent, le rapport de proportion pour trouver la formule brute

$x = \frac{M \times \%C}{1200} = \frac{46 \times 26,1}{1200} \approx 1$; $y = \frac{M \times \%H}{100} = \frac{46 \times 4,4}{100} \approx 2$; $z = \frac{M \times \%O}{1600} = \frac{46 \times 69,5}{1600} \approx 2$

La formule brute de cet acide est donc $\boxed{CH_2O_2}$

2- Formule développée de CH_2O_2 est:



Exercice 3: formule brute d'une essence.

On considère une essence entièrement constituée d'hydrocarbures isomères de formule C_xH_y .

1-Ecris l'équation bilan de la combustion de cette essence.

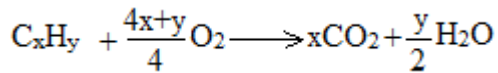
2-Sachant que la combustion de 2,28g d'essence donne 7,04g de dioxyde de carbone et 3,24g d'eau, détermine le rapport x/y.

3-En déduis sa formule brute ($M(C_xH_y) = 114g/mol$).

Solution 3

$m_S = 2,28g$; $m_{CO_2} = 7,04g$; $m_{H_2O} = 3,24g$.

1-L'équation bilan de la combustion de cette essence :



2-Détermination du rapport x/y : $\%C = \frac{300 \times m_{CO_2}}{11 \times m_S} = \frac{300 \times 7,04}{11 \times 2,28} = 84,2$

$$\%H = \frac{100 \times m_{H_2O}}{9 \times m_S} = \frac{100 \times 3,24}{9 \times 2,28} = 15,8$$

Le rapport de proportion donne $\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H}$

$$\frac{12x}{84,2} = \frac{y}{15,8} \Rightarrow 12x \times 15,8 = 84,2 \times y \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{84,2}{189,6} \Rightarrow \boxed{\frac{x}{y} = 0,4}$$

3) La formule brute de l'essence est: $\frac{12x}{\%C} = \frac{M}{100} \Rightarrow x = \frac{M \times \%C}{1200} = \frac{114 \times 84,2}{1200} \approx 8$

$$\frac{y}{\%H} = \frac{M}{100} \Rightarrow y = \frac{M \times \%H}{100} = \frac{114 \times 15,8}{100} \approx 18 ; \text{Donc } \boxed{C_8H_{18}}$$

Exercice 4: formule brute, isomères.

Une molécule organique, de formule $(C_2H_5)_n$, a une densité de vapeur voisine de 2.

Trouve la formule brute et les formules semi-développées possibles de cette molécule.

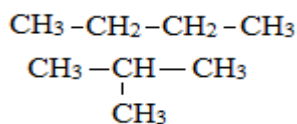
Solution 4

-Formule brute de cette molécule avec $d=2$ on a, $M((C_2H_5)_n) = 29.d = 29 \times 2 = 58$

$$\Rightarrow 2n \times 12 + 5n \times 1 = 58 \Rightarrow 24n + 5n = 58 \Rightarrow 29n = 58 \Rightarrow n = \frac{58}{29} = 2$$

La formule brute est donc $\boxed{(C_2H_5)_2 \text{ ou } C_4H_{10}}$

-Les formules semi-développées de C_4H_{10} (Il y'en a deux seulement)

**Exercice 5: formule brute, formule développée, isomères.**

On considère un liquide B, dont l'odeur est analogue à celle de l'ammoniac. Sa composition centésimale massique est : C : 53,3% ; H : 15,6% ; N : 31,1%.

1-Détermine sa formule brute sachant que sa masse molaire est de 45 g/mol.

2-En tenant compte de la valence des éléments, indique les formules développées possible pour B.

3-L'étude structurale de la molécule du composé B indique l'absence de liaison carbone-carbone ; en déduis sa formule développée.

Solution 5

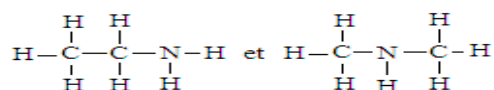
1-Déterminons sa formule brute :

La formule de B s'écrit : $C_xH_yN_t$: $\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{14t}{\%N} = \frac{M}{100}$

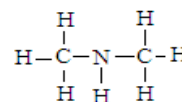
$$\frac{12x}{\%C} = \frac{M}{100} \Rightarrow x = \frac{M \times \%C}{1200} = \frac{45 \times 53,3}{1200} = 1,9 \approx 2 ; \frac{y}{\%H} = \frac{M}{100} \Rightarrow y = \frac{M \times \%H}{100} = \frac{45 \times 15,6}{100} = 7$$

$$\frac{14t}{\%N} = \frac{M}{100} \Rightarrow t = \frac{M \times \%N}{1400} = \frac{45 \times 31,1}{1400} = 0,9 \approx 1 ; \text{Donc B : } C_2H_7N$$

2-Les formules développées possible pour B :



3-En déduisons la formule développée de B : Il s'agit de la formule :



III--Hydrocarbures saturés : les alcanes

Exercice1: formule brute, isomères, combustion, chloration.

La micro-analyse d'un alcane A montre que le rapport entre la masse de l'hydrogène et la masse du carbone qu'il renferme est égale à 0,20 en déduire :

1-La formule C_xH_y de l'alcane A.

2-Ecris les formules semi-développées de tous les isomères et nomme-les.

3-On réalise la combustion complète de 0,9 g de A. Calcule le volume de dioxygène nécessaire à cette combustion dans les conditions normales ($V_0 = 22,4\text{L/mol}$).

4-Un mélange de 2,3 g de dichlore avec l'alcane A, en présence de la lumière, donne un composé monohalogéné. Quelle est la masse de ce produit ?

Donnée : C : 12g ; H : 1g ; Cl : 35,5g.

Solution 1

1-La formule C_xH_y de l'alcane A :

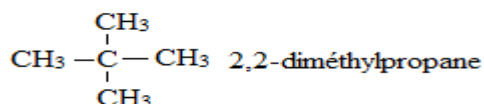
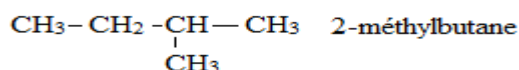
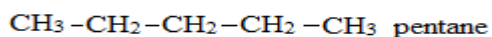
$$\text{Avec } x=n \text{ et } y=2n+2 \text{ on a } \frac{12x}{m_C} = \frac{y}{m_H} \Rightarrow \frac{12n}{m_C} = \frac{2n+2}{m_H} \Rightarrow \frac{m_H}{m_C} = \frac{2n+2}{12n} = 0,20$$

Comme

$$\frac{2n+2}{12n} = 0,20 \Rightarrow 2n+2 = 0,20 \times 12n \Rightarrow 2n+2 = 2,4n \Rightarrow 2n-2,4n = -2 \Rightarrow n = \frac{2}{0,4} = 5$$

La formule brute de A est donc C_5H_{12}

2-Formule semi-développée de tous les isomères et leurs noms :



3-Le volume de dioxygène nécessaire à cette combustion :

$m_A=0,9\text{g/mol}$; $M_A=5\times 12+12=72\text{g/mol}$; $V_0=22,4\text{L/mol}$.

-le nombre de mole de l'alcane A : $n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{0,9}{72} = 1,25.10^{-2} \text{ mol}$

-l'équation bilan de la combustion est :



-le nombre mole d'O₂ : $\frac{n_A}{1} = \frac{n(\text{O}_2)}{8} \Rightarrow n(\text{O}_2) = 8 \times n_A = 8 \times 1,25.10^{-2} = 0,1\text{mol}$

Le volume de dioxygène est donc $V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times V_0$

A.N : $V(\text{O}_2) = 0,1 \times 22,4 = 2,24$ $V(\text{O}_2)=2,24\text{L}$

4-La masse du produit formé :

$m(\text{Cl}_2)=2,3\text{g}$; $M(\text{Cl}_2)=2\times 35,5=71\text{g/mol}$;

-le nombre de mole du dichlore Cl₂ : $n(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{2,3}{71} = 3.10^{-2} \text{ mol}$

-l'équation bilan de chloration de A : $\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{uv}} \text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl} + \text{HCl}$

-le nombre de mole de C₅H₁₁Cl : $n(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl})=n(\text{Cl}_2)=3.10^{-2}\text{mol}$ et $M(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl})=106,5\text{g/mol}$.

$m(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}) = n \times M = 3.10^{-2} \times 106,5 = 3,19 \approx 3,2$ $m(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl})=3,2\text{g}$

Exercice 2:combustion, formule brute, chloration.

La combustion complète de 3,6 g d'un alcane donne 11g de dioxyde de carbone et 5,4g d'eau.

1-En déduis la formule brute de l'alcane.

2-Sachant que sa monochloration ne donne qu'un seul produit, détermine sa formule semi-développée et son nom systématique.

Solution 2

$m_S=3,6\text{g}$; $m_{\text{CO}_2}=11\text{g}$; $m_{\text{H}_2\text{O}}=5,4\text{g}$

1-Déduction de la formule brute de l'alcane :

$$\%C = \frac{300 \times m_{\text{CO}_2}}{11 \times m_S} = \frac{300 \times 11}{11 \times 3,6} = 83,33 ; \%H = \frac{100 \times m_{\text{H}_2\text{O}}}{9 \times m_S} = \frac{100 \times 5,4}{9 \times 3,6} = 16,67$$

La formule générale des alcanes étant $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ $\frac{12n}{\%C} = \frac{2n+2}{\%H}$

$$\Rightarrow \frac{12n}{83,33} = \frac{2n+2}{16,67} \Rightarrow n = \frac{166,66}{33,38} \approx 5 \quad \text{On a donc } \boxed{\text{C}_5\text{H}_{12}}$$

2-Les formules semi-développées possibles et les noms systématiques sont :

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ pentane

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-méthylbutane

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2,2-diméthylpropane

La formule semi-développée pouvant donné un seul produit est : le $2,2\text{diméthylpropane}$.

Exercice 3:formule brute d'un cyclane, isomères.

1-La masse molaire d'un cyclane est égale à 56 g/mol.

a) Détermine sa formule brute.

b) Ecris tous les isomères de ce cyclane et nomme-les.

2-On considère, à présent, un dérivé monobromé d'alcane de masse molaire 151 g/mol.

a) Quelle est la formule brute de l'alcane ?

b) Trouve toutes les formules semi-développées possibles de l'alcane ; nomme-les.

Donnée : C : 12g ; H : 1g ; Br : 80g.

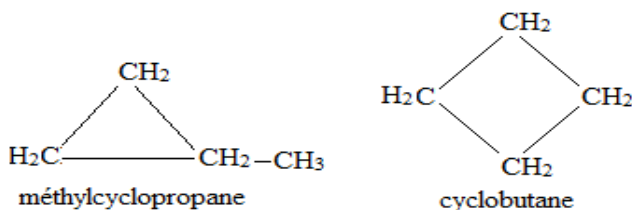
Solution 3

1-La formule brute du cyclane :

$M_C = 56 \text{ g/mol}$. La formule générale des cyclanes est C_nH_{2n} ; $M_C = 14n = 56 \Rightarrow n = \frac{56}{14} = 4$

Formule du cyclane : C_4H_8

b) Les isomères du cyclane et leurs noms:



2-a) La formule brute de l'alcane:

La formule générale du dérivé monobromé de A est $C_nH_{2n+1}Br$

$M(C_nH_{2n+1}Br) = 151 \text{ g/mol}$ $14n + 81 = 151 \Rightarrow 14n = 70 \Rightarrow n = \frac{70}{14} = 5$

La formule brute de l'alcane (C_nH_{2n+2}) est donc C_5H_{12}

b) Les formules semi-développées possibles de l'alcane et leurs noms :

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ pentane

$CH_3-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$ 2-méthylbutane

$CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{\overset{\substack{CH_3 \\ |}}{C}}-CH_3$ 2,2-diméthylpropane

Exercice 4: mélange d'alcanes.

La combustion complète de 6 cm^3 d'un mélange d'éthane et de butane fournit 16 cm^3 de dioxyde de carbone, les deux volumes étant mesurés dans les mêmes conditions de température et de pression. Calcule :

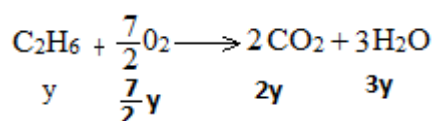
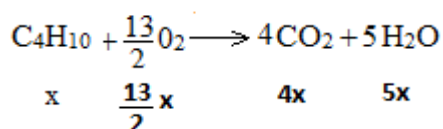
1-La composition molaire du mélange.

2-Le volume de dioxygène nécessaire à la combustion.

Solution 4

1-La composition du mélange :

-les équations de combustion :



Soit x le volume du butane et y le volume de l'éthane.

$$\begin{cases} x + y = 6(1) \\ 4x + 2y = 16(2) \end{cases}$$

En résolvant le système par la méthode mixte on obtient $x=2$ et $y=4$

Donc : $V(C_4H_{10})=2\text{cm}^3$ et $V(C_2H_6)=4\text{cm}^3$

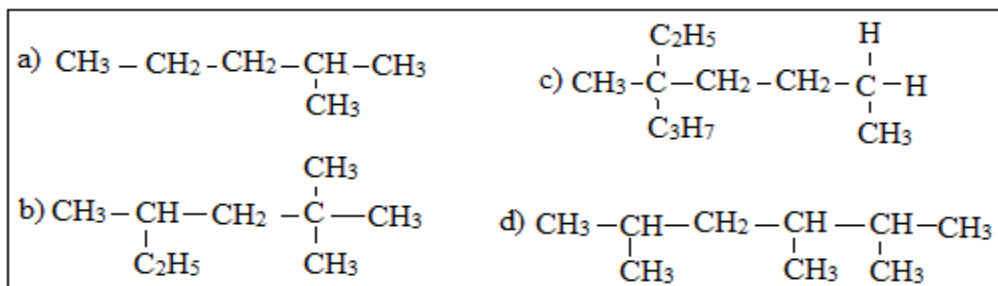
2-Le volume de dioxygène :

Il s'obtient : $\frac{13}{2}x + \frac{7}{2}y = V(O_2)$ en remplaçant x et y par leur valeur on obtient :

$$V(O_2) = \frac{13}{2}(2) + \frac{7}{2}(4) = 13 + 14 = 27 \quad V(O_2)=27\text{cm}^3$$

Exercice 5: nomenclature.

1- Nomme les alcanes de formules semi-développées :



2-Ecris les formules semi-développée des alcanes suivants :

- 2,3-diméthylpentane.
- 4-éthyl-3-méthylheptane.
- 2, 2,3-triméthylbutane.

Solution 5

1-Nomenclature des alcanes

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ 2-méthylpentane
- $\text{CH}_3 - \underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_3$ 4-éthyl-2,2-diméthylpentane
- $\text{CH}_3 - \underset{\text{C}_3\text{H}_7}{\overset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{H}}{\text{C}}} - \text{H}$ 4-éthyl-4-méthyl-octane
- $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ 2,3,5-triméthylhexane

2-Ecriture des formules semi-développées des alcanes :

- 2,3-diméthylpentane $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 4-éthyl-3-méthylheptane $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 2,2,3-triméthylbutane $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$

IV-LES HYDROCARBURES INSATURES :**Les Alcènes****Exercice 1: isomérisation Z/E.**

Un hydrocarbure de la famille des alcènes a pour densité de vapeur $d = 1,93$.

1-Trouve la formule brute et tous les isomères de position possibles de cet alcène (les nommer).

2-Parmi les isomères précise celui qui donne lieu à l'isomérisation Z/E (le représenter).

3-Par action de 3,65 g de chlorure d'hydrogène sur l'un des isomères (alcène symétrique), on obtient un dérivé monochloré.

a) Ecris l'équation bilan de la réaction et nomme le corps formé.

b) Détermine la masse du composé monochloré obtenu.

On donne : $M(O) = 16$; $M(H) = 1$; $M(C) = 12$; $M(Cl) = 35,5$ (en g/mol).

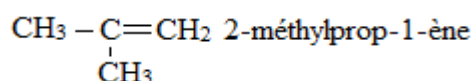
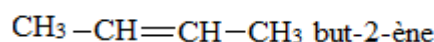
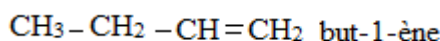
Solution 1

1-Formule brute de l'alcène et ses isomères de position

Avec $d=1,93$; $M(C_nH_{2n})=29 \times d=29 \times 1,93=55,97\text{g/mol} \Rightarrow 14n = 55,97 \Rightarrow n = \frac{55,97}{14} \approx 4$; la

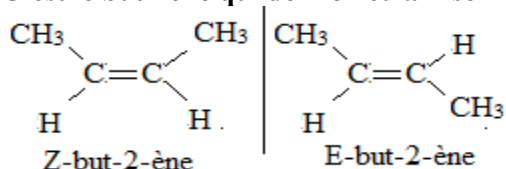
formule brute est donc C_4H_8

Ses isomères sont :



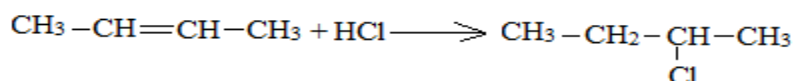
2-Précision de l'isomérisation Z/E (le représenter).

C'est le but-2ène qui donne lieu à l'isomérisation Z/E ; sa représentation est :



3-a) Equation de la réaction de l'alcène symétrique avec le chlorure d'hydrogène

L'alcène symétrique ici est le but-2-ène.



Le corps formé s'appelle 2-chlorobutane

b) Détermination de la masse du composé formé (2-chlorobutane C_4H_9Cl).

-le nombre de mole de HCl : $n(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)} = \frac{3,65}{36,5} = 0,1\text{mol}$

-le nombre mole de 2-chlorobutane(C_4H_9Cl) : $n(C_4H_9Cl)=n(HCl)=0,1\text{mol}$

$M(C_4H_9Cl)=4 \times 12+9+35,5=92,5\text{g/mol}$

Donc $m(C_4H_9Cl)=n(C_4H_9Cl) \times M(C_4H_9Cl)$

A.N: $m(C_4H_9Cl) = 0,1 \times 92,5 = 9,25$ $m(C_4H_9Cl) = 9,25\text{g}$

Exercice 2:recherche de la famille d'un hydrocarbure insaturé.

Un composé organique C_xH_y est constitué en masse 85,7% de carbone et de 14,3% d'hydrogène.

1-Calculer le rapport y/x. En déduire à quelle famille ce composé appartient-il, sachant que sa chaîne carbonée est ouverte ?

2-Indiquer les formules semi-développées et les noms de tous les composés tels que $x = 5$.

3-L'hydrogénation de l'un de ces composés conduit au 2-méthylbutane. En déduire de quel composé s'agit-il ?

Solution 2

%C=85,7 ; %H=14,3.

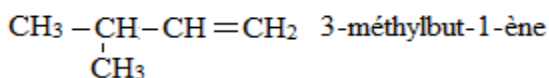
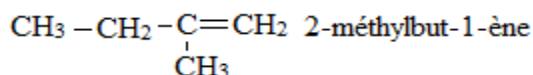
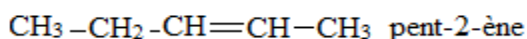
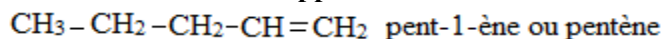
1-Calcul du rapport y/x : $\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H}$; $\frac{12x}{85,7} = \frac{y}{14,3} \Rightarrow \frac{y}{x} = \frac{12 \times 14,3}{85,7} \Rightarrow \boxed{\frac{y}{x} \approx 2}$

-Le composé appartient à la famille des alcènes.

2-Formules semi-développées et noms des composés pour x=5.

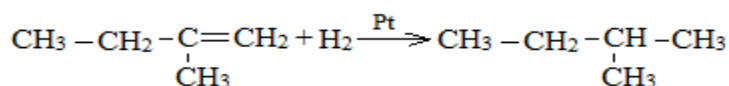
$\frac{y}{x} = 2 \Rightarrow y = 2 \times x = 2 \times 5 = 10$; la formule brute du composé est C₅H₁₀.

Les formules semi-développées sont :

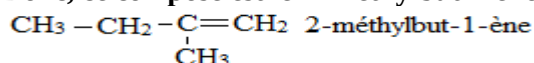


3-Le composé, parmi les formules semi-développées, qui conduisent au 2-méthylbutane:

De l'équation d'hydrogénation :



Donc, ce composé est le 2-méthylbut-1-ène de formule :



Exercice 3:préparation d'un alcool.

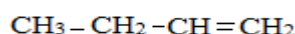
L'hydratation du but-1-ène conduit à un mélange de deux alcools.

1-Donne leur formule semi-développée et leur nom.

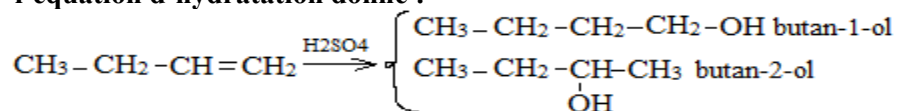
2-Notons A le composé formé préférentiellement. Industriellement, A est produit par hydratation du but-1-ène, avec un rendement de 92%. Sachant que la production de A dans certains pays est 255 000 tonnes. Calcule la masse du but-1-ène nécessaire à cette production.

Solution 3:

1-Les formules semi-développées des deux alcools sont : Le but-1-ène :



-l'équation d'hydratation donne :



2-La masse du but-1-ène (formule brute C₄H₈).

Rendement $\rho = 92\% = 0,92$; m=255000 t=2,55.10¹¹g ; m'=?

-La masse du butan-2-ol est : $\rho = \frac{m}{m'} \Rightarrow m' = \frac{m}{\rho}$; A.N: $m' = \frac{2,55 \cdot 10^{11}}{0,92} = 2,8 \cdot 10^{11} \text{ g}$

-Le nombre de mole du butan-2-ol (formule brute :C₄H₉OH ; M(C₄H₉OH)=74g/mol)

$n(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}) = \frac{m'}{M(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH})} = \frac{2,8 \cdot 10^{11}}{74} = 3,8 \cdot 10^9 \text{ mol}$

D'après l'équation ci-dessus, n(C₄H₈)=n(C₄H₉OH)=3,8.10⁹mol.

Donc la masse du but-1-ène est : m(C₄H₈)=n(C₄H₈)×M(C₄H₈)

A.N: m(C₄H₈)= 3,8.10⁹×56=2,13.10¹¹g m(C₄H₈)=2,13.10¹¹g

Exercice 4: application de la règle de Markovnikov.

Un alcène a une densité de vapeur par rapport à l'air égale à 2,4.

Détermine :

- 1-Sa formule brute et les alcènes correspondant à cette formule brute (les nommer).
- 2-Les isomères A, B et C de l'alcène donne par hydrogénation le même alcane ramifié. Quel est cet alcane ?
- 3-Par hydratation, deux des isomères de l'alcène donne préférentiellement le même alcool. Quel est l'alcool correspondant ?

Solution 4

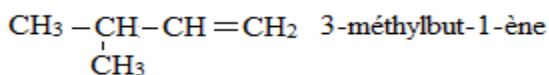
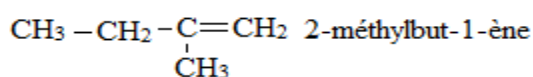
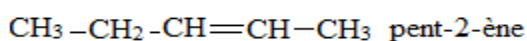
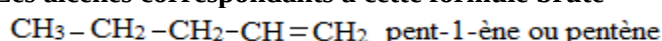
1-Détermination de :

-La formule brute de l'alcène (d=2,4)

$$M(C_nH_{2n}) = 29 \times d = 29 \times 2,4 = 69,6 \text{ g/mol} ; \text{ par ailleurs } M(C_nH_{2n}) = 14n = 69,6 \Rightarrow n = \frac{69,6}{14} \approx 5$$

On a donc C_5H_{10}

-Les alcènes correspondants à cette formule brute



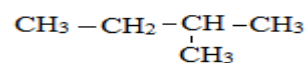
2-Les alcènes qui donnent A, B et C qui donnent le même alcane sont :

A : 2-méthylbut-1-ène

B : 3-méthylbut-1-ène

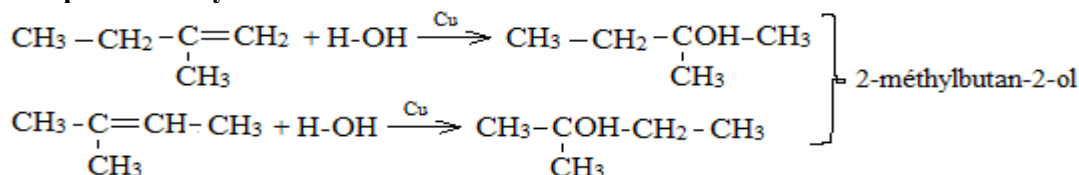
C : 2-méthylbut-2-ène

L'alcane obtenu est donc le 2-méthylbutane de formule :



3-Cet alcool doit-être :

Les équations d'hydratation des alcènes A et C



D'après les équations ci-dessus, l'alcool correspondant est le : 2-méthylbutan-2-ol

V-LES HYDROCARBURES INSATURES : LES ALCYNES**Exercice 1:hydrogénation d'un alcyne.**

L'hydrogénation catalytique sur palladium désactivé du but-2-yne donne un corps B.

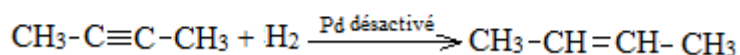
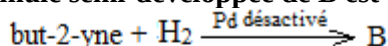
1-Quelle est la formule semi-développée de B ? A quelle fonction ce composé appartient-il ?

2-Donne la formule semi-développée et le nom du produit de l'addition du chlorure d'hydrogène sur B.

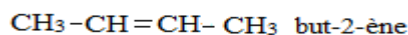
3-Quel est le motif du polymère que l'on peut obtenir par polymérisation de B ?

Solution 1

1-La formule semi-développée de B est :

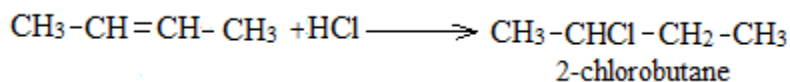


Donc, B a pour formule semi-développée :



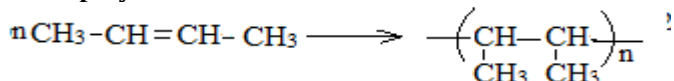
-B est un alcène.

2-La formule semi-développée du produit de l'addition de HCl sur B

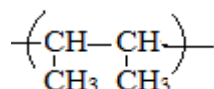


Ce produit est donc le 2-chlorobutane.

3-Par polymérisation de B on a :



Le motif du polymère est donc :



Exercice 2:

Un hydrocarbure A de la famille des alcynes admet comme proportion en masse 12 fois plus de carbone que d'hydrogène.

1-Détermine la formule brute de cet hydrocarbure.

2-Donne sa formule semi-développée et son nom.

3-On réalise l'hydrogénation complète de cet hydrocarbure.

a) Ecris l'équation bilan de la réaction et nommer le composé obtenu.

b) Calcule la masse du composé obtenu sachant qu'on est parti de 2,6 g de A.

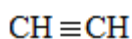
Solution 2:

1-La formule brute de cet hydrocarbure

$m_C = 12 \times m_H$. La formule générale des alcynes est C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$) ; on a :

$$\frac{12n}{m_C} = \frac{2n-2}{m_H} \Rightarrow \frac{12n}{12m_H} = \frac{2n-2}{m_H} \Rightarrow n = 2n-2 \Rightarrow n = 2 ; \text{D'où } \boxed{C_2H_2}$$

2-La formule semi-développée et le nom de l'hydrocarbure A(C_2H_2) est : éthyne



3-a) Equation d'hydrogénation totale de l'hydrocarbure



b) Masse du composé obtenu (éthane) avec $M_A=26\text{g/mol}$.

-le nombre de mole de A : $n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{2,6}{26} = 0,1\text{mol}$

-le nombre de mole de l'éthane : $n(C_2H_6) = n_A = 0,1\text{mol}$ Avec $M(C_2H_6)=30\text{g/mol}$

La masse de l'éthane est donc : $m(C_2H_6)=n(C_2H_6) \times M(C_2H_6)$

A.N: $m(C_2H_6) = 0,1 \times 30 = 3$

$\boxed{m(C_2H_6) = 3\text{g}}$

VI-POLYMERISATION

Exercice 1: le P.V.C.

1-Calcul le degré de polymérisation du polyéthylène de masse molaire 150 g/mol.

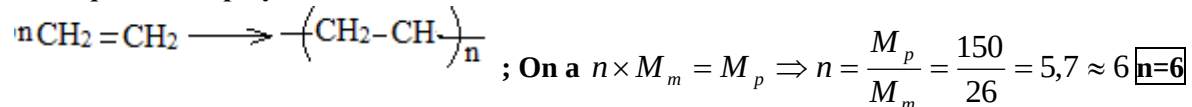
2-On obtient le PVC à partir d'éthylène et de dichlore. Ecris les équations conduisant à l'obtention du monomère puis du polymère.

Solution 1:

1-Calcul du degré de polymérisation du polyéthylène avec Masse molaire du monomère

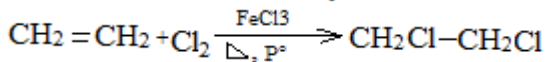
$M_m=26\text{g/mol}$ et celle du polymère $M_p=150\text{g/mol}$

De l'équation de polymérisation :

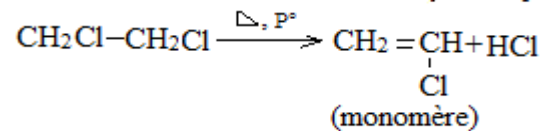


2-Les équations bilan qui aboutissent au monomère (chlorure de vinyle) sont :

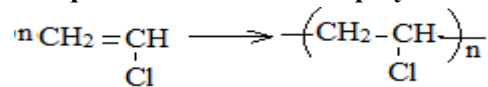
- Chloration directe de l'éthylène



- Elimination de la molécule de HCl par craquage



-L'équation aboutissant au polymère est :



Exercice 2: le P.P.

Un polymère ne contient que les éléments carbone et hydrogène ; sa masse molaire est 105 000 g/mol et son degré de polymérisation est 2500.

1-Détermine la masse molaire, la formule puis le nom du monomère.

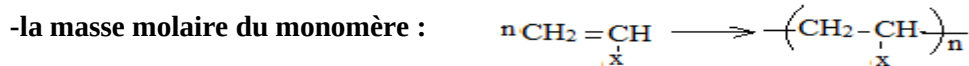
2-Ecris la formule du polymère. En déduis son nom et son symbole.

3-Ecris l'équation de la combustion complète de ce polymère.

4-Recherche autour de soi des utilisations pratiques du polymère analysé.

Solution 2

1-Détermination de :

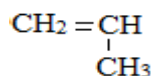


Avec $M_p=105000\text{g/mol}$; $n=2500$; $n \times M_m = M_p \Rightarrow M_m = \frac{M_p}{n} = \frac{105000}{2500} = 42\text{g/mol}$

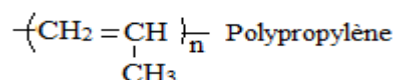
-La formule du monomère et son nom Avec formule brute du monomère égale à $\text{C}_2\text{H}_3\text{X}$

$M(\text{C}_2\text{H}_3\text{X})=2 \times 12 + 3 + \text{X} = 42 \Rightarrow 27 + \text{X} = 42 \Rightarrow \text{X} = 15$ d'où $\text{X}=\text{CH}_3$

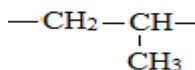
Donc le monomère est propène :



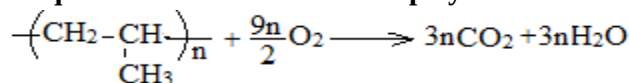
2-Formule du polymère est:



-Le symbole du polymère :



3-Equation de la combustion du polymère



4-Les utilisations pratiques du polymère (polypropylène)

-récipients alimentaires ; bouteille de lait ; ficelles ; cordes ; -films pour emballage ; etc.

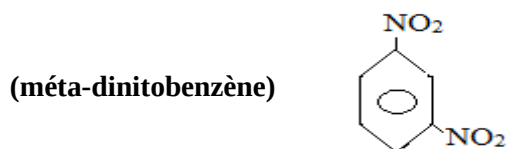
VII-LE BENZENE

Exercice 1: Ecris les formules des composés organiques aromatiques suivants et nomme-les en utilisant les préfixes ortho, méta et para.

a) 1,3-dinitrobenzène ; b) 1,2-dibromobenzène ; c) 1,4-diméthylbenzène.

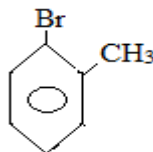
Solution 1:

a) 1,3-dinitrobenzène



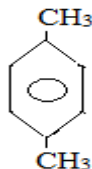
b) 1-bromo-2-méthylbenzène ;

(ortho-bromométhylbenzène)



c) 1,4-diméthylbenzène.

(para-diméthylbenzène)



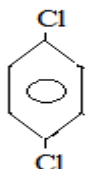
Exercice 2: le paradichlorobenzène.

1-Ecris la formule du paradichlorobenzène. Peut-on le nommer autrement ?

2-Le paradichlorobenzène s'obtient par action directe du dichlore sur le benzène et le rendement de cette réaction est 99,5%. Calcule les masses de benzène et de dichlore à faire réagir pour obtenir 0,9 kg de paradichlorobenzène.

Solution 2

1-Ecrivons la formule du paradichlorobenzène :



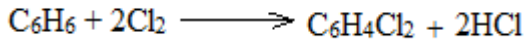
Oui, on peut le nommer autrement : c'est le 1,4-dichlorobenzène.

2-Calcul des masses de benzène et de chlore

-Calculons la masse du dichlorobenzène : avec $m=0,9\text{kg}=0,9.10^3\text{g}$; $\rho = 99,5\%=0,995$.

$$\rho = \frac{m}{m'} \Rightarrow m' = \frac{m}{\rho} = \frac{0,9 \cdot 10^3}{0,995} = 904,52 \text{ g}$$

-L'équation- bilan de synthèse du dichlorobenzène



Avec M (C₆H₄Cl₂)=147g/mol; le nombre de mole de dichlorobenzène est:

$$n(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2) = \frac{m'}{M(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2)} = \frac{904,52}{147} = 6,15 \text{ mol}$$

-le nombre de mole de benzène : n(C₆H₆)=n(C₆H₄Cl₂)=6,15mol et M(C₆H₆)=78g/mol

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = n(\text{C}_6\text{H}_6) \times M(\text{C}_6\text{H}_6) = 6,15 \times 78 = 479,7 \text{ g} \quad \boxed{m(\text{C}_6\text{H}_6) = 479,7 \text{ g}}$$

-le nombre de mole et la masse du chlore avec M(Cl₂)=71g/mol

$$\frac{n(\text{Cl}_2)}{2} = n(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2) \Rightarrow n(\text{Cl}_2) = 2 \times n(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2) = 2 \times 6,15 = 12,3 \text{ mol}$$

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \times M(\text{Cl}_2) = 12,3 \times 71 = 873,3 \text{ g} \quad \boxed{m(\text{Cl}_2) = 873,3 \text{ g}}$$

Exercice 3: identification d'un hydrocarbure aromatique.

Un hydrocarbure A est tel que :

-la combustion complète de 0,39g de A donne 0,672 L de CO₂ (volume mesuré dans les conditions normales) ;

-la mononitration de A conduit à un dérivé nitré de masse molaire 123g/mol.

1-Détermine la composition massique en carbone et hydrogène de A.

2-Quelle est la formule moléculaire de A ?

M(C)=12g/mol ; M(H)=1g/mol ; M(O)=16g/mol ; M(N)=14g/mol ; V₀=22,4 L/mol.

Solution 3

m_A = 0,39g ; m_{CO₂} = 0,672 L.

1-Déterminons la composition massique en carbone et hydrogène de A

La formule de A est C_xH_y

-Cherchons la masse de CO₂ (M_{CO₂}=44g/mol) : $m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2}$ or $n_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_0}$; alors

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_0} \times M_{\text{CO}_2} = \frac{0,672}{22,4} \times 44 = 1,32 \text{ g}$$

$$\%C = \frac{300 \times m_{\text{CO}_2}}{11 \times m_A} ; \text{AN : } \%C = \frac{300 \times 1,32}{11 \times 0,39} = 92,3 \quad \boxed{\%C = 92,3\%}$$

$$\%H = 100 - \%C = 100 - 92,3 = 7,7 \quad \boxed{\%H = 7,7\%}$$

2-La formule molaire de A est :



L'équation de nitration est : M(C_xH_y)=12x+y=M_A

$$M(\text{C}_x\text{H}_{y-1}\text{NO}_2) = 12x + y - 1 + 14 + 32 = 12x + y + 45$$

$$\text{Donc } 12x + y + 45 = 123 \Rightarrow 12x + y = 123 - 45 \Rightarrow 12x + y = 78 \Leftrightarrow M(\text{C}_x\text{H}_y) = 78$$

$$\text{On a : } \frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{M_A}{100}$$

$$x = \frac{\%C \times M_A}{1200} = \frac{92,3 \times 78}{1200} \approx 6 ; y = \frac{\%H \times M_A}{100} = \frac{7,7 \times 78}{100} \approx 6 ; \text{ La formule moléculaire de A}$$

est donc $\boxed{\text{C}_6\text{H}_6}$

VIII-HYDROCARBURES OXYGENES**Exercice 1: combustion d'un alcool dans l'oxygène de l'air.**

Par combustion complète d'un alcool saturé on obtient 8,8 g de dioxyde de carbone et 5,4 g d'eau.

1-Donne la formule de l'alcool de départ. Nomme-le.

2-Quel est le volume de l'alcool nécessaire dans les conditions normales ?

3-Quelle est la masse d'alcool employée pour cette combustion ?

Solution 1

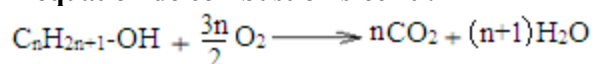
1-Donnons la formule de l'alcool de départ :

-La formule générale des alcools est $C_nH_{2n+1}-OH$.

-Le nombre de mole de CO_2 et de H_2O :

$$n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{8,8}{44} = 0,2 \text{ mol Et } n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ mol}$$

-L'équation de combustion s'écrit :



-Le rapport stœchiométrique donne :

$$\frac{n(CO_2)}{n} = \frac{n(H_2O)}{n+1} \Rightarrow \frac{0,2}{n} = \frac{0,3}{n+1} \Rightarrow 0,2n + 0,2 = 0,3n \Rightarrow 0,1n = 0,2 \Rightarrow n = \frac{0,2}{0,1} = 2$$

D'où l'alcool a pour formule C_2H_5-OH ; son nom est : éthanol.

2-Le volume de l'alcool nécessaire :

$$\text{-du rapport stœchiométrique on a : } n(C_nH_{2n+1}-OH) = \frac{n(CO_2)}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ mol}$$

$$V(C_2H_5-OH) = n(C_2H_5-OH) \times V_0 = 0,1 \times 22,4 = 2,24 \text{ l}$$

3-La masse d'alcool employée :

$$M(C_2H_5-OH) = 46 \text{ g/mol}$$

$$m(C_2H_5-OH) = n(C_2H_5-OH) \times M(C_2H_5-OH) = 0,1 \times 46 = 4,6 \text{ g}$$

Exercice2: identification d'un produit de l'oxydation ménagée d'un vin.

Un vin (alcool éthylique) est transformé par oxydation ménagée en un composé A, en présence du cuivre et à chaud.

Deux tests ont été réalisés pour identifier le produit A : le premier test avec la liqueur de Fehling adonné un précipité rouge brique et le second test avec le réactif de schiff donné une solution rose violacée.

1-Donne la fonction chimique et le nom de A.

2- Ecris l'équation de la réaction d'oxydation.

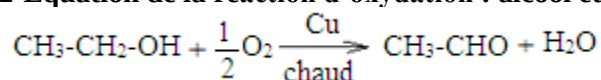
3-Un autre produit pourrait-il être trouvé par cette oxydation ? Justifie.

4- Ecris l'équation de cette oxydation puis nomme systématiquement le nouveau produit.

Solution 2

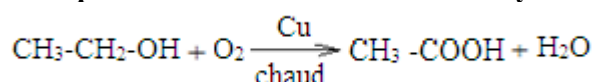
1-En se référant aux 2 tests effectués sur A, on en déduit que : le produit obtenu a pour fonction chimique : aldéhyde et pour nom : éthanal.

2-Equation de la réaction d'oxydation : alcool éthylique= éthanol.



3-Oui, on pouvait trouver un autre produit. Pour ce faire, l'oxydant devait-être introduit en excès.

4-L'équation de la nouvelle réaction d'oxydation :



Nom du nouveau produit : acide éthanoïque.

Exercice 3: oxydation ménagée d'un alcool par un oxydant puissant.

On réalise l'oxydation ménagée de 7,4 g de butan-1-ol par du dichromate de sodium en milieu acide. L'oxydant est introduit en excès.

1-Quels produits d'oxydation peut-on former ? Donne leur nom et leur formule développée.

2-Quelle masse d'aldéhyde obtiendrait-on si elle était distillée au fur et à mesure de sa formation ?

3-Quelle masse d'acide carboxylique récupérerait-on si l'oxydation ménagée était conduite à son terme ?

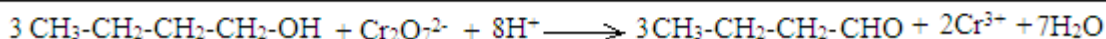
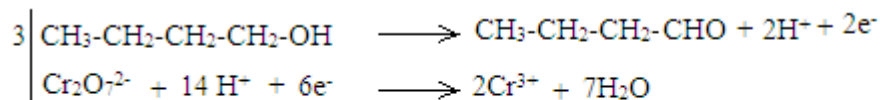
Solution 3

1-Le produit d'oxydation qu'on peut former est l'acide carboxylique ; leur nom est : acide butanoïque ; leur formule développée (ou semi-développée) est : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$.

2-La masse d'aldéhyde obtenue serait :

-le nombre de moles du butan-1-ol est : $n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})}{M(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})} = \frac{7,4}{74} = 0,1\text{mol}$

-L'équation globale de l'oxydation s'obtient :



-Le nombre de moles de l'aldéhyde ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$: butanal):

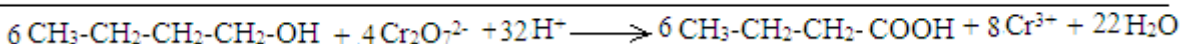
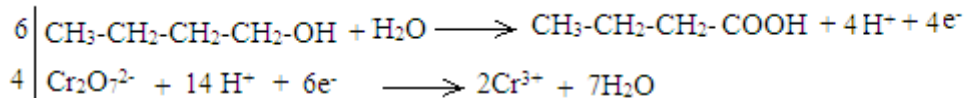
D'après l'équation globale $\frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})}{3} = \frac{n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O})}{3} \Rightarrow n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) = n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = 0,1\text{mol}$

Donc la masse de l'aldéhyde est :

$$m(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) = n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) \times M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) = 0,1 \times 72 = \boxed{7,2 \text{ g}}$$

3-La masse d'acide récupéré :

-L'équation globale de cette oxydation :



-Le nombre de moles de l'acide carboxylique ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$: acide butanoïque) :

$$\frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})}{6} = \frac{n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)}{6} \Rightarrow n(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 0,1\text{mol}$$

La masse de l'acide est donc :

$$m(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = n(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) \times M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 0,1 \times 88 = \boxed{8,8 \text{ g}}$$

Exercice 4 : estérification.

On suit l'estérification de l'alcool isoamylique (3-méthylbutan-1-ol) en mesurant le volume d'eau formée.

1-Ecris la réaction de formation de l'acétate d'isoamyle. Quelle est la fonction chimique de ce produit ?

2-On introduit 44 g d'alcool isoamylique et 30 g d'acide acétique pur dans un ballon. Détermine le nombre de moles d'ester formé lorsqu'on a récupéré 6 cm³ d'eau.

En déduis le nombre moles d'acide acétique restant.

Solution 4

1-Ecrivons la réaction de formation de l'acétate d'isoamyle :

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Physique, collection eurin-gié, 1^{res} S et E, 1988.
- 2) Physique, collection FERNAND NATHAN, 1^{ère} C, 1956.
- 3) ABC du Bac, Physique, Collection NATHAN, Terminale S, 1995.
- 4) Annale de Physique-Chimie, Edition 2004 par Bréhima Sanogo, 11^{ème} Sciences.
- 5) Chimie, collection eurin-gié, 1^{res} S et E, 1988.
- 6) Chimie, Collection FERNAND NATHAN, 1^e SE, 1982.

SITOGRAFIE

www.google.com/ exercices corrigés sur les condensateurs, sur le champ électrique et sur la loi de Raoult.