TESLA

Terminale C

Edition 2021 - 2022

AVANT - PROPOS

Cet ouvrage est conforme au programme de Sciences Physiques en vigueur en classe scientifique (Terminale C).
La présente édition, bénéficie d'une nouvelle maquette permettant une lecture encore plus aisée et efficace.
Dans chaque chapitre, on trouvera :
• Un rappel de cours, qui donne de manière concise tout ce que l'on doit retenir du chapitre étudié.
• Des QCM ou exercices de type vrai-faux permettant de tester de manière rapide la connaissance du cours et sa réelle assimilation et de préparer au mieux les épreuves similaires figurant dans les sujets de baccalauréats et dans les concours post-bac.
• Des exercices qui correspondent aux différents types de sujets que l'on pourra rencontrer en classe de terminale C. Certains sont des applications immédiates du cours, d'autres nécessitent une réflexion plus approfondie et constituent un bon entraînement pour les études supérieures.

Nous remercions par avance tout lecteur qui nous fera part de ses remarques ou suggestions à l'E-group et vous souhaitons une bonne et profitable lecture.

A vos marques,....... prêts, ... partez !!!

« Je persisterai tant que je n'aurai pas réussi.
« Je ne suis pas né vaincu et le sang de l'échec ne coule pas dans mes veines. Je ne suis pas une brebis qui attend que son berger la pousse du bout de son bâton. Je suis un lion et je refuse de parler, de marcher, de dormir avec la brebis.
« L'abattoir que représente l'échec ne fait pas partie de ma destinée.
« Je persisterai tant que je n'aurai pas réussi. »

-Extrait du troisième parchemin du succès du livre
Le plus grand vendeur du monde

SOMMAIRE

CINÉMATIQUE

I- Référentiel

Un référentiel est constitué d'un repère d'espace muni d'un repère de temps.

1) Repère d'espace

a) Repérage sur une droite

Pour repérer les différentes positions d'un mobile en mouvement rectiligne, on utilise un repère $(O, \vec{i})$ lié à la droite.

O : Origine du repère

$\vec{i}$: Vecteur unitaire ($\|\vec{i}\|$ = l'unité)

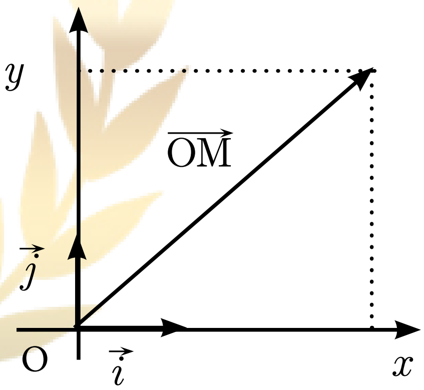
x : Abscisse de M à la date t

$\overrightarrow{OM}$: Vecteur position

$$\boxed{\overrightarrow{OM} = x\vec{i}}$$

b) Repérage dans un plan

Lorsque le mobile se déplace dans un plan, on utilise un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ pour repérer ses différentes positions :



x : Abscisse du mobile

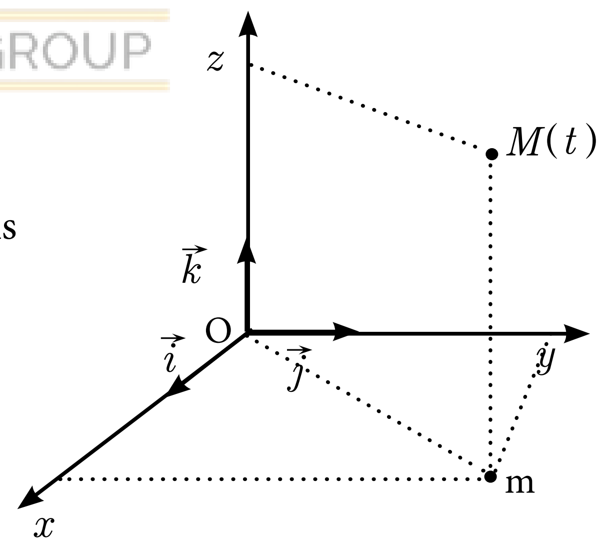
y : Ordonnée du mobile

$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$

$\|\overrightarrow{OM}\| = OM = \sqrt{x^2 + y^2}$

c) Repérage dans l'espace

On utilise un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ pour repérer le point mobile s'il se déplace dans l'espace.



z : Altitude ou coté du mobile à la date t.

$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

$\|\overrightarrow{OM}\| = OM = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

x, y et z dépendent du paramètre temps ou sont fonctions paramètre temps.

$\begin{cases} x = f(t) \\ y = g(t) \\ z = h(t) \end{cases}$ $\Bigg\{$ équations horaires ou bisparamétriques ou équations paramétriques

Exemple : $\begin{cases} x = 2(t) - 1 \\ y = 0 \\ z = 3t^2 + t - 5 \end{cases}$

Trajectoire d'un mobile

C'est l'ensemble des positions successives occupées par un mobile au cours de son mouvement.

La trajectoire peut-être :

- Une droite, le mouvement est rectiligne ;
- Une parabole, le mouvement est parabolique ;
- Un cercle ou portion de cercle, le mouvement est circulaire.

L'équation de la trajectoire est obtenue en combinant x,y et z de sorte à éliminer t.

Exemple :

* Equation horaire : $\begin{cases} x = 2t - 1 \\ y = 0 \\ z = 3t^2 + t - 5 \end{cases}$

$t = \dfrac{x+1}{2}$

$z = 3\left(\dfrac{x+1}{2}\right)^2 + \left(\dfrac{x+1}{2}\right) - 5$

$z = \dfrac{3}{4}(x^2 + 2x + 1) + \dfrac{x}{2} + \dfrac{1}{2} - 5$

$z = \dfrac{3}{4}x^2 + \left(\dfrac{3}{2} + \dfrac{1}{2}\right)x + \left(\dfrac{3}{4} + \dfrac{1}{2} - 5\right)$

$z = \dfrac{3}{4}x^2 + 2x - \dfrac{15}{4}$

La trajectoire est parabolique.

* Equation horaire : $\begin{cases} x = 3\cos 5t \\ y = 3\sin 5t \end{cases}$

$\begin{cases} x^2 = 9\cos^2 5t \\ y^2 = 9\sin^2 5t \end{cases}$

$x^2 + y^2 = 9(\cos^2 5t + \sin^2 5t)$

$x^2 + y^2 = 9$

$x^2 + y^2 = 3^2$

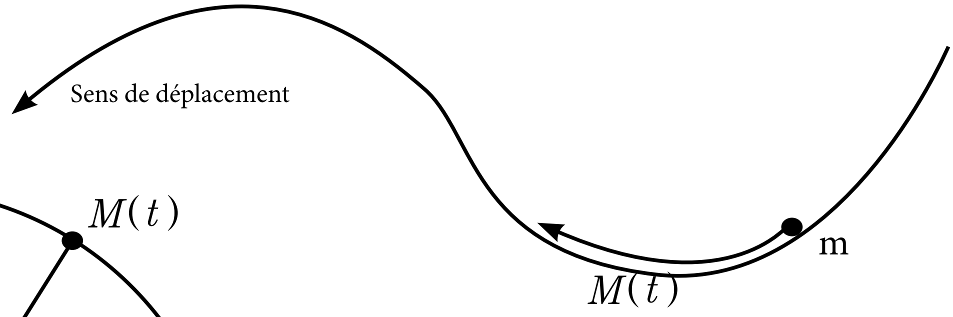
La trajectoire est un cercle de centre (0,0) O est de rayon 3.

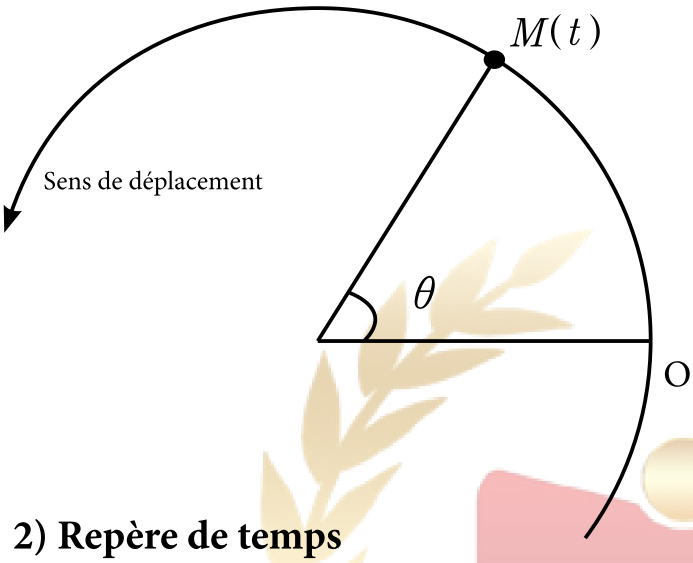
d) Repère curviligne d'espace

Lorsque la trajectoire du mobile est quelconque on utilise un repère curviligne d'espace.

$\overset{\frown}{OM} = S$ (m)

S : abscisse curviligne





θ : Abscisse angulaire (rad)

$S = \overset{\frown}{OM} = R.\theta$ abscisse angulaire curviligne

2) Repère de temps

Pour repérer le temps, il faut une origine des dates.

II- Vitesse

La vitesse exprime la variation plus ou moins rapide de la position au cours du temps. Il existe deux sorte de vitesse :

- La vitesse moyenne ;
- la vitesse instantanée.

1) Vecteur vitesse moyenne

Soit les points M1 et M2 occupés respectivement aux dates t1 et t2, la vitesse moyenne s'écrit $\overrightarrow{V_{moy}} = \dfrac{\overrightarrow{OM_2} - \overrightarrow{OM_1}}{t_2 - t_1} = \dfrac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1}$

$$\underbrace{\boxed{V_{moy} = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1}}}_{\text{m.s}^{-1}\ \to\ V_{moy};\ \ M_1M_2\ \leftarrow\ \text{m};\ \ t_2 - t_1\ \leftarrow\ \text{s}}$$

Exemple : Un cycliste parcourt 90 km en 1h20 mn

Calculer sa vitesse moyenne

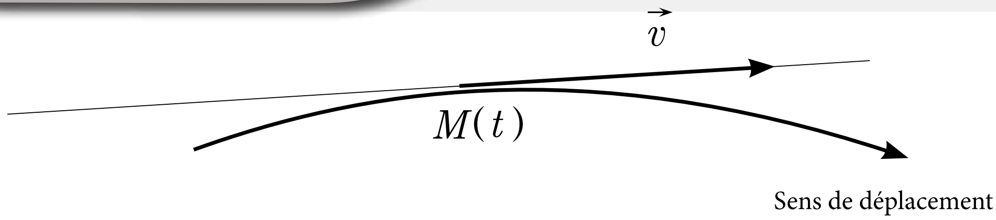
2) Vecteur vitesse instantanée

Il est égale à la dérivée par rapport au temps du vecteur position

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d}{dt}(\overrightarrow{OM})}$$

Caractéristiques du vecteur vitesse

$\vec{v}$
- Direction : Tangente à la trajectoire
- Sens : Celui du mouvement
- Point d'application : Le point M
- Valeur : v (m.s^{-1})



Expression de v dans un repère orthonormé

$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad \vec{v} = \frac{d}{dt}(\overrightarrow{OM}) = \frac{d}{dt}x\vec{i} + \frac{d}{dt}y\vec{j} + \frac{d}{dt}z\vec{k}$

$$\boxed{\vec{v} = \dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} + \dot{z}\vec{k}}$$

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}$$

Exemple : $\overrightarrow{OM} \begin{cases} x = 2t - 1 \\ y = 0 \\ z = 3t^2 + t - 5 \end{cases}$

$\vec{v} \begin{cases} \dot{x} = 2 \\ \dot{y} = 0 \\ \dot{z} = 6t + 1 \end{cases} \qquad \vec{v} = 2i + (6t+1)\vec{k}$

A $t_0 = 0$, on a $\vec{v_0} = 2\vec{i} + (6(0)+1)\vec{k}$

$\vec{v_0} = 2\vec{i} + \vec{k}$

$v_0 = \sqrt{2^2 + 1^2}$

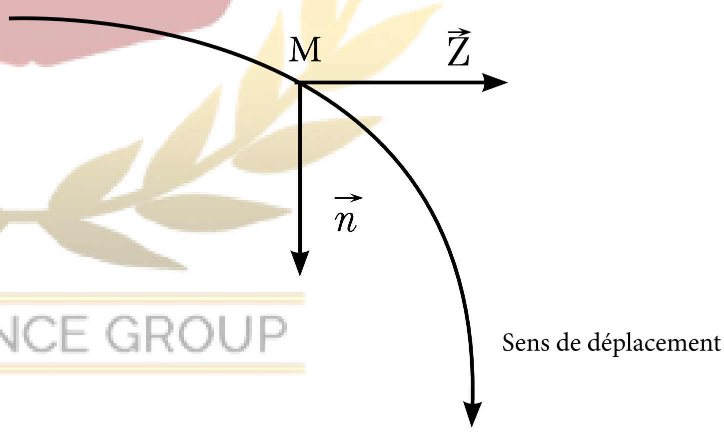
$v_0 = 2{,}23 \text{ m.s}^{-1}$

Expression de $\vec{v}$ dans le repère de Frenet

Repère de Frenet $(M, \vec{Z}, \vec{n})$

$\vec{Z}$: Vecteur unitaire tangentielle ;

$\vec{n}$: Vecteur unitaire normal



$\vec{Z}$ | Tangente à la trajectoire
Sens du mouvement
M
$\|\vec{Z}\| = 1$ unité

$\vec{n}$ | La perpendiculaire à $\vec{Z}$
Vers l'interieur de la courbure ou vers le centre du cercle
M
$\|\vec{Z}\| = 1$ unité

$v = \frac{d}{dt}(\widehat{OM}) = \dot{S} \qquad \vec{v} = v\vec{Z} = \dot{S}\vec{Z}$

III- Accélération

Elle exprime la variation plus ou moins rapide de la vitesse au cours du temps.

On en distingue deux sortes : L'accélération moyenne et l'accélération instantanée.

1) Accélération moyenne

Soit $\vec{v_1}$ et $\vec{v_2}$ les vecteurs vitesse d'un mobile respectivement au dates t_1 et t_2.

L'accélération est définie par $\vec{a}_{moy} = \dfrac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{t_2 - t_1}$

$$\boxed{a_{moy} = \frac{\|\vec{v_2} - \vec{v_1}\|}{t_2 - t_1}}$$

m.s^{-1} m.s^{-1} s

2) Accélération instantanée.

Elle est égale à la dérivée de la vitesse instantanée par rapport au temps.

$$\boxed{\vec{a} = \frac{d}{dt}(\vec{v})}$$

a) Expression de a ***dans un repère*** $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

$\vec{a} = \ddot{x}\vec{i} + \ddot{y}\vec{j} + \ddot{z}\vec{k}$

$\|\vec{a}\| = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2}$

Exemple : $\vec{v} = 2\vec{i} + (6t+1)\vec{k}$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = 6 \end{cases} \Longrightarrow \vec{a} = 6\vec{k}$$

$a = \sqrt{0^2 + 0^2 + 6^2}$

$a = 6$ m.s-2 = constante

b) Expression de a ***dans la base de Frenet.***

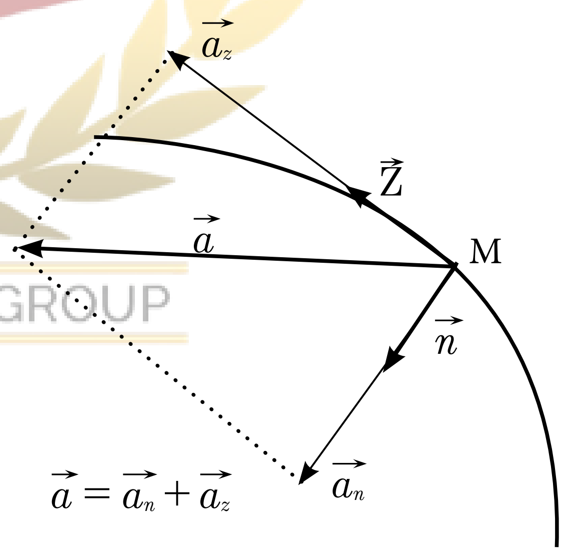
$\vec{a_z}$: accélération tangentielle

$\vec{a_z} = \dfrac{d}{dt}\vec{z}$ $\qquad \vec{a_z} = \dfrac{d\vec{z}}{dt}$

$\vec{a_n}$: accélération normale

$\vec{a_n} = \dfrac{v^2}{R}\vec{n}$ $\qquad a_n = \dfrac{v^2}{R}$

$\vec{a} = \dfrac{v^2}{R}\vec{n} + \dfrac{d\vec{v}}{dt}\vec{z}$



IV- Etude de quelques mouvements

1) Mouvement rectiligne

Un mouvement est dit rectiligne lorsqu'il s'effectue sur une droite.

a) Mouvement rectiligne uniforme (MRU)

C'est un mouvement qui s'effectue sur une droite à vitesse constante.

$v =$ constante $\qquad a = \dfrac{dv}{dt} = 0$

* Loi horaire

$\vec{v}$ = constante a = $v = \dfrac{x - x_0}{t - t_0}$

d'où $x = v(t - t_0) + x_0$

Si $t_0 = 0$ alors

$x = vt + x_0$

t_0 : Date de début du mouvement

x_0 : Abscisse à t_0

b) Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV)

Un mouvement rectiligne uniformément varié est un mouvement qui se déroule sur une droite avec une accélération constante.

* Loi horaire

a = constante $a = \dfrac{v - v_0}{t - t_0}$

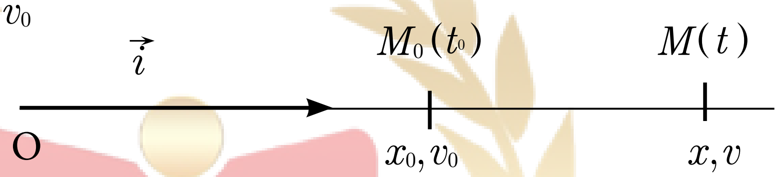
$v = a(t - t_0) + v_0$

$x = \dfrac{1}{2}a(t - t_0)^2 + v_0(t - t_0) + v_0$

si $t_0 = 0$ alors

$v = at + v_0$

$x = \dfrac{1}{2}at^2 + + v_0 t + x_0$



Relation caractéristique d'un MRUV

$$\text{MRUV}\left|\begin{array}{l} v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1) \\ v_2^2 - v_1^2 = 2a(x_2 - x_1) \end{array}\right.$$

2) Mouvement circulaire uniforme

C'est un mouvement qui s'effectue sur une portion ou un cercle entier avec une vitesse constante.

a) Loi horaire

$v =$ constante $v = \dfrac{s - s_0}{t - t_0}$

$s = v(t - t_0) + s_0$

S = $\overset{\frown}{OM}$ $s_0 = \overset{\frown}{OM_0}$

$s = R\theta$ $\dot{s} = R\dot{\theta}$ avec $w = \dfrac{d}{dt}\theta = \dot{\theta}$: vitesse angulaire

$\Longrightarrow v = R\omega$

v = constante $\Longrightarrow w$ = constante

$w = \dfrac{\theta - \theta_0}{t - t_0}$ $\theta = \omega(t - t_0) + \theta_0$

si Si $t_0 = 0$ alors

$s = vt + s_0$ $\theta = \omega t + \theta_0$

b) Période et fréquence d'un mouvement circulaire uniforme

$\omega = \dfrac{\theta - \theta_0}{t - t_0}$; $T = t - t_0 \Longrightarrow \theta - \theta_0 = 2\pi$ rad

$\omega = \dfrac{2\pi}{T}$

$f = N = \dfrac{1}{T}$

$$\boxed{\begin{array}{l} T = \dfrac{2\pi}{\omega} \\ N = \dfrac{\omega}{2\pi} \end{array}}$$

Dans le repère de Frenet

$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{z} + \frac{v^2}{R}\vec{n}$

On a un MCU $\Longrightarrow v =$ constante $\Longrightarrow \frac{dv}{dt} = 0$

$\Longrightarrow \vec{a_z} = \frac{dv}{dt}\vec{z} = \vec{0}$

$$\boxed{\vec{a} = \vec{a_n} = \frac{v^2}{R}\vec{n}}$$

$a = a_n = \frac{v^2}{R}$ or $v = R\omega$

$$\boxed{\vec{a} = R\omega^2\vec{n}}$$

EXERCICE 1 Vrai ou Faux ?

On envisage le mouvement d'un point mobile décrivant une trajectoire, curviligne ou non.

- Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire au point considéré.
- Dans un mouvement curviligne, le vecteur accélération peut être tangent à la trajectoire au point considéré.
- Une accélération tangentielle nulle implique un mouvement uniforme.
- Si $\vec{a}.\vec{v} < 0$, le mouvement est retardé.
- Une accélération tangentielle constante implique un mouvement uniformément accéléré ou retardé.
- Le vecteur accélération normal est dirigé vers l'intérieur d'une trajectoire curviligne.
- Si, à un instant t, la vitesse $\vec{v}$ est nulle, alors l'accélération $\vec{a}$ est aussi nulle.

EXERCICE 2 Répondre par vrai (V) ou faux (F) en cochant la bonne case

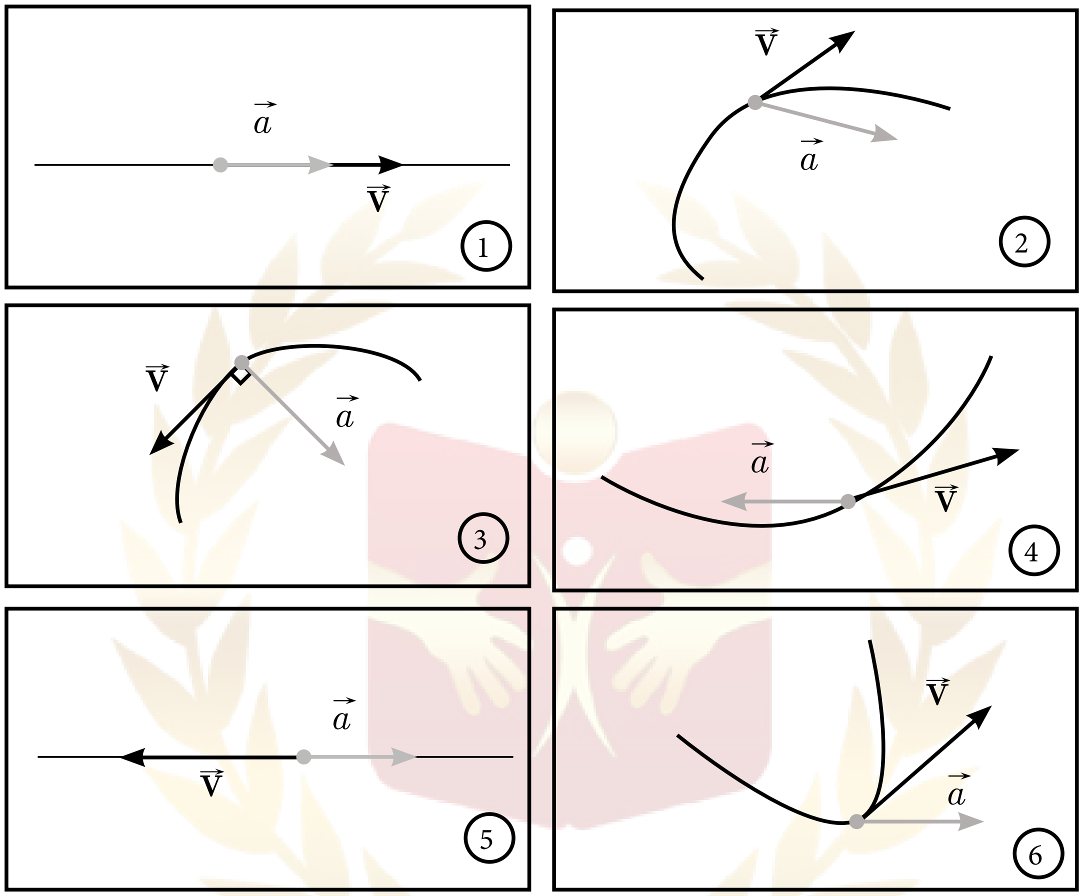
Dans un mouvement circulaire uniforme

	(V)	(F)
a) la norme du vecteur vitesse $\|\vec{v}\|$ est constante.	☐	☐
b) Le vecteur vitesse $\vec{v}$ est constante.	☐	☐
c) Le vecteur accélération $\vec{a}$ est constant.	☐	☐
d) L'accélération tangentielle a_t est nul.	☐	☐
e) La norme du vecteur accélération $\|\vec{a}\|$ est constante.	☐	☐
f) Le vecteur accélération $\vec{a}$ est normal à la trajectoire au point considéré.	☐	☐
g) Le vecteur accélération est centripète.	☐	☐
h) La période T du mouvement est proportionnelle à la vitesse v.	☐	☐

EXERCICE 3

Sur différentes portions de trajectoire, on a représenté le vecteur vitesse $\vec{V}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ d'un point mobile.
A chacun des six cas de figure ci-dessous, associer une ou plusieurs des propositions suivantes :

a) mouvement rectiligne ;
b) mouvement curviligne ;
c) mouvement uniforme ;
d) mouvement accéléré ;
e) mouvement retardé ;
f) incohérent.



EXERCICE 4

Les coordonnées cartésiennes d'un point mobile dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = 2t - 2 \\ y = 2t^2 - 2 \end{cases}$ x et y sont en m et t en s.

1) Donner l'expression du vecteur-position $\overrightarrow{OM}$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.
2)Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire. En déduire la nature de la trajectoire.
3) Donner les caractéristiques (composantes et norme) des vecteurs-vitesses et accélération du mobile à l'instant t. Faire l'application numérique pour t = 1 s.
4) Représenter la trajectoire entre les dates $t_0 = 0$ s et $t_1 = 3$ s.
Echelle : 1 cm pour 2 m.

EXERCICE 5

La position d'un point matériel se déplace dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est définie à chaque instant par les équations horaires suivantes :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = 2t \\ y = -5t^2 + 2t \end{cases} \quad \text{avec } t > 0.$$

Le point matériel est mis en mouvement à la date $t = 0$.

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

2) Donner les caractéristiques (composantes et norme) du vecteur-vitesse à un instant t.

3) Déterminer le vecteur-vitesse du point matériel lorsque celui-ci passe par l'ordonnée maximale Y_{max} que l'on calculera. Quelle est l'abscisse du point dont l'ordonnée maximale ?

4) A quelle date le point matériel passe-t-il par le point M_0 d'ordonnée nulle ?
Quelle est l'abscisse de ce point ?
Quelle est la vitesse du mobile à cet instant ?

EXERCICE 6

La position d'un point mobile M dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est donnée à chaque instant par le vecteur-position $\overrightarrow{OM}$: $\overrightarrow{OM} = (t^2 - 4t)\,\vec{i} + (t^2 + 2)\vec{j}$ avec $t \geq 0$.

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

2) Donner l'intervalle de temps pour lesquels le mouvement est retardé puis accéléré.

EXERCICE 7

Les équations horaires du mouvement d'un point mobile se déplace dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont : $x = 3t + 1$ et $y = 4,9t^2$.

1) Exprimer dans la base $(O, \vec{i}, \vec{j})$ les vecteurs-positions et vitesse du point M.

2) Montrer que le vecteur-accélération $\vec{a}$ est constant. Calculer a.

3) Déterminer le vecteur-position $\overrightarrow{OM_0}$ et vitesse $\vec{V_0}$ à l'instant initial.

4) Montrer que, pour un tel mouvement (vecteur accélération constante), vecteur position est de forme $\overrightarrow{OM} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{V_0}t + \overrightarrow{OM_0}$.

EXERCICE 8

Un point mobile M décrit sur un axe $(O, \vec{i})$ (mouvement uniformement varié d'accélération) $\vec{a} = 4\vec{i}$. A l'instant $t = 0$, le vecteur-vitesse est $\vec{V_0} = -8\vec{i}$ et le vecteur-position $\overrightarrow{OM_0} = 2\vec{i}$.

1) Etablir les équations horaires du mouvement (t) et $x(t)$.

2) Déterminer la date et la position pour lesquelles la vitesse s'annule.

3) Entre quelles dates le mouvement est-il accéléré ? retardé ?

EXERCICE 9

Un mobile est lancé sur un plan incliné muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$. Le plan coïncide à $t = 0$ s avec l'origine O. Son vecteur-position est $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + +y\vec{j} + z\vec{k}$ A cours du mouvement, son accélération est $\vec{a} = -a\vec{j}$ avec $V = 4$ m.s^{-2}. A l'instant du lancement sa vitesse initiale est $\vec{V_0} = 2\vec{i} + 4\vec{j}$.

1) Ecrire les coordonnées du vecteur-vitesse $\vec{V}$ et du vecteur-position $\overrightarrow{OM}$ à l'instant t dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

2) Donner l'équation cartésienne de la trajectoire du mobile.

3) Tracer l'allure de cette trajectoire dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

4) Le centre d'inertie du mobile coupe l'axe $x'x$ en un point A à la date t_1 .

5) A partir de l'équation cartésienne, déterminer X_A. En déduire la valeur t_1 .

5) Déterminer la norme V_A du vecteur A. Comparer V_A à la norme V_0 du vecteur $\vec{V_0}$.

EXERCICE 10

Un point M en mouvement dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.a les coordonnées suivant, à l'instant t .

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = 2t \\ y = 0 \\ z = -t^2 + 2t \end{cases}$$

1) Vecteur-position

a) Exprimer dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, le vecteur-position en fonction du temps.

b) Déterminer la position du point M à la date $t_1 = 1$ s.
c) Déterminer la trajectoire du mobile.

2) Vecteur-vitesse
a) Déterminer les coordonnées du vecteur-vitesse à chaque instant.
b) Déterminer le temps que met le point M au sommet de la trajectoire et déduire la valeur de la vitesse en ce point.

3) Vecteur-accélération
a) Déterminer les coordonnées du vecteur-accélération à la date t.
b) Calculer la valeur de l'accélération à t =1 s et en déduire la nature du mouvement.

EXERCICE 11

Une automobile initialement arrêtée est soumise à une accélération constante égalé à $a_1 = 1$ m.s^{-2} durant 10 s. Pendant les 20 s qui suivant, l'automobile ralentit avec une décélération constante $a_2 = 5.10^{-2}$ m.s^{-2}. Enfin l'automobile, freinée, prend un mouvement uniformément varié et s'arrête au bout de 5 s.
1) Ecrire les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ au cours de la première phase.
2) Ecrire les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ au cours de la deuxième phase.
3) Ecrire les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ au cours de la troisième phase.
4) Calculer la distance totale parcourue par l'automobile.
5) Représenter le diagramme des vitesses.

NB : 1er cas : on prendra comme origine des dates et des espaces le début de chaque phase.
2eme cas : on prendra comme origine des dates et des espaces le début du mouvement.

EXERCICE 12

Le plan est rapporté à un repère orthonormé xox d'origine O et de base $(\vec{i}, \vec{j})$. Les coordonnées x et y d'un point M mobile dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$ varient avec le temps suivant : $x = 2\cos(5t)$ et $y = 2\sin(0,5t)$.
1) Déterminer la nature de la trajectoire.
2) Déterminer les composantes du vecteur-vitesse $\vec{V}$.
3) Déterminer l'expression de la vitesse ds/dt ainsi que l'abscisse curviligne s du point M à l'instant t, en prenant comme condition initiale s = 0 quand t = 0.

4) Déterminer les composantes normale et tangentielle de l'accélération dans un repère de Frenet.
5) En déduire le rayon de courbure de la trajectoire.
6) La trajectoire reste la même, mais maintenant le point M subit une accélération angulaire $d^2\theta/dt^2 = \theta'' = 0,2t$. A quelle date le point M atteint-il une vitesse de de 10 m/s, sachant qu'il est parti du repos. Quelle distance a-t-il alors parcouru ?

EXERCICE 13

Une motocyclette, au repos à une lumière rouge, accélère uniformément dès que le feu passe au vert avec une accélération de 1,5 m/s^2. Elle atteint ainsi une vitesse V en 10 s, vitesse qu'elle maintient pendant 30 s. Elle freine ensuite uniformément pendant 5 s pour s'immobiliser à un autre feu rouge.
1) Déterminer la vitesse V atteinte à la fin de la phrase d'accélération.
2) Quelle est la distance parcourue pendant son accélération ?
3) Quelle est la valeur a_2 de l'accélération au cours de la deuxième phase ?
4) Calculer la distance parcourue pendant qu'elle se déplace à la vitesse constante ?
5) Calculer la valeur a_3 de l'accélération au cours du freinage.
6) En déduire l'équation horaire du mouvement au cours du freinage.
7) Déterminer par deux méthodes différentes, la distance parcourue au cours du freinage.
8) Quelle distance sépare les deux feux rouges ?
9) Tracer le graphique de la vitesse en fonction du temps.
Echelle : 1 cm pour 5 s et 1 cm pour 3 m/s.

EXERCICE 14

1) Une automobile décrit une trajectoire rectiligne dans un repère $(O, \vec{i})$. Son accélération est constante. A l'instant t_0 = 0s, l'automobile part d'un point M_0.
A l'instant t_1 = 3 s, l'automobile passe par le point M_1 d'abscisse x_1 = 59 m à la vitesse algébrique V_{1x} = 6 m/s. Elle arrive ensuite au point M_2 d'abscisse x_2 = 150 m à la vitesse algébrique V_{2x} = 20 m/s.
a) Etablir l'équation horaire du mouvement de l'automobile.
b) A quel instant t_2 l'automobile passe-t-elle par le point M_2 ?
c) Calculer la longueur l du trajet effectué par l'automobile pendant la phase d'accélération dont la durée du mouvement fixée à 20 s.
2) A la date T = 1 s, une moto se déplaçant sur la même droite à la vitesse

constante $V_{x'}$ = 20 m/s passe par le point M' d'abscisse x' = -5 m. Pendant toute la durée du mouvement fixée à 20 s, la moto va d'abord dépasser l'automobile ; ensuite l'automobile va rattraper la moto.

Déterminer :

a) L'équation horaire du mouvement de la moto dans le repère $(O, \vec{i})$.

b) Les dates de dépassements.

c) Les abscisses de dépassements

d) La vitesse de l'automobile au moment où elle rattrape la moto.

e) La distance d parcourue par la moto entre les dates t = 1 s et la date où elle dépasse l'automobile.

EXERCICE 15

1) Une automobile roule sur une route droite à la vitesse constante de 108 km/h. Soudain, le conducteur perçoit à 150 m devant lui un panneau de limitation de vitesse à 60 km/h. Le conducteur actionne le frein et atteint le panneau avec la vitesse de 45 km/h.

a) Donner les caractéristiques (sens et intensité) du vecteur-accélération supposé constant de l'automobile durant la phase de ralentissement.

b) Calculer le temps mis par le conducteur pour atteindre le panneau à partir du début du freinage.

2) Quelles devraient être l'accélération algébrique de l'automobile et la durée du freinage pour que le conducteur atteigne le panneau à la vitesse de 60 km/h.

3) En réalité, le conducteur commence par freiner 0,8s après avoir vu le panneau. Il impose à son automobile l'accélération calculée au 1a).

Avec quelle vitesse arrive-t-il au niveau du panneau ? est-il en infraction ?

4) Le conducteur maintient constante après le panneau la vitesse précédemment calculée. A cette vitesse, il doit négocier un virage de rayon R = 150 m.

a) Déterminer les caractéristiques (sens et intensité) du vecteur-accélération pendant le virage.

b) Calculer la durée du virage si on l'assimile à un quart de cercle.

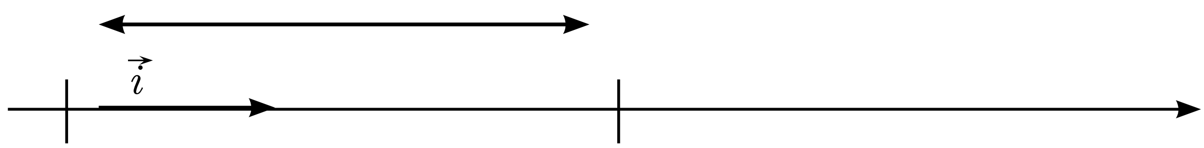
EXERCICE 16

Un mobile ponctuel M décrit une trajectoire rectiligne munie d'un repère $(O, \vec{i})$; son vecteur accélération est constant pendant toute la durée du mouvement qui est fixée à t_F = 5s. A la date t_0 = 0s, le mobile passe au point M_0, d'abscisse x_0 = -0,5 m avec une vitesse V_0 = -1 m.s^{-1}.

Puis il passe au point M1 d'abscisse $x_1 = +5$ m, avec une vitesse $V_1 = +4{,}7$ m.s^{-1}.
1) Quelle est la nature du mouvement M ? Justifier votre réponse. Calculer l'accélération a du mobile. Donner les équations horaires $V(t)$ et $X(t)$.
2)
a) A quelle date, le mouvement de M change-t-il de sens ?
b) Entre quelles dates est-il accéléré ? Retardée ? Justifier.
c) Représenter les vecteurs $\vec{V}$ et $\vec{a}$ dans chaque cas.
Représenter le diagramme de vitesse : 1 cm pour 1s et 0,5 cm pour 1 m/s.
3) Calculer la date t_1 à laquelle le mobile passe au point M_1
4) A la date T = 2s, un deuxième mobile M_1 passe à l'abscisse $x_1 = +5$m avec un mouvement rectiligne dont la vitesse est $V'_1 = 4$ m.s^{-1}.
a) Donner l'équation horaire $x_1(t)$ du mobile M_1.
b) Calculer la date t_R de la rencontre des deux mobiles. En déduire l'abscisse x_B du lieu de rencontre.
5) Vérifier ces deux derniers résultat à l'aide des représentations graphiques des équations horaires des deux mobiles

EXERCICE 17

Un élève court à la vitesse constante $V = 8$ m.s-1 pour rattraper un bus. Lorsqu'il arrive à la distance D = 18 m du bus. Celui-ci démarre avec une accélération de valeur $a = 2$ m.s^{-2}. Les deux mobiles ont la même trajectoire rectiligne. On prendra comme origine des dates $t = 0$s, l'instant de démarrage du bus et origine des espaces la position de l'élève.
1) Déterminer les équations horaires $X_a(t)$ de l'élève et $X_b(t)$ du bus.
2) Calculer les abscisses des positions de l'élève du bus à la date $t = 2$s. En déduire la distance qui sépare l'élève et le bus.
3) Exprimer la distance d séparant l'élève du bus en fonction du temps t.
4) L'élève rattrape le bus si $d = 0$. Montrer que l'élève ne rattrapera pas le bus.
5) Déterminer la date t_m à laquelle la distance d est minimale. Calculer la distance minimale d_m



EXERCICE 18

Lors du match Côte d'ivoire-Cameroun le 04 Septembre 2005 à Abidjan, Baky est agressé par Pierre Womê ; l'arbitre siffle un « coup franc » direct en un point O situé à une distance D = 16 m des buts camerounais. Le « mur » est placé au point A à une distance L = 9 m de O. Didier Drogba se charge du tir. A la date $t = 0$s il communique à la balle une vitesse $\vec{v}$ tel que les équations horaires du mouvement de la balle dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ sont : $\begin{cases} x = 13t \\ y = -4t^2 + 7{,}5t \\ z = 0 \end{cases}$

1) Montrer que le mouvement de la balle se situe dans le plan (xoy)

2) Déterminer les coordonnées des vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ de la balle à un instant t quelconque. En déduire la norme de $\vec{v_0}$ et celle du vecteur accélération $\vec{a}$.

3) Montrer que l'équation de la trajectoire de la balle est $y = -0{,}03x^2 + 0{,}58x$.

4) Quelle est alors la nature de cette trajectoire ?

5) A quelle date t_1 la balle passe-t-elle au-dessus du « mur » ?

6) Quelle est la vitesse de la balle à cette date t_1 ?

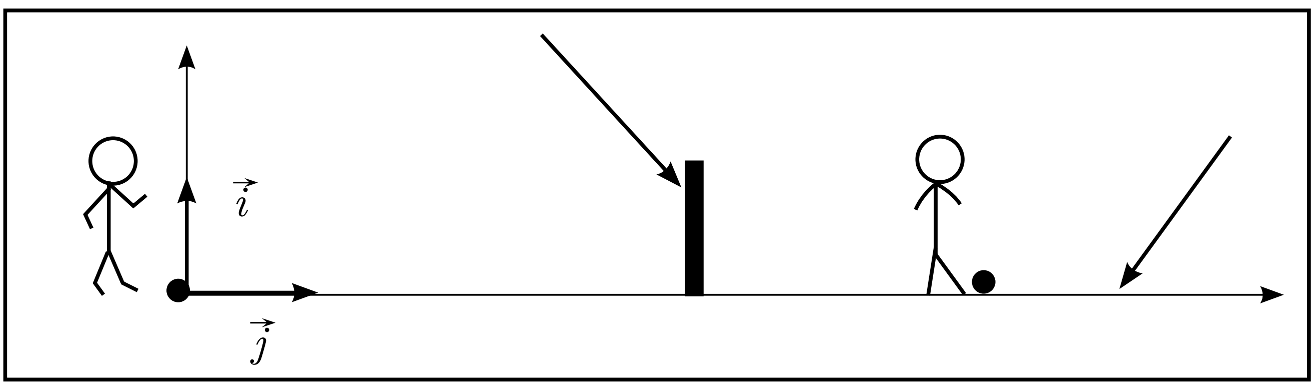
7) A quelle date t_2 la balle entre-t-elle dans les buts camerounais si elle n'est pas interceptée ?

8) A la date t_1 où la balle passe au-dessus du « mur », un défenseur camerounais (Rigobert Song) initialement arrêté au point B situé à une distance l = 6m des buts, se met à courir d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré suivant l'axe ox et se dirige vers les buts pour intercepter la balle. Son accélération est $a = 3$ m/s². On suppose que, si Song arrive sur la ligne de but avant la balle, il l'intercepte ; dans le cas contraire, le but est marqué.

a) Montrer que l'équation horaire du mouvement de R. Song est :
$x = 1{,}5t^2 - 1{,}2t + 10{,}7$

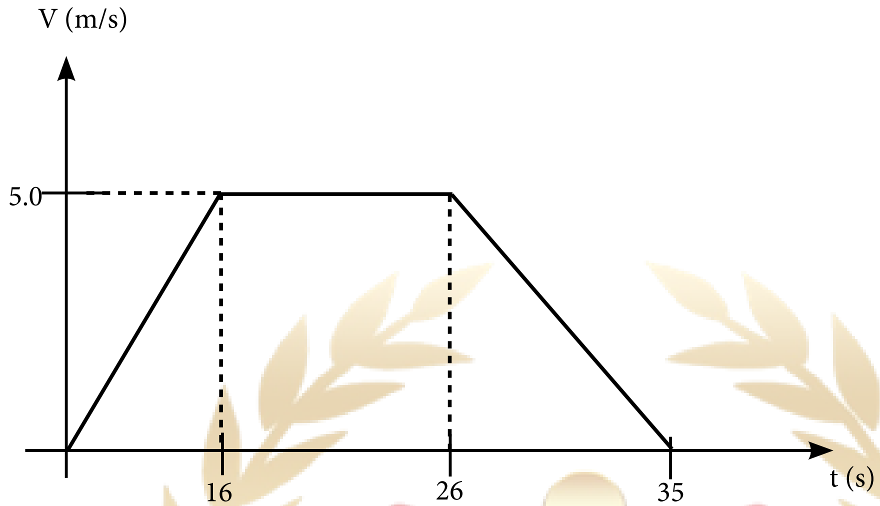
b) A quelle date t_3 R. Song arrive-t-il sur la ligne de but ?

c) En déduire si Didier Drogba marque le « coup franc ».



EXERCICE 19

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



a) Calculer son accélération au cours des trois phases du mouvement.
b) Calculer la distance parcourue par le mobile jusqu'à son arrêt à la date 35s.

EXERCICE 20

Un piéton court vers un bus à l'arrêt. Son mouvement est supposé rectiligne uniforme de vitesse $V_P = 6\ m.s^{-1}$.
Quand le piéton arrive à la distance $d = 25$ m du bus, celui-ci démarre avec une accélération constante $a = 1\ m.s^{-2}$. Le bus et le piéton ont la même trajectoire rectiligne. on prendra pour :
- Origine des espaces, un arbitre situé au bord de la route entre le piéton et le bus à 10 m du piéton.
- Origine des dates, l'instant du démarrage du bus.

1) Etablir les équations horaires $X_a(t)$ du piéton et $X_b(t)$ du bus.
2) Montrer que le piéton ne rattrapera pas le bus.
3) Soit D = $X_a(t)$ - $X_b(t)$, la distance qui sépare à chaque instant le bus et le piéton.
a) Donner l'expression de D en fonction du temps.
b) Déterminer la distance minimale D0 qui sépare le piéton et le bus au cours de leur mouvement.

4) Soit V'_P la vitesse minimale permettant au piéton de rattraper le bus.
Calculer V'_P

EXERCICE 21

Un élève court pour atteindre un autobus à l'arrêt A, avec une vitesse constante V1 = 8 m.s^{-1}. L'autobus démarre à l'arrêt A lorsque l'élève se trouve à 100 m de A. L'autobus est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié d'accélération a = 0,5 m.s^{-2}.

Partie A

1) Etablir les équations horaires $X_1(t)$ de l'autobus et $X_2(t)$ de l'élève. (On prendra le point A comme origine des espaces et l'instant de démarrage de l'autobus comme origine des dates).
2) Montrer que l'élève ne rattrapera pas l'autobus.

Partie B

Une minute après le démarrage à l'arrêt A, l'autobus acquiert la vitesse V2, avec laquelle il parcourt 1 km ; puis ralentit uniformément avec une décélération de valeur a^1 = 0,45 m.s^{-2} pour s'arrêter à l'arrêt B.
1) Calculer V2 et le temps mis pour atteindre l'arrêt B.
2) Etablir les équations horaires de l'autobus pendant les deux dernières phases de son mouvement. (On prendra le point A comme origine des espèces et l'instant de démarrage de l'autobus comme origine des dates).
3) Déterminer la durée totale du mouvement de l'autobus de A à B.

EXERCICE 22

A 14h, un car C1 quitte une ville A avec la vitesse constante V_1 = 72 km.h^{-1}, 12 mn plus tard un car C2 quitte une ville B par la ville A avec une accélération constante a_1 = 1,5 m.s^{-2} et atteint la vitesse V_2 = 108 km.h-1 qu'il conserve tout au long du reste du trajet.
Les deux villes sont distantes de 100 km.
1) Etablir les lois horaires des deux cars.
Origine des espèces : la ville A.
Origine des dates : le départ de C2.
2) A quelle heure s'effectue le croisement ?
3) A quelle distance de A s'effectuera le croisement ?

EXERCICE 23

A l'instant $t = 0s$, 2 mobiles M1 et M2 partent respectivement des points A et B distants de 8 m. Les 2 mobiles se déplacent en opposé, l'un venant vers l'autre. Leurs accélérations constantes respectives sont a_1 et a_2.

1. Les mobiles se déplacent avec des vitesse initiales nulles et des accélérations d'intensité $a_1 = 10$ m/s² et $a_2 = 6$ m/s².

Déterminer les équations horaires des 2 mobiles (origine des temps et des espaces, le point A)

Déterminer l'instant et le lieu de leur croisement.

Calculer leurs vitesses algébriques respectives.

2) LEs mobiles sont maintenant dans le même sens (A vers B), mais M2 démarre 1s après M1. En conservant les mêmes origines des temps et des espaces :

Etablir les équations horaires des mouvements de M1 et M2.

Quelle est la vitesse V1 de M1 quand il rattrape M2 ?

EXERCICE 24

Dans une potion rectiligne ABCD de voie ferré où s'effectue des travaux, un train arrivant en A avec une vitesse de 15 $m.s^{-1}$ a le mouvement suivant :

- De A à B tel que AB = 125 m. Un mouvement uniformément retardé réduisant la vitesse en B à 10 m/s.
- De B à C pendant la durée de $\theta_2 = 1$ mn, un mouvement uniforme.
- De C à D un mouvement uniformément retardé tel que la vitesse s'annule en D au bout de $\theta_1 = 50$ s.

On se propose d'établir les équations horaires du mouvement du train sur chaque portion et d'en déduire la distance totale parcourue.

On prendra pour origine des temps et des espaces le point A et le sens positif le sens de déplacement du train.

1) Etude de la portion AB

a) Calculer l'accélération a_1 du train.

b) Etablir la relation liant v_1 et t.

c) Donner l'équation horaire $x_1 = f(t)$.

2) Etude de la portion BC

a) Calculer la date t_B du passage en B.

b) Donner l'équation horaire $x_2 = g(t)$.

3) Etude de la portion CD

a) Calculer l'accélération a_3 du train.

b) Calculer la date t_C du passage du train en C et la distance AC = X_C

c) Donner l'équation horaire $x_3 = h(t)$.
Calculer la distance totale d = AD parcourue par le train.

EXERCICE 25

1) Sur une route rectiligne et avec un vecteur accélération constant de valeur a_1 = 2,5 m.s^{-2} pendant une durée θ_1 = 7s, un taxi démarre juste au moment où le feu passe au vert. Ensuite le conducteur maintient la vitesse constante v = 45 km/h. Dans un premier temps, le camion va doubler le taxi, puis dans une deuxième phase celui-ci va le dépasser. En prenant comme origine des dates, l'instant où le feu passe au vert et comme origine des positions, celle du feu tricolore, déterminer :
a) Les équations horaires du taxi et du camion
b) Les dates t_1 et t_2 des déplacements
c) Les abscisses x_1 et x_2 des dépassements
d) Les vitesse du taxi et ces dates
2) Beaucoup plus loin, le taxi roule sur un tronçon de route rectiligne à la vitesse de 190 km/h. Soudain, un enfant apparaît sur la route à une distance D = 120 m. le conducteur freine immédiatement et réduit sa vitesse à 105 km/h au bout d'une durée θ = 1s.
a) Calculer la valeur supposé constante de l'accélération du taxi.
b) A quelle distance de la position de l'enfant va-t-il s'arrêter ?

EXERCICE 26

Un mobile est animé d'un mouvement de translation rectiligne dans un repère $(O, \vec{i})$. Le mouvement comporte deux phases dont la 1ere dure 30s. Un chronométreur a relevé la vitesse en fonction du temps. Après conversion on obtient le tableau suivant :

T en s	0	10	20	30	40	50	100	150
V en m.s^{-1}	0	4	8	12	11	10	5	0

1) Tracer le graphique $V = f(t)$
Echelle : 1 cm pour 4 m.s^{-1} ; 1 cm pour 10s.
2) Etatblir l'équation horaire du mouvement pour chaque phase. Préciser la nature du mouvement pendant chaque phase. La position du mobile est repérée à chaque instant par son abscisse x comptée à partir de l'origine O du repère.
3)
a) Calculer la longueur du trajet parcouru par le mobile pendant toute la durée

du mouvement.
b) Montrer que cette distance esr représentée par l'aire de la figure donnée par le graphique $V = f(t)$.
4) Quelle est la distance parcourue par le mobile à la date t = 60s ?
Quelle est alors sa vitesse ?

EXERCICE 27

Un automobiliste effectue une liaison entre deux stations A et B sur un tronçon d'autoroute rectiligne $x'ox$. Les deux stations sont séparées par la distance AB = d = 900 m. L'automobiliste démarre de la station A avec une accélération constante a_1 = 0,4 m.s^{-2}.
Au bout d'une durée h, jugeant sa vitesse suffisante pour pouvoir atteindre la station B, l'automobiliste coupe définitivement le moteur. Différente forces de frottement ralentissent le mouvement qui s'effectue avec une décélération constante d'une valeur absolue a_2 = 0,1 m.s^{-2}.
1) Calculer les durées t_1 et t_2 des deux phases du parcours.
2) Calculer les distances d_1 et d_2 parcourues au cours de ces deux phrases.
3) Déterminer la vitesse maximale de l'automobiliste et sa vitesse moyenne entre les deux stations.
4) Représenter graphiquement la fonction $v = f(t)$.

EXERCICE 28

1) Une bille B1 est lancée verticalement vers le haut à partir de l'origine O d'un repère $(O, \vec{i})$ avec une vitesse initiale d'intensité V_0 = 15 m.s-1 ; son vecteur accélération est $\vec{a}$ dirigée vers le bas (On prendra a = 10 m.s^{-2}) ; le repère $(O, \vec{i})$ est vertical ascendant.
a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de B1 en prenant comme origine des temps l'instant du lancement.
b) Quelle est l'altitude maximale atteinte ? Quelle est la durée de l'ascension ?
2) Une seconde après le départ de B1, on lance une bille B2 d'un point A situé à 3 m au-dessous de O avec la même vitesse et la même accélération.
a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de B2 dans le même repère.
b) A quel instant et à quelle altitude B1 et B2 se rencontrent-elle ?
c) Quelles sont les vitesses de B1 et B2 juste avant la rencontre ?
d) Dans quel sens évolue chaque bille juste avant le choc ?
3) On laisse tomber la bille B1 en chute libre avec une vitesse initiale nulle sur une profondeur h dans un puits de mine avec la même accélération.

a) La durée de la chute est de 7,0 s. Calculer la profondeur h et la vitesse v avec laquelle la bille arrive au fond du puits.
b) Au bout de combien de temps après le lâcher perçoit-on le bruit du choc au fond du puits ? La vitesse du son dans l'air vaut V = 340 m/s.

EXERCICE 29

Un satellite de communication tourne à une vitesse constante autour de la terre , dans le même sens que cette dernière, à une altitude z = 35 800 km. Le mouvement à lieu dans le plan de l'Equateur. Il effectue u tour complet par rapport à un repère géocentrique en une durée de 24 h. On donne la valeur du rayon de la terre : R = 6 370 km.
a) Quel est le mouvement relatif du satellite par rapport à la surface terrestre ?
b) Calculer la vitesse du satellite par rapport au repère géocentrique.
c) Calculer son accélération par rapport à ce même repère.

EXERCICE 30

On considère un mobile autoporteur (solide sur coussin d'air) sur une table horizontale. Après son lancement, on enregistre à intervalles de temps égaux à τ = 50 ms, les projections Mi du centre d'inertie G du mobile.
Après avoir décrit une partie M_0M_5, la turbine qui éjecte l'air cesse de fonctionner. L'enregistrement obtenu est représenté à l'échelle 1/2 sur le document ci-contre.
1. v_i et a_i sont respectivement les valeurs de la vitesse et de l'accélération du mobile au point Mi occupé à l'instant ti.
1.1. Donner les relations permettant de calculer v_i et a_i.
1.2. Reproduire le tableau ci-dessous puis compléter le.

Mi	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
ti (τ)											
xi = M0Mi (cm)											
v_i (m.s^{-1})											
a_i (m.s^{-2})											

2. Décrire la nature du mouvement entre M0 et M5 puis entre M5 et M10.
3. Donner les lois horaires $v = f(t)$ et $x = g(t)$ sur chaque phase du mouvement.
4. Déterminer la position et l'instant où le mobile s'arrête.

EXERCICE 31

On donne léquation horaire du mouvement d'un mobile par rapport au repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

$$\begin{cases} x = 3 + 2\cos(4\pi t) \\ y = 1 - 2\sin(4\pi t) \end{cases}$$

1. Montrer que la vitesse du mobile est constante et la calculer.
2 Montrer que l'accélération du mobile est constante et la calculer.
3. Quelle est la nature de la trajectoire du mobile ? donner ses caractéristiques.
4. Quels sont les direction et sens du vecteur accélération ?

EXERCICE 32

Les équations horaires d'un mobile M sont en centimètre :

$$\begin{cases} x(t) = 2\cos(\pi t) \\ y(t) = 2\sin(\pi t) \\ z(t) = 0 \end{cases}$$

1. Montrer que le mouvement de ce mobile a lieu dans un plan et que sa trajectoire est un cercle dont on précisera le centre et le rayon.
2. Déterminer :
- Le module du vecteur vitesse du mobile à l'instant t ;
- Le module du vecteur accélération du mobile à l'instant t
3. Montrer que le vecteur $\vec{a}$ est à chaque instant colinéaire et de sens contraire au vecteur position $\overrightarrow{\mathbf{OM}}$ du mobile

Chapitre 2 CENTRE D'INERTIE

I- Travail d'une force constante

1) Définition

Lorsqu'une force $\vec{F}$ s'exerce sur un objet en mouvement, elle lui communique ou lui prend une quantité d'énergie appelée travail $W(\vec{F})$, égale au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$.

$W(\vec{F})_{A \to B} = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = \vec{F}.AB.\cos\alpha$ où $\alpha = (\vec{F};\overrightarrow{AB})$ avec

$W(\vec{F})_{A \to B}$ en joule (J) ; F en newton (N) et AB en mètres (m).

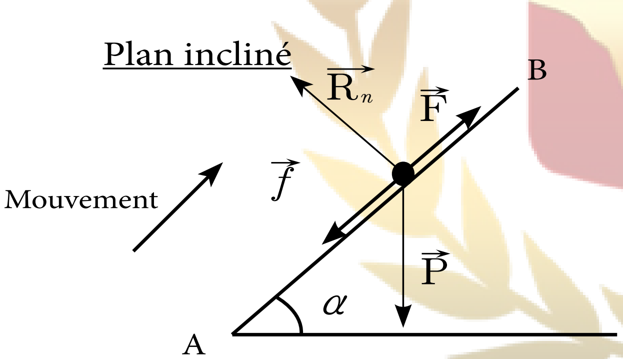
2) Travail d'une force motrice

$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = F.AB}$$

3) Travail d'une force de frottement

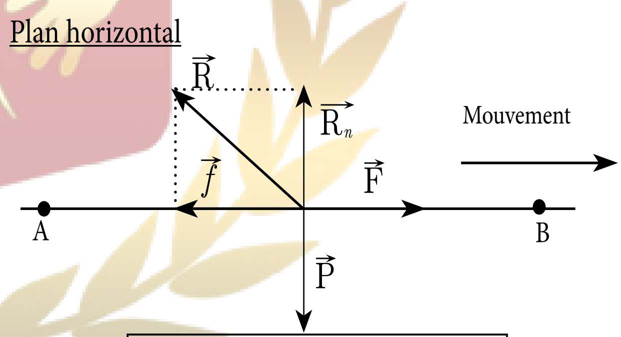
$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = -f.AB}$$

Si la force motrice F et les forces de frottement $\vec{f}$ existent alors on a :



$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = -f.AB}$$

$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = F.AB}$$

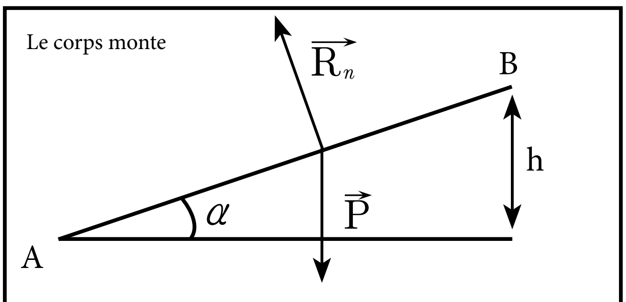


$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = -f.AB}$$

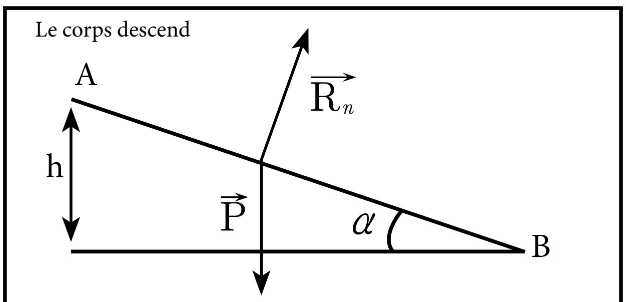
$$\boxed{W(\vec{F})_{A \to B} = F.AB}$$

4) Travail du poids

Plan incliné



$$W(\vec{P})_{A \to B} = -mgh = -mgAB\sin\alpha$$



$$W(\vec{P})_{A \to B} = mgh = mgAB\sin\alpha$$

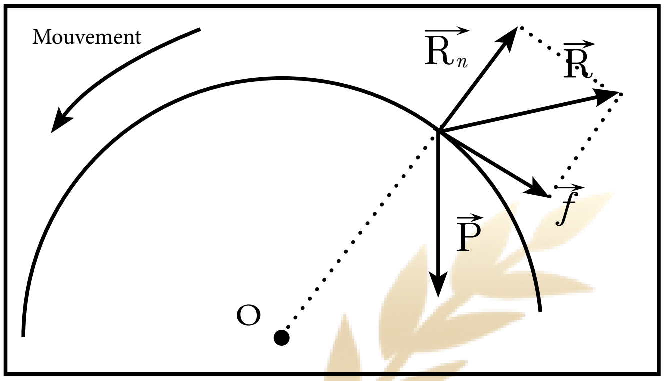
- Le plan horizontal

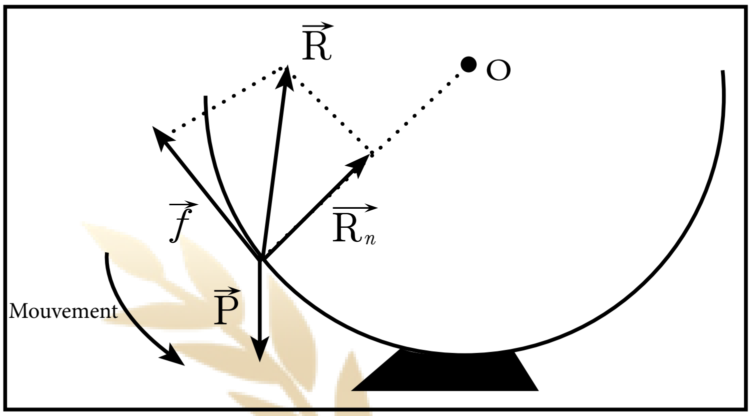
$$W(\vec{F})_{A\to B} = 0 \quad \text{car} \quad h = 0$$

5) Travail de la réaction

$$W(\vec{R}_n)_{B\to A} = W(\vec{R}_n)_{A\to B} = 0 \quad \text{car} \quad \vec{R}_n \perp \vec{AB}$$

Représentation des forces dans le cas d'un mouvement circulaire





- Si le solide est à l'intérieur du cercle alors la réaction et centipète.
- Si le solide est à l'extérieur ou sur le cercle alors la réaction est centrifuge.

II- Puissance d'une force constante

1) Puissance moyenne

$$\boxed{P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}}$$

P_m : puissance moyenne en watts (W)
$W(\vec{F})$: Travail de la force en joule (J)
Δt : durée en seconde (s)

2) Puissance instantanée

$$\boxed{P_t = \vec{F}.\vec{V} = F \times V \times (\vec{F};\vec{V})}$$

P_t : puissance instantanée en watts (W) ;
F : Valeur de la force en newton (N)
V : Valeur de la vitesse en mètre par seconde (m/s ou $m.s^{-1}$)

II- Théorème du centre d'inertie (2^e loi de Newton)

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces appliquées à un solide est égale au produit de e sa masse m par le vecteur accélération $\vec{a}_G$ de son centre d'inertie.

$$\boxed{\vec{F} = \sum \vec{f} = m.\vec{a}_G}$$

III- Conséquences du théorème du centre d'inertie

1) Théorème de l'énergie cinétique

Pour un solide ne possédant qu'une énergie de translation (pas de rotation), la puissance instantanée est donnée par : $P = \vec{F}.\vec{v}$

$$P = \vec{F}.\vec{v} = \left(m.\frac{d\vec{v}}{dt}\right).\vec{v} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m.\vec{v}^2\right)$$

or $\xi_C = \frac{1}{2}m.V^2$ avec $\vec{v} = \vec{v_G}$

On en déduit que : $P = \frac{d(\xi_C)}{dt}$

Par ailleurs on sait que : $P = \frac{dW}{dt}$

D'où, $W = \xi_C + \text{constante}$

Et pour un déplacement du solide, d'un point A à l'instant t_1 vers un point B à l'instant t_2, on a : $\boxed{\Delta\xi_C = \xi_{C2} - \xi_{C1} = W_1^2(\vec{F}_{ext})}$

Enoncé

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide animé d'un mouvement de translation, entre deux instants, est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures appliquées au solide entre ces deux instants. $\boxed{\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ext})}$

2) Principe de l'inertie (1ère loi de Newton)

Solide isolé ou pseudo-isolé $\Rightarrow \sum \vec{F}_{ext} = 0$

$\sum \vec{f} = m\vec{a}_G = \vec{0} \Rightarrow \vec{a}_G = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = \overrightarrow{cste} \Rightarrow$ Le mouvement du centre d'inertie est donc rectiligne uniforme.

Enoncé

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé est soit au repos, soit animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

3) Conservation du vecteur quantité de mouvement

Solide isolé ou pseudo-isolé $\Rightarrow \sum \vec{F}_{ext} = 0$

$\sum \vec{f} = \vec{0} \Rightarrow m\vec{a}_G = m\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d(m\vec{V})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} = \overrightarrow{cste} \Longrightarrow$ le vecteur quantité de mouvement est constant.

Enoncé

Dans un référentiel galiléen, le vecteur quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé reste constant au cours de l'évolution du système.

IV- Méthode de résolution de problèmes de mécanique

1) Préciser le système S étudié

Ceci permet de connaître les frontières du système qui le séparent de l'extérieur.

2) Choisir un référentiel galiléen

3) Effectuer le bilan des forces extérieures appliquées au système

(faire un schéma)

4) En fonction des questions posées :
- Appliquer le théorème du centre d'inertie,
- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique.

5) Choisir un repère orthonormé de projection $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ pour les mouvements de translation ou le repère de Frenet (M,t,n) pour les mouvements circulaires.

V- Identification d'actions mécanique

1) Définition d'un système mécanique

Un système est une portion de l'espace que l'on décide d'étudier.
Exemple : Une table, l'aire contenu dans un ballon, l'eau contenue dans un verre.

2) Inventaire des actions mécaniques exercées sur un système

Toute action mécanique est exercée par un système matériel (auteur) sur un système matériel (receveur). Faire l'inventaire des actions mécaniques exercées sur le système revient à :
- Définir clairement le système receveur
- Rechercher et énumérer les actions des autres systèmes mécaniques (auteur) sur le système receveur. Ce sont :

► Les action mécaniques à distance
  Forces gravitationnelles
  Forces magnétiques
  Forces électriques

► Les actions mécaniques de surface
  Réaction ses supports
  Force de frottement
  Poussée d'Archimède
  Forces pressantes

► Les actions mécaniques ponctuelles
  Tension d'un ressort
  Tension d'un fil
  Action ponctuelle d'un objet sur un autre

EXERCICE 1 Cocher la ou les bonnes réponses

1. D'après les lois de la mécanique, un corps peut avoir un mouvement rectiligne uniforme si :
   - ☐ Il est soumis à des force qui se compensent
   - ☐ Il est soumis à une force unique
   - ☐ Il n'est soumis qu'à son poids
2. On considère qu'un système en mouvement est soumis à des forces qui se compensent. Une force supplémentaire appliquée à ce système :
   - ☐ peut modifier la valeur de sa vitesse
   - ☐ peut modifier la direction de son mouvement
   - ☐ n'a aucune incidence sur son mouvement
3. Pour une force donnée appliquée à un objet, la modification du mouvement de cet objet est :
   - ☐ plus importante si sa masse est faible
   - ☐ plus importante si sa masse est grande
4. Un hélicoptere immobile dans le ciel :
   - ☐ est seulement soumis à l'action de l'air
   - ☐ est soumis à des forces qui se compensent
5. Plaçons-nous dans le référentiel terrestre. Cocher la ou les situations où le corps est soumis à des forces qui se compensent :
   - ☐ Un skieur descend une piste rectiligne, sa vitesse augmente de 2 $m.s^{-1}$ toutes les secondes.
   - ☐ Un skieur remonte une piste grâce au téléski qui le tracte en ligne droite à vitesse constante.
   - ☐ Une voiture décrit un virage à la vitesse constante de 80 $km.h^{-1}$.
   - ☐ Un palet de hockey sur glace décrit une trajectoire rectiligne à vitesse constante.

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots qui conviennent, sachant qu'un groupe de mot peut être utilisé deux fois :
des étoiles lointaines supposées immobiles ; le centre du soleil ; référentiel de Kpler ; référentiel du laboratoire ; galiléens ; le principe de l'inertie ; le centre

de la terre.

L'étude du mouvement du centre d'inertie d'un solide nécessite la définition d'un référentiel. Les référentiels dans lesquels .... est vérifié sont dits ...., en hommage à Galilée.

L'orgine du référentiel géocentrique est .... et ses trois axes sont orientés vers .... Il en est de même pour le référentiel terrestre ou ...., à la seule différence que ses axes sont liés au globe terrestre.

Le référentiel héliocentrique ou .... a pour origine .... et ses trois axes sont orientés vers ....

EXERCICE 3

1. Enonce le théorème du centre d'inertie et donne son expression
2. Enonce le théorème de l'énergie cinétique et donne son expression

EXERCICE 4

Un solide S supposé ponctuel de masse m = 0,25 kg glisse sur un trajet ABC situé dans un plan vertical.

<u>I- Etude sur le trajet AB</u>

La partie AB est inclinée d'un angle a par rapport à l'horizontale. Le solide quitte le sommet A sans vitesse initiale. Les forces de frottements sont négligeables.

1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprime la vitesse V_B de S en B en fonction de AB, $\sin\alpha$ et g .
2. Vérifier que V_B est égale à 1,2 m.s-1.

Données : AB = 0,18 m ; sin a = 0,4 ; g = 10 m.s^{-2}.

II- Etude sur le trajet BC. Existence de force de frottement.

La vitesse de S s'annule au point C. Sur ce trajet existe un vecteur force f de frottement de va-leur constante et de sens opposé au vecteur vitesse.

1. Représenter toutes les forces qui s'exercent sur le solide en mouvement entre B et C.

2. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer f en fonction de BC, VB et m.

3. Vérifier que la valeur de f est 0,12 N. Donnée : BC = 1,5 m.

III - Etude dynamique et cinématique du mouvement sur le trajet BC.

1. En appliquant le théorème du centre d'inertie au solide S, calculer l'accélération a du solide.

2. On choisit comme origine des dates l'instant de passage de S en B et origine des espaces le point B. L'accélération a = -0,48 $m.s^{-2}$.

2.1. Donner les équations horaires du mouvement (déplacement et vitesse) de S.

2.2. Calculer la durée du parcours BC.

2.3. Après 1 seconde de parcours, le solide se trouve en un point I entre B et C. Calculer la position et la vitesse de S en I.

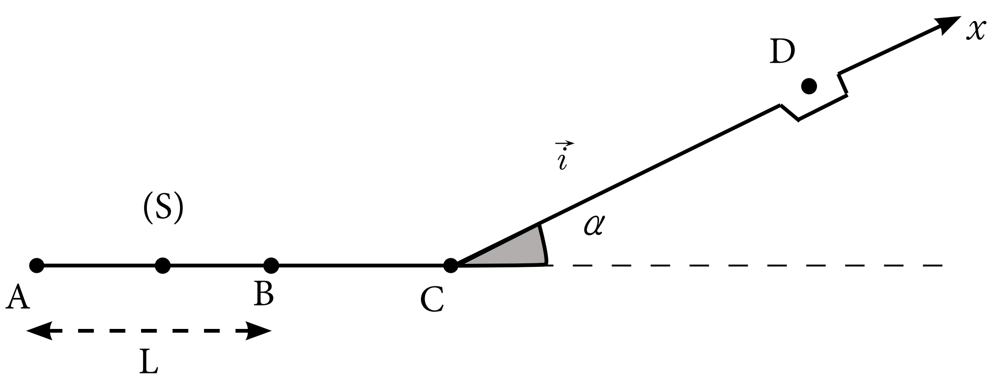
EXERCICE 5

Dans tout l'exercice, on suppose que les frottement sont négligeables. On donne g = 10 m/s^2. Une piste de jeu de kermesse est constituée de deux parties :

- la partie AC est horizontale;
- la partie CD de longueur , = 1m, fait un angle a = 30° avec l'horizontale.

Pour gagner, le joueur doit faire arriver le solide (S) de masse m = 5 Kg dans le réceptacle en D partant du point A.

Un élève de Terminale pousse le solide (S) à partir du point A sur une distance L = AB = 4;5 m en exerçant une force F constante et horizontale pendant une durée Dt = 3s. Le solide part du point A sans vitesse (voir figure ci-dessous).



1. Etude du mouvement du solide sur le trajet AB.

Le mouvement du solide sur le trajet AB est uniformement accéléré.

1.1. Déterminer la valeur algébrique a de l'accélération du mouvement du solide (S).

1.2. Calculer la valeur V_B de la vitesse au point B.

1.3. Faire l'inventaire des forces extérieurs appliquées au solide (S) et les représenter sur un schéma.

1.4. Déterminer la valeur de la force $\vec{F}$.

2. Etude du mouvement du solide (S) sur le trajet BC

Au point B, l'action de la force $\vec{F}$ cesse, le solide poursuit son mouvement rectiligne.

2.1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au solide et les représenter sur un schéma.

2.2. Déterminer la nature du mouvement de (S) en appliquant le théorème du centre d'inertie.

2.3. En déduire la vitesse V_C du mouvement du solide au point C.

3. Etude du mouvement du solide (S) sur le trajet CD.

Le solide (S) aborde le trajet CD avec la vitesse de valeur V_C = 3 m/s et s 'arrête en un point D. L'accélération du mouvement est notée $\vec{a} = a'_x.\vec{i}$.

3.1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au solide et les représenter sur un schéma.

3.2. Déterminer :

3.2.1. La valeur algébrique a'_x de l'accélération du mouvement en fonction de a et g .

3.2.2. La nature du mouvement.

3.3. Déterminer la longueur ℓ' = CD'.

3.4. Dire si l'élève a gagné à ce jeu. Justifier la réponse.

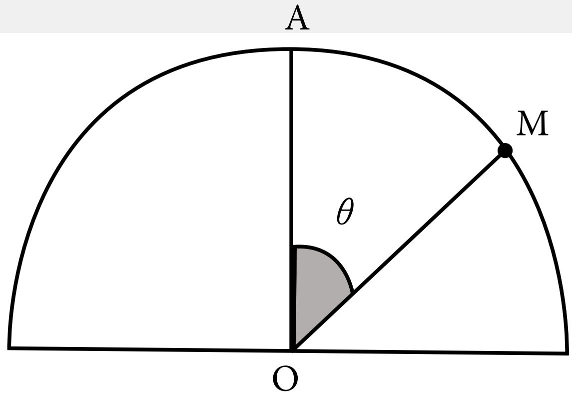
EXERCICE 6

Un point matériel de masse m est placé au sommet d'une demi-sphère de rayon r . On le déplace légèrement de sorte qu'il quitte la position A avec une vitesse nulle puis glisse sans frottement le long de la demi-sphère.

1. Faire le bilan des forces s'exerçant sur le point et les représenter sur le schéma au point M.

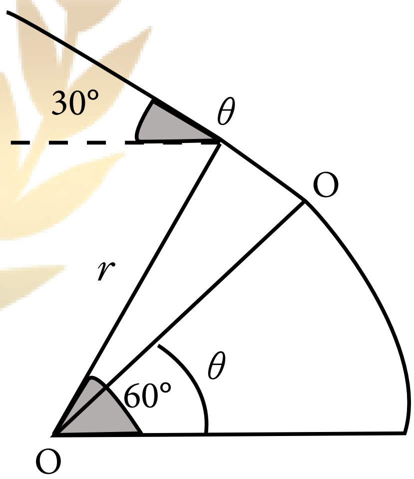
2. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre A et M et montrer que la vitesse au point M peut s'écrire $v_M = \sqrt{2gr(1-\cos\theta)}$

3. En utilisant le théorème du centre d'inertie en M, exprimer en fonction de θ, m et g la valeur de la réaction $\vec{\mathbf{R}}$ exercée par la demi-sphère sur le point matériel.
4. En déduire la valeur θ_0 de l'angle θ lorsque le point quitte la sphère.



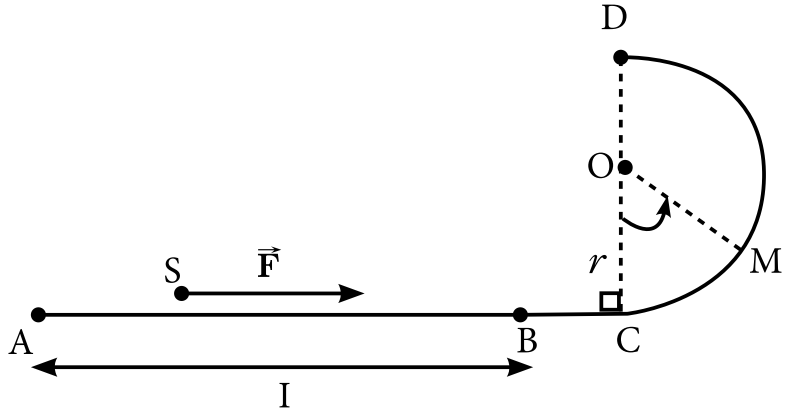
EXERCICE 7

Une glissière est formée de deux parties (figure). AB est un plan incliné de 30° par rapport à l'horizontale, de longueur AB = 1 = 1m ; BC est une portion de cercle de centre O, de rayon r = 2m et d'angle $\theta_0 = (\overrightarrow{\mathbf{OC}}, \overrightarrow{\mathbf{OB}}) = 60°$.
On prendra g =10 m.s^{-1} et on considérera les frottements comme négligeables.
1. Un solide ponctuel, de masse m = 100 g, quitte A sans vitesse initiale.
Exprimer et calculer la vitesse V_B du solide en B.
2. Le solide aborde la partie circulaire de la glissière avec la vitesse V_B.
Exprimer, en un point M du cercle tel que $(\overrightarrow{\mathbf{OC}}, \overrightarrow{\mathbf{OM}}) = \theta$, la vitesse V_M en fonction de V_B, r, g et θ
3. Quelle est au point M, la réaction R de la glissière sur l'objet ?
Exprimer R en fonction de V_B, r, g, θ et m.
4. Montrer que le solide quitte la piste circulaire en un point N et calculer $\theta_0 = (\overrightarrow{\mathbf{OC}}, \overrightarrow{\mathbf{ON}})$.



EXERCICE 8

On étudie le mouvement d'un solide quasi-ponctuel S dans le repère terrestre supposé galiléen. Ce solide, de masse m, est initialement au repos en A. On le lance sur la piste ACD, en faisant agir sur lui, le long de la partie AB de sa trajectoire, une force F horizontale et de valeur F constante. On suppose AB = I.



La portion AC de la trajectoire est horizontale et la portion CD est un demi-cercle de centre O et de rayon r . Ces deux portions sont dans un même plan vertical. On suppose que la piste ACD est parfaitement lisse et que la résistance de l'air est négligeable.

1. Déterminer, en fonction de F, l et m, la valeur V_B de la vitesse de S en B.

2. Au point M défini par l'angle $\left(\widehat{\overrightarrow{OC},\overrightarrow{OM}}\right) = \theta$, établir, en fonction de F, l, m, r, θ et g (g étant l'accélération de la pesanteur), l'expression de :

2.1. La valeur V_M de la vitesse de S;

2.2. La valeur R de la réaction R de la piste.

3. De l'expression de R, déduire, en fonction de m, g, r et l, la valeur minimale F_0 de F pour que S atteigne D. Calculer F0 sachant que : m = 0,500 kg ; r = 1,00 m ; g = 9,80 $m.s^{-2}$.

EXERCICE 9

Une bille S de masse m et de centre d'inertie G est suspendue à l'extrémité libre d'un fil inextensible de masse négligeable, de longueur l et fixé en un point O. Le pendule ainsi constitué de sa position écarté d'équilibre d'un angle θ par rapport à la verticale et est abandonné sans vitesse initiale. Dès que la bille par la position d'équilibre verticale, le fil se détache et la bille continue son parcours sur une piste ABC pour s'arrêter au point C situé sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. La piste se trouve dans un plan vertical.

Les forces de frottements seront négligées tout au long de parcours ABC.

1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique :

1.1. Montrer que la vitesse de la bille lors de son passage en A est V_A = 3 $m.s^{-1}$.

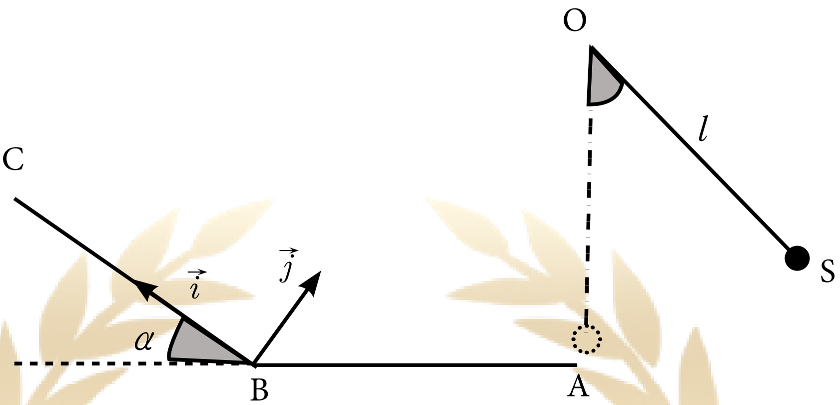
1.2. Montrer sans calcul que $V_B = V_A$.

1.3. Déterminer la longueur L = BC parcourue sur la plan incliné.

2. On veut étudier le mouvement du centre d'inertie G de la bille sur le plan incliné BC.

On prendra comme origine des dates l'instant de passage de la bille en B.

2.1. Déterminer l'accélération a du centre d'inertie G de la bille.
2.2. En déduire la nature du mouvement du centre d'inertie G.
2.3. Etablir les équations horaires x(t) et v(t) du mouvement de la bille sur le plan incliné.
2.4. En déduire la durée Δt du parcours BC.
Données : m = 50 g ; l = 0,9 m ; θ = 60° ; g = 10m.s^{-2}



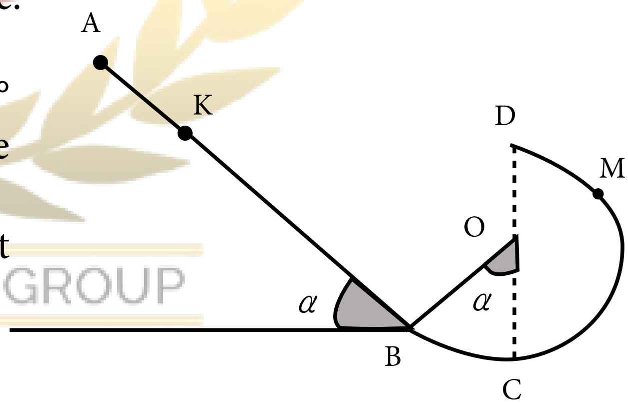
EXERCICE 10

Le jeu auquel participe Loïc, consiste à faire glisser un solide sur une piste et à le faire décoller d'un point M. La piste est constituée d'une portion rectiligne AB et d'une portion circulaire de rayon r . Pour gagner le jeu, Loïc doit choisir une distance AK = x convenable pour que le solide décolle de la piste en un point M situé au dessus du centre de la piste circulaire.

Loïc se demande comment choisir x.

La piste AB est inclinée d'un angle α = 60° sur l'horizontale. La piste BCD est circulaire de rayon r = 20 cm

La piste BCD est raccordée tangentiellement en B à la piste AB



Masse du solide : m = 200 g

Intensité de la pesanteur : g = 10 N/kg

L'angle $(\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM})$ est noté θ

Longueur AB = ℓ = 1 m

Le solide est abandonné en un point K tel que x = AK

En considérant l'existence des frottements sur la partie rectiligne AB, le solide lâché en A sans vitesse arrive en B avec une vitesse Vi = 2 m/s. Le mouvement est sans frottement sur la piste ABCD.

1. Calculer la vitesse du solide lors de son passage en B, en C et en D lorsque x = 0 (abandonnée en A sans vitesse).

a) Exprimer la vitesse du solide V_D du solide en D en fonction de r , α , x, , et g lorsque $x = AK \neq 0$

b) Donner l'expression de la réaction R_D exercée par la piste sur le solide au point D en fonction de r , α , g, x, m et ℓ .

c) En déduire les valeurs à donner à x pour que le solide puisse atteindre le sommet D de la trajectoire circulaire.

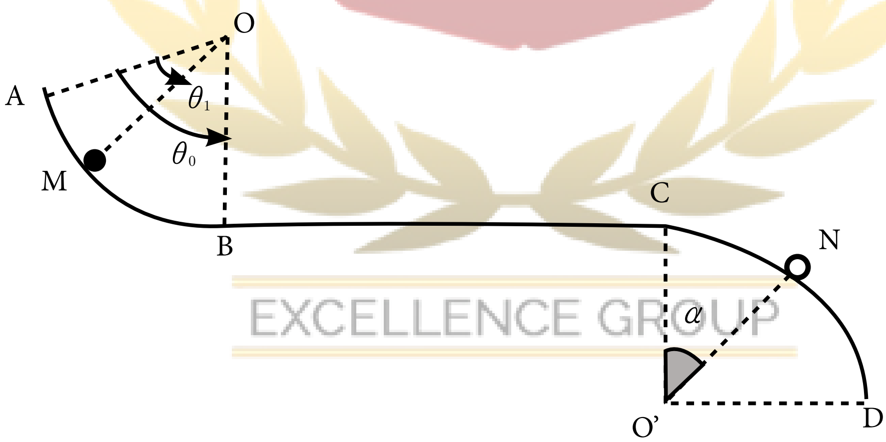
2. Les frottements sont maintenant à considérer sur AB.

a) Calculer l'intensité de la force de frottement.

b) Déterminer la valeur de l'angle $i = (\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM})$ lorsque le solide décolle du point M de la sphère.

EXERCICE 11

Sur une aire de jeu pendant la foire Hyppolythe décide de s'amuser sur une piste contenue dans un plan vertical. Elle est constituée de portions circulaires jointes par une portion rectiligne horizontale. Abandonnée au sommet A de la piste, une bille doit glisser et décoller de la piste en un point. Des forces de frottement plus ou moins grande peuvent ralentir son mouvement. Hyppolythe veut faire l'étude dynamique de la bille sur cette piste.



AB : portion de cercle de centre O, de rayon r = 3 m et d'ouverture $\theta_0 = (\overrightarrow{OB}, \overrightarrow{OA}) = 60°$

BC : partie rectiligne de longueur BC = ℓ = 4 m

CD : quart de cercle de rayon r' et de centre O'

Masse de la bille :m =200 g

Vitesse initiale en A : V_A= 2 m/s

Intensité de la pesanteur : g = 9,8 m/s^2

Un point M est défini par l'angle $\theta_1 = (\overrightarrow{OB}, \overrightarrow{OM}) = \frac{\theta_0}{2}$

Un point N est défini par l'angle $\alpha = (\overrightarrow{O'C}, \overrightarrow{O'N})$

En supposant que les frottements sont négligeables, calculer la valeur de la vitesse $\overrightarrow{V_M}$ de la bille en M et l'intensité de la réaction $\overrightarrow{R_M}$ de la piste en M.

2) Les frottements sont négligeables seulement sur la portion CD Calculer l'intensité de la force de frottement pour que la bille arrive en C

avec la vitesse V_C = 4 m/s.

3)La bille aborde la partie CD avec la vitesse V_C.

a) Déterminer l'expression de la vitesse V_N en N et celle de la réaction RN en N en fonction de V_0, m, g ,r et α

b) Calculer la valeur minimale du rayon r' de la portion CD pour que la bille décolle dès le point C.

c)Déterminer l'angle α pour que la bille quitte la sphère si le rayon r' a la même valeur q, ω, r

EXERCICE 12

Stephane s'amuse à faire glisser sa bille à l'intérieur de sa tasse en forme de demi-cercle son objectif consiste à lancer d'un point A situé à l'intérieur de la tasse, un solide (S) (la bille) pour qu'il en sorte avec une certaine vitesse. Il répète plusieurs fois l'expérience. Son frère Franck observe longuement le mouvement du solide et décide d'en faire l'étude.

Support

- Masse du solide :m= 20 g, le solide est ponctuel
- g = 9,8 N/kg
- Rayon de la tasse : r = 8 cm

<u>Expérience</u>

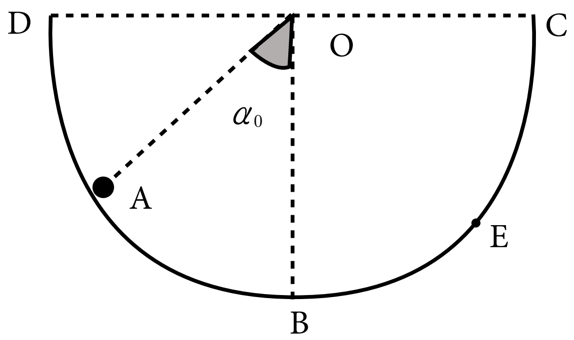
Le solide est lâché en un point A défini par l'angle $\alpha = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OB})$ dans un premier temps vitesse initiale.

<u>Expérience</u>

Dans un second, il est lancé en A avec une vitesse initiale non définie. On voudrait qu'il atteigne le point C situé dans le plan horizontal passant par O.

<u>Expérience</u>

Dans un troisième temps, il est lancé en A avec une vitesse V_A= 1 m/s. Il atteint un point E et rebrousse chemin. Schéma de la tasse et de (S).



Première expérience

a) Représenter clairement les forces appliquées à (S) en A.

b) Donner les caractéristiques du vecteur vitesse de (S) au passage par le point B situé au fond de la tasse.

c) Donner les caractéristiques du vecteur accélération au passage par B. Préciser ses composantes normales et tangentielle.

d) Calculer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ de la tasse sur (S) en B.

Deuxième expérience

a) Donne la valeur de V_A minimale pour que (S) atteigne le point C.

b) Dire ce qui se passera si (S) est lancée en A avec la vitesse V_A= 2 m/s. Etablir l'équation horaire du mouvement du solide au-delà du point C, et dire de combien il s'élèvera au-dessus du plan horizontal passant par C.

Troisième expérience

Calculer l'angle $\alpha = (\vec{OB}, \vec{OE})$ que fait la verticale avec OE.

EXERCICE 13

Ibou observe le mouvement d'un solide (S) ponctuel sur la piste dessinée et décrite ci-dessous.

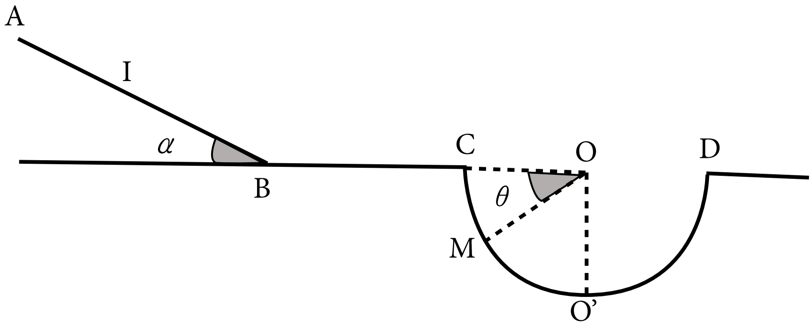
Les parties AB et CD sont très lisses et il suppose que les frottements sont négligés tandis que les forces de frottements sur la portion BC sont équivalentes à une force unique f opposée au vecteur vitesse.

Il abandonne le solide (S) en un point I de la portion AB sans vitesse initiale. Ce dernier arrive au point C avec une vitesse nulle. Il aborde alors la partie circulaire CD avec cette vitesse nulle.

Ibou en un point M défini par l'angle $\theta = (\vec{OC}, \vec{OM})$.

Il voudrait bien étudier le mouvement du solide sur la piste.

Description de la piste

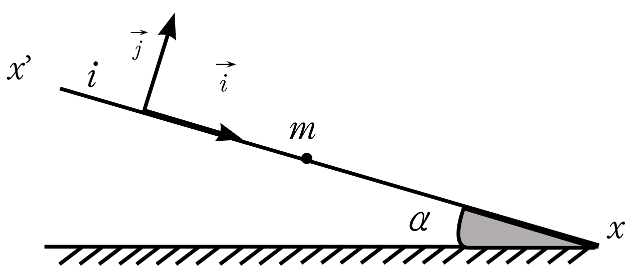


La piste comprend un plan incliné AB faisant un angle α avec l'horizontale, une portion BC rectiligne horizontale, une portion CD de centre O et de rayon r. Les points A,B,C et D sont situés Le même plan vertical.
On donne : m= 100 g ; r = 1,5 m ; BC= 3 m ; α= 40° ; f = 0,32 N ; g = 10 m/s²

La position de référence des énergies potentielles de pesanteur est prise à l'horizontale passant par O'.
a) A partir d'un schéma clair, fais le bilan des forces appliquées au solide (S) sur les portions AB et BC.
b) Détermine la longueur IB.
c) Exprime la vitesse V du solide au point M sur la partie circulaire en fonction de g, r et θ puis calcule sa valeur au passage en O'.
b) Exprime l'intensité de la réaction $\vec{R}$ de la piste sur (S) au point M en fonction de m, g et θ.
c)Donne les caractéristiques de $\vec{R}$ au point O'.
d)En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, donne la valeur de la vitesse de (S) en D.
e) Décris le mouvement ultérieur de (S).

EXERCICE 14

Un mobile de masse m, assimilable à un point matériel est lâché sans vitesse initiale sur une table inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontal (voir figure). On suppose que le mobile est soumis au cours du mouvement à une force de frottement $\vec{f}$ opposée à sa vitesse.



1.

1.1. Faire le bilan des forces agissant sur le mobile et les représenter sur un schéma.

1.2. Montrer que l'accélération du centre d'inertie G du mobile vaut $a - g\sin\alpha - \frac{f}{m}$

2. Un relevé des distances parcourues par le centre d'inertie du mobile au cours du temps à partir de l'instant t = 0 s, a donné le tableau suivant :

t(s)	0,00	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42
d(10^{-2} m)	0,0	1,1	2,5	4,4	6,9	10,0	13,6
t^2($10^{-2}s^2$)	0,00	1,4	3,2	5,8	9,0	13,0	17,6

2.1. Représenter le graphique d=f(t^2).

Echelle :

En abscisses : 1 cm représente 10^{-2} s^2 et

En ordonnées : 1 cm représente 10^{-2} m.

2.2. Déterminer la pente ou le coefficient directeur k du graphe.

2.3. L'équation horaire du mouvement est de la forme : d = $\frac{1}{2}$ at^2.

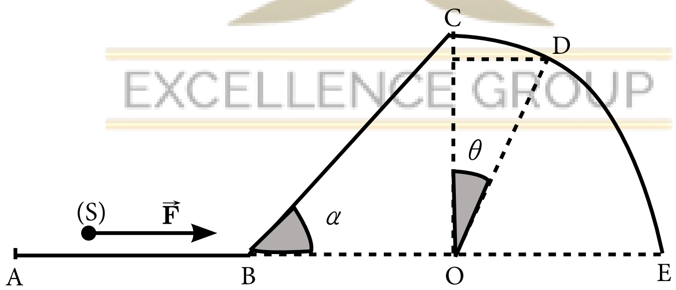
En déduire la valeur de l'accélération du mouvement.

2.4. Calculer la valeur de la force de frottement qui agit sur le mobile dans ce cas.

Données : α =30° ; m = 0,5 kg ; g = 10 $m.s^{-2}$

EXERCICE 15

On exerce sur un solide S de masse m = 5kg initialement au repos en A une force F horizontale et de valeur constante (F= 8 N) le long de AB. Prendre g = 10 N/kg et r = 0,2 m



1.1. Détermine les caractéristiques du vecteur accélération α.

1.2. Détermine en fonction de F, l et m, la valeur V_B de la vitesse de S en B.

1.3. Calculer V_B.

2. Le solide S aborde le plan incliné avec la vitesse V_B = 2,5 m/s. Calculer la valeur f de la force de frottement exercée par le plan incliné sur le solide S celui-ci atteint le point C avec une vitesse quasi nulle.

3. Le solide S aborde la partie circulaire de la piste avec $V_C = 0$ m/s et y glisse sans frottement.

3.1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au solide S, établir une relation entre V_D, r , g et θ.

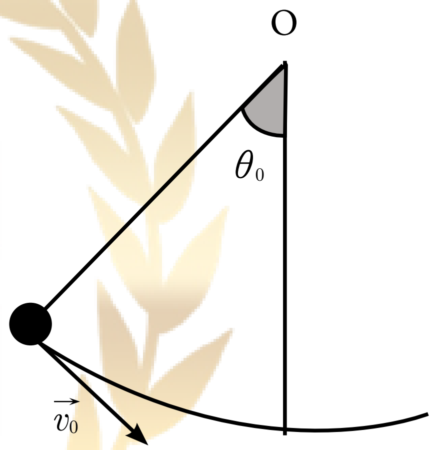
3.2. En appliquant le théorème du centre d'inertie au solide S en D, établir une relation entre la valeur R de la réaction du support, m, g et θ.

3.3. Déterminer la position du solide S au moment où il quitte la piste.

3.4. Quelle est alors sa vitesse ?

EXERCICE 16

Une bille de masse m = 50 kg est suspendu en point O par un fil inextensible de longueur ℓ = 0,5 m et de masse négligeable. Le pendule constitué, est écarté de la verticale d'un angle θ_0= 60°. On lance alors la bille, fil tendu avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$ tangent au cercle de centre O et de rayon , dirigé vers le bas. Au cours du mouvement la position du pendule est repérée par l'angle θ d'inclinaison du fil avec la verticale (Voir la figure). On suppose les frottements négligeables.



1. Exprimer la valeur v de la vitesse de la bille en fonction de v_0 , ℓ, θ_0 et θ.
2. Exprimer la valeur T de la tension du fil en fonction de m, v_0 , ℓ, g, θ_0 et θ.
3. Calculer la valeur minimale de la vitesse v_0 pour que la bille effectue un tour complet, le fil devant resté tendu au cours du mouvement circulaire.

4.Avec cette valeur minimale v_0 exprime la vitesse de la bille lorsque celle-ci passe à la verticale du point O.

INTERACTION GRAVITATIONNELLE

I- La gravitation universelle

1) Principe d'interaction

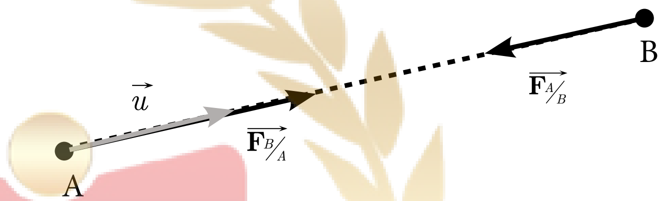
Deux corps A et B en interaction exerçant l'un sur l'autre des forces $\overrightarrow{\mathbf{F}_{A/B}}$ et $\overrightarrow{\mathbf{F}_{B/A}}$ ayant la même droite d'action, la même intensité mais sont de sens opposé.

2) Loi de Newton

Deux solides ponctuels A et B de masse m_A et m_B s'exerçant l'un sur l'autre des forces attractives (forces gravitationnelles) directement opposées d'intensités proportionnelles aux masses et inversement proportionnelles au carré de leur distance).

$$\overrightarrow{\mathbf{F}_{A/B}} = -\overrightarrow{\mathbf{F}_{B/A}} = -K\frac{m_A m_B}{r^2}\vec{u}$$

$$\vec{u} = \frac{\overrightarrow{\mathbf{AB}}}{r}\ ;\ r = AB$$



Lois horaires est en mètre (m)

K est la constante de gravitation universelle

Remarque :

- La loi est valable aussi pour les solides qui possède une répartition de masse à symétrie sphérique.
- Les astres (le soleil, les planètes et autres) du système solaire sont considérés approximativement comme étant à répartition de masse à symétrie sphérique.

II- Champ gravitationnel

1) Définition

En tout point d'un espace où une masse m est soumise à une force gravitationnelle existe un champ appelé champ de gravitation noté $\vec{\mathbf{G}}$.

$$\vec{\mathbf{F}} = -\overrightarrow{\mathbf{F}_{M/m}} = -K\frac{Mm}{r^2}\vec{u}$$

$\vec{\mathbf{G}}$ est le champ de gravitation crée par M

$$\frac{\vec{\mathbf{F}}}{m} = -K\frac{M}{r^2}\vec{u}$$

Le champ de gravitation est exprimé en newton par kilogramme ($N.kg^{-1}$)

$$\vec{\mathbf{G}} = -G\frac{M}{r^2}\vec{u}$$

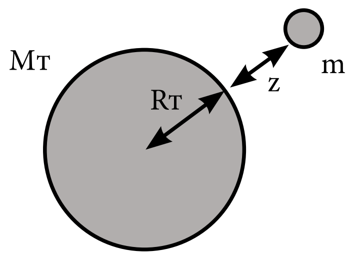
2) Champ de gravitation terrestre

La terre crée dans son voisinage un champ gravitationnel $\overrightarrow{\mathbf{G}_T}$ dont la valeur dépend de l'altitude z.

- Expression de G_T en fonction de z : $G_T(z) = K\frac{M_T}{(R_T + z)^2}$

• Expression de GT au sol (z = 0) : $G_0 = K\dfrac{M_T}{R_T^2}$

• Expression de GT en fonction de G₀ : $G_T(z) = \dfrac{G_0 R_T^2}{(R_T + z)^2}$



MT : masse de la terre
RT : rayon de la terre
r = RT + z
$KM_T = G_0 R_T^2$

Remarque : champ de gravitation terrestre et champ de pesanteur

En première approximation, le champ de pesanteur terrestre est confondu au champ de gravitationnel terrestre. De même, la force gravitationnelle est confondue avec le poids.

$\vec{\mathbf{G}}_T = \vec{g}$ et $\vec{\mathbf{F}} = \vec{\mathbf{P}}$

III- Mouvements des satellites

1) Nature du mouvement

Un satellite (de masse m) a un mouvement circulaire uniforme autour de la Terre (de masse MT). Le vecteur accélération est dirigé vers le centre de la Terre (centripète) est à pour norme : $a_G = G_T = K\dfrac{M_T}{(R_T + z)^2}$.

2) Expressions de la vitesse et de la période du satellite

La vitesse constante v et la période T de révolution du satellite ont pour expressions : $v = \sqrt{\dfrac{KM_T}{(R_T + z)}} = \sqrt{\dfrac{G_0 R_T^2}{(R_T + z)}}$ $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{(R_T + z)^3}{KM_T}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{(R_T + z)^3}{G_0 R_T^2}}$

$$a_G = \frac{v^2}{R_T + z}$$

$$T = \frac{2\pi(R_T + z)}{v}$$

3) Satellite géostationnaire

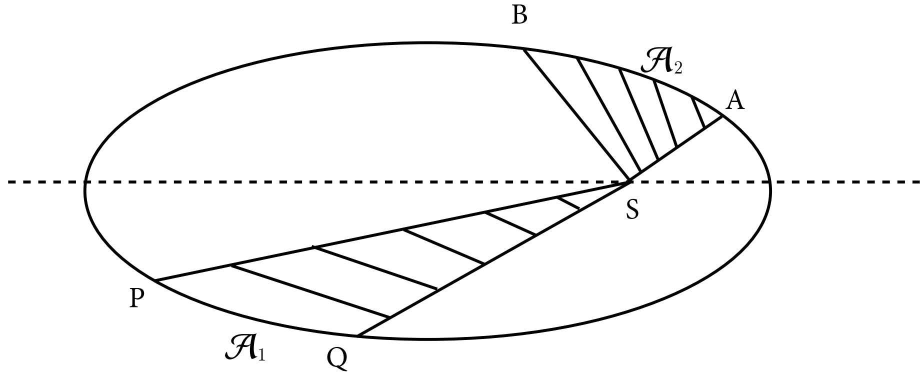
Un satellite géostationnaire est un satellite artificiel qui reste constamment au dessus du même point de la surface de la Terre. Il est placé sur une orbite de **36.000 Km** d'altitude et semble fixe pour un observateur immobile à la surface de la terre. Il tourne donc dans le même sens et à la même vitesse angulaire que la terre. Sa période de révolution est de **un jour sidéral (86.164 s)**

III- Mouvements des planètes : lois de KEPLER

• Première loi de Kepler (Loi des orbites)

Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques autour de l'un des foyers, celui-ci étant occupé par le soleil.

• Deuxième loi de Kepler (Loi des aires)
Le rayon vecteur (distance Soleil - Planète) balaie des aires égales pendant des durées égales.



les aires $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ sont égales

• Troisième loi de Kepler (Loi des périodes)
Le carré de la période de révolution T est proportionnel au cube du demi-grand axe (distance Planète - Soleil) α.

$$\frac{T^2}{\alpha^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S} = cte$$

EXERCICE 1

La valeur de la force de gravitation qui s'exerce entre deux objets A et B de masses respectives M_A et M_B s'exprime par la relation mathématique :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G\frac{M_A M_B}{d^2}$$

1) Dans cette relation,
a) G est la constante gravitationnelle
b) G est l'intensité de la pesanteur
c) G est le centre de gravité du plus gros des deux objets
2. La grandeur d dans cette relation est :
a) la distance entre les deux objets
b) la somme des rayons des deux objets
c) la distance entre les centres de gravité des deux objets

Entoure la lettre correspondant à la proposition correcte dans chaque cas.

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants : ***la distance ; des forces d'attraction ; proportionnelle ; leur vitesse ; inversement proportionnelle ; force de gravitation ; l'action d'attraction exercée par le Soleil ; des forces d'interaction.***

Le système solaire contient une étoile (le Soleil), autour de laquelle gravitent huit planètes sur des orbites quasi circulaires. Ces planètes sont maintenues sur leurs orbites grâce à .... qui les empêche de s'éloigner et à .... qui les empêche de se rapprocher du Soleil.
Toutes ces planètes exercent elles aussi .... sur le Soleil. Ces forces sont donc .... entre le Soleil et chacune de ces planètes. La .... entre le Soleil et une planète donnée est .... à chacune de leurs masses et .... au carré de .... entre leurs centres de gravité.

EXERCICE 3

Pour chacune des affirmations suivantes :

N°	Affirmations	Vrai	Faux
1	L'interaction gravitationnelle est toujours attractive		
2	La constante G dans l'expression $F_{1/2} = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$ dépend des objets que l'on étudie.		
3	L'interaction gravitationnelle s'exerce toujours à distance		
4	Plus les corps en interaction sont volumineux, plus l'interaction gravitationnelle est forte		
5	Plus les objets sont éloignés, plus l'interaction gravitationnelle est faible.		
6	Lorsque deux corps sont en interaction, le plus lourd exerce une force plus importante que le plus léger.		
7	Sur une planète, l'interaction gravitationnelle exercée est appelée la masse.		

Mets une croix dans la bonne case selon que l'affirmation est vraie ou fausse.

EXERCICE 4

Dans la (les) case(s) correspondant à la (aux) réponses jugée(s) exacte(s), inscrire (V) ; dans la (les) case(s) jugée(s) fausse(s), inscrire (F).

1. a) Dans le système de Ptolémée, le Soleil tourne autour de la Terre....... ☐
b) Dans le système de Copernic, la Terre tourne autour du Soleil .... ☐
c) C'est Kepler qui, pour la première fois, cita les lois d'interaction gravitationnelle entre deux astres .... ☐
d) La loi harmonique $T^2 = kR^3$ fut pour la première fois démontrée par Tycho Brahe .... ☐
e) Newton expliqua que la chute d'une pomme et le mouvement de la Lune autour de la Terre avaient un point commun : la loi de la gravitation. Il démontra que la force de gravitation s'exerçant entre deux objets était inversement proportionnelle au carré de leur distance .... ☐
2. a) L'expression $F_{A \to B} = \xi\frac{m_A m_B}{r^2}$ traduit l'expression vectorielle de la loi de la

gravitation .... ☐
b) La loi de gravitation n'est plus valable dans le vide .... ☐
c) Entre la Terre et la Lune, il existe une interaction gravitationnelle, mais la force qui s'exerce sur la Terre est plus importante que celle qui s'exerce sur la Lune car la masse de la Terre est nettement plus grande que celle de la Lune .... ☐
d) Le poids d'un objet sur la surface terrestre peut être confondu avec la force de gravitation exercée par la Terre .... ☐
e) Sur la Lune, la masse d'un objet est plus faible que sa masse sur la Terre . ☐

3. On donne la masse de la planète Mars, $6,4 \times 10^{23}$ Kg, et son rayon équatorial, 3393 km. Le champ de gravitation à la surface de Mars est :
a) $4,780\ N.Kg^{-1}$.. ☐
b) $3,7\ N.Kg^{-1}$ .... ☐
c) Le poids d'un objet de masse 6,5 Kg est de 24 N .... ☐
A l'altitude de 3393 Km, la valeur du champ de pesanteur est :
d) deux fois petite .... ☐
e) quatre fois plus petite .... ☐

4. Mars possède deux satellites : Phobos et Deimos. Deimos a une période de révolution de 30h 18 min et gravite à 23460 Km du centre de Mars. Phobos gravite à 9 380 Km du centre de Mars.
Sa période de révolution est donc :
a) plus grande que 30h18 min .... ☐
b) plus petite que 30h18 min .... ☐
c) égale à 7h38 min .... ☐
d) égale à 45h 48 min .... ☐
e) Envoyé de la Terre, un satellite artificiel habité gravite autour de Mars à la même altitude que celle de Deimos, sa période de révolution serait de 30h 18 min .... ☐

EXERCICE 5

1. Enonce la loi de gravitation universelle.

....

2. Enonce la troisième loi de Kepler

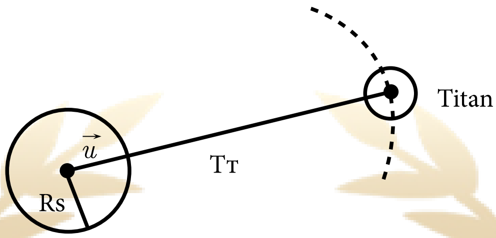
....

3. Définis un satellite géostationnaire.

....

EXERCICE 6

Le 15 octobre 1997, le véhicule spatial CASSINI emportait à son bord la sonde HUYGENS destinée à l'exploration des anneaux de Saturne. Titan, le plus gros satellite de Saturne, a été découvert en 1655. On étudie le mouvement supposé circulaire de Titan dans le référentiel centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.
On notera Ms la masse de Saturne et Mr la masse de Titan.



1. Reproduis le schéma ci-dessus et représente-y qualitativement la force gravitationnelle $\vec{F}$ qui agit sur Titan.
2. Donne l'expression vectorielle de cette force.
3. Etablis l'expression du vecteur-accélération du centre d'inertie de Titan sur son orbite et représente-le qualitativement sur le schéma précédent.
4. Montre que le mouvement de Titan sur son orbite est uniforme.
5. Etablis en fonction de G, Ms et r_T :
5.1. L'expression de la vitesse V_T du centre d'inertie de Titan;
5.2. L'expression de la période de révolution T_T de Titan autour de Saturne
6. Montre qu'au cours de sa révolution autour de Saturne :
$\frac{T_T^2}{r_T^3} = K =$ constante (3ème loi de Kepler)
7. En fait Saturne possède un cortège de satellites dont au moins 60 ont été identifiés à ce jour. Parmi eux, figurent Rhéa et Dioné découverts par Jean-Dominique Cassini respectivement en 1672 et 1684.
7.1. Montre que ces deux satellites vérifient la 3ème loi de Kepler.
7.2. En déduis la masse MS de Saturne.
On donne :
- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I
- Rayon de l'orbite de Rhéa : $r_R = 527070$ km
- Période de révolution de Rhéa autour de Saturne : $T_R = 4{,}518$ jours soit 390355 s
- Rayon de l'orbite de Dioné : $r_D = 377400$ km
- Période de révolution de Dioné autour de Saturne : $T_D = 2{,}737$ jours soit 236477s

EXERCICE 7

Le mouvement d'un satellite (S) de masse mS est étudié dans le référentiel géocentrique considéré galiléen. La terre est assimilé à une sphère homogène de masse M_T, de rayon R_T et de centre O. La période de rotation de la terre autour de l'axe des pôles est notée T_T.
Le satellite (S) est assimilable à un point matériel O' se déplaçant d'un mouvement uniforme sur une trajectoire circulaire de rayon $r = R_T + h$, h étant l'altitude du satellite.
On donne : $M_T = 6.10^{24}$ kg ; $R_T = 6380$ km ; $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I ; $T_T = 86164$ s.

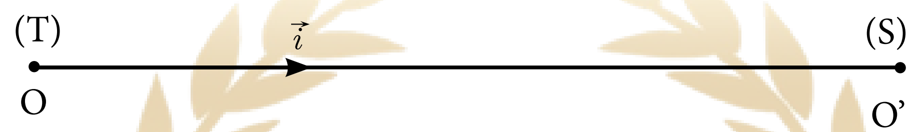


Figure 1

1.
1.1. Donne l'expression de la valeur F de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la terre sur le satellite en fonction de ms, M_T, R_T, h et G (constante universelle de gravitation).
1.2. Exprime le vecteur force $\vec{F}$ en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}$.
2. Reproduire la figure 2 et représenter qualitativement :
2.1. Le vecteur force $\vec{F}$ au point O'.
2.2. les vecteurs vitesse et accélération aux points A et B de la trajectoire (figure 2).
3.
3.1. Etablis l'expression de la vitesse Vs du satellite en fonction de M_T, R_T, h et G.
3.2. Exprime la vitesse du satellite en fonction de sa période de révolution T et montrer que le rapport $\frac{T^2}{(R_T + h)^3}$ est constant.

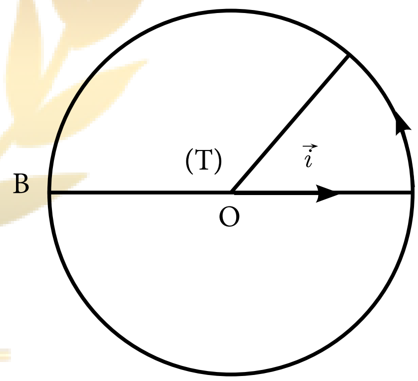


Figure 2

4. Le satellite est géostationnaire.
4.1. Donne le nom du plan dans lequel se trouve la trajectoire de ce satellite.
4.2. Calcule son altitude h et la vitesse v avec laquelle il parcourt sa trajectoire.
4.3. La lune est un satellite de la Terre. Soit O" son centre d'inertie. Sa période de révolution autour de la Terre est : T_L = 27 j 04h 43 min.
Calcule la distance D séparant les centre d'inertie de la Terre et de la Lune, en utilisant le résultat de la question 3.2.
5. On admet que $D = 3{,}84.10^5$ km et on donne $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg
On place entre ces deux astres à une distance d par rapport au centre de la Terre,

un satellite S' de masse m' au point I (figure 3).
On supposera que les centres d'inertie de la Terre, de la Lune et du satellite S' sont alignés.

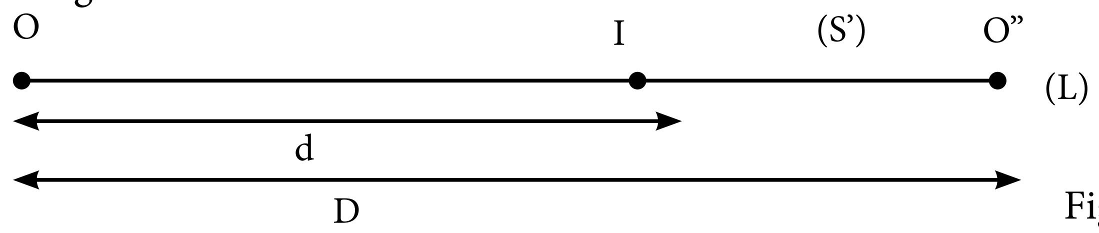


Figure 3

5.1. Exprime les valeurs F1 et F2 des forces respectivement exercées par la Terre et par la Lune sur S', en fonction de G, M_T, M_L, m', d et D.
5.2. Calcule d si $F_2 = F_1$.

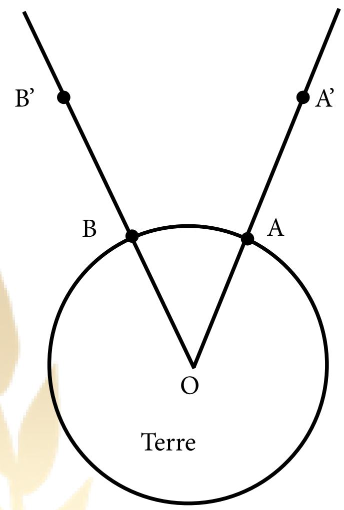
EXERCICE 8

On suppose que la terre possède une répartition sphérique de masse.
On donne : M_T = masse de la terre ; R_T = rayon de la terre.
1. Donne l'expression de l'intensité du champ de gravitation g de la terre à l'altitude z en fonction de M_T, R_T, z et de la constante de gravitation G.
2. Montre qu'à l'altitude z l'intensité du champ de gravitation g est notée par la relation : $g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2}$; avec g_0 = intensité du champ de gravitation au sol.
3. On place à l'aide d'une fusée, un satellite assimilable à un point matériel de masse m, sur une orbite circulaire à l'altitude z.
3.1. Montre que le mouvement du satellite est uniforme.
3.2. Etablis l'expression de l'intensité de la vitesse V du satellite en fonction de g_0, R_T, z et v.
3.3. Calcule la valeur V du satellite pour z = 10^3 km.
3.4. Donne l'expression de la période T de révolution de R_T, z, G et M_T.
Calculer sa valeur.
3.5. Exprimer la période du satellite en fonction de R_T, z, G et M_T.
3.6. En déduis la masse de la terre.
4. Un satellite géostationnaire reste constamment à la verticale d'un même point de la surface terrestre.
4.1. Exprime l'altitude de ce satellite en fonction de la période T, de l'intensité du champ g_0 et du rayon R_T de la terre.
4.2. Calcule la valeur de l'altitude du satellite.
On donne :
R_T = 6400 km ; G = $6{,}67.10^{-11}$ SI ;
1 jour sidéral = 23 heures 56 minutes ; g_0 = 9,8 N/kg

EXERCICE 9

Un satellite artificiel gravite à la vitesse constante v sur une orbite circulaire dans le plan équatorial de la terre à l'altitude h. Sa période de révolution est T et sa masse est m.

La terre est assimilée à une sphère homogène de centre O, de rayon R = 6378 km et de masse M. Le satellite est animé d'un mouvement circulaire et uniforme dans le référentiel géocentrique.



1. Donne l'expression de la valeur f de la force $\vec{f}$ exercée par la terre sur le satellite en fonction de m, M, R, G et h.

2. Déduis de ce qui précède, l'accélération g de la pesanteur à partir de la loi d'attraction gravitationnelle en fonction de M, R, G et h.

3. Exprime g en fonction de g_0, R et h (g_0 est la valeur de g au sol et G la constante de gravitation universelle).

4. Le poids du satellite au sol est P_0.

4.1. Exprime le poids P en altitude en fonction de P_0, R et h.

4.2. Calcule P

Données : h = 600 km ; P_0 = 470,4 .

5. Le satellite en mouvement circulaire et uniforme a pour période de révolution T.

5.1. Démontre que sa vitesse linéaire a pour expression V = $R\sqrt{\dfrac{g_0}{R+h}}$.

5.2. Etablis la relation $\dfrac{T^2}{(R+h)^3} = \dfrac{4\pi^2}{g_0 R^2}$ (3eme loi de Kepler).

5.3. Déduis de la question 5.2. l'expression de T_0 en fonction de R et g_0. (T0 est la période d'un satellite fictif qui graviterait à l'altitude h = 0).

5.4. Calcule les valeurs de g_0, m et g.

Donnée : T_0 = 5066 s.

5.5. Exprime T en fonction de T_0, R et h.

5.6. Calculer la période T.

6. Le plan de l'orbite du satellite passe par deux villes A et B. Ces deux villes situées sur l'équation sont distantes de AB = 851,5 km. Le satellite passe par les points A' et B'. (voir figure ci-dessus). On néglige la rotation de la terre.

6.1. Détermine la distance A'B' en kilomètre, parcourue par le satellite en passant au-dessus des deux villes.

6.2. Calcule la durée Δt en seconde, du survol du satellite de la ville A à la ville B.

On donne la valeur de sa vitesse v = 7562,3 $m.s^{-1}$.

EXERCICE 10

On considère un satellite en rotation sur une orbite circulaire autour de la Terre. L'altitude du satellite est h = 3200 km. On donne : rayon de la Terre : 6400 km.
1. Calculer la vitesse de ce satellite.
2. Calculer le temps nécessaire pour faire un tour de la Terre. On donne g_0 à la surface de la Terre = 9,81 m.s^{-2}.
3. Quelle devrai être l'altitude h' du satellite pour qu'il paraisse immobile à un observateur terrestre ? Le plan de l'orbite est celui de l'équateur terrestre.
4. L'énergie potentielle de pesanteur du système (satellite - Terre) s'écrit :

$$E_p = -\frac{mg_0R^2}{R+h}$$

Si m est la masse du satellite. Ep = 0 quand $h = \infty$. Donner, en fonction de m, g_0, R et h l'expression de l'énergie mécanique du système.
5. Quelle énergie faut-il fournir au satellite, de masse 1 tonne, pour le faire passer de l'orbite d'altitude h à l'orbite d'altitude h' ?

EXERCICE 11

1. Le tableau ci-dessous comporte des données relatives à deux types de satellites artificiels de la Terre, lancés dans le plan équatorial.

Dates de lancement	Météosat 1977 1981	Spot 1986 1990
Altitude en km	35,8.103	820
Période en min	1,44.10^3	101
Champ d'observation au sol	Pratiquement la moitié de la surface terrestre	Carré de 3600 km^2

1.1 L'un des satellites est dit géostationnaire. Indiquer lequel et justifier votre réponse par le calcul.
1.2 L'autre satellite est appelé un « satellite à défilement ». Donner une explication pour ce terme.
2 Connaissant l'altitude de chacun de ces satellites, on se propose de vérifier par le calcul leur période de rotation. La valeur du champ de pesanteur (attraction terrestre) à l'altitude h est donnée par : $g_h = g_0\frac{R^2}{(R+h)^2}$ avec g_0 : attraction terrestre ; R : rayon de la terre.
2.1. En appliquant la loi de dynamique au mouvement circulaire uniforme du

satellite, déterminer l'expression de la vitesse de chaque satellite sur son orbite.
2.2. Définir la période de rotation de chaque satellite, et donner son expression en fonction de g_0, R et h.
2.3. Application numérique : calculer la période de chacun des deux satellites connaissant leur altitude, R = 6400 km et $g_0 \approx 9{,}8$ m.s^{-2}.

EXERCICE 12

Données : Constante de gravitation G = 6,67.10^{-11} S.I , masse de la Terre M = 6.10^{24} kg , Rayon de la terre R = 6400 km , distance Terre-Soleil d = 1,5.10^{8} km.

1. Deux corps ponctuels A et B, de masses respectives m et m', séparés par une distance , s'attirent selon la loi de la gravitation universelle. Rappeler l'expression de l'intensité des forces d'interaction gravitationnelle, s'exerçant entre les corps A et B.
2. Dans l'espace, le soleil, la Terre et autres astres, peuvent être considérés comme des corps ponctuels. Le Soleil exerce sur la Terre une force de gravitation d'intensité F = 3,5.10^{22} N . Déterminer la valeur de la masse du Soleil.
3. Dans le champ de gravitation, un satellite de la Terre, en mouvement dans le plan de l'équateur, y effectue un mouvement circulaire uniforme à l'altitude
3.1. Préciser le référentiel d'étude du mouvement de ce satellite.
3.2. Exprimer la vitesse linéaire V de ce satellite, puis calculer sa valeur.
3.3. Etablir les expressions littérales de la période T et de la vitesse angulaire ω du satellite dans ce même repère. Faire l'application numérique.
4. Entre autres conditions, un satellite de la Terre est géostationnaire si la période de son mouvement vaut 86400 s . Justifier cette valeur de la période.
5. Exprimer puis calculer l'altitude d'un satellite géostationnaire.

EXERCICE 13

En 1997 a été effectuée une mission spatiale destinée à l'exploration de Saturne. Huit ans plus tard la sonde d'exploration s'est posée sur Titan le plus gros des satellites de Saturne. Le tableau ci-après rassemble les données relatives à Titan et à trois autres satellites de Saturne.

Satellite	Distance moyenne au centre de Saturne (en km)	Période de révolution T	Rapport $\frac{T^2}{r^3}$
Janus	159.10^3	17h 38min	
Encelade	238.10^3	1j 8h 53min	
Dione	377.10^3	2j 17h 41min	
Titan	1220.10^3	15j 22h 41 min	

3.1 On s'intéresse à l'étude du mouvement d'un satellite supposé ponctuel de masse m en orbite circulaire de rayon r autour de Saturne. Le mouvement est étudié dans un référentiel lié à Saturne qui sera considéré comme un référentiel galiléen. On suppose que le satellite est soumis à la seule action de Saturne. On assimile Saturne à un corps sphérique de masse M possédant une répartition sphérique de masse.

3.1.1 Après avoir rappelé la loi de la gravitation universelle, faire un schéma où seront représentés Saturne, le satellite et la force de gravitation exercée par Saturne sur le satellite. On notera K, la constante de gravitation et on prendra $K = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$.

3.1.2 Par application de la deuxième loi de Newton déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du mouvement du satellite.

3.1.3. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

3.1.4. Etablir la relation entre la période de révolution T du satellite et le rayon r de sa trajectoire.

3.2. Recopier le tableau ci-dessus et le compléter par les valeurs du rapport $\frac{T_2}{R_3}$. La 3ème loi de Kepler est-elle vérifiée ?

NB : On utilisera les unités du système international pour le calcul du rapport $\frac{T^2}{r^3}$

3.3 Déterminer la masse M de Saturne.

3.4 On définit l'énergie potentielle d'interaction gravitationnelle Ep entre Saturne et le satellite par :

$\frac{dE_p}{dr} = F(r)$;   relation où F(r) est l'intensité de la force de gravitation que l'un exerce sur l'autre

3.4.1 En choisissant Ep = 0 quand r tend vers l'infini, déterminer l'expression de Ep.

3.4.2. Comparer l'énergie potentielle Ep avec l'énergie cinétique EC du satellite.

3.4.3. Déterminer l'énergie mécanique totale Em du satellite en fonction de k, M, m et r. La calculer pour Titan de masse $m = 1{,}35.10^{23}$ kg.

EXERCICE 14

1 On suppose que la Terre a une distribution de masse à symétrie sphérique de centre O.

1.1 Donner l'expression de l'intensité g_h du champ gravitationnel $\vec{g_h}$, créé par la Terre à une altitude h, en fonction de : G, constante de gravitation universelle, R_T, rayon terrestre, h et M_T, masse de la Terre.

1.2. En déduire l'expression littérale de M_T en fonction de g_0, G et R_T.

1.3. Calculer numériquement M_T. 2 On admet qu'un satellite de la Terre, assimilé à un point matériel S de masse mS, est soumis uniquement à la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre. Il est supposé décrire, à l'altitude h, dans le référentiel géocentrique, une trajectoire circulaire de centre O.

2.1. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

2.2. Exprimer la norme Vs de la vitesse du satellite et sa période Ts en fonction de : M_T, G, R_T et h.

2.3. Faire l'application numérique pour : h = R_T.

2.4. On pose : r = R_T + h. Montrer que le rapport : $\frac{r^3}{T_S^2}$ est égal à une constante que l'on exprimera en fonction de M_T et de G et que l'on calculera numériquement.

3.Le tableau ci-dessous comporte des données relatives à deux types de satellites artificiels de la Terre, supposés en mouvements circulaires uniformes dans le référentiel géocentrique.

Nom du satellite	Météosat	Spot
Date de lancement	1977 et 1981	1986 et 1990
Altitude (en km)	35 800	832
Période de révolution (min)	1 436	102
Champ d'observation au sol	Moitié de la surface terrestre	Carré de 3600 km^2

3.1. L'un de ces satellites est dit géostationnaire. Indiquer lequel et justifier la réponse.

3.2. Quel est le plan de la trajectoire de ce satellite et son sens de rotation. Justifier les réponses.

3.3. Quelles utilisations a-t-on de ce type de satellites ?

4. Exprimer l'énergie mécanique du satellite géostationnaire (on prendra comme état de référence l'infini). Faire l'application numérique on prendra m=1t.

4.1. Avec quelle vitesse devrait-on lancer un tel satellite depuis l'altitude géostationnaire pour qu'il échappe à l'attraction terrestre ?

4.2. Définir et calculer la vitesse de libération d'un satellite depuis le sol terrestre.

Données : G : constante de gravitation universelle = $6,67.10^{-11}$ u S.I.
R_T : rayon moyen de la Terre = 6 380 km ; g_0 = 9,81 $m.s^{-2}$.
T_T : période de rotation sidérale de la Terre = 86 164 s.

Chapitre
4

MOUVEMENT DANS LES CHAMPS G ET E UNIFORMES

I- Mouvement dans le champs de pesanteur uniforme

1) Etude dynamique

Un projectile de masse m est lancé d'un point O avec un vecteur vitesse $\vec{v_0}$ faisant un angle α avec l'horizontale dans une région de l'espace où règne un champ de pesanteur uniforme.

Etudions le mouvement du centre d'inertie du projectile dans un repère orthonormé $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

On négligera les forces de frottements

Reférentiel : Terrestre supposé galiléen muni d'un repère $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

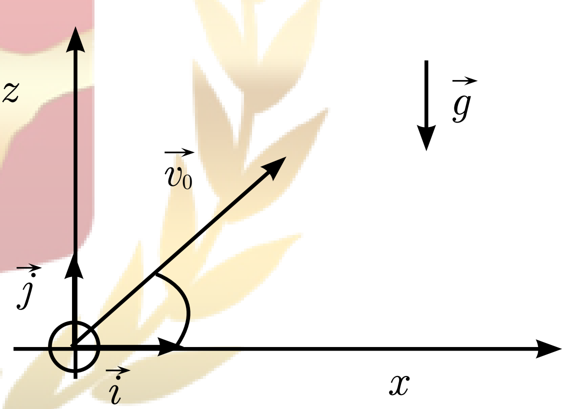
Système : {Le projectile de masse m }

Bilan des forces extérieurs :

$\vec{P}$: Le poids du projectile

Appliquons le théorème du centre d'inertie.

$m\vec{a} = m\vec{g} \Longrightarrow \vec{a} = \vec{g}$



2) Etude cinématique

Conditions initiales

$t_0 = 0\text{s}$ $\quad\quad \vec{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = 0 \\ v_{0z} = v_0 \sin\alpha \end{cases}$

$$\overrightarrow{OG_0}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$$

Lois horaires

$$\forall t; \vec{a} = \vec{g} \Longrightarrow \vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$$

$\vec{a} = \vec{g} = \text{constante} \Longrightarrow \vec{v} = \vec{a}t + \vec{v_0}$

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = a_x t + v_{0x} \\ v_y = a_y t + v_{0y} \\ v_z = a_z t + v_{0z} \end{cases} \qquad \vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 + \cos\alpha \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_0 \sin\alpha \end{cases}$$

$$\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v_0} \Longrightarrow \overrightarrow{OG} = \frac{1}{2}at^2 + \vec{v_0}t + \overrightarrow{OG_0}$$

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = \frac{1}{2}a_x t^2 + v_{0x}t + x_0 \\ y = \frac{1}{2}a_y t^2 + v_{0y}t + y_0 \\ z = \frac{1}{2}a_z t^2 + v_{0z}t + z_0 \end{cases} \qquad \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 t \cos\alpha \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}g\, t^2 + v_0 t \sin\alpha \end{cases}$$

3) Nature de la trajectoire

a) La trajectoire est plane

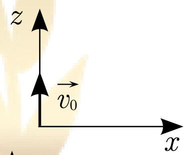
$\forall t, ay = 0$; $vy = 0$ et $y = 0$; $x \neq 0$ et $z \neq 0$. Le plan est alors $(Ox;Oy)$ donc la trajectoire est plane.

b) La trajectoire est une droite

Elle est une droite si $v_0 \cos\alpha = 0 \iff x = 0$.

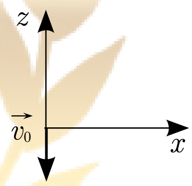
1er cas : $v_0 = 0 \Longrightarrow z = -\frac{1}{2}gt^2$ mouvement de chute libre sans vitesse initiale.

2eme cas : $\cos\alpha = 0 \Longrightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}$ rad ou $\alpha = -\frac{\pi}{2}$ rad



* Si $\alpha = \frac{\pi}{2}$ rad; $z = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$: tir vertical vers le haut.

* Si $\alpha = -\frac{\pi}{2}$ rad; $z = -\frac{1}{2}gt^2 - v_0 t$: tir vertical vers le bas

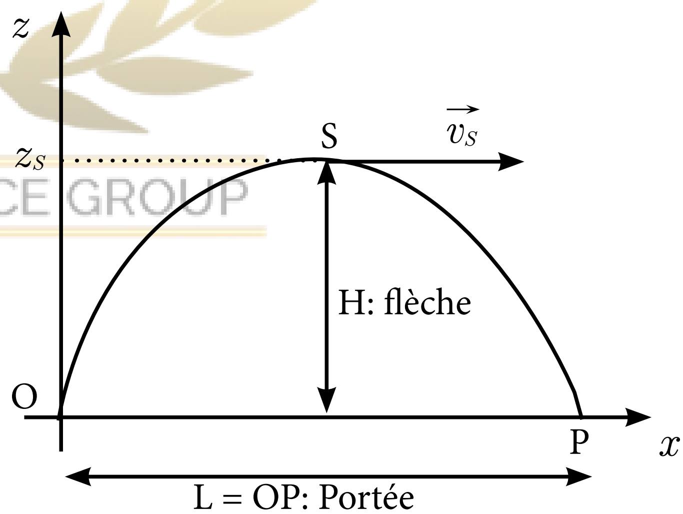


c) La trajectoire est une parabole

Elle est une parabole si $v_0 \cos\alpha \neq 0 \Longrightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$

d'où $z = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right) + v_0\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)\sin\alpha$

$$z = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$



* La portée

Au point P, $z_P = 0$

$\Leftrightarrow z_P = - -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x_p^2 + x_p\tan\alpha = 0$

$\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x_p^2 = x_p\tan\alpha$

$\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x_p = \frac{\tan\alpha}{\cos\alpha}$

$x_p = \frac{2v_0^2\cancel{\cos^2\alpha}\sin\alpha}{g\quad\cancel{\cos\alpha}}$

$x_p = \frac{2v_0^2\cos\alpha\sin\alpha}{g}$

or $2\cos\alpha\sin\alpha = \sin 2\alpha \Longrightarrow x_p = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}$

$$\boxed{L = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}}$$

La portée maximale

On a L_{max} si $\sin 2\alpha = 1$

$$\sin 2\alpha = \sin\frac{\pi}{2}$$

$$\Longrightarrow 2\alpha = \frac{\pi}{2} \quad \Longrightarrow \alpha = \frac{\pi}{4}\,\text{rad}$$

$$\boxed{L_{max} = \frac{v_0^2}{g}}$$

La flèche

$H = z_s$ or au point S, $\vec{v_S}$ est horizontale $\Longrightarrow \vec{v_S} \perp (O_z) \Longrightarrow (v_z)_S = 0$

$$\Longrightarrow -gt_s + v_0\sin\alpha = 0 \Longrightarrow t_S = \frac{v_0\sin\alpha}{g}$$

On a $z = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t\sin\alpha$

Donc $z_s = -\frac{1}{2}gt_s^2 + v_0 t_s\sin\alpha$

$$= -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0\sin\alpha}{g}\right)^2 + v_0\left(\frac{v_0\sin\alpha}{g}\right)\sin\alpha$$

$$= \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} + \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g}$$

$$= \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g}\left(-\frac{1}{2}+1\right)$$

$$z_s = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$$

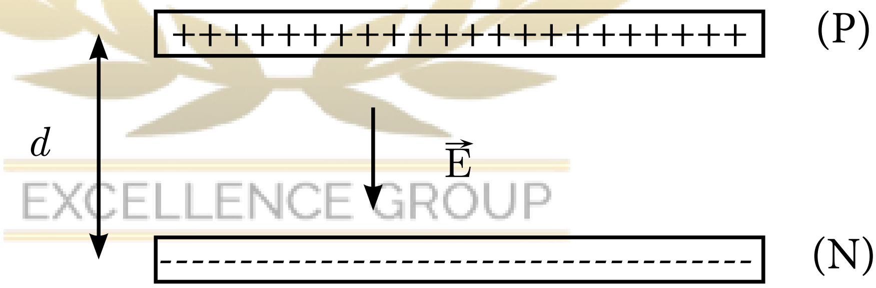
$$\boxed{H = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}}$$

<u>II- Mouvement dans un champs electrostatique uniforme.</u>

1) Champs électrostatique uniforme

Considérons deux plaques métalliques parralèles, planes distantes de d soumises à la tension électrique U_{PN} positive.

Il règne dans l'espace compris entre les deux plaques un champs électrostatique uniforme.

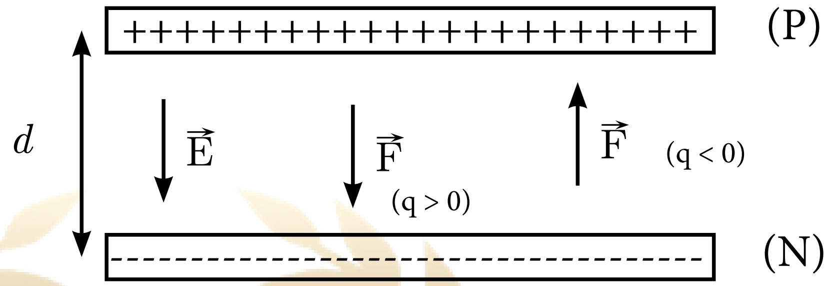


$\vec{E}$
- Direction : la perpendiculaire au plan des plaques
- Sens : de (P) vers (N) car $V_{PN} = V_P - V_N > 0$; $V_P > V_N$ potentiels décroissants
- Valeur : $E = \frac{U_{PN}}{d}$ (E en $V.m^{-1}$, U_{PN} en V, d en m)

Vecteur force électrostatique

Une particule de charge q placé en un point M entre (P) et (N) est soumise à une force électrostatique constante définie par $\vec{F} = q\vec{E}$.

$\vec{E}$
- Direction : Celle de $\vec{E}$
- Sens : Si $q > 0$, celui de $\vec{E}$.
  Si $q < 0$, opposé à celui de $\vec{E}$.
- Point d'application : Le point M
- Valeur : $F = |q|E$ (N ; C ; V.m^{-1})



* Travail de la force électrostatique

La force $\vec{F}$ déplace son point d'application d'un point A vers un point B. Elle accomplie le travail :

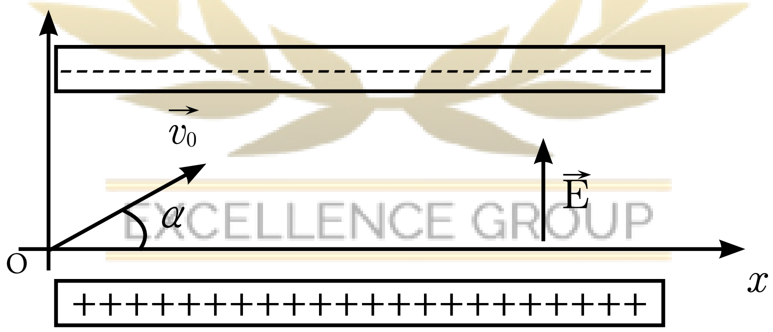
$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)}$$

(J ; C ; V)

2) Etude du mouvement

a) Etude dynamique

Une particule de charge q et de masse m pénètre en un point O avec la vitesse $\vec{v_0}$ faisant un angle α avec l'horizontale dans une région de l'espace où règne un champ électrostatique uniforme.



Référentiel : Terrestre supposé

Système : {Particule de charge q et de masse m}

Bilan des forces extérieures

$\vec{F}$: La force électrostatique

$\vec{P}$: Le poids de la particule

On négligera le poids $\vec{P}$ devant la force $\vec{F}$ électrostatique.

Appliquons le théorème du centre d'Inertie

$m\vec{a} = q\vec{E}$

$$\boxed{\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}}$$

b) Etude cinématique

* Conditions initiales

A $t_0 = 0s$; $\vec{v_0}\begin{vmatrix} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin\alpha \end{vmatrix}$ $\quad \overrightarrow{OG_0}\begin{vmatrix} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{vmatrix}$

* Lois horaires

$$\forall t \ ; \ \vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E} \quad \Longrightarrow \vec{a}\begin{vmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \dfrac{q}{m}E \end{vmatrix}$$

$$\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v_0} \Longrightarrow \vec{v}\begin{vmatrix} v_x = a_x t + v_{0x} \\ v_y = a_y t + v_{0y} \end{vmatrix} \qquad \vec{v}\begin{vmatrix} v_x = v_0 \cos\alpha \\ v_y = \dfrac{q}{m}Et + v_0 \sin\alpha \end{vmatrix}$$

$$\overrightarrow{OG} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v_0}t + \overrightarrow{OG_0}$$

$$\overrightarrow{OG}\begin{vmatrix} x = \dfrac{1}{2}a_x t^2 + v_{0x}t + x_0 \\ y = \dfrac{1}{2}a_y t^2 + v_{0y}t + y_0 \end{vmatrix} \qquad \boxed{\overrightarrow{OG}\begin{vmatrix} x = v_0 t \cos\alpha & (1) \\ y = \dfrac{qE}{2m}t^2 + v_0 t \sin\alpha & (2) \end{vmatrix}}$$

* Equation de la trajectoire

Si $v_0 \cos\alpha \neq 0$. On a (1) $\Longrightarrow t = \dfrac{x}{v_0 \cos\alpha}$

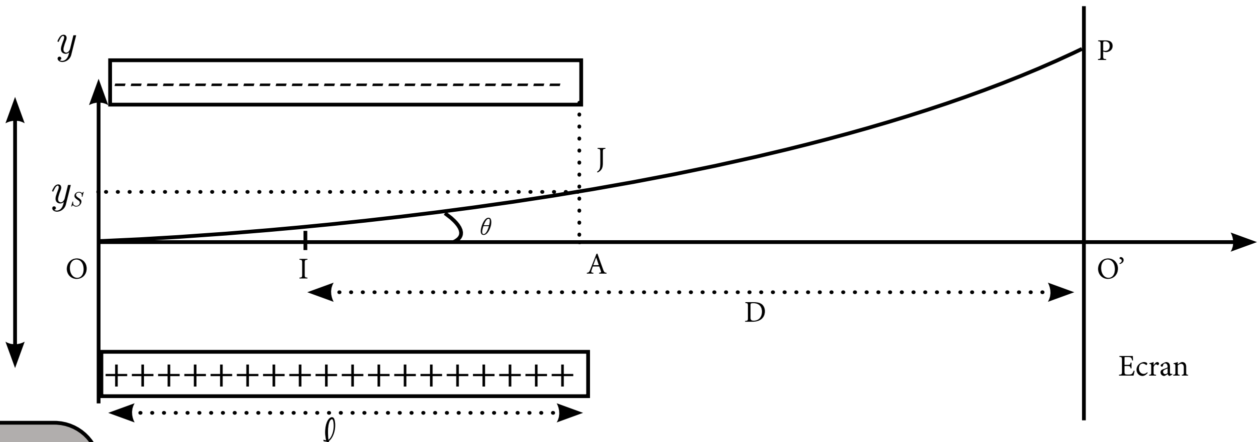
Donc (2) $\Longrightarrow y = \dfrac{qE}{2m}\left(\dfrac{x}{v_0 \cos\alpha}\right)^2 + v_0\left(\dfrac{x}{v_0 \cos\alpha}\right)\sin\alpha$.

$$\boxed{y = \frac{qE}{2mv_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha}$$

c) Etude d'un cas particulier

Pour $\alpha = 0$; On a $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 t & (1) \\ y = \dfrac{qE}{2m}t^2 & (2) \end{cases}$

(1) $\Longrightarrow t = \dfrac{x}{v_0}$ $\quad y = \dfrac{qE}{2mv_0^2}x^2$



Exprimons la position P

On a $\tan\theta = \dfrac{O'P}{O'I}$ et $\tan\theta = \dfrac{AS}{AI} \Longrightarrow \dfrac{O'P}{O'I} = \dfrac{AS}{AI}$ d'où $O'P = \dfrac{AS}{AI} \times O'I$

On a $AS = y_S = \dfrac{qE}{2mv_0^2} x_S^2 = \dfrac{qE}{2mv_0^2} \ell^2$

Et IA = $\dfrac{\ell}{2}$ IO' = D

O'P = $\dfrac{qE\ell^2}{2mv_0^2} \times \dfrac{2}{\ell} \times D = \dfrac{qE\ell D}{mv_0^2}$

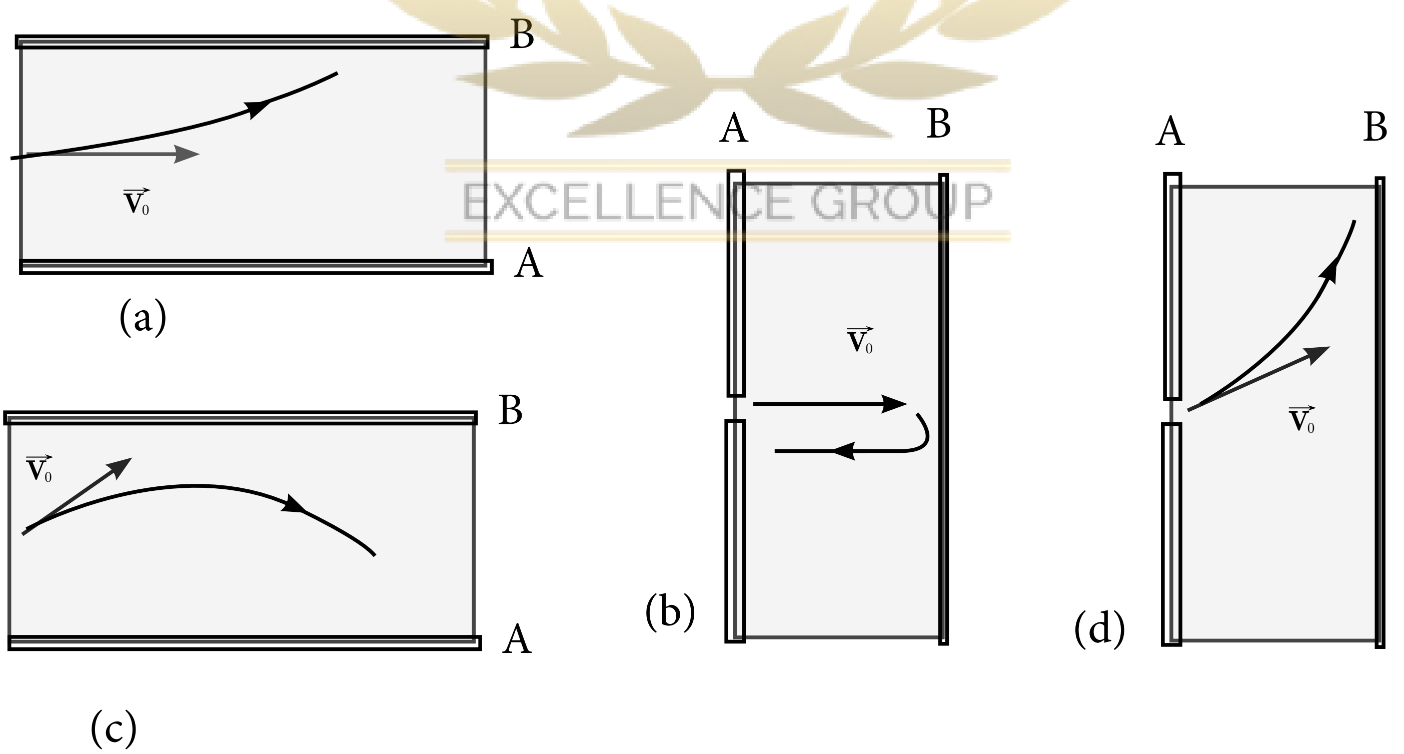
EXERCICE 1

Vrai ou Faux ?

- Un champ électrique $\vec{E}$ est uniforme si $\|\vec{E}\|$ est constante.
- L'accélération du centre d'inertie d'un solide soumis aux seules forces de pesanteur est indépendante de la masse de ce solide.
- Dans un champ électrique, l'accélération d'une particule ne dépend pas de sa masse.
- Dans un champs électrique, le vecteur accélération d'une particule et le vecteur champ sont toujours colinéaires et de même sens.
- Dans le champ de pesanteur, la trajectoire du centre d'inertie d'un solide est complètement déterminée à partir des conditions initiales.
- Dans un champ électrique uniforme, la trajectoire d'une particule chargée est circulaire.
- Dans un oscillographe, la déviation linéaire du spot sur l'écran est proportionnelle à la tension appliquée.

EXERCICE 2

Entre les deux plaques d'un condensateur plan, une différence de potentiel crée un champ électrique uniforme. Une particule chargée pénètre dans ce champ.



1. On a représenté dans quatre cas la trajectoire d'une particule chargée positivement. Représenter dans chacun des cas le vecteur champ électrique $\vec{E}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ de la particule. Préciser le signe de la charge de chacune des plaques.
2. une particule de même masse, mais chargée négativement, pénètre dans le champ avec la même vitesse $\vec{V}_0$. Tracer approximativement, dans chaque cas, la trajectoire de la particule. Représenter le vecteur accélération.
3. La particule ayant la même charge et la même vitesse initiale que dans la première question, on inverse le sens du champ électrique. Tracer approximativement les trajectoires dans les quatre cas de figure.

EXERCICE 3

Un solide animé d'une vitesse $\vec{v}_0$, effectue une chute dans le champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.

1. Préciser

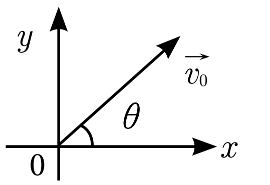
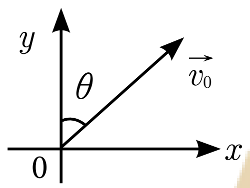
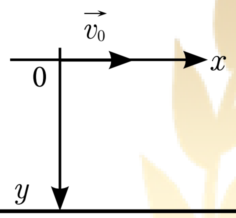
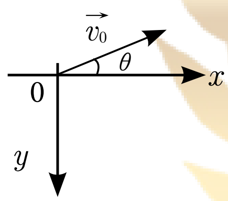
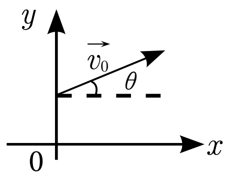
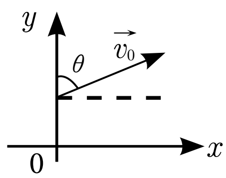
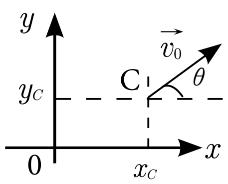
1.1. Le système étudié

1.2. Le référentiel d'étude.

2. Enoncer le théorème du centre d'inertie.

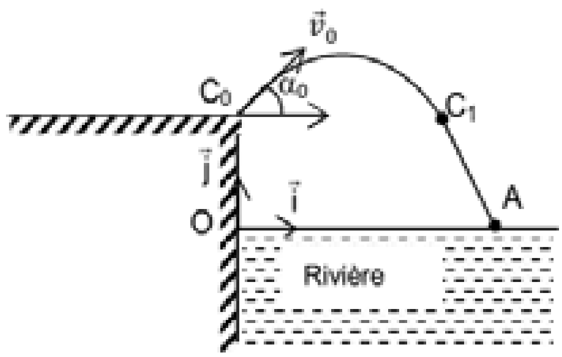
3. Montrer que le mouvement est uniquement varié.

4. Complète le tableau ci-dessous.

Schémas	Coordonnées dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$					Equations cartésiennes
	à $t = 0$		à $t \neq 0$			
	$\overrightarrow{OM}_0$	$\vec{v}_0$	$\vec{a}$	$\vec{v}$	$\overrightarrow{OM}$	
						
						
						
						
						
						
						

EXERCICE 4 Le plongeur et la balle.

Un enfant s'amuse à plonger dans l'eau d'une rivière à partir d'un rocher. Il veut attraper un ballon flottant sur l'eau au point A.
A la date t = 0, l'enfant s'élance du rocher avec une vitesse $\vec{v_0}$, de valeur v_0, incliné d'un angle α0 par rapport à l'horizontale.
L'angle α0 est toujours le même. Sa valeur est $\alpha_0 = \frac{\pi}{4}$ *rad*. La vitesse v_0 peut varier.
On étudie le mouvement du centre d'inertie C du plongeur dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
On associe à ce référentiel le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, voir schéma.
A la date t = 0, le centre d'inertie de l'enfant est en C0 tel que OC0 = 2 m.
On prendra g = 9,8m.s^{-2}.



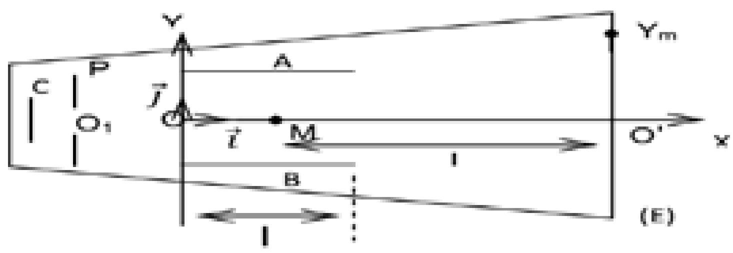
1. Donner, à l'instant du départ, les coordonnées :
1.1 du vecteur position $\overrightarrow{OC_0}$;
1.2 du vecteur vitesse v_0 ;
1.3 du vecteur accélération de la pesanteur $\vec{g}$.
2. Le théorème du centre d'inertie permet d'obtenir les équations horaires donnant la position du centre d'inertie C à chaque instant compris, entre le départ et l'arrivée dans l'eau. Les frottements contre l'air sont négligés.
On admettra les résultats suivants :
$\overrightarrow{OC} = x\vec{i} + y\vec{i}$ avec $x = v_0 \cos \alpha_0 t$
$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \alpha_0 t + y_0$
2.1 Etablir l'équation littérale de la trajectoire y = f(x).
2.2 Utiliser les valeurs numériques de l'énoncé pour vérifier que l'équation peut s'écrire : $y = -9,8\frac{x^2}{v_0^2} + x + 2$.

2.3 Déterminer littéralement à l'instant t, pour la position C_1 du schéma :
2.3.1 Les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$;

2.3.2 Les coordonnées du vecteur $\vec{v}$.
2.3.3 représenter qualitativement sur un schéma ces vecteurs au point C_1 de la trajectoire.
3. L'enfant souhaite tomber exactement sur le ballon flottant au point A tel que OA = 2 m. Rechercher la valeur de $\vec{v_0}$ permettant cela.
4. A quelle distance maximale doit se trouver le ballon pour que l'enfant puisse l'attraper en plongeant, sachant que sa vitesse initiale maximum vaut
$V_{max} = 7\ m.s^{-1}$?

EXERCICE 5

La cathode C d'un oscilloscope électronique émet des électrons avec une vitesse négligeable. Les électrons sont accélérés entre la cathode C et l'anode P. Ils la traversent par l'ouverture O1. On établit une différence de potentiel UO = UP - UC = 2000 V.
1.
1.1 Déterminer la vitesse V0 des électrons à leur passage en O1. Calculer sa valeur.
1.2 Indiquer, en justifiant votre réponse, la nature de leur mouvement au-delà de P, entre O1 et O. On admettra que le poids d'un électron est négligeable par rapport aux forces appliquées.
2. Les électrons pénètrent en O entre les armatures horizontales A et B d'un condensateur. Les armatures de longueur l sont distantes de AB = d. On établit entre les armatures Une tension positive U= UA - UB.
On donne :
Charge de l'électron : $q = -e = -1{,}6.10^{-19}$ C.
Masse de l'électron ; $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg.
l = 4 cm.
d = 2 cm.
MO' = L



2.1 Représenter sur un schéma le champ électrique $\vec{E}$ et la force électrique $\vec{f}$ qui agissent sur les électrons entre les deux armatures.
2.2 Déterminer l'accélération des électrons entre les deux plaques dans le système d'axes (Ox ;Oy). Etablir l'équation de leur trajectoire sous la forme $y = Kx^2$ où K est une constante fonction de U, U_0 et d.
2.3 Exprimer en fonction de l, d et U_0 la condition sur U pour que les électrons puissent sortir du condensateur AB sans heurter une des armatures.

Calculer cette valeur limite de la tension U.

3. Le faisceau d'électron arrive ensuite sur un écran fluorescent E situé à la distance L du centre de symétrie M des plaques.

3.1 Exprimer le déplacement Ym du spot sur l'écran en fonction de U, l, L, d et U_0.

EXERCICE 6

Au cours d'une compétition de basket-ball au palais des sports de Treichville un basketteur A, tire en direction du panier constitué par un simple cercle métallique, dont le plan horizontal est situé à 3,05 m du sol.

Lorsque le ballon est lancé par le joueur A :

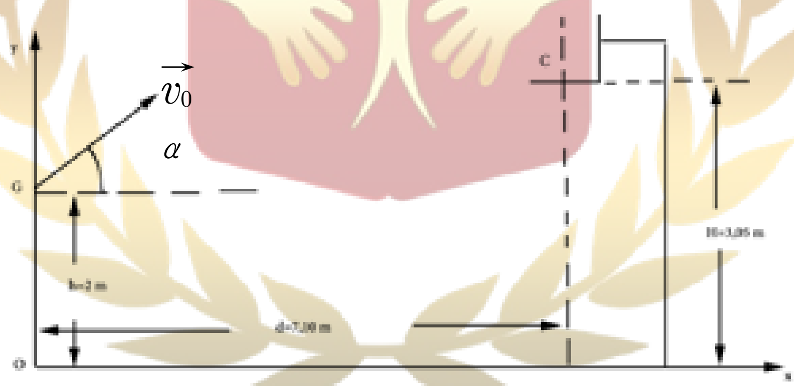
Le centre O du ballon est à 2,00m du sol ;

La distance séparant les verticales passant par le centre du panier et G est 7,10 m ;

Sa vitesse $\vec{v_0}$ fait un angle $\alpha = 45°$ avec l'horizontale (voir figure).

Le panier est marqué ou réussi lorsque le centre du ballon passe par le centre du panier.

On néglige l'action de l'air sur le ballon.



Données numériques

Masse du ballon : m=0,60 Kg ; g=9,80 ms^{-2}

1.

1.1. Etablir que l'équation de la trajectoire de G dans le repère (OX, OY) est :

$$y = -\frac{gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha + Y_G \text{ avec } Y_G = 2\ m$$

1.2. Montrer que Y peut se mettre sous la forme :

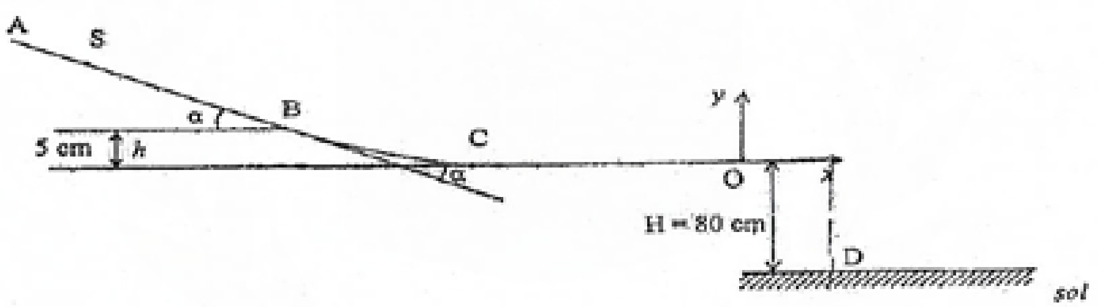
$$y = -\frac{9,8}{v_0^2}x^2 + x + 2$$

2. Calculer la valeur de v_0 pour que le panier réussi.

3. Dans la suite de l'exercice, la valeur de la vitesse du ballon au départ est $v_0 = 9,03\ m.s^{-1}$.
3.1. Etablir et calculer la durée nécessaire au ballon pour parvenir au centre du panier.
3.2. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la valeur de la vitesse du ballon lorsque le panier est marqué.
3.3. Un joueur B de l'équipe adverse, situé à 0,90 m du joueur A, entre celui-ci et le panier, tente maintenant d'empêcher le tir en levant verticalement les bras. La hauteur atteinte par B est 2,70m.
Si le ballon part avec la même vitesse $\overrightarrow{v_0}$ que précédemment, le panier sera-t-il marqué ?

EXERCICE 7

Dans cet exercice, tous les frottements sont négligés.
On étudie le mouvement d'un solide S supposé ponctuel, de masse m, qui glisse sur la piste schématisée ci-dessous, située dans un plan vertical.



- La partie CO est rectiligne et horizontale.
- La partie BC est curviligne,
- La partie AB, rectiligne, de longueur L, fait l'angle α avec la partie horizontale CO. On suppose que les parties AB et CO sont respectivement tangentes en B et C à la courbe BC.

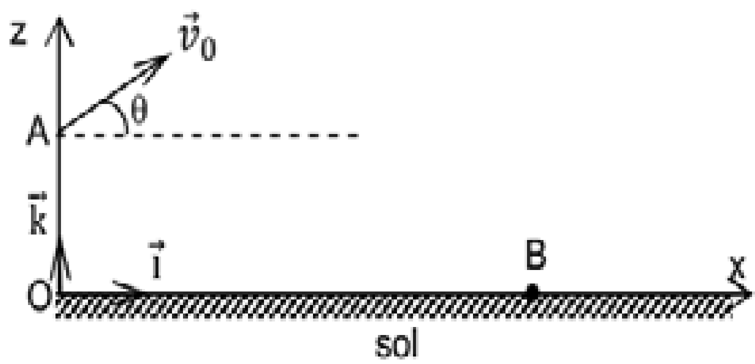
On appelle h la différence d'altitude entre les points B et C.
On donne $g = 10\ m.s^{-2}$
$m = 100g$
AB = L = 30 cm
$\alpha = 12°\ (\sin\alpha = 0,208; \cos\alpha = 0,978)$
h = 5 cm.

1. Mouvement sur la partie rectiligne AB.
Le solide S est lâché en A sans vitesse initiale.
1.1. Faire le bilan des forces extérieures exercées sur S. Les représenter sur un schéma.

1.2. Exprimer l'intensité a du vecteur accélération de S, en fonction de g et α.
1.3. Calculer la valeur numérique de a.
1.4. Calculer la durée t du trajet AB.
1.5. Exprimer V_B, la vitesse de S en B en fonction de a et L et la calculer.
2. Mouvement sur la partie BC
Calculer V_C vitesse de S en C.
3. Mouvement sur la partie horizontale CD
Le solide S atteint le point O et fait une chute. On suppose qu'à l'instant $t = 0$, le solide S est en O.
3.1. Déterminer les équations horaires du mouvement de S.
3.2. Etablir l'équation de sa trajectoire.
3.3. Déterminer les coordonnées du point de chute (D) de S.
3.4. Calculer sa vitesse au sol.

EXERCICE 8 **Le lancer du poids**

Au cours d'une séance d'Education Physique et Sportive (EPS), Yao est choisi comme premier lanceur. Il soulève le « poids » de masse m = 5,00 kg, de centre d'inertie G et le lance dans l'espace de réception. Lorsque l'objet quitte sa main:
- le centre d'inertie G se trouve au point A tel que OA = h = 1.70 m;
- le vecteur vitesse $\vec{v_0}$ fait un angle θ avec le plan horizontal.
Lorsque le « poids » arrive au sol, G coïncide avec le point B.
On prendra t = 0 l'instant où le « poids » quitte la main au point A.

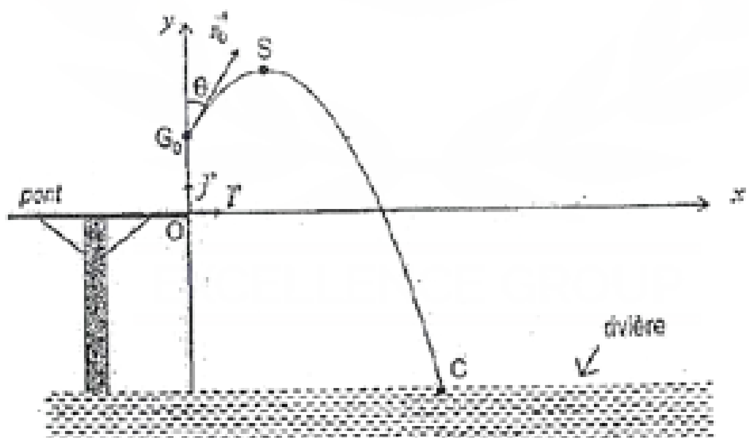


On négligera l'action de l'air et on prendra g = 9,80 m.s^{-2}.
1. -Etablir les équations horaires du mouvement de G dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$ puis l'équation cartésienne de la trajectoire.
2. Donner la nature de la trajectoire et la tracer qualitativement.
Yao effectue trois essais et on retient la meilleure performance.
3. Premier essai : $\theta = 30°$, OB = X_1 = 8,74 m.
3.1 Déterminer l'expression de:

3.1.1. La vitesse v_0 en fonction de g, θ, X_1, et h.
3.1.2. La hauteur maximale H_{max} par rapport au sol atteinte par le « poids ».
3.2. Calculer la valeur numérique de v_0 et de H_{max}.
4. <u>Deuxième essai</u>: $\theta = 45°$, v_0 a la même valeur qu'au premier lancer et OB = X_2.
Déterminer X_2. Comparer X_1 et X_2.
5. <u>Troisième essai</u> : $\theta = 60°$, $v_0 = 8{,}60$ ms^{-1} ; OB = X_3
5.1 Déterminer X_3.
5.2 Comparer X_2 et X_3.
6.
6.1 Quel est le meilleur essai ?
6.2 Pour une vitesse initiale donnée, comment doit-on lancer le « poids » pour obtenir la meilleure performance?

EXERCICE 9 Le saut de l'ange

Pour se baigner, des enfants sautent du point O d'un pont et plongent dans la rivière dont le niveau est 3 m plus bas. On se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie d'un plongeur. On négligera dans tout l'exercice le mouvement de rotation du plongeur autour de son centre d'inertie G ainsi que les frottements avec l'air. Le repère d'étude est $(O, \vec{i}, \vec{j})$ (voir schéma). On prendra g = 9,1 m.s^{-2}.



Après s'être lancé, le plongeur quitte le pont qui sert de tremplin à la date t = 0 avec un vecteur vitesse $\vec{v_0}$ incliné de $\theta = 30°$ par rapport à la verticale. Son centre d'inertie est alors au point G_0 de coordonnées X_0 = 0 m , Y_0 = 1 m.
1. Etablir les équations horaires X(t) et Y(t) du mouvement du centre d'inertie dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.
En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.
2. Le plongeur est au sommet de sa trajectoire au point S d'abscisse X_S = 1,1 m.

Déterminer:
2.1. L'expression de v_0 en fonction de X_S, g et θ, puis calculer sa valeur.
2.2 L'ordonnée du sommet S.
3. Le plongeur pénètre dans l'eau en C. (On prendra $v_0 = 5\ m.s^{-1}$).
3.1 Déterminer la distance d entre les verticales passant par O et C.
3.2 Calculer la durée du saut.
3.3 Déterminer la valeur de sa vitesse en C. (On appliquera le théorème de l'énergie cinétique)

EXERCICE 10 Le jeu de Volley-ball

Les parties I et II sont indépendantes. On prendra $g = 9.8\ m.s^{-2}$.
Au cours d'un match de volley-ball, un joueur effectue le service. Le service est réussi si la balle passe au-dessus du filet et tombe à moins de 9 m derrière celui-ci.

I. Première phase
Le joueur lance la balle verticalement vers le haut d'un point A situé à une hauteur hA = OA = 1,80 m du sol. La balle atteint le sommet de sa trajectoire au point B tel que hB = OB = 3.10 m. (voir figure).

1. Déterminer la vitesse V_A avec laquelle la balle a été lancée en A
2. Etablir l'expression de la vitesse $v(t)$ du centre d'inertie G de la balle dans le repère $(O, \vec{k})$.
3. Déterminer la durée du trajet AB.

II. Deuxième phase
Il frappe la balle quand celle-ci est au point B et lui communique une vitesse v_0 horizontale.
1. Etablir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de G dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$ (voir feuille annexe). En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire. L'instant où la balle quitte le point B est choisi comme origine des

dates.

2. La balle passe par le point C de coordonnées $x_0 = 9{,}3$ m et $z_c = 2{,}5$ m, situé à la verticale du filet.

2.1 Exprimer la vitesse v_0 en fonction de g, x_c, z_c et z_B.

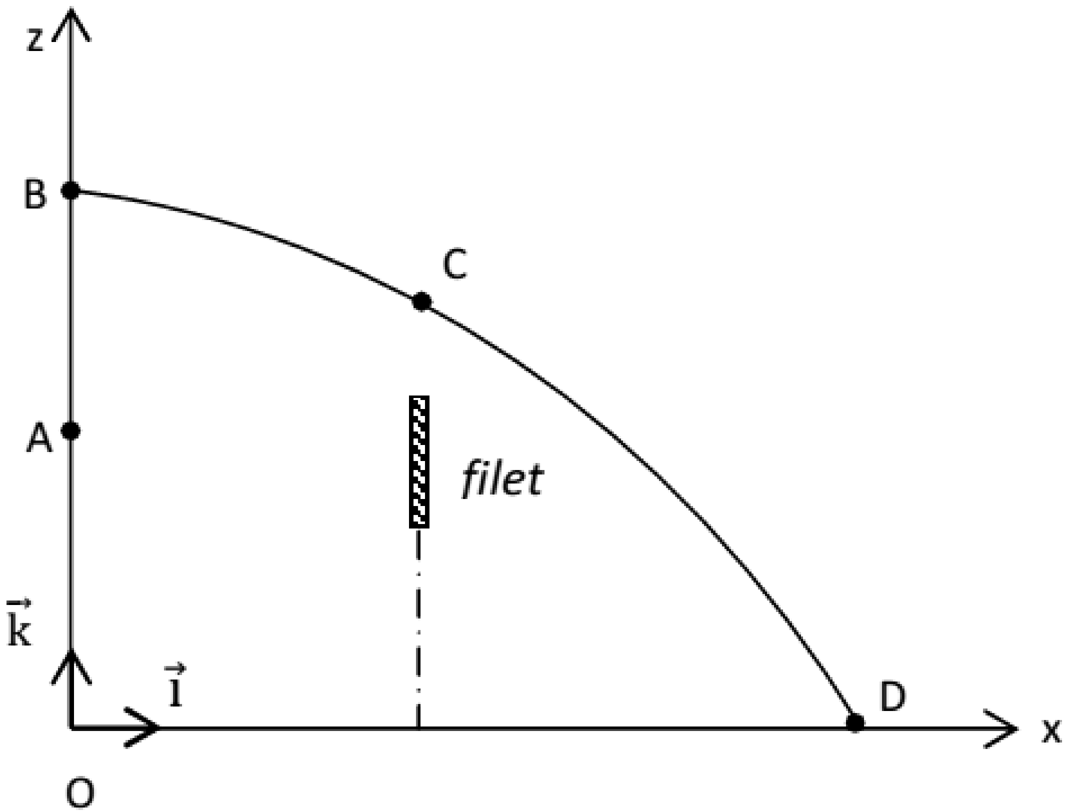
2.2 Représenter sur la courbe en annexe les vecteurs vitesse $\vec{v_0}$ et $\vec{v_c}$ selon une échelle de votre choix.

3. La balle tombe sur le sol au point D.

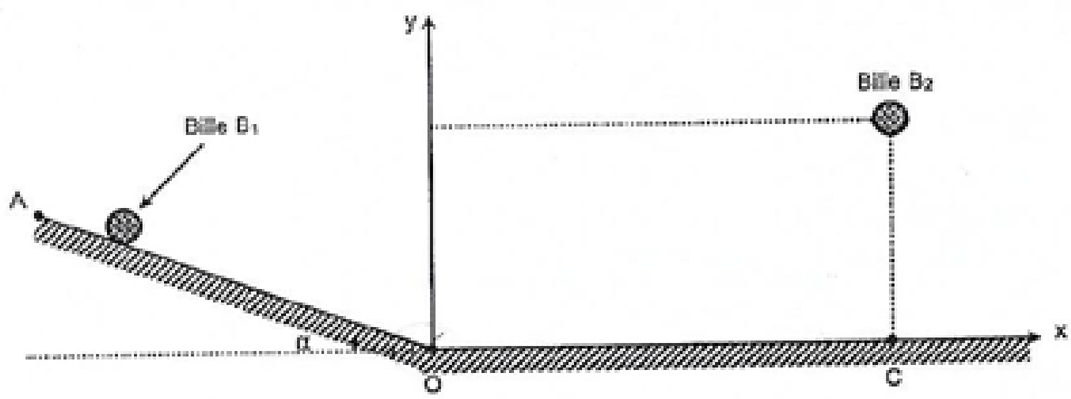
3.1 Calculer l'abscisse x_D du point D. On prendra $v_0 = 26{,}6$ m.s^{-1}.

3.2 Le service est-il réussi ? Justifier votre réponse.

Annexe à rendre avec la copie



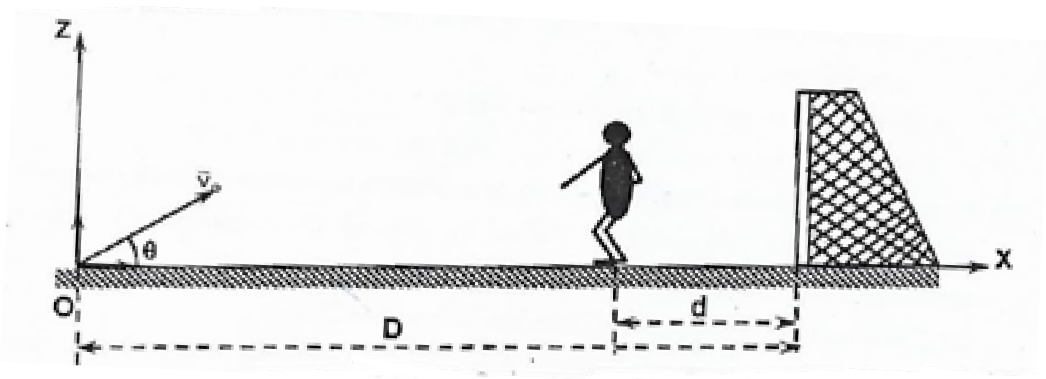
EXERCICE 11



Une bille B_1, supposée ponctuelle, de masse m_1, est abandonnée sans vitesse initiale en A.
Elle glisse alors sur la piste AOC représentée par la figure ci-dessus.
On donne: $m_1 = 100g$; $g = 9{,}8 m/s^2$; $\alpha = 30°$; OA = 1m ; $f = 0{,}3$ N.
1. Lors du parcours AO, la bille B_1 est soumise à une force de frottement $\vec{f}$.
1.1 Faire l'inventaire des forces qui agissent sur la bille B_1.
1.2. Représenter ces forces sur un schéma.
1.3. Déterminer l'accélération a_1 de la bille B_1.
1.4. En déduire la nature du mouvement de la bille B_1.
1.5. Déterminer la valeur de la vitesse V_0 de la bille B_1 à son arrivée au point O.
2. Lors du parcours OC, les forces de frottements sont supposées négligeables.
2.1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur la bille B_1.
2.2. Déterminer l'accélération a_1' de la bille B_1.
2.3. En déduire la nature du mouvement de la bille B_1.
2.4. Donner la valeur V_C de ta vitesse en C.
3. A la verticale passant par le point C, à une hauteur h = 2 m, on accroche une bille B_2 de masse $m_2 = m_1$.
Au passage de B_1 en O, on lâche sans vitesse initiale la bille B_2.
On choisit comme origine des espaces le point O et origine des dates l'instant t où la bille B_1 arrive au point O.
3.1. Déterminer les équations horaires du mouvement de la bille B_1.
3.2. Déterminer les équations horaires du mouvement de la bille B_2.
3.3. Déterminer la distance OC pour que les billes B_1 et B_2 se croisent en C.

EXERCICE 12

Les forces de frottement dues à l'air sont négligés et le ballon est assimilé à un point matériel de masse m. Au cours d'une phase de jeu de football, Bilé, un attaquant, voyant la position avancée du gardien de but adverse, tente de marquer le but en lobant ce dernier. Le gardien de but se trouve à une distance d = 5 m de la ligne de but.



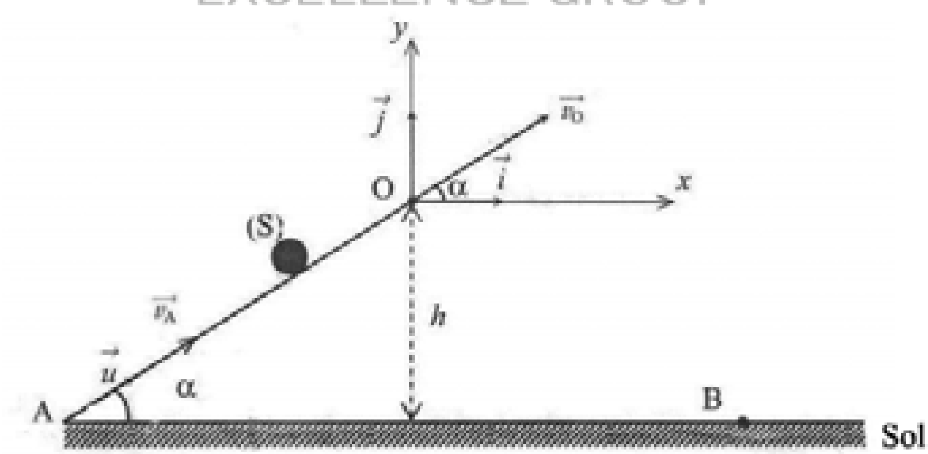
Bilé communique au ballon placé au point O, à une distance D = 35 n de la ligne de but une vitesse dont la direction fait un angle θ avec le plan horizontal. On prendra comme origine des dates l'instant où Bilé frappe le ballon et comme origine des espaces le point O.

1. Etablir les équations horaires x(t) et z(t) en fonction de V_0, g et e du mouvement du centre d'inertie G du ballon dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$.
2. Faire l'application numérique.
3. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire et donner sa nature.
4. Déterminer:
4.1. La date t_1 à laquelle le ballon arrive sur la ligne de but.
4.2. La hauteur h par rapport au sol à cette date t_1.
5. A la date t = 0 où Bilé frappe le ballon, un défenseur de l'équipe du gardien qui se trouvait sur la même ligne que lui à la distance d de la ligne de but, s'élance sans vitesse initiale vers les buts avec une accélération a = 3 m/s². Il voudrait empêcher le but. Pour cela, il faut qu'il arrive avant le ballon sur la ligne de but. Son mouvement est rectiligne suivant l'axe (Ox).
5.1. Montrer que l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie du défenseur selon l'axe (Ox) est : $x(t) = 1,5t^2 + 30$.
5.2. Déterminer la date t_2 à laquelle le défenseur arrive sur la ligne de but.
5.3. Le but est-il marqué ? Justifier votre réponse.

Données: $g = 10\ m.s^{-2}$; $\theta = 30°$; $V_0 = 21\ m.s^{-1}$; D = 35m ; d = 5m.

EXERCICE 13

Un mobile (S) de masse *m* assimilable à un point matériel se déplace sans frottement sur la piste AO située dans un plan vertical. La piste AO est rectiligne et fait un angle α avec le plan horizontal. (Voir figure ci-dessous).



Des élèves étudient le mouvement de (S) sur AO et au-delà du point O.

1. **Étude du mouvement du centre d'inertie du mobile sur la partie AO de la piste**

Le mobile est lancé à partir du point A avec une vitesse $\overrightarrow{V_A}$ et arrive en O avec une vitesse $\overrightarrow{V_O}$ de valeur V_O = 1 m.s^{-1}. Il est animé d'un mouvement dont l'accélération est $\vec{a} = a_n \vec{u}$ ($\vec{u}$ est le vecteur unitaire colinéaire à $\overrightarrow{OA}$).

1.1 Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur le mobile et les représenter sur un schéma. 1.2 Déterminer :

1.2.1 La valeur algébrique a_u de l'accélération du mobile ;

1 .2.2 La nature du mouvement du mobile ;

1.2.3 la valeur V_A de la vitesse communiquée au mobile au point A en appliquant le théorème de l'énergie cinétique.

2. **Étude du mouvement du mobile dans le repère** $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

Après le point O, le mobile est soumis au champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.

2.1 Déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$.

2.2 Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire est :

$y = - 6{,}67x^2 + 0{,}577x$.

2.3 En déduire la nature de cette trajectoire.

2.4 Déterminer :

2.4.1 les coordonnées x_B et y_B du point de chute B du mobile sur le sol ;

2.4.2 la vitesse V_B du mobile au moment où il entre en contact avec le sol.

On donne : m = 0,250 kg ; α = 30° ; h = 0,75 m ; g = 10 m.s^{-2}.

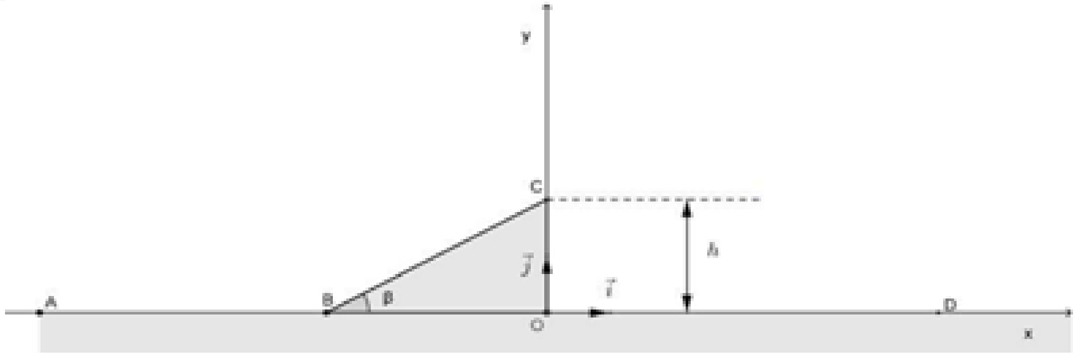
EXERCICE 14

On considère un cascadeur à moto sur un trajet ABC. Ce trajet comporte une partie rectiligne et horizontale AB et un tremplin BC incliné d'un angle par rapport à l'horizontale. On étudie le mouvement du centre d'inertie G de l'ensemble (cascadeur-moto).

Le cascadeur part du point A sans vitesse initiale à la date t_0 et arrive au point B à la date t_B avec une vitesse V_B. Le mouvement sur le trajet AB est rectiligne et uniformément varié.

Ensuite, il aborde le tremplin avec la vitesse acquise en B. Sur ce tremplin, le mouvement est maintenu uniforme. Au point C, il quitte le tremplin et effectue un saut dans l'air pour atterrir au point D (voir figure).

Données : $t_0 = 0\ s$, $t_B = 6\ s$, $V_B = 30\ m.s^{-1}$, $\beta = 30°$, $g = 10\ m.s^{-2}$, $h = OC = 3\ m$.



1. **<u>Étude du mouvement sur AB</u>**

1.1. Préciser le système et le référentiel.

1.2. Déterminer l'accélération du centre d'inertie du système.

2. <u>Étude du mouvement sur le tremplin BC</u>

2.1. Montrer que : $V_C = V_B$.

2.2. Préciser la direction du vecteur-vitesse $\vec{V_C}$ par rapport à l'horizontale.

3. **<u>Étude du mouvement au-delà du point C</u>**

3.1. Donner les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{V_C}$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$

3.2. Énoncer le théorème du centre d'inertie.

3.3. Établir les lois horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du solide G.

3.4. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire du solide G.

3.5. Déterminer :

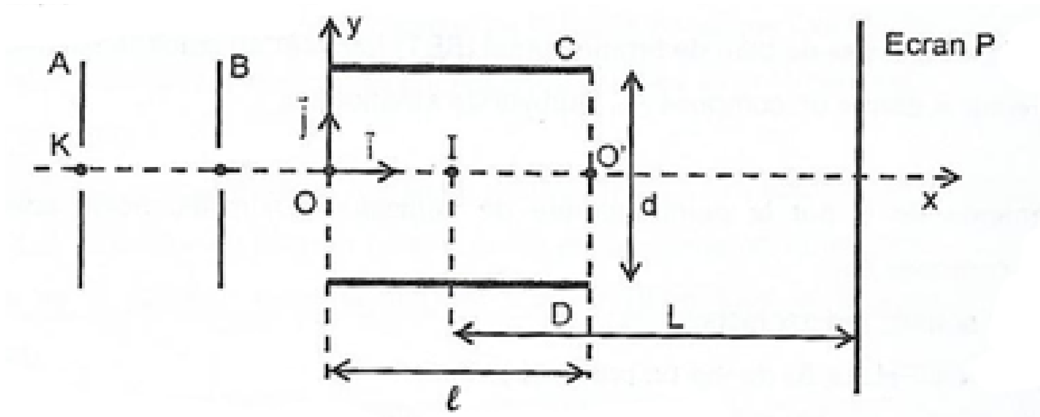
3.5.1. L'altitude maximale atteinte par le solide G ;

3.5.2. Les coordonnées du point de chute D.

EXERCICE 15

Dans le canon à électrons d'un oscilloscope où règne le vide, les électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale au point K, par un filament chauffé.

Ces électrons sont ensuite accélérés par la tension U_{AB} entre les plaques verticales A et B. À la sortie de ces plaques, ils pénètrent en O entre deux autres plaques horizontales C et D où ils sont déviés par le champ électrostatique uniforme E qui y règne. Ces électrons sont reçus sur l'écran P de l'oscilloscope, situé à une distance L du milieu I des plaques C et D (voir schéma ci-dessous).



Données: masse de l'électron: $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg;
charge de l'électron: $q = -e = -1{,}6.10^{-19}$ C;
$U_{CD} = 100$ V ; $|U_{AB}| = 300$ V; $\ell = 2$ cm ; $d = 1$ cm ; $L = 25$ cm.

1. Étude de l'accélération des électrons

1.1.Ènonce le théorème de l'énergie cinétique.

1.2. Détermine le signe de la tension U_{AB}.

1.3. Établis en fonction de e, m et U_{AB}, l'expression de la vitesse v_B des électrons à la sortie des plaques A et B.

1.4. Calcule la vitesse v_B .

2. Étude du mouvement des électrons au-delà des plaques A et B

On admet que $\vec{v_B} = \vec{v_0}$ est la vitesse de l'électron en O)

2.1. Énonce le théorème du centre d'inertie.

2.2. Détermine le sens de déviation du spot par rapport à l'horizontale sur l'écran de l'oscilloscope.

2.3. Représente qualitativement la force électrostatique $\vec{F}$ s'exerçant sur un électron.

2.4. Détermine

2.4.1. Les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement d'un électron dans le champ électrostatique $\vec{E}$ en appliquant le théorème du centre d'inertie.

2.4.2. L'équation cartésienne y(x) de la trajectoire

2.4.3. Les coordonnées du point S à la sortie des plaques C et D;

2.4.4. La déviation linéaire Y d'un faisceau d'électrons sur l'écran P de l'oscilloscope.

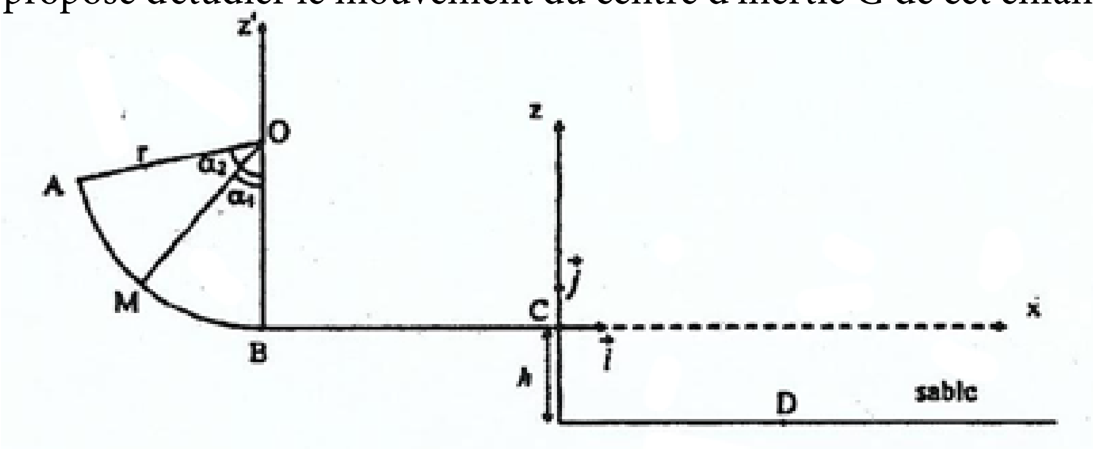
EXERCICE 16

Dans la cour d'une école maternelle se trouve une glissière dont le profil est représenté dans le plan vertical. Cette glissière est constituée:

- D'un arc de cercle AB de rayon r,
- D'une partie rectiligne BC, de longueur L, située à une hauteur h du sol.

Un enfant de masse m est en mouvement sur cette glissière.

On se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie G de cet enfant.



1. Etude du mouvement sur AB

Sur ce trajet, l'enfant part sans vitesse initiale du point A. Les forces de frottements sont négligées. La position du centre d'inertie G est repérée au point M par l'angle $\alpha_1 = (\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OB})$

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à l'enfant en M et les représenter.

1.2. Déterminer l'expression de la vitesse v_M en fonction de g, r, α_1 et α_2 en utilisant le théorème de l'énergie cinétique entre A et M.

1.3. Déduire l'expression de v_B au point B.

1.4. Calculer v_B.

2. Etude du mouvement sur BC

L'enfant aborde la partie rectiligne BC avec la vitesse v_B .= 3 $m.s^{-1}$. Sur cette partie, les frottements sont équivalents à une force constante $\vec{f}$ de même direction et de sens opposé au vecteur-vitesse. Il atteint le point C avec la vitesse v_C = 1,2 $m.s^{-1}$.

2.1. Déterminer la valeur algébrique a_x de l'accélération $\vec{a}$ du mouvement de G.

2.2. Faire le bilan des forces exercées sur l'enfant. Représenter qualitativement ces forces.

3.3. Déterminer la valeur f de la force de frottements $\vec{f}$ en utilisant le théorème du centre d'inertie.

3. Etude du mouvement au-delà de C

L'enfant quitte la piste au point C et atterrit dans le .sable au point D sous l'action de son poids. L'instant de passage en C est pris comme origine des dates.

3.1. Montrer que son mouvement est uniformément varié.

3.2. Etablir dans le repère (C, $\vec{i}$, $\vec{j}$) les équations horaires x(t) et z(t).

3.3. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire z = f(x) du mouvement de G.

3.4. Déterminer .au point de chute D

3.4.1. Les coordonnées x_D et z_D,

3.4.2. La vitesse de chute v_D.

Données: m = 10kg ; g = 10 m.s-2 ; r = 1 m ; h = 10 cm ; BC = L = 1 m ; α_2 = 60°.

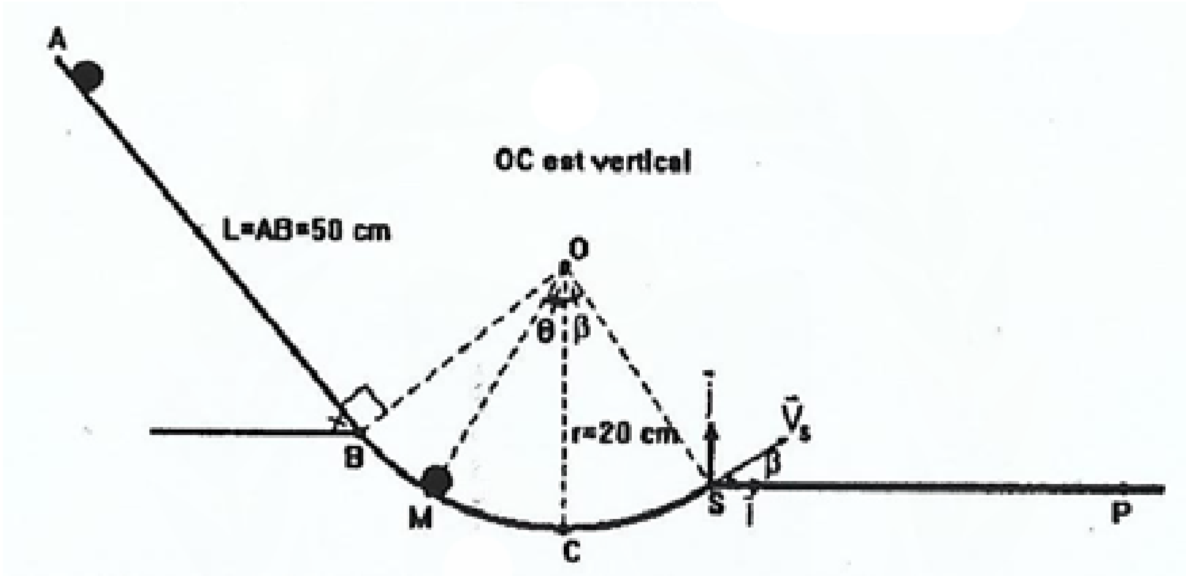
EXERCICE 17

Une bille de masse m = 30g se déplace sans frottement sur un trajet ABS représenté ci-dessous: AB est un plan incliné de longueur AB = L = 50 cm faisant un angle α = 30° avec l'horizontale et BC est un arc de cercle de centre O et de rayon r = 20 cm.

Donnée: g = 9,8 N/kg Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Partie 1: Étude du mouvement du solide sur le clan incliné

A l'instant initial t = 0s, la bille est lâchée sans vitesse initiale au point A.



1. Déterminer l'expression de l'accélération de la bille sur le plan incliné.
2. En déduire la nature du mouvement.
3. Déterminer l'équation horaire de la bille sur le plan incliné (le point A étant choisi comme origine des espaces).
4. Déterminer la date et la vitesse de la bille lors de son passage au point B.

Partie 2: étude du mouvement de la bille dans la glissière

La bille aborde la partie circulaire $\widehat{BS}$ avec une vitesse V_B = 2,20 m.s^{-1}.

La bille est repérée au point M par son abscisse angulaire $\theta = \widehat{MOC}$

1. Exprimer la vitesse de la bille en M en fonction de g, r, θ, α et V_B sachant que $\widehat{BOC} = \alpha$
2. Exprimer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ de la bille en fonction de g, r, θ, V_B et α.
3. En quel point cette réaction est-elle maximale? Justifier et calculer cette valeur.
4. Déterminer la vitesse de la bille au point S sachant que $\beta = \widehat{\cos} = 20°$

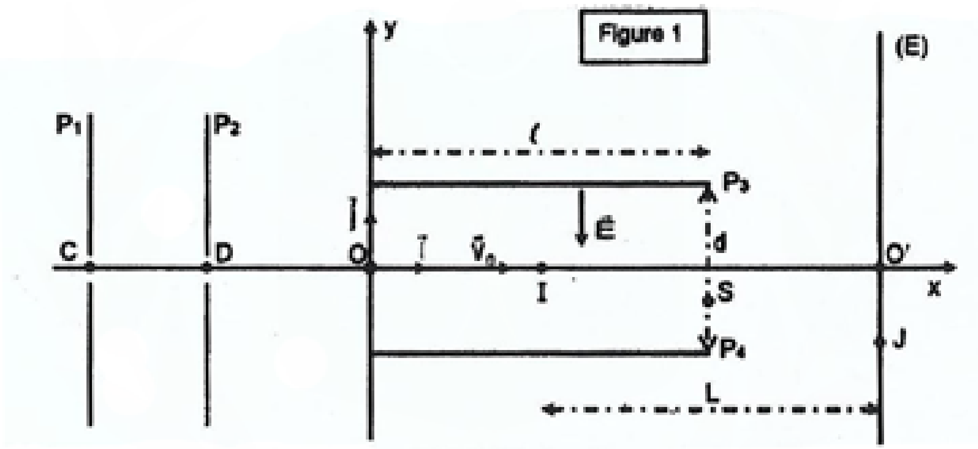
Partie 3: Mouvement de chute libre de la bille

La bille quitte à t = 0 le plan au point S avec une vitesse V_S = 2,26 m.s^{-1} faisant un angle β avec l'horizontale.

1. Etablir les équations horaires du mouvement de la bille dans le repère ($S, \vec{i}, \vec{j}$)
2. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille.
3. Quelle est la nature du mouvement?
4. Déterminer la flèche et l'abscisse du point d'impact P

EXERCICE 18

Dans tout l'exercice, on suppose que le mouvement des protons a lieu dans le vide et on néglige leur poids par rapport aux autres forces. On considère le dispositif de la figure 1. Des protons sont émis en C avec une vitesse quasiment nulle, puis accélérés entre les points C et D des plaques P_1 et P_2



1-Préciser le signe de la tension U_{CD} pour que les protons soient accélérés. Justifier la réponse.

2-On posera pour la suite $|U_{CD}| = U$

2.1. Exprimer la vitesse d'un proton en D en fonction de U, e et m_p .

2.2. Calculer V_D

3-Après la traversé de la plaque P_2 en D, les protons pénètrent en O entre deux plaques parallèles. P_3 et P_4 de longueur ℓ et distantes de d. La tension U' à ces plaques crée un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$.

Donnée: $\ell = 20$ cm et d = 7 cm

3.1. Montrer que l'énergie cinétique d'un proton se conserve entre D et O.

3.2. Etablir dans le repère($O, \vec{i}, \vec{j}$) les équations horaires du mouvement d'un proton dans la région limitée par les plaques P_3 et P_4 .

3.3. Vérifier que l'équation de la trajectoire peut s'écrire : $y = -\frac{U'}{4dU}x^2$

3.4. Déterminer la condition à laquelle doit satisfaire la tension U' pour que les protons sortent du champ électrostatique $\vec{E}$ sans heurter la plaque P_4.

3.5. Déterminer U' pour que les protons sortent du champ en passant par le point S de coordonnées $\left(\ell ; -\frac{d}{5}\right)$

4-A la sortie du champ électrostatique par le point S,les protons sont reçus en un point J, sur un écran plat et placé perpendiculaire à l'axe Ox.

4.1. Représenter qualitativement la trajectoire d'un proton entre les points O et J.

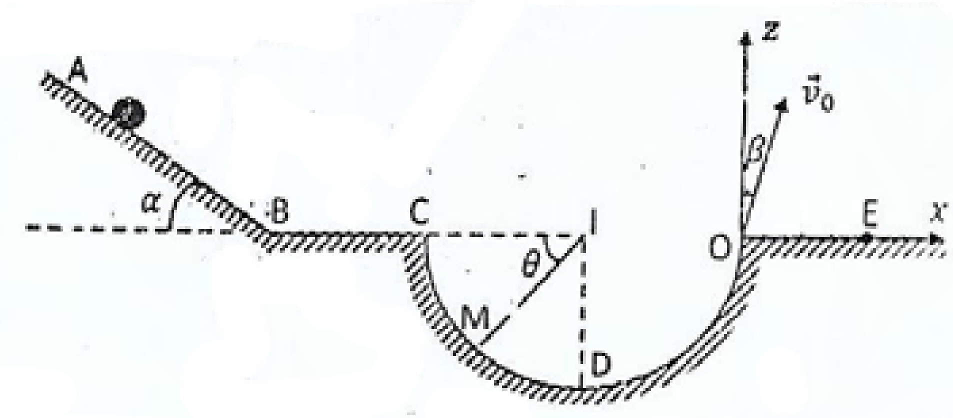
4.2. Etablir l'expression littérale de la déviation O'J du spot sur l'écran (E).

4.3. Calculer la distance O'J.

On donne : L = 20 cm ; U = 10^3 V ; m_p= 1,67.10^{-27} Kg ; OI = $\frac{\ell}{2}$; e = 1,6.10^{-19}C

EXERCICE 19

Une bille ponctuelle de masse m est abandonnée sans vitesse initiale en A. Elle glisse alors sur une piste ABCDOE représentée par la figure ci-dessous.



On donne :m= 100g ; g = 9,8 m.s^{-2} ; α =25°; f = 0,2N ; AB = l = 2m ; r = 20 cm ; BC = L' = 1m.

1.Lors du parcours ABC, la bille est soumise à des frottements représentés par une force unique opposée au vecteur vitesse et de valeur f.

1.1. Déterminer l'accélération a_1 de la bille au cours de son mouvement sur le trajet AB.

1.2. Calculer sa vitesse V_B à son arrivée au point B.

1.3. Calculer son accélération a_2 au cours du déplacement BC.

1.4. Exprimer sa vitesse V_C à son arrivée en C en fonction de g, α, L, f, L' et m. Faire l'application numérique .

2.Lors du parcours CDO, les frottements sont supposés négligeables.

2.1. Etablir l'expression de la vitesse de la bille lorsqu'il passe en M en fonction de g,V_0, θ et r.

2.2. En déduire sa vitesse aux points D et O.

3. Le raccordement en O est tel que la bille quitte ce point situé au même niveau

que C avec le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ faisant un angle β = 20° avec la verticale passant par ce point. On donne $V_0 = 2,13\ m.s^{-1}$

3.1 Etablir, dans le repère indiqué sur la figure, l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille.

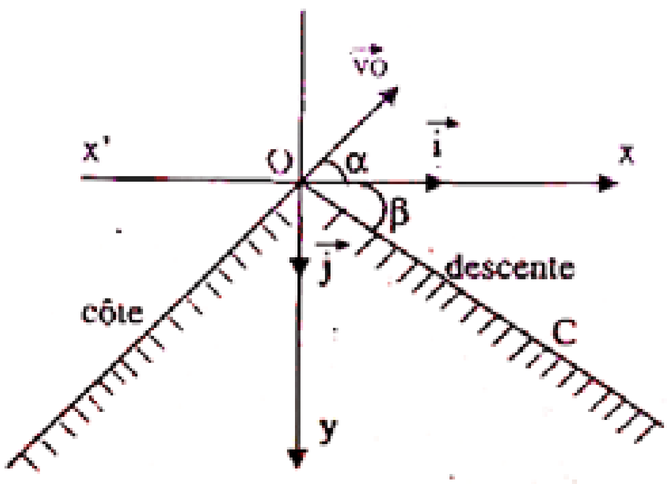
3.2. Déterminer les coordonnées du point de chute E de la bille.

3.3. La bille arrive au point E avec une vitesse $\overrightarrow{v_E}$. Donner les caractéristiques (norme et direction) de $\overrightarrow{v_E}$.

EXERCICE 20

Roukia suit à la télé le reportage d'un sport d'hiver. Le présentateur décrit le mouvement spectaculaire d'un skieur en ces termes : « Le skieur parcourt une côte inclinée d'un angle α sur l'horizontal. Au sommet O de cette côte, sa vitesse a pour valeur Vo. Après le sommet O se présente une descente inclinée d'un angle β sur l'horizontale. Le skieur accomplit alors un saut et reprend contact avec la piste en un point C ».

Roukia schématise ce parcours et ses propose d'étudier le mouvement du skieur.



- Vitesse : Vo = 12 m/s
- Angle de la côte : α = 40°
- Angle de la descente β = 45°
- Intensité de la pesanteur : g = 10 m/s2
- Les frottements et la résistance de l'air sont négligeables
- L'étude du mouvement du skieur sera faite dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ (voir schéma)
- Le skieur sera considéré comme un point matériel.

<u>Etudier le mouvement du centre d'inertie du skieur après le saut en O.</u>

1) Déterminer par les calculs la nature de la trajectoire correspondant au saut du skieur.

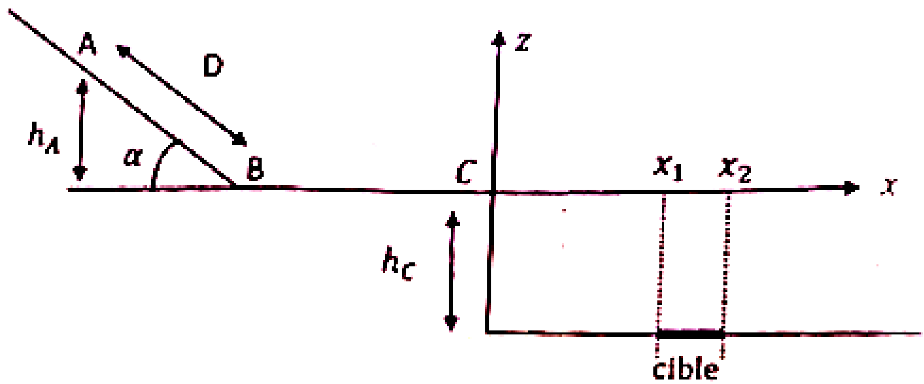
2) Déterminer les coordonnées du point d'atterrissage C du skieur sur la descente.

3) Calculer la longueur OC.

4) Déterminer la durée du saut.

EXERCICE 21

Le jeu schématisé ci-dessous consiste à placer un boulet sur un plan incliné de telle façon qu'il atteigne la cible. Le boulet est tout d'abord lâché en A sans vitesse initiale. Le système étudié est le boulet que l'on assimile à un point.
Toute l'étude est dans un référentiel galiléen.
On néglige les frottements dans tout l'exercice.
Données : $\alpha = 30°$; D = AB = 0,50 m ; L = BC = 0,20 m ; $h_C = 0,40$ m ; m = 10g ; $g = 9,8$ m.s^{-2}.



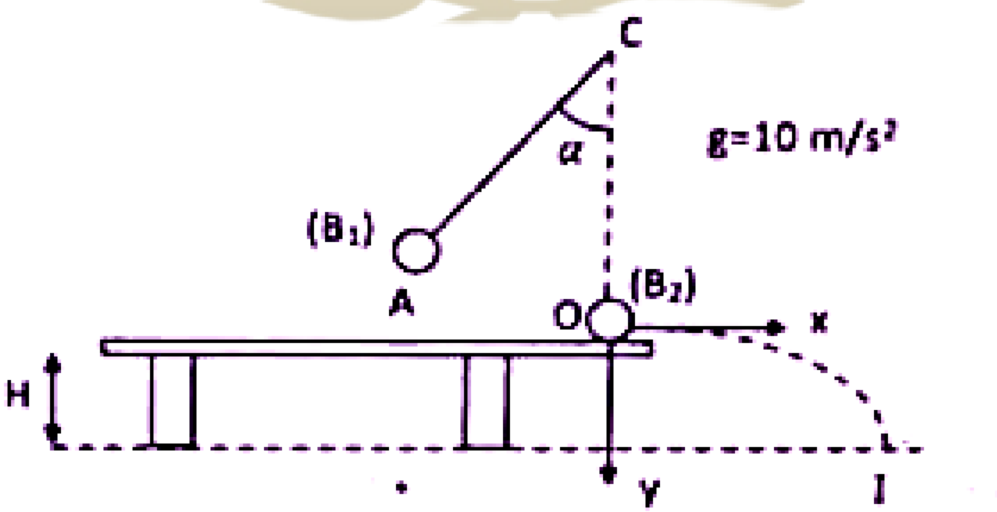
1) Etude du mouvement du boulet entre A et B.
1.1) Le système étudié est le boulet une fois lâché en A.
Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur le boulet.
Représenter ces forces sur un schéma sans considération d'échelle.
1.2) On choisit l'altitude du point C comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : Epp =0 pour Zc = 0.
1.2.1) Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur au point A et vérifier qu'elle vaut Epp(A) = 2,5.10^{-2} J.
1.2.2) En déduire l'expression puis la vakleur de l'énergie mécanique du système au point A.
1.2.3) En déduire la valeur de l'énergie mécanique du système au point B. Justifier la réponse.
1.3) Montrer que l'expression de la vitesse au point B est : $v_B = \sqrt{2gD\sin\alpha}$.

2. Etude de la chute du boulet après le point C
On étudie le mouvement du centre d'inertie G du boulet après le point C. L'origine des temps est prise lorsque le boulet est en C.
Le mouvement étant rectiligne et uniforme entre B et C, la vitesse en C est la même qu'en B : $v_C = v_B = 2,2$ m.s^{-1}.
2.1) On précise que l'action de l'air est négligée.
2.1.1) Enoncer la deuxième loi de Newton.
2.1.2) Appliquer cette loi au boulet une fois qu'il a quitté le point C.

2.1.3) Déterminer l'expression des composantes du vecteur accélération en projetant la deuxième loi de Newton dans le repère Cxz (voir figure).
2.2) On rappelle que la valeur de la vitesse au point C est $v_C = 2{,}2$ m.s^{-1} et on précise que le vecteur vitesse au point C a une direction horizontale.

EXERCICE 22

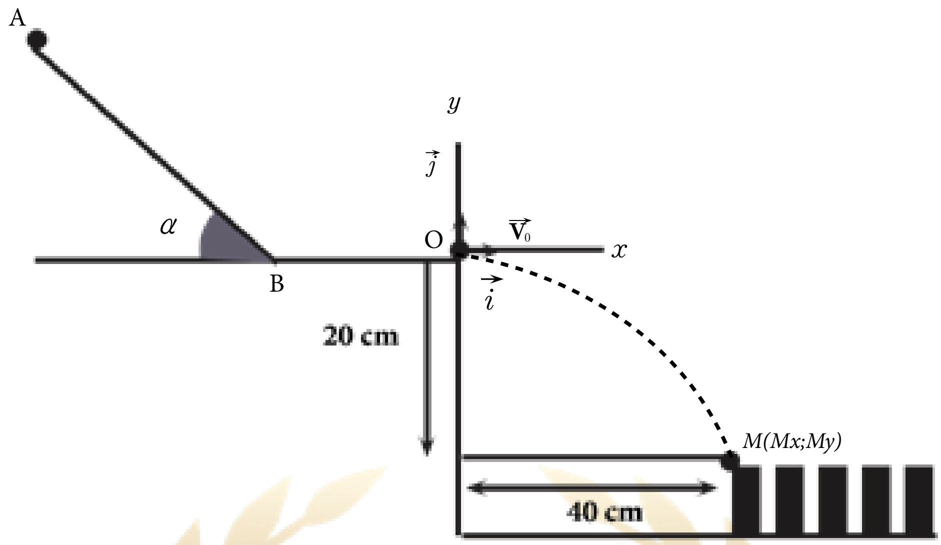
Le dispositif étudié est constitué d'un fil de masse négligeable et de longueur ℓ = 30 cm dont une de ses extrémités C est fixe. A l'autre extrémité est attachée une petite boule (B1) de masse m1 = 40 g assimilable à un point matériel.
Une autre petite boule (B2) supposée ponctuelle, de masse m2 = 20 g est posée sur le rebord d'une table de hauteur H = 80 cm. La boule (B1) est amenée au point A, le fil occupant la position CA telle que l'angle α = 600, puis elle est abandonnée à elle-même sans vitesse initiale.
On négligera l'influence de l'air.
1) Avec quelle vitesse v_1 la boule (B2) vient-elle heurter la boule (B2) placée au point O ?
2) Calculer la tension T du fil quand la boule (B1) passe par le point O.
3) En admettant que le choc est parfaitement élastique, calculer la vitesse v_2 de la boule juste après le choc.
4) Donner, dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ les équations horaires du mouvement de la boule (B2) après le choc puis établir l'équation cartésienne de sa trajectoire dans ce même repère et dire quelle est sa nature ?
5) Calculer les coordonnées du point I d'impact de la boule (B2) sur le sol, puis la durée de son mouvement entre les points O et I.



EXERCICE 23 Dominos-cascade

Un jeu d'enfant consiste à faire tomber les « Dominos » les uns après les autres.
On prépare le départ d'une bille de masse m = 85g pour un « Dominos-cascade », la bille est lâchée sans vitesse initiale à partir du point A d'un plan incliné d'un angle α = 40° par rapport au plan horizontal.
Les forces de frottement qui s'exercent sur la bille sont équivalentes à une force unique $\vec{f}$, parallèle au vecteur vitesse et de valeur constante f = 0,3 N.
La bille glisse, passe par le point B et parvient au point O où elle quitte le plan BO pour atterrir sur le premier domino au point M ; ce qui déclenche la chute en cascade des dominos les uns après les autres (voir figure ci-dessous),
Le point M est situé à une distance d = 40 cm du point O et à une hauteur h = 20 cm en dessous.
On suppose dans l'ensemble de l'exercice que ; le référentiel terrestre est galiléen le temps de l'expérience ; la bille est assimilée à un point matériel et qu'elle glisse sans rouler, les frottements sur le parcourt AO sont de valeur $f = \frac{1}{5}p$, les frottements dus à la résistance de l'aire sont négligeables.
On donne : AB = L = 2m et g = 10 m/s^2.

1) Mouvement de la bille entre A et O.
1.1) Représenter sur un schéma les forces qui s'exercent sur la bille entre A et B.
1.2.) Etablis l'expression de l'accélération a_1 de la bille en fonction de f, m, α et g . Calculer sa valeur.
1.3) En déduire la nature de son mouvement puis établir les équations horaires. On prendra le point A comme origine des espaces et l'instant où on lache la bille, comme instant initial.
1.4) Calculer sa vitesse lors de son passage en B.
2) Mouvement sur BO'
2.1) Calculer l'accélération a_2 de la bille sur ce trajet.
2.2) En déduire la nature du mouvement puis écrire les équations horaires.
3) Mouvement de la bille après O.
3.1) Déterminer, dans le repère (O, x, y), les équations horaires du mouvement de la bille.
3.2) Montrer que l'équation cartésienne de sa trajectoire est : $y = -\frac{g}{2v_0^2}x^2$.
3.3) Etablir en fonction de g , h et d , l'expression de v_0 pour que la bille touche le premier domino au point M. Calculer sa valeur.
3.4) Déduis, avec le théorème de l'énergie cinétique, la vitesse v_M de la bille au point M.



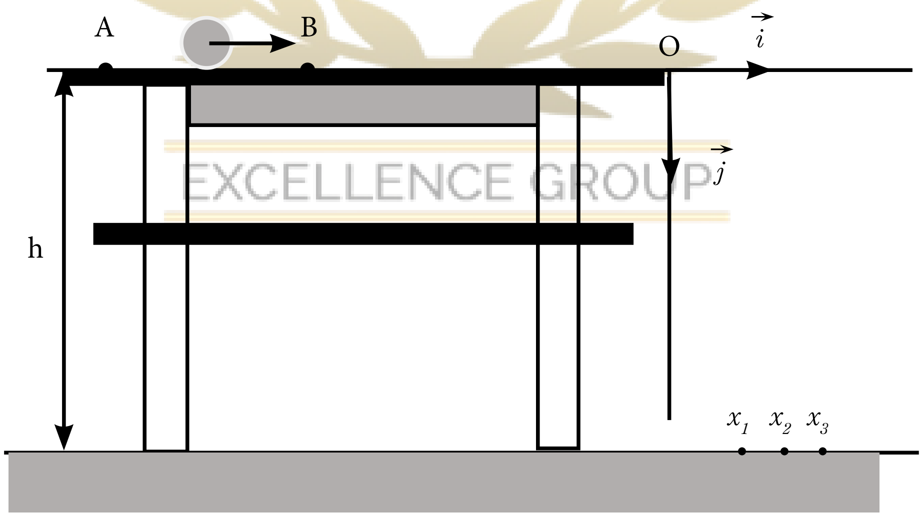
EXERCICE 24

On lance une boule de masse m, initialement au repos, sur une table parfaitement lisse et horizontale.

Elle est lancée grâce à une force F qui agit uniquement sur la partie AB = l, de la table. La boule, après avoir quitté la table est recueillie au sol où un dispositif approprié permet d'afficher les abscisses des points de chute (voir figure ci-dessous).

1) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique vérifie que $v_B^2 = \dfrac{2Fl}{m}$.

2) Montrer que $v_B = v_0$.



3) A partir du point O, la boule quitte la table avec le vecteur-vitesse $\vec{v_0} = v_0\,\vec{i}$ et tombe sur le sol.

3.1) Etablir les équations horaires du mouvement de la boule dans le repère

(O, i, j).

3.2) Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire de la boule est : $y = \frac{mg}{4Fl}x^2$

4) On se propose de déterminer la valeur de la masse m utilisée.

Pour cela, on donne, pour différentes valeurs de F, les abscisses des points de chute pour une hauteur h.

X (m)		0,02	0,04	0,06	0,06	0,08	0,10	0,12
X^2 (m^2)								
F (N).10^{-3}	0	4	16	35	63	98	141	141

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessus :

Reproduis puis complète le tableau.

A partir de la question 3.2) précédente, établis l'expression de F en fonction de m, g, y, ℓ et x.

Tracer la courbe F = $f(x^2)$.

Echelle : abscisse : 1 cm pour 10^{-3} m^2 et ordonnée: 1cm pour 10^{-2} N.

En déduis :

4.4.1) La nature et l'équation de la courbe obtenue.

4.4.2) La valeur de la masse m.

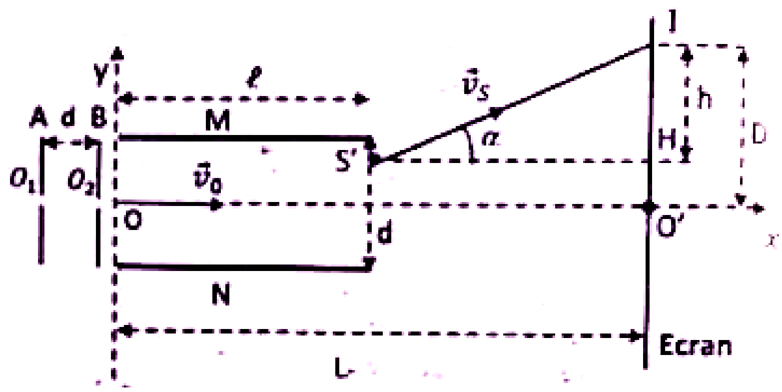
Données : h = 1 m ; g = 9,8 m.s-1 ; AB = ℓ = 1 m

EXERCICE 25

La charge élémentaire : e = 1,6.10^{-19} C ; la masse de l'électron : m = 9,1.10^{-31} kg ; l'effet du poids de l'électron sera toujours négligé.

Etude du canon à l'électron :

Le canon à électron est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à partir d'un point O_1 à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures A et B sont verticales et distantes de d. La différence de potentiel entre les deux plaques est de U_{AB} = U_0 = -1,8 kV.

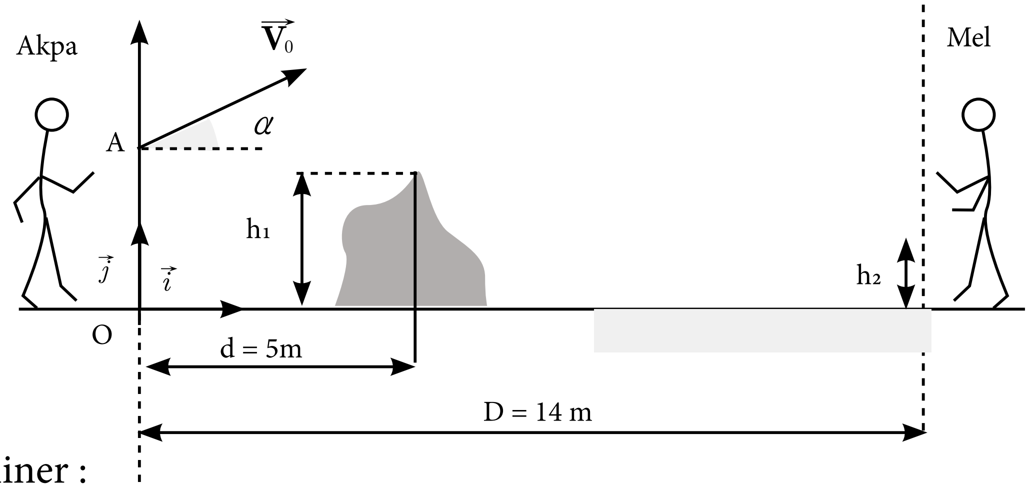


1) Montrer que la tension aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
Déterminer l'expression de la vitesse v_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur au point O en fonction de e, m et U_0.
2) Calculer la valeur de cette vitesse.

Etude de la déflexion due au condensateur.
On s'intéresse maintenant à la déviation du faisceau dans le condensateur, constitué de plaques planes parallèles M et N. Celui-ci est soumis à une tension $U_{MN} = U > 0$. On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan Oxy. Un électron arrive en O avec la vitesse v_0 de direction Ox à la date $t_0 = 0$. On appelle M la position de l'électron à la date t.
1) En utilisant le théorème du centre d'inertie, établir l'équation de la trajectoire d'un électron dans le condensateur. L'électron sort du condensateur en un point S, avec une vitesse V_S faisant un angle α avec l'horizontale, puis vient frapper l'écran en un point I. On appelle H la projection orthogonale du point S sur l'écran. on définit la distance h = HI. La distance du point I au centre P de l'écran est appelée déflexion, on la note D. On note ℓ la longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et L la distance OP.
2.1) Quelle est la nature de la trajectoire entre S et I ? Justifier.
2.2) Exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S. En déduire une expression de $\tan\alpha$ en fonction de e, U, ℓ, m, d, v_0
2.3) Exprimer $\tan\alpha$ .en fonction de h, L, ℓ.
2.4) Exprimer alors h en fonction de e, U, ℓ,, m, d, v_0 et L.
2.5) Démontrer que la déflexion D a pour expression : D = $\dfrac{eU\ell(2L-\ell)}{2\text{m}dv_0^2}$.
Cet appareil peut être utilisé comme voltmètre.
Justifier cet emploi à partir de l'expression ci-dessus.

EXERCICE 26

Akpa lance à son ami Mel, une orange de masse m = 200 g. Mel se trouve au bord d'une rivière, derrière une termitière (voir figure ci-dessous).
L'orange est lancée d'un pont A, dans un plan vertical avec une vitesse $\vec{v_0}$ faisant un angle α = 45° avec l'horizontale. On néglige l'action de l'aire sur l'orange.
On donne OA = h_0 = 2 m.



1) Déterminer :

1.1) Les relations donnant les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ du centre G de l'orange en fonction de g, v_0, α et t (l'origine des temps est l'instant du lancer).

1.2) L'équation cartésienne de la trajectoire du point G dans le repère $(0, \vec{i}, \vec{j})$ et faire l'application numérique $g = 10\ m.s^{-2}$; $v_0 = 10\ m.s^{-1}$.

2) La termitière se trouve à une distance $d = 5m$ du point O et sa hauteur est $h_1 = 4$ m. L'équation cartésienne de la trajectoire de G dans le repère $(0, \vec{i}, \vec{j})$ s'écrit: $y = -0,10x^2 + x + 2$.

Montrer que l'orange passe au-dessus de la termitière.

3) Mel se trouve à 14 m de son ami Akpa. Pour attraper l'orange, il tend ses mains à une hauteur $h_2 = 1,5$ m du sol et ne bouge pas.

3.1) Mel pourra t-il intercepter l'orange ?

3.2) Sinon tombera t-elle dans la rivière ou derrière lui ?

EXERCICE 27

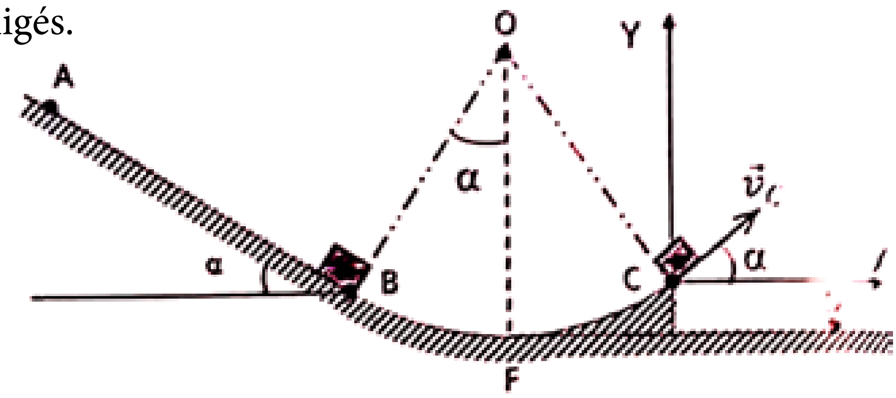
On étudie le mouvement d'un solide (S) de masse m assimilable à un point matériel qui glisse sur une piste ABC. La piste est composée de deux parties :

- La partie AB de longueur ℓ est inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;

- La partie BC est un arc de cercle de rayon r et de centre O.

Les deux parties sont raccordées tangentiellement au point B. (voir figure).

Les frottements sont négligés.



Données : g = 9,8 m.s-2 ; α = 45° ; ℓ = 2m ; m = 250 g ; r = 1,5 m.

1) Etude du mouvement de S sur AB

Le solide S abandonné sans vitesse initiale au point A arrive en B avec un vecteur vitesse $\vec{v_B}$.

1.1) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au solide.

1.2) Déterminer la valeur de l'accélération a du solide (S).

1.3) Exprimer la vitesse v_B du solide en B en fonction de α, ℓ et g

1.4) Calculer v_B

2) Etude du mouvement de S sur BC

Dans la suite de l'exercice, on prendra v_B = 5,3 m.s-1.

2.1) Déterminer la vitesse v_F de S au point F.

2.2) Montrer que la vitesse du solide en C est la même qu'en B.

2.3)

2.3.1) Exprimer l'intensité R de la réaction de la piste sur le solide (S) au point B en fonction de m, g, α, r et v_B en utilisant le théorème du centre d'inertie.

2.3.2) Calculer R.

3) Etude du mouvement de S sur CD

Le solide (S) quitte la piste et retombe sur le sol en un point D.

3.1) Déterminer dans le repère $(\overrightarrow{Cx}, \overrightarrow{Cy})$:

3.1.1) Les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ du centre d'inertie G du solide.

3.1.2) L'équation cartésienne de la trajectoire de G en fonction de g, α ,et v_C. Faire l'application numérique.

3.2) Déterminer :

3.2.1) Les coordonnées du point D

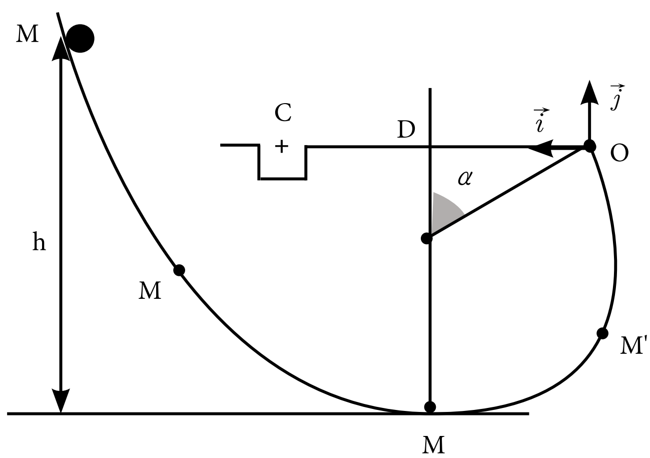
3.2.2) Le temps mis par S pour atteindre le point D.

EXERCICE 28

Le parcours ci-dessous représente un jeu pour enfants. Ce jeu consiste à faire tomber une bille dans le réceptacle C à partir de plusieurs positions (voir schéma).

Le parcours est constitué d'une piste d'élan AB raccordée en B à une piste circulaire BO de centre I et de rayon r. La bille de petites dimensions est assimilée à un point matériel.

On négligera les forces de frottements et l'action de l'air.



La bille est lâchée sans vitesse initiale du point A situé à une hauteur $h = 10$m par rapport à B.

1.1) Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.

1.2) Faire l'inventaire des forces exercées sur la bille entre les point A et O. Le représenter qualitativement sur un schéma aux points M et M'. On fera apparaître sur le schéma, la tangente de la piste en ces points.

Déterminer en appliquent le théorème de l'énergie cinétique :

1.3.1) La vitesse v_B de la bille au point B

1.3.2) La vitesse v_C de la bille au point O.

On donne : $r = 3$m ; $\alpha = 60°$ et $g = 10$ m/s^2

2) La bille quitte ensuite la piste en O avec la vitesse $v_0 = 10{,}5$ m/s

2.1) Représenter qualitativement le vecteur $\vec{v_0}$ sur un schéma.

2.2) Etablir les équations horaires de la trajectoire de la bille dans le repère orthonormé $(0, \vec{i}, \vec{j})$.

2.3) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille.

3) Le réceptacle est situé au point C symétrique de O par rapport à la verticale passant par I.

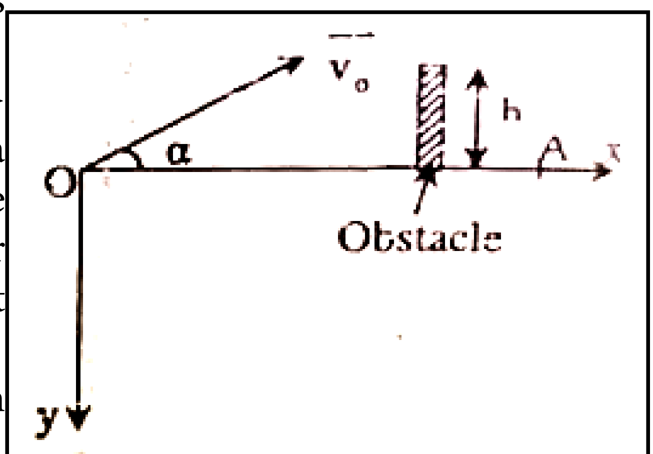
3.1) La bille est lâchée de la hauteur $h = 10$ m. Montrer que la bille ne tombera pas dans le réceptacle C.

3.2) Quand la bille est lâchée d'une hauteur h_1, elle tombe dans le réceptacle C. Déterminer :

- La vitesse initiale v_0' qu'il faut donner à la bille au point O pour qu'elle tombe dans le réceptacle C.
- La hauteur h_1,
- La vitesse v_C de la bille au point C

EXERCICE 29

Dans une académie militaire, les élèves gendarmes participent à l'étude du fonctionnement d'une arme à feu et au mouvement du projectile. Le sujet d'étude est un fusil de masse M = 3,6 kg qui tire des balles de masse m =10 g à la vitesse $V_0 = 200$ m.s^{-1}. L'ensemble {fusil + balle} est supposé isolé. Le mouvement de la balle dans le canon est supposé rectiligne uniformément accéléré. L'épaule du tireur s'oppose au recul de l'arme en développant une force $\vec{f}$ supposée constante.



Au moment du tir la crosse du fusil fait un

recul de distance $d = 2$ cm.
Le tireur tire sur une cible A.
- V_0 est la vitesse de la balle à la sortie du canon.
- Longueur du canon : $\ell = 50$ cm
- Les frottements (résistance de l'air) sont négligeables.
- Le point O est la sortie du canon.
- Le plan d'étude est représenté ci-contre.
- Distance OA = D
- Pour $\alpha = \alpha_0$, la balle atteint le point D.
- Pour un angle $\theta < 0{,}12$ rad. On peut écrire $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \simeq \theta$ en radian
- h légèrement inférieur à H (H = flèche de la trajectoire).

Faire l'étude cinématique et dynamique du système {fusil-balle]

Partie A : Avant sortie du canon

1)

a) Calculer l'accélération du mouvement de la balle dans le canon.

b) Calculer le temps θ écoulé entre la mise à feu de la balle et sa sortie du canon.

2)

a) Etablir l'expression de la vitesse $\vec{V}$ de recul du fusil et celle de son énergie cinétique à la date θ où la balle sort du canon.

b) Calculer l'intensité f de la force $\vec{f}$ exercée par l'épaule du tireur.

Partie B : Mouvement de la balle après sa sortie du canon.

1)

a) Etablir l'équation de la trajectoire de la balle pour un angle d'inclinaison quelconque α.

Déterminer la nature de la trajectoire.

b) Etablir la réaction donnant α_0 en fonction de D et V_0. Montrer que α_0 peut prendre deux valeurs dont la plus petite sera notée β.

Calculer β pour D = 460 m.

2)

a) Déterminer en grandeur et en direction, la vitesse de la balle au point d'altitude maximale. Etablir, à partir du théorème de l'énergie cinétique, l'expression de H. Calculer sa valeur numérique.

b) Déterminer la position de l'obstacle afin que l'inclinaison β ne soit pas modifiée, la cible étant toujours le point A.

OSCILLATION MÉCANIQUE

I- Définition

C'est un mouvement de vas et vient ou c'est un système mécanique animé de vas et vient.
Un oscillateur mécanique est un système mécanique animé d'un mouvement périodique.
L'oscillateur est dit harmonique lorsque son mouvement par rapport à son mouvement d'équilibre est une fonction sinusoïdale du temps.

II- Equation différentielle d'un oscillateur

Système : Solide + Ressort
Référentiel : Terrestre supposé galiléen
Bilan des forces
- Le poids $\vec{P}$ du solide
La réaction $\vec{R}$ du support
- La tension $\vec{T}$ du ressort

Appliquons le théorème du centre d'inertie

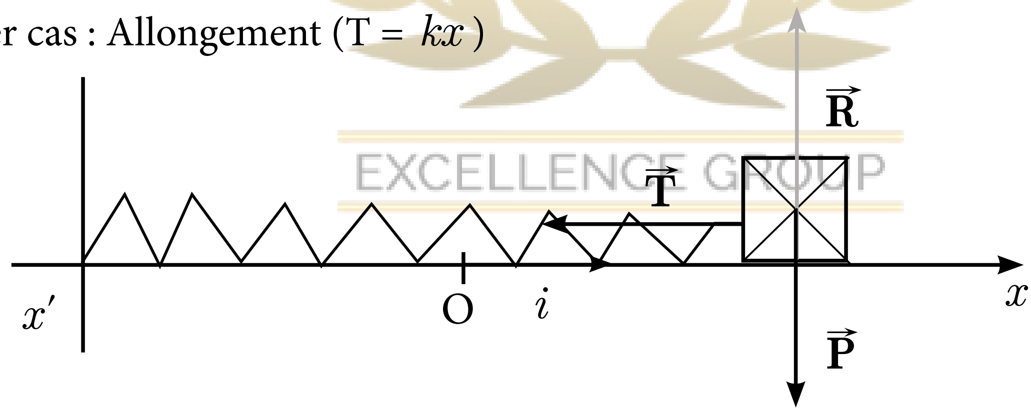
$\sum \vec{F}ext = m\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$

Projetons sur l'axe (x', x)

Px + Rx + Tx = $m\vec{a}$

1er cas : Allongement (T = kx)



0 + 0 - T = ma

- $kx = ma$ or $a = \ddot{x}$

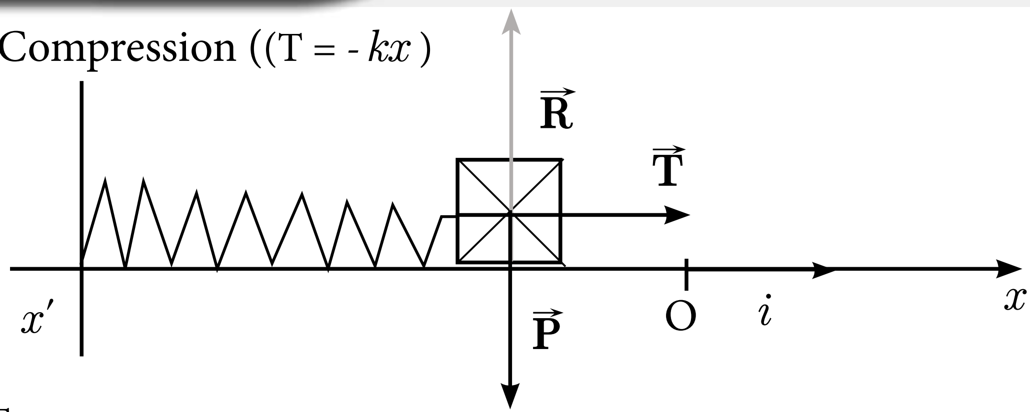
$-kx = m\ddot{x}$

$m\ddot{x} + kx = 0$

$m\left(\ddot{x} + \frac{k}{m}x\right) = 0$

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m} = 0}$$

2e cas : Compression ((T = - kx)



0 + 0 + T = ma

avec T = - kx et $a = \ddot{x}$

$-kx = m\ddot{x}$

$m\ddot{x} + kx = 0$

$m\left(\ddot{x} + \frac{k}{m}x\right) = 0$

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m} = 0}$$

La solution de l'équation différentielle

$x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ ou $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

X_m = amplitude ou élongation maximale (m)

$\omega_0 t + \varphi$ = la phase à la date t (rad)

φ = phase à t = 0 (rad)

ω_0 = pulsation propre (rad/s)

Quelques formules

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$N_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

1- Comment démontrer que $x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle

Fonctions	Dérivées
Cos($at + b$)	$-a \sin(at + b)$
Sin($at + b$)	$a \cos(at + b)$

$$x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$\dot{x} = -X_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$\ddot{x} = -X_m \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$\ddot{x} = -X_m \frac{k}{m} \cos(\omega_0 t + \varphi)$$
$$\ddot{x} = -\frac{k}{m} X_m \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad \text{or} \quad X_m \cos(\omega_0 t + \varphi) = x$$
$$\ddot{x} = -\frac{k}{m} x$$
$$\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0$$

alors $x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle.

Remarque
La démonstration est valable pour $X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

2- Expression de la vitesse

$$v = \frac{dx}{dt} = \dot{x} = -X_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$
$$= -v_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

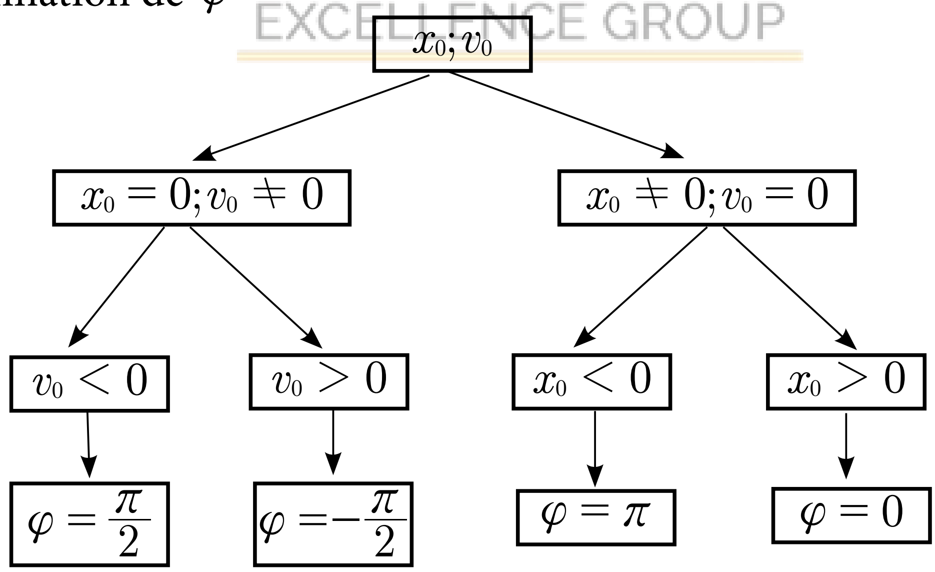
Vitesse maximale $\boxed{v_m = X_m \omega_0}$

3- Détermination de φ et X_m

Pour déterminer φ et X_m on travail (à t = 0)

$$x_0 = X_m \cos(\varphi)$$
$$v_0 = -X_m \omega_0 \sin(\varphi)$$

Détermination de φ



Cas particulier $x_0 \neq 0; v_0 \neq 0$

$$\frac{v_0}{x_0} = \frac{-X_m \omega_0}{X_m} \frac{\sin(\varphi)}{\cos(\varphi)}$$

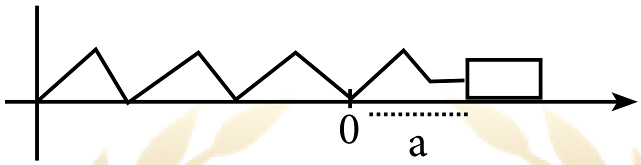
$$\frac{v_0}{x_0} = -\omega_0 \tan(\varphi)$$

$$\tan\varphi = \frac{v_0}{-x_0\omega_0}$$

$$\boxed{\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{v_0}{-x_0\omega_0}\right)}$$

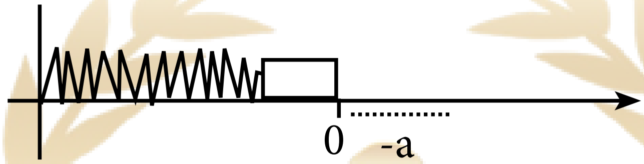
Détermination de Xm

Allongement



Xm = a

Compression



Xm =|-a |

II- Etude energétique

1- Energie potentielle élastique

$$Ep_e = \frac{1}{2}kx^2$$

2- Energie cinétique

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\dot{x}^2$$

3- Energie mécanique

$$Em = Ep_e + Ec$$

$$Em = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2$$

$$Em = \frac{1}{2}(X_m\cos(\omega_0 t+\varphi))^2 + \frac{1}{2}mX_m^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

or $\omega_0^2 = \dfrac{k}{m}$

$$Em = \frac{1}{2}kX_m^2\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \frac{1}{2}mX_m^2\frac{k}{m}\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

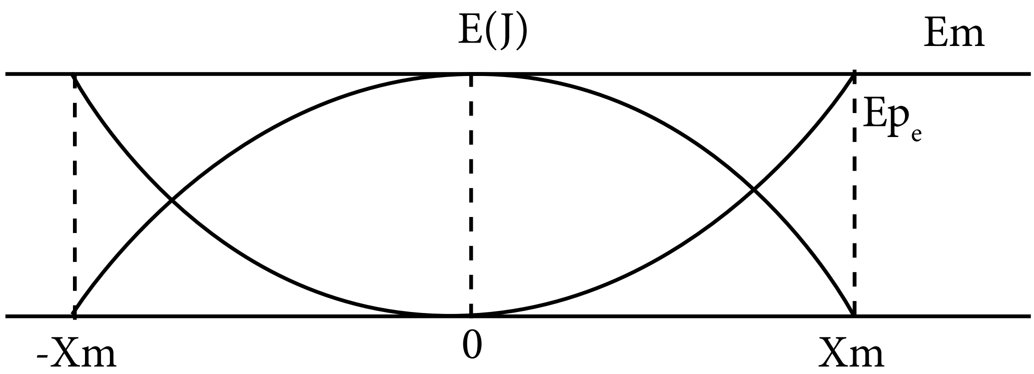
$$Em = \frac{1}{2}kX_m^2\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \frac{1}{2}kX_m^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

$$Em = \frac{1}{2}kX_m^2[\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \sin^2(\omega_0 t+\varphi)]$$

$$\boxed{Em = \frac{1}{2}kX_m^2} \quad \text{ou} \quad \boxed{Em = \frac{1}{2}mv_m^2}$$

L'énergie mécanique est une constante donc le système est conservatif.

Le diagramme des énergies



V = 0	x = 0	V = 0
Ec = 0	Ep$_e$ = 0	Ec = 0
Em = Ep$_e$	Em = Ec	Em = Ep$_e$

Comment retrouver l'equation différentielle à partir de l'énergie mécanique.

Em = Ep$_e$ + Ec

$$Em = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2$$

A retenir

$$\left(\frac{1}{2}kx^2\right)' = \frac{1}{2}k(x^2)' = \frac{1}{2}k\left(2\dot{x}x\right) = k\dot{x}x$$

$$\left(\frac{1}{2}m\dot{x}^2\right)' = \frac{1}{2}m\left(\dot{x}^2\right)' = \frac{1}{2}m\left(2\ddot{x}\dot{x}\right) = m\ddot{x}\dot{x}$$

Em étant une constante

$$\frac{dEm}{dt} = 0$$

$$k\dot{x}x + m\ddot{x}\dot{x} = 0$$

$$\dot{x}\left[m\ddot{x} + kx\right] = 0 \text{ or } x \neq 0$$

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

$$m\left[x + \frac{k}{m}x\right] = 0 \quad \text{or} \quad m \neq 0$$

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0}$$

EXERCICE 1

Choisis la bonne réponse parmi les propositions suivantes :

1. L'équation différentielle qui régit le mouvement d'un oscillateur mécanique non amorti est :

a) $x + \frac{k}{m}\ddot{x} = 0$ b) $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ c) $\ddot{x} + \frac{m}{k}x = 0$

2. La solution de cette équation différentielle est de al forme :

a) $x(t) = Xm\sin(\omega_0 t + \varphi)$ b) $x(t) = \omega_0 \sin(Xmt + \varphi)$
c) $x(t) = Xm\cos(\omega_0 t + \varphi)$

3. Les caractéristiques du mouvement d'un oscillateur mécanique non amorti sont :

3.1. La pulsation propre de formule :

a) $\omega_0 = \frac{k}{m}$ b) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{m}{k}}}$ c) $\omega_0 = \sqrt{\frac{m}{k}}$

3.2. La période propre de formule :

a) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ b) $T_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$ c) $T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}}$

3.3. La fréquence propre de formule :

a) $N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ b) $N_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ c) $N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$

4. L'expression de l'énergie potentielle élastique d'un oscillateur mécanique non amorti est :

a) $E_{PE} = \frac{1}{2}x^2 k$ b) $E_{PE} = \frac{1}{2}kx$ c) $E_{PE} = \frac{1}{2}xk^2$

EXERCICE 2

L'équation horaire du mouvement d'un mobile ponctuel est donnée par :

$x = 2.10^{-2} \cos\left(40\pi t - \frac{\pi}{6}\right)$ en unités S.I.

La constante de raideur du ressort est : K = 100 N/m.

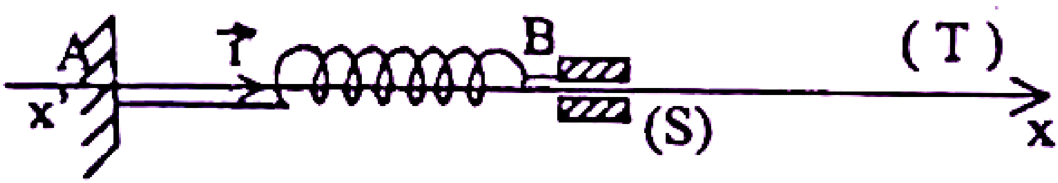
1) Préciser les valeurs de l'amplitude, de la période, de la fréquence et de la phase initiale du mouvement de ce point matériel.

2) Calculer la vitesse et l'accélération de ce point matériel à la date $t = 0$.

3) Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur est constante et en déduis sa valeur.

EXERCICE 3

Un ressort de raideur k, à spires non jointives et de masse négligeable, est enfilé sur une tige horizontale (T) dont il est solidaire en son extrémité A. L'autre extrémité B du ressort est liée à un solide (S) supposé ponctuel et de masse m. L'ensemble ressort plus solide (S) coulisse sans frottement sur la tige (T).



On oriente l'axe $\overrightarrow{x'x}$ comme indiqué sur la figure et on choisit comme origine O de l'axe la position d'équilibre du solide (S) est écarté de la position d'équilibre suivant la direction $x'x$ et lâché sans vitesse initiale. Il passe en O à l'instant pris comme origine des temps avec un vecteur vitesse dirigé de O vers A : $\vec{V_0} = -V_0\vec{i}$; $\vec{i}$ étant le vecteur unitaire qui oriente l'axe $\overrightarrow{x'x}$.

On donne : V_0 = 0,164 m.s^{-1} ; k = 10 N.m^{-1} ; m = 0,15 kg

1) Etablir l'équation différentielle du mouvement de (S).

2) On sait que la solution de cette équation peut être cherchée sous la forme :

$x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ avec $X_m > 0$

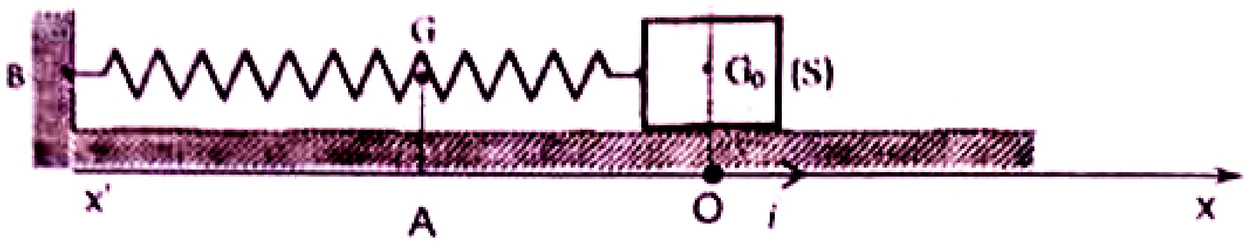
Etablir l'expression de la pulsation propre ω de ce mouvement.

Calculer sa valeur numérique.

3) Déterminer les valeurs des constantes X_m et φ et écrire l'équation horaire $x(t)$ du mouvement de (S).

EXERCICE 4

Un ressort à spires non jointives de constante de raideur K = 25 N/m dont l'axe a une direction constante, est fixé à un point B par l'une de ses extrémités. A l'autre extrémité, est accroché un solide (S) de masse m = 0,250 kg. Le solide (S) se déplace sans frottement sur le plan horizontal pris comme origine des énergie potentielles de pesanteur (voir figure ci-dessous).



A l'équilibre, le centre d'inertie du solide occupe la position G_0.

1) On comprime le ressort en déplaçant le solide (S). Le centre d'inertie du solide occupe alors la position G telle que : $\overline{G_0G} = \overline{OA} = -0{,}14$ m. A l'instant $t = 0$, on lâche le solide (S) sans vitesse initiale.

1.1) Fais l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur le solide (S) et représente-les sur un schéma lorsque le solide se trouve entre A et O.

1.2) Etablis l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie du solide (S) dans le repère (O, i).

1.3) Donne la condition à laquelle l'équation horaire $x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle de la question 1.2)

1.4)

1.4.1) Déduis de ce qui précède les expressions de la pulsation propre ω_0 et de la période propre T_0.

1.4.2) Calculer ω_0 et T_0.

1.5) Détermine :

1.5.1) L'amplitude X_m et la phase à l'origine φ du mouvement et en déduis l'équation horaire $x(t)$ du mouvement du centre d'inertie du solide (S).

1.5.2) La valeur maximale V_m de la vitesse.

2) Détermine :

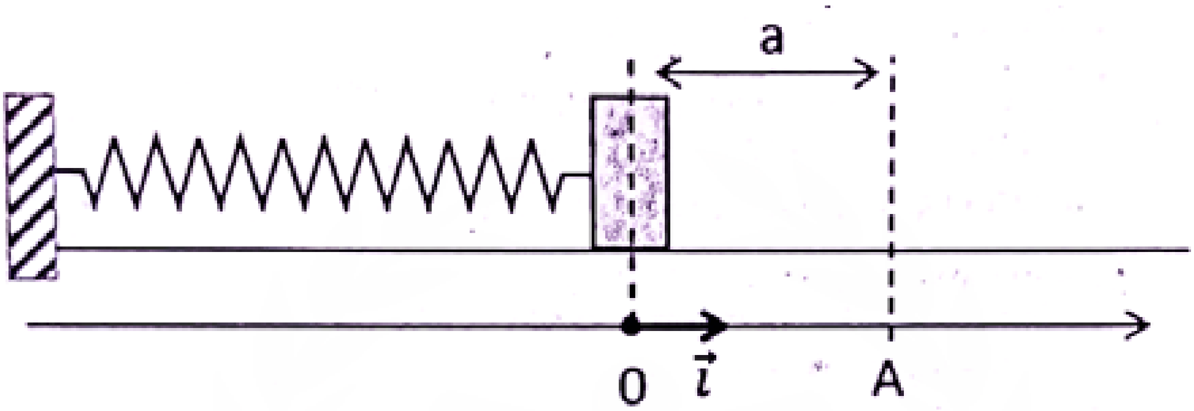
2.1) La valeur de l'énergie mécanique $Em(0)$ à l'instant $t = 0$ (on prendra l'énergie potentielle élastique nulle lorsque $x = 0$)

2.2) La valeur maximale de la vitesse du solide en utilisant la conservation de l'énergie mécanique et compare-la au résultat de la question 1.5.2).

On donne : $g = 10$ m.s^{-2}

EXERCICE 5

Un solide de masse m = 1 kg évolue sur une surface horizontale. Il est relié à un ressort de raideur K = 100 N/m (voir figure). le point O correspond à la position d'équilibre. On écarte le solide de sa position d'équilibre jusqu'à la position A tel que OA = a = 1 cm et on le laisse sans vitesse initiale.



1) On néglige tous les frottements

1.1) Etablir les lois horaires $x(t)$ et $X(t)$ du mouvement du solide.

On prendra l'origine des dates au point A.

1.2) Donner l'expression de l'énergie mécanique totale en fonction de $x(t)$ et $X(t)$.

1.3) Monter que l'énergie mécanique totale est constante.

En déduire l'équation différentielle du mouvement du solide.

1.4) Calculer la vitesse du solide lorsqu'il repasse pour la première fois en O.

1.5) Calculer le travail effectué par la tension du ressort entre les points A et O.

2) En réalité, il s'applique sur le solide une firce de frottement constante et d'intensité f = 0,05 N.

2.1) Calculer la vitesse V' du solide au premier passage en O.

2.2) Montrer que l'énergie mécanique n'est pas constante.

EXERCICE 6

Un solide S de masse m est accroché à un ressort de coefficient de raideur k à spires non jointives. Il peut glisser sans frottement sur un plan horizontal. Le centre de masse G de S est repéré sur un axe horizontal x'Ox dont l'origine correspond à la position de repos de S (voir figure 1)

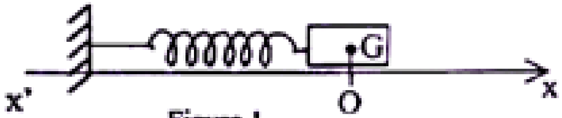
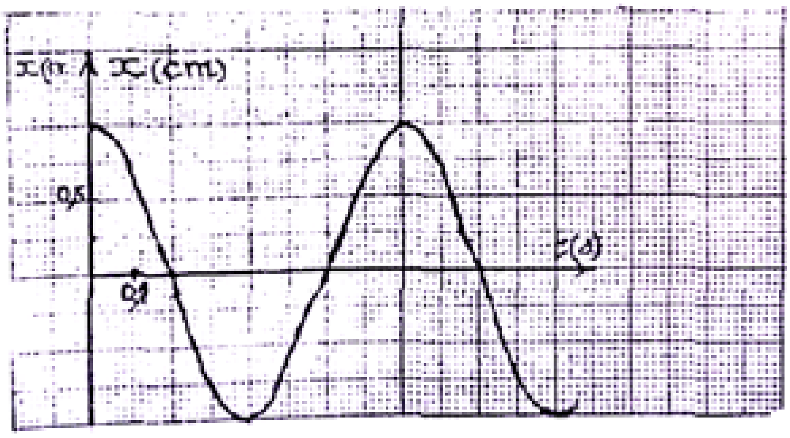


Figure 1

Le ressort est allongé d'une longueur x_0 et le solide S est lâché à l'instant $t = 0$. Le dispositif permet d'enregistrer la variation de l'abscisse x en fonction du temps (voir figure 2).



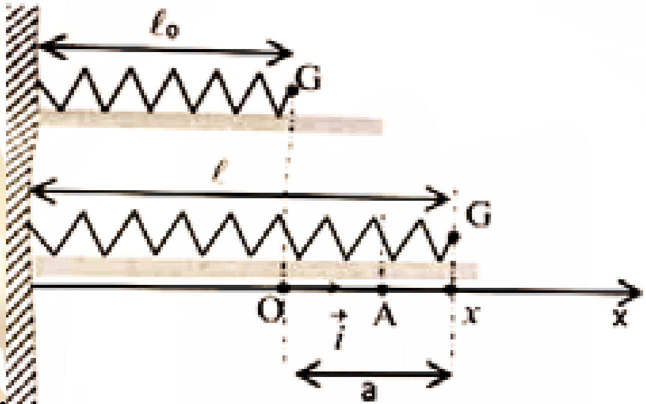
1) Déterminer, à partir du graphique, les conditions initiales du mouvement ainsi que le sens de déplacement du mobile lorsqu'il passe pour la première fois par l'origine.
Quelle est la période T et la pulsation propre C_0 du mouvement ?
2) Etude du mouvement du solide.
a) Faire le bilan des forces agissant sur le solide : on fera un schéma soigné du système étudié en indiquant l'orientation des forces et leur point d'application.
b) Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide. Quelle relation existe t-il entre ω_0, m et K ?
c) L'équation horaire du mouvement est $x(t) = x_0 \cos(\omega_0 t)$. Montrer qu'elle vérifie l'équation différentiell établi ainsi que les conditions initiales.
3) Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du ressort à un instant quelconque de k, x_0, w et t. Sachant que l'énergie potentielle élastique du ressort à l'instant $t = 0$ est égale à $3{,}7.10^{-2}$ J déterminer la valeur de K.
Quelle est la valeur de la masse m ?

EXERCICE 7

Lors d'une séance de travaux pratiques de physique, le professeur demande à votre groupe d'étudier les oscillations mécaniques d'un système (ressort-solide). Le groupe accroche un solide ponctuel G de masse m = 200g à l'extrémité libre du ressort de constante de raideur k = 25 N.m^{-1}.

L'ensemble (ressort+solide) peut coulisser le long d'un support horizontal parfaitement lisse. Le solide est tiré à partir de sa position d'équilibre d'une longueur a = 2 cm et lâché sans vitesse initiale à la date t = 0. La position du solide est donnée par son abscisse x dans le repère $(O, \vec{i})$ (voir figure ci-dessous).

L'énergie potentielle élastique est nulle lorsque le ressort est au repos.



1) Etude dynamique

1.1) Représenter qualitativement sur un schéma, les forces appliquées au solide lorsqu'il est au point A.

1.2) Enoncer le théorème du centre d'inertie.

1.3) Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide.

1.4) Vérifier que $x(t) = X_m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right)$ est une solution de l'équation différentielle précédemment établie.

1.5) Déterminer ω_0 (pulsation propre), X_m et φ.

1.6) Ecrire l'expression de $x(t)$ avec les valeurs numériques de ω_0, X_m et φ.

2) Etude énergétique

2.1) Etablir l'expression de l'énergie mécanique Em du système en fonction de k, m, x et $\dot{x}$. On rappelle que $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$

2.2) Montrer que Em = $\frac{1}{2}$ka^2.

2.3 Calculer Em.

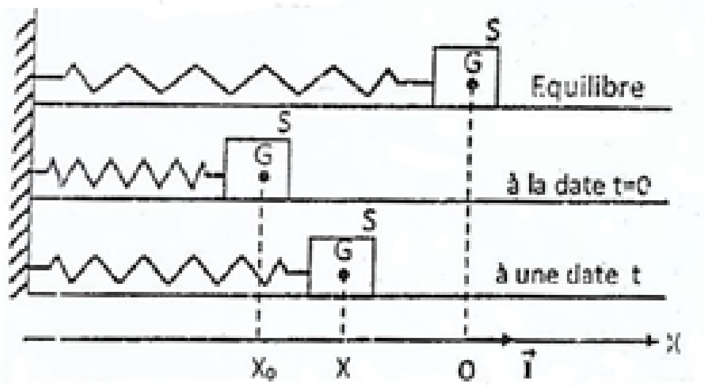
2.4) Déterminer :

2.4.1) La valeur maximale $V_{\max}$ de la vitesse du solide.

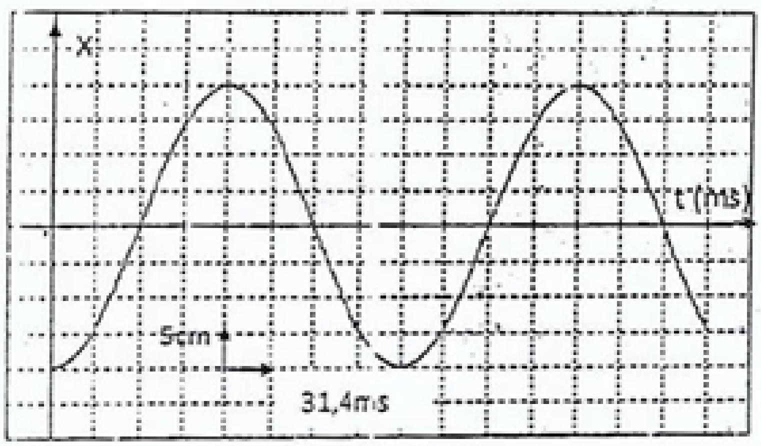
2.4.2) La valeur de x pour laquelle cette vitesse est atteinte.

EXERCICE 8

Un solide S de masse m = 400 g est accroché à un ressort de constante de raideur K à Spires non jointives. Il peut glisser sans frottements sur un plan horizontal. Le centre d'inertie G de S est repéré sur un axe horizontal (Ox) dont l'origine correspond à la position de repos G_0 de S.



Le ressort est comprimé d'une longueur X_0 et le solide est lâché sans vitesse initiale à la date t = 0. Un dispositif permet d'enregistrer les variations de l'abscisse X du centre d'inertie G de S en fonction du temps t. (Voir graphique ci-dessous).



1. Déterminer, à partir du graphique : la position Initiale X_0 du mouvement, la période T_0 du mouvement .En déduire la Valeur de la constante de raideur K du ressort.
2. Établir l'équation différentielle du mouvement de S.
3. Vérifier que l'équation x(t) = Xm $\cos(\omega_0 t + \varphi)$ est une solution de l'équation différentielle.
4. Calculer Xm, ω_0 et φ. En déduire l'expression de l'équation horaire du mouvement.
5. Calculer la valeur de l'énergie potentielle élastique du pendule lorsque x est maximale.
6. Pour x = -1,5 cm calculer la valeur de la vitesse de S.

EXERCICE 9

Un solide (S) de masse m est attaché à un spires non jointives de raideur k = 50 $N.m^{-1}$, l'ensemble est posé sur un banc à cousin d'air horizontal (figure 1).
Avec un système approprié, on enregistre la position du centre d'inertie G de (S) à chaque instant t. Cette position est repérée sur l'axe x'x orienté de gauche à droite par un point d'abscisse x. L'origine O du repère $(O, \vec{i})$ coïncide avec la position de G lorsque (S) est à l'équilibre
En écartant le solide (S) de sa position d'équilibre et l'abandonne à lui-même à t = 0, le solide effectue des oscillations dont l'enregistrement est schématisé sur la figure 1. Préciser, en justifiant, si le solide (S) :
1.1. est écarté vers la droite ou vers la gauche.
1.2. est lancé avec ou sans vitesse initiale à t = 0.
1.3. Effectue des oscillations amorties ou non amorties.
2. Déterminer la valeur de la pulsation propre ω_0 et en déduire la masse m du solide.
3.En appliquant le théorème du centre d'inertie, établir l'équation différentielle régissant le mouvement du solide.
4. La solution générale de l'équation différentielle est de la forme
$x(t) = Xm\sin(\omega_0 t + \varphi)$
4.1. Exprimer en fonction de m, k, x et v l'énergie mécanique E du système. Montrer qu'elle se conserve et calculer sa valeur.
4.2. En appliquant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer la vitesse initiale v_0. En déduire la loi horaire x(t).
4.3. Déterminer à la date t_1, la vitesse v_1
5.En réalité, l'enregistrement de l'élongation x(t) en fonction du temps est celui indiqué par la figure 3.
5.1. Comment qualité-t-on ce type d'oscillations ?
5.2. Donner une cause permettant d'obtenir ce type d'oscillations.
5.3. Réaliser un circuit électrique pouvant permettre d'enregistrer ces oscillations en utilisant l'analogie mécanique – électricité que l'on précisera.

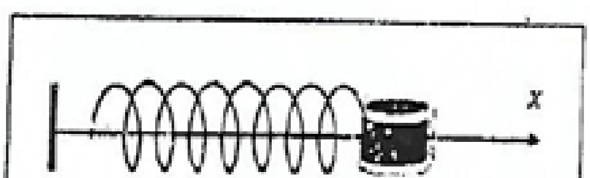


Figure1

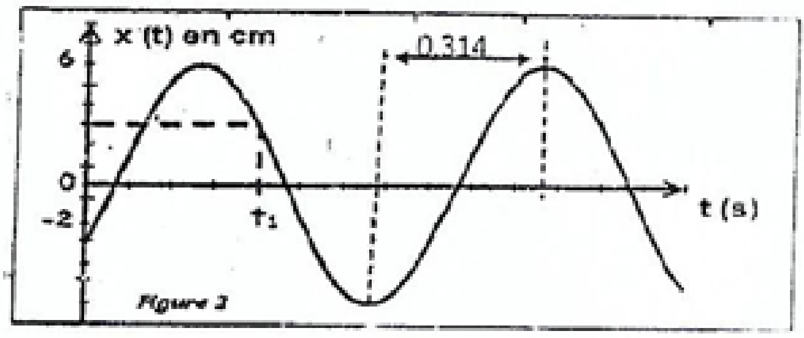


Figure 2

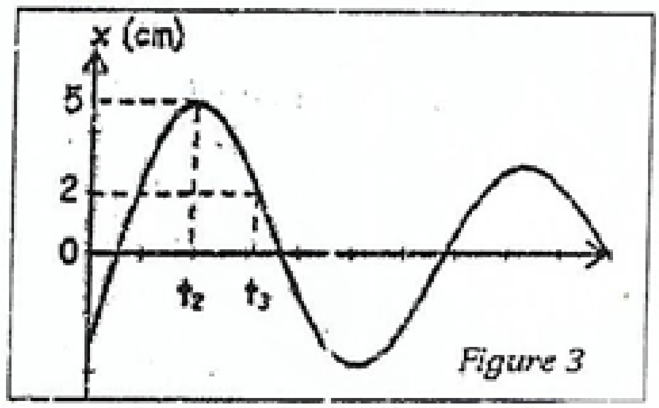


Figure 3

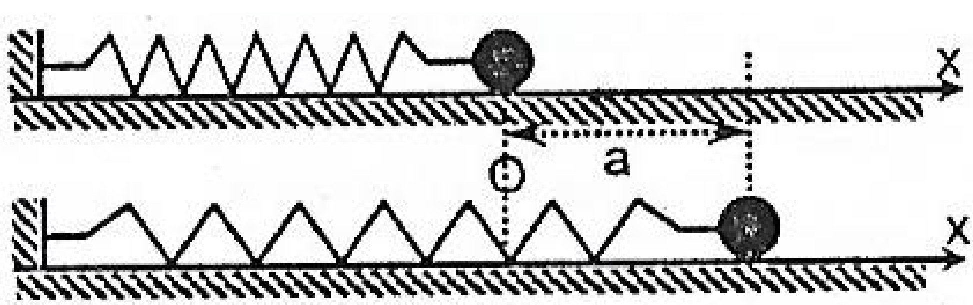
EXERCICE 10

Pour pallier le manque de matériel, le garçon de laboratoire de ton lycée décide de fabriquer sur une table un dispositif d'étude de la chute parabolique. Pour ce faire, il utilise un ressort à spires non jointives, de raideur $k = 25$ N/m et de masse négligeable et une bille B de masse $m = 5$ g. Pour tout l'exercice, on prendra le niveau de la table comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur.

PHASE I: Etude des oscillations

Le garçon de laboratoire accroche la bille B à l'extrémité libre du ressort. Il l'écarte de sa position d'équilibre de $a = 2$ cm et l'abandonne sans vitesse initiale.

Le système (ressort-bille) se met à osciller.



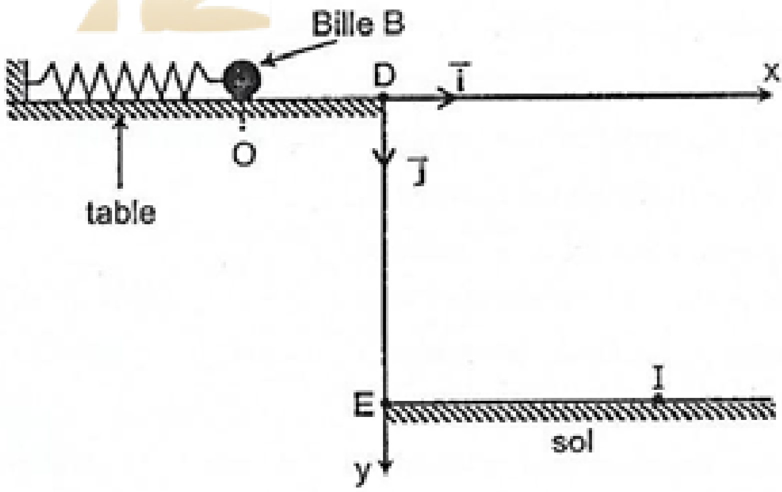
1.

1.1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la bille et les représenter sur un schéma.

1.2. Etablir l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie de la bille

B.
2. Etablir l'équation horaire du mouvement de la bille B
On prendra l'instant du lâcher comme origine des dates.
3- Calculer l'énergie mécanique du système (Terre-bille B-ressort).

PHASE II: Etude de la chute parabolique.
L'expérience consiste à lancer la bille B posée sur la table à l'aide du ressort précédent et à déterminer son point d'impact I sur le sol. Le garçon de laboratoire met la bille B en contact avec l'extrémité libre du ressort. Le ressort est comprimé de 2 cm et l'ensemble (bille B-ressort) est abandonné sans vitesse initiale. La bille B quitte le ressort au point O et arrive au point D. On négligera tous les frottements.



1. Etablir l'expression de la vitesse V_D de la bille B au point D en utilisant la conservation de l'énergie mécanique du système (Terre-bille-ressort).
2. Calculer la valeur de cette vitesse V_D.
3. La bille B quitte le point D avec la vitesse $\overrightarrow{V_D}$ horizontale de valeur $V_D = 1,4$ m/s.

3.1. Faire le bilan des forces extérieures appliquées à la bille et les représenter sur un schéma.
3.2. Etablir les équations horaires du mouvement de la bille B dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.
3.3. Déduire l'équation cartésienne de la trajectoire et donner sa nature.
3.4.
3.4.1. Déterminer le temps t_1 mis par la bille B pour atteindre le sol au point I.
3.4.2. Déterminer les coordonnées du point d'impact I de la bille sur le sol.
On donne DE = 1m ; $g = 10 m/s^2$.

EXERCICE 11

Dans l'exercice on négligera toutes les forces de frottement et on prendra g = 10 m/s^2. On considère un jouet d'enfant dont le schéma est représenté ci-dessous. Le jeu consiste à propulser par l'intermédiaire d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur k = 100 N/m ; un palet de masse m = 20g de sorte à l'envoyer dans un panier assimilé à un point M de coordonnées X_M = +0,5 m et Y_M = -0,1265 m dans le repère .

1. D'abord, on fixe le palet au ressort. Soit G_0, la position du centre d'inertie à l'équilibre. On tire le palet à partir de sa position d'équilibre G_0 d'une longueur X_1 = + 5 cm et on le lâche sans vitesse Initiale.

1.1. Etablir l'équation différentielle du mouvement du palet.

1.2. Ecrire l'équation horaire x(t) = $Xm\cos(\omega_0 t+\phi)$, On prendra comme origine des abscisses le point G_0 et comme origine des dates l'instant de passage du palet au point G_0 dans le sens négatif.

2. A présent, un enfant comprime le ressort puis libère le palet qui après avoir glissé sur le profil ABO situé dans le plan vertical va se loger dans le panier en M. La partie AB est rectiligne et horizontale, tandis que BO est incliné d'un angle $\alpha = 30°$ sur l'horizontale. On donne BO = 0,8 m. On demande:

2.1. D'établir dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ l'équation de la trajectoire du palet après qu'il ait quitté la piste en O en foncton de v_0, la vitesse du palet en ce point.

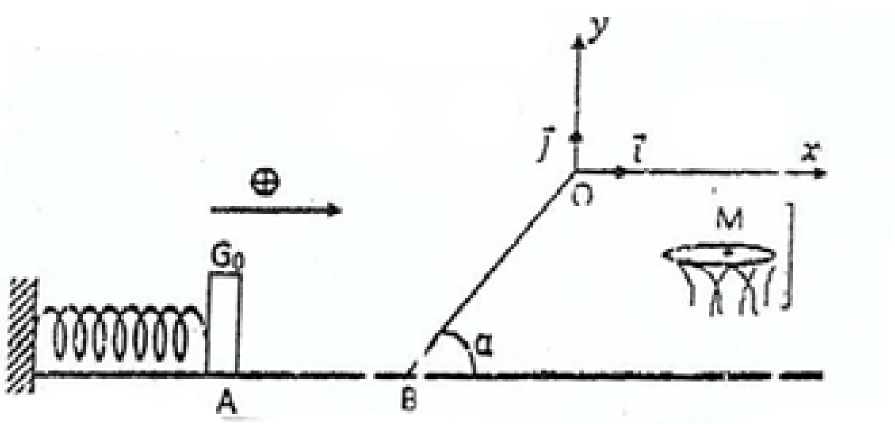
2.2. De calculer la valeur de la vitesse v_0 pour qu'il puisse être envoyé dans le panier en M.

3. On suppose v_0 = 02 m/s. En prenant comme origine des abscisses le point B et comme origine des dates, l'instant du passage du palet en B.

3.1. Calculer la vitesse du palet en B

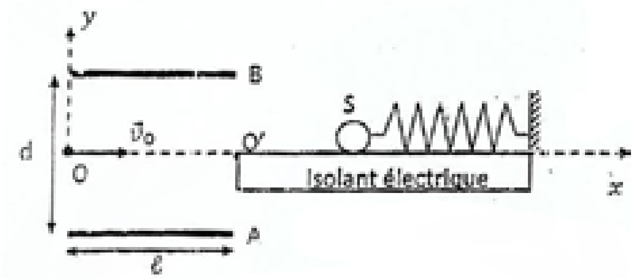
3.2. Déterminer, l'équation horaire du mouvement du palet sur le plan incliné BO.

4. Calculer le raccourcissement X_2 du ressort qui a permis de propulser le palet dans le panier en M.



EXERCICE 12

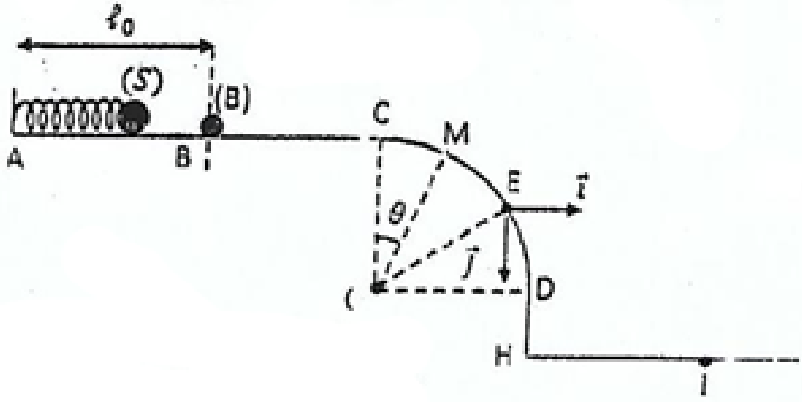
1. Une sphère S de masse m = 10g et de charge q positive, pénètre en O, milieu de deux plaques A et B parallèles avec une vitesse horizontale $\vec{v_0}$ de norme v_0 = 10 m/s. On applique entre ces plaques A et B une tension $U_{AB} = V_A - V_B > 0$, créant ainsi un champ électrostatique d'intensité $E = 10^5$ V/m. Les plaques ont une longueur de 5cm et sont distantes de d = 4cm.



1.1. En négligeant le poids de la sphère S devant la force électrostatique, déterminer les équations horaires du mouvement de la sphère entre les plaques, En déduire l'équatiton cartésienne de sa trajectoire.
1.2 Montrer que la charge q de la sphères doit être Inférieure à une valeur que l'on calculera pour qu'elle puisse sortir du champ $\vec{E}$.
2. Pour une charge $q = 5.10^{-6}$ C, le poids de la sphère S n'est plus négligeable devant la force électrostatique.
2.1. Déterminer la valeur de la tension U_{AB} à appliquer entre les plaques A et B pour que la sphère ait un mouvement rectiligne uniforme de direction OO'.
2.2. A la sortie du champ $\vec{E}$ en O', la sphère S vient se fixer au ressort à spires non jointives de raideur k = 400 N/m. .Le ressort se comprime, puis l'ensemble se met à osciller sans frottement.
2.2.1 Etablir l'équation différentielle du mouvement.
2.2.2 Déterminer l'équation horaire du mouvement sachant qu'à t = 0, $x_0 = 0$ et v_0 = 10 m/s. (On donnera l'expression numérique de x(t)).

EXERCICE 13

On comprime à l'aide d'un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 = 25 cm ; d'une longueur x_0 = 5 cm et on le libère sans vitesse initiale. Le solide (S) percute une bille (B) de masse m placée en B. Le choc est parfaitement élastique. Les frottements sont supposés négligeables sur toutes les parties sauf sur (BC). On donne M = 30 g ; m = 10 g ; g = 10 m/s² ; k = 300N/m



Les parties sont indépendantes

1ère partie : mouvement sur ABC

1. Déterminer la vitesse v_1 du solide (S) au point B juste après le choc.
2. Montrer que la vitesse v_2 de la bille (B) après le choc vaut $v_2 = 7{,}5\ m.s^{-1}$.
3. La bille aborde le plan horizontal (BC) de longueur L = 50 cm, sur lequel s'exerce des forces de frottements d'intensité constante f. A l'instant initial de date t = 0s, la bille quitte le point B avec la vitesse $\vec{v_2}$

3.1. Déterminer l'accélération de la bille sachant que sa vitesse au point C est $v_C = 6\ m.s^{-1}$

3.2. Déterminer l'expression littérale de l'accélération. En déduire l'intensité de la force de frottement

3.3.A quelle date arrive-t-elle au point C ?

2èmepartie : mouvement sur $\overset{\frown}{CD}$

La partie CD est un arc de cercle de centre 0 et de rayon r = 6m.

La bille est représentée par l'abscisse angulaire $\theta = \widehat{COM}$

1. Déterminer l'expression de la vitesse au point M en fonction de θ, g, r et v_C
2. Déterminer l'angle θ_1 au point E où la bille quitte le plan (COD).
3. Déterminer les caractéristiques de la vitesse $\vec{v_B}$ de la bille au point E.(Valeur et direction)

3èmepartie : mouvement de chute libre

A l'instant t = 0s, la bille quitte le point E avec la vitesse $\vec{v_E}$ de norme $v_E = 7{,}2\ m.s^{-1}$ faisant un angle $\theta_1 = 30°$ avec l'horizontale.

1.Etablir les équations horaires du mouvement de la bille au-delà du point E dans le repère $(E, \vec{i}, \vec{j})$

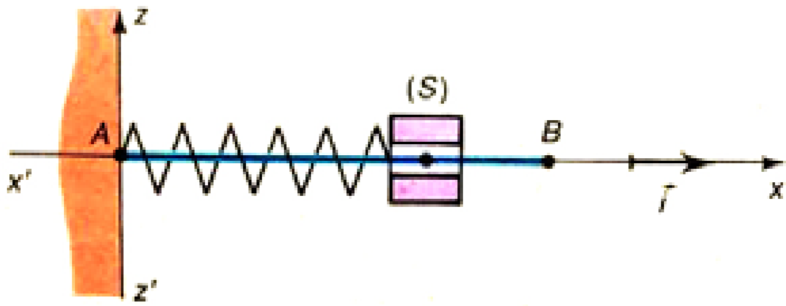
2.Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de la bille dans le repère $(E, \vec{i}, \vec{j})$.

3.Déterminer les coordonnées du point d'impact I de la bille sur le sol situé à la distance h = 5 m du point E.

4.Donner les caractéristiques du vecteur-vitesse de la bille au point I (Intensité et direction).

EXERCICE 14

Un solide S, assimilable à un point, de masse m, peut glisser sans frottement sur une tige horizontale AB ; il est fixé à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur k. L'autre extrémité du ressort est accroché en A.
On repère la position du centre d'inertie G du solide S par son abscisse x, sur un axe $(O, \vec{i})$ porté par AB.



Quand l'ensemble est en équilibre, le ressort n'est pas déformé et le point G a pour abscisse 0. L'équation différentielle du mouvement de S est : $m\ddot{x} + kx = 0$
La solution de cette équation différentielle peut se mettre sous la forme :

$$x = Xm\cos(\omega t + \varphi), \text{ avec } Xm > 0$$

1- La pulsation ω est-elle égale à $\sqrt{\frac{k}{m}}$ ou à $\sqrt{\frac{m}{k}}$?
2- La période T des oscillations est-elle égale à $2\pi\omega$ ou à $\frac{2\pi}{\omega}$?
3- L'amplitude du mouvement oscillatoire est-elle Xm ou $Xm\cos\varphi$?
4- Les quantités Xm et φ dépendent-elles des conditions initiales ?
5- Application numérique : $Xm\cos\varphi = 5$ cm

$\omega = 2$ rad.s^{-1}

Calculer l'abscisse de G et la mesure algébrique de la vitesse à l'instant t = 0, dans les trois cas suivants : $\varphi = 60°$; $\varphi = 90°$; $\varphi = -60°$.
On représentera le vecteur vitesse sur un schéma.

CHAMP MAGNÉTIQUE B

I- Vecteur champ magnétique

Il existe un champ magnétique dans une région de l'espace lorsque une aiguille aimantée y subit des actions.

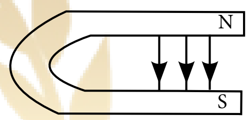
Les caractéristiques du champ magnétique

- Point d'application : Le point M considéré.
- Direction : Celle d'une aiguille aimantée placée au point M.
- Sens : Celui du sud vers le nord de l'aiguille aimantée.
- Valeur : Il s'exprime en Tesla (T).

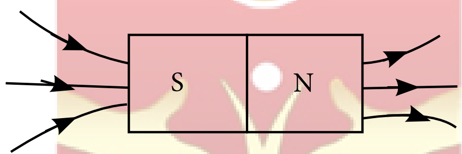
II- Champ magnétique crée par un aimant

- Aimant en U

Son champ magnétique est dirigé du nord vers le sud.



- Aimant droit



III- Le champ magnétique crée par une bobine ou un solénoïde

- Définition du solénoïde

C'est une bobine constitué d'un enroulement de fil conducteur sur un cylindre de rayon r et de longueur L vérifiant $L \geq 10r$.

1- Champ magnétique à l'interieur d'un solénoïde

La présence du courant électrique fait naître un champ magnétique uniforme et dirigé du sud vers le nord.

2- Comment déterminer le sens du champ magnétique dans un solénoïde ?

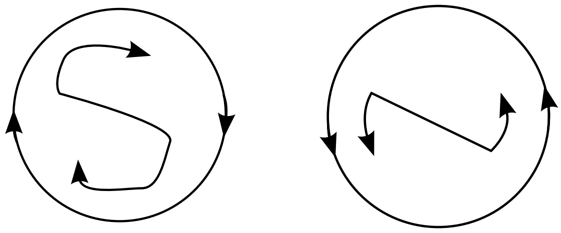
Règle 1 : la règle de la main droite.

On place la main droite sur la bobine, la paume face au centre de la bobine. Les 4 doigts orientés dans le sens du courant électrique, le pouce tendu indique le sens du champ magnétique à l'intérieur de la bobine.

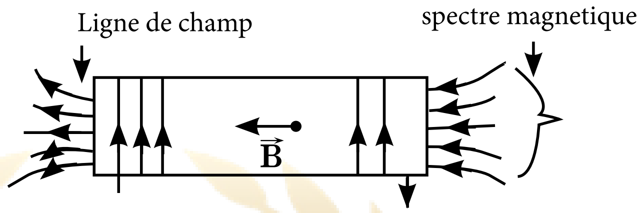
Règle 2 : la règle du bonhomme d'ampère.

3- Comment reconnaître les faces d'une bobine

Pour reconnaître les faces d'une bobine, on se place devant la face à identifier et on inscrit un N ou S avec ces flèches en bout de lettres.



4- Le spectre magnétique



- Une ligne de champ est une ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ magnétique et orienté dans le même sens que celui-ci. L'ensemble des lignes de champ est appelé Spectre magnétique.

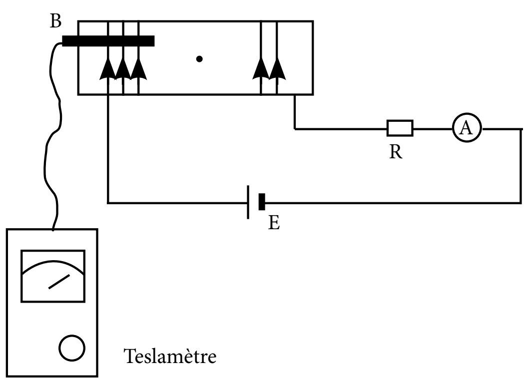
5- Caractéristique du champ magnétique dans la bobine ou le solénoïde.

- Direction : Celle de la bobine.
- Sens : Le sud vers le nord de la bobine.
- Valeur : $B = \mu_0 n I$ or $n = \frac{N}{\ell}$

$$\boxed{B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I}$$

B = Champ magnétique en tesla
μ_0 = Perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} SI$
n = Nombre de spires par mètre en spires.m^{-1}.
N = nombre de spires du solénoïde en spires.
ℓ = longueur du solénoïde en mètre (m)
I = Intensité du courant en Ampère (A)

6- Dispositif expérimental d'enregistrement du champ B

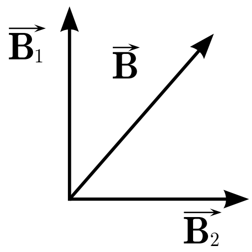


Superposition du champ magnétique B1 et B2

L'aiguille aimantée indique toujours le champ résultant $\vec{\mathbf{B}}$ est la somme vectorielle des champs superposés.

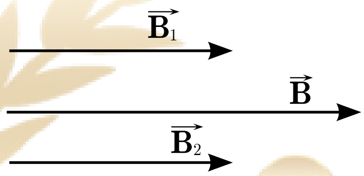
$\vec{\mathbf{B}} = \vec{\mathbf{B}}_1 + \vec{\mathbf{B}}_2$.

1er cas : $B_1 \perp B_2$



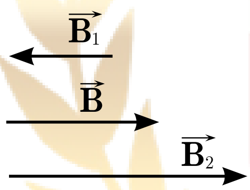
$$\vec{\mathbf{B}} = \vec{\mathbf{B}}_1 + \vec{\mathbf{B}}_2$$
$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

2e cas : B_1 et B_2 même direction



$$\vec{\mathbf{B}} = \vec{\mathbf{B}}_1 + \vec{\mathbf{B}}_2$$
$$B = B_1 + B_2$$

3e cas : B_1 et B_2 même direction et sens contraires



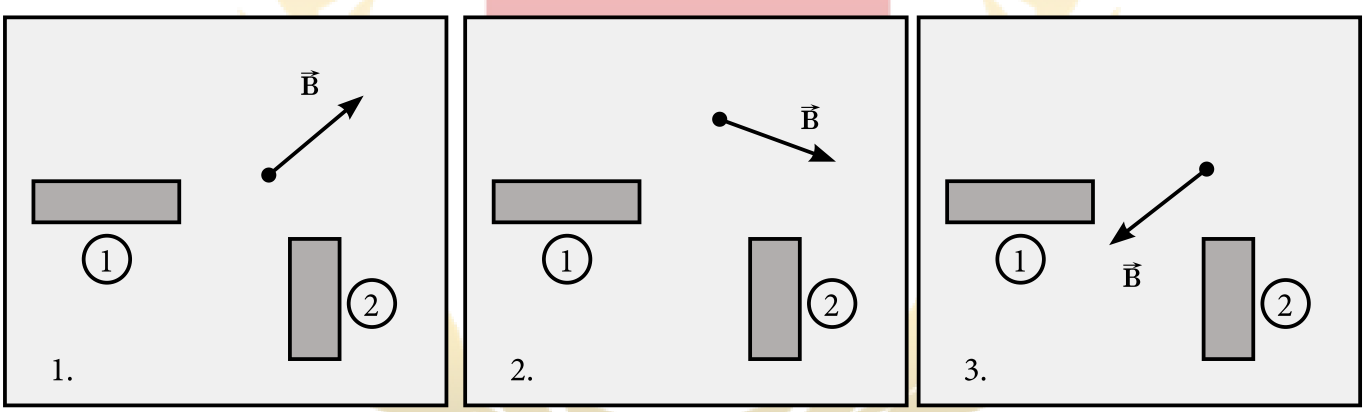
$$\vec{\mathbf{B}} = \vec{\mathbf{B}}_1 + \vec{\mathbf{B}}_2$$
$$B = B_2 - B_1$$

A retenir

$$n = \frac{\text{Nombre de couches}}{\text{diamètre de fil}}$$

EXERCICE 1

1. Donner le nom de deux sources de champ magnétique uniforme.
2. Deux lignes de champ magnétique peuvent-elles se couper en un point où le champ est non nul ?
2. "vrai" ou "faux"
2.1. En brisant un aimant en morceaux suffisamment petits, on peut arriver à séparer le pôle nord du pôle sud.
2.2. Dans un spectromètre magnétique, les lignes de champ resserrées indiquent les zones où le champ est plus intense.
2.3. Les lignes de champ n'existent qu'à l'extérieur d'un aimant.
2.4. L'unité internationale de champ magnétique est le Tesla.
2.5. Une aiguille aimantée dévie au voisinage d'une tige de verre frottée avec de la peau de chat.
3. Dans chacun des cas suivants :



3.1. Représenter les champs magnétiques $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$ créés par les aimants 1 et 2.
3.2. En déduire la polarité de ces aimants que l'on marquera sur la figure par les lettres N et S.

EXERCICE 2 **Vrai ou Faux**

1. Le champ magnétique terrestre est uniforme.
2. Eloignée de toute substance ferromagnétique, l'aiguille d'une boussole donne l'orientation du champ magnétique terrestre.
3. L'intensité du champs magnétique terrestre est toujours négligeable par rapport à l'intensité du champ créé par un aimant.
4. Les lignes de champ d'un champ magnétique ne se coupent jamais.
5. Dans un champ magnétique uniforme, les lignes de champ sont parallèles.

6. On peut réaliser un spectre magnétique avec la limaille d'un métal quelconque.
7. Si le champ magnétique créé par un aimant agit sur une aiguille aimantée, réciproquement l'aiguille crée un champ magnétique qui agit sur l'aimant.

EXERCICE 3

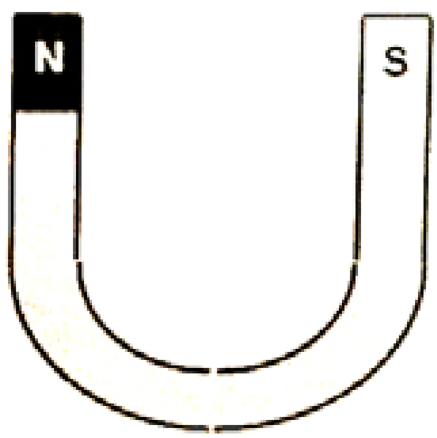
Voici cinq propositions :
1. Au centre d'une bobine, le champ magnétique est proportionnel à l'intensité du courant qui circule dans cette bobine.
2. A l'intérieur d'un solénoïde, les lignes de champ sont orientés de la face nord vers la face sud.
3. Le champ magnétique à l'intérieur d'une bobine est multiplié par 2 si on double la longueur de cette bobine.
4. Lorsqu'un solénoïde parcouru par un courant est libre de se déplacer dans un champ magnétique terrestre, sa face nord est dirigée vers le pôle Sud terrestre.
5. L'intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde long est donnée par : $B = 4\pi.10^{-7}$ nl, où n désigne le nombre de spires par mètre.

Cocher la ou les cases correspondant à une bonne réponse :
a) Toutes les propositions sont fausses.
b) Sont varies les propositions 1 et 5.
c) Sont fausses les propositions 2 à 5.

EXERCICE 4

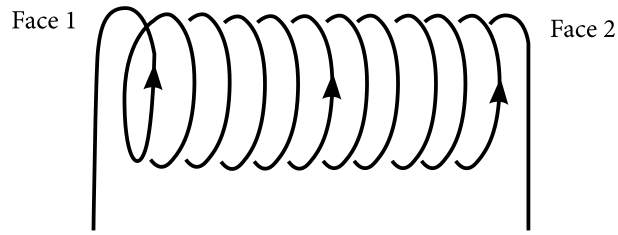
1. Définis le spectre magnétique.
2. Reproduis et représente sur l'aimant en U schématisé ci-contre, le spectre du champ magnétique crée en indiquant le sens des lignes de champ.
3. Place convenablement l'aiguille aimantée suivante 

sur une des lignes de champ située à l'intérieur des branches de cet aimant.
4. Précise la nature du champ magnétique crée à l'intérieur de l'aimant en U.



EXERCICE 5

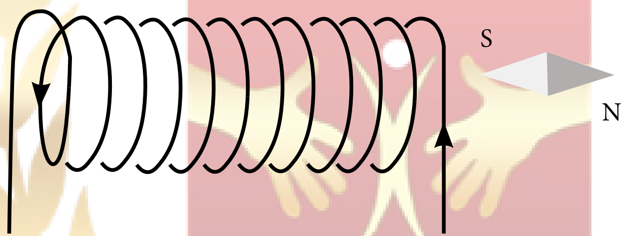
Une bobine est parcourue par un courant (figure).



1. Quelle est la direction du champ $\vec{B}$ à l'intérieur de la bobine ? Représenter les lignes de champ.
2. Placer devant chaque face une aiguille aimantée dont on donnera la position.
3. Donner le nom de chaque face.

EXERCICE 6

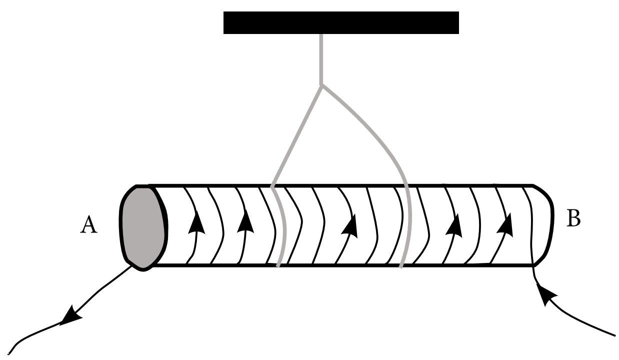
Un solénoïde est parcouru par un courant. Une aiguille aimantée placée devant l'une de ses faces dévie.



1. Indiquer la face nord et la face sud de la bobine.
2. Préciser la direction et l'orientation des lignes de champ dans ce solénoïde.
3. Déterminer le sens du courant dans le fil

EXERCICE 7

Une bobine parcourue par un courant est suspendue à un fil de coton vertical (figure).



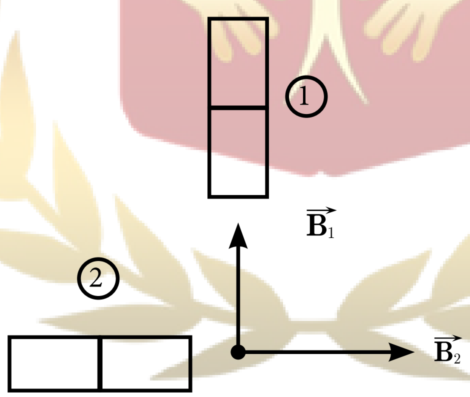
1. Quelle orientation prend-elle dans le champ magnétique terrestre ?
2. On approche le pôle sud d'un aimant de la face B. Déterminer le mouvement de la bobine.
3. Que se serait-il passé si l'on avait approché le pôle nord de l'aimant de cette même face B ?

EXERCICE 8

Une aiguille aimantée est placée au centre d'un solénoïde parcouru par un courant. L'aiguille tourne-t-elle forcément de 180° lorsqu'on inverse le sens du courant ?
Justifier votre réponse.

EXERCICE 9

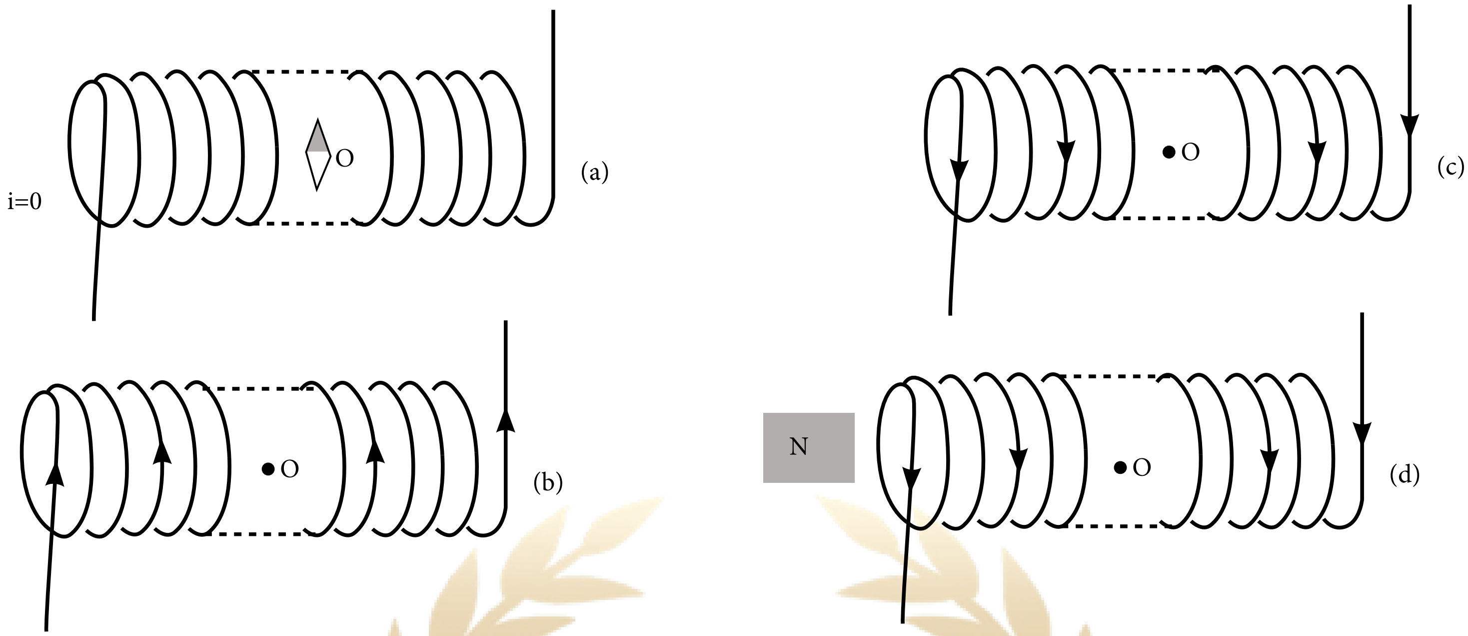
En un point M de l'espace se superposent deux champ magnétiques $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ créés par deux aimants dont les directions sont orthogonales (figure). Leurs intensités sont respectivement $\|\vec{B}_1\| = 3.10^{-3}T$ et $|\vec{B}_2| = 4.10^{-3}T$.



1. Déterminer les pôles des deux aimants.
2. Représenter graphiquement le champ résultant $\vec{B}$
3. Calculer $\|\vec{B}\|$ et $\alpha = (\vec{B}_1;\vec{B})$

EXERCICE 10

La figure a représente un solénoïde et une boussole vus de dessus. La boussole est à l'intérieur du solénoïde.



Dans les trois autres cas, l'intensité i du courant est telle que le champ magnétique créé par le solénoïde en son centre est égale à la composante horizontale du champ magnétique terrestre. Représenter l'aiguille aimantée sur les figures b, c et d.

EXERCICE 11

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

1. Peut-on considérer que le champ magnétique au centre de cette bobine est donné par la relation $B = 4\pi.10^{-7}$ nI ? Pourquoi a-t-on donné le diamètre de la bobine ?

2. Quelles grandeurs représentant n et I ? Indiquer leurs valeurs pour cette bobine dans le système international d'unités.

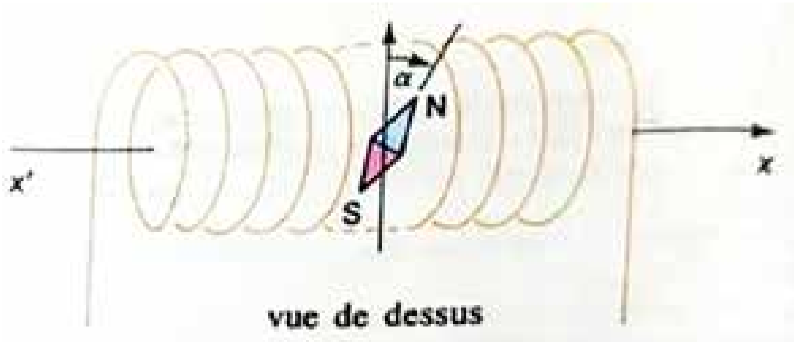
3. Calculer l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.

4. On juxtapose une solénoïde identique au précédent de façon à constituer un solénoïde de longueur double.

Quel est le champ à l'intérieur de cette association ?

EXERCICE 12

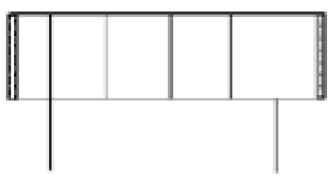
On dispose une aiguille aimantée à l'intérieur d'une bobine. En l’absence de courant, cette aiguille prend une direction horizontale perpendiculaire à l'axe x'x de la bobine, lui aussi horizontal.



1. Quelle est la direction du champ magnétique terrestre ?
2. On fait passer un courant d'intensité I. L'aiguille dévie d'un angle α (figure).
a) Déterminer le sens du courant de la bobine.
b) Calculer l'intensité du champ créé par la bobine et celle du champ résultant.
Données : $\alpha = 30°$; $B_{Th} = 2.10^{-5} T$ (composante horizontale du champ magnétique terrestre).

EXERCICE 13

Etude du champ magnétique créé par un solénoïde long
Les deux parties A et B sont indépendantes.
Partie A
Un solénoïde long parcouru par un courant continu d'intensité I crée un champ magnétique $\vec{B}$.
1. Reproduire le schéma du solénoïde ci-dessous et représenter :
1.1 le sens choisi du courant ;
1.2 les lignes de champ et leur sens ;
1.3 le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde (direction et sens).
2. Compléter le schéma en y indiquant les faces du solénoïde.



Partie B
Pour utiliser ce solénoïde, on se propose de déterminer le nombre de spires qui n'est malheureusement pas indiqué. Pour ce faire, on mesure la valeur du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde en faisant varier l'intensité du courant I qui le traverse.
1. Faire un schéma annoté du dispositif expérimental.
2. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

I(A)	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
B(mT)	0	0,63	0,94	1,25	1,55	1,89	2,15	2,48	2,80

Tracer la courbe B = f(I).

Echelle : 1 cm ↔ 0,5 A et 1 cm ↔ 0,5 mT

Déduire de la courbe que B est proportionnel à I et déterminer le coefficient de proportionnalité k (en unité SI).

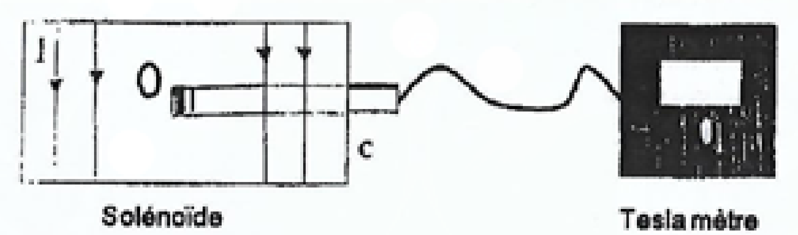
Donner l'expression de B en fonction de la longueur du solénoïde ℓ , du nombre de spires N, de l'intensité du courant I et de la perméabilité du vide μ_0.

Déterminer le nombre de spires N.

Données : $\mu 0 = 4\pi 10^{-7}$ (unité SI) ; $\ell = 40$ cm ; section de base S = 20 cm^2.

3. Donner l'expression de l'inductance de ce solénoïde et calculer sa valeur (prendre N = 200 spires).

EXERCICE 14



La sonde à effet Hall d'un tesla mètre est placée au centre O d'un solénoïde de longueur L = 40 cm (figure ci-dessus). Les valeurs B_0 du champ magnétique, mesurées en fonction de l'intensité I du courant, sont regroupées dans le tableau suivant On négligera le champ magnétique terrestre.

I(A)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
B_0(mT)	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	3,8	4,4	5

1.

1.1.Tracer la représentation graphique de B0 = f(I).

Echelle: 2cm 0,5A et 2cm 1 mT,

1.2. Déterminer l'équation de la courbe obtenue

2) Donner l'expression théorique de la valeur de B_0 au centre du solénoïde.

En déduire le nombre N de spires du solénoïde étudié.

On donne: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I.

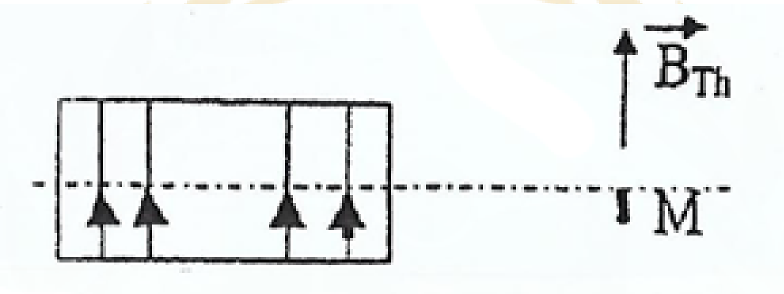
3) Donner la direction et le sens du champ magnétique B_0 au point O et Indiquer l'orientation d'une aiguille alimentée placée devant la face A du solénoïde sur un schéma claire.

4)

4.1. Maintenant en tenant compte du champ magnétique terrestre B_{Th}, horizontal, orthogonal à l'axe d'une bobine comportant 1600 spires par mètre de longueur et parcourue par un courant d'intensité I = 10 mA, placée à une distance d d'un point M (voir figure); de quel angle α (par rapport à l'axe de la bobine) tournerait une aiguille aimantée placée au point M si $B_{Th} = 2.10^{-5}$ T? (Faire un schéma clair).

4.2. Calculer la valeur B_1 du champ résultant

4.3. Comment ajouter une deuxième bobine identique, placée à la même distance d de M pour que le champ total résultant soit nul en ce point? Faire le schéma et calculer l'intensité I du courant qui doit traverser cette bobine dans ce cas :



EXERCICE 15

Une aiguille aimantée, placée au centre d'une bobine sans courant électrique, prend une direction perpendiculaire à l'axe de la bobine (voir figure).

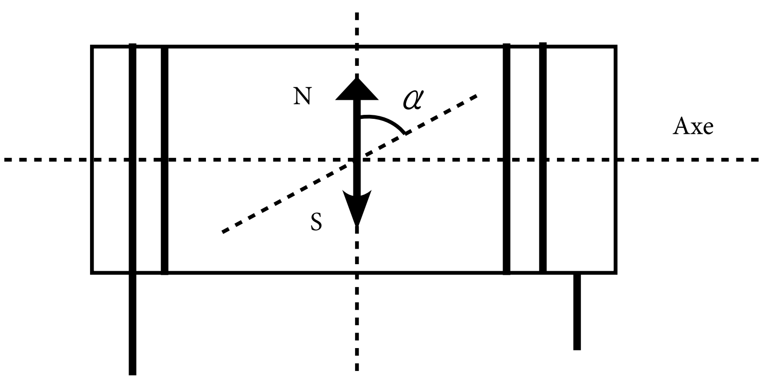
1. Donner la direction et le sens du vecteur champ magnétique terrestre $\vec{B}_h$. Représenter $\vec{B}_h$.

2. On fait passer un courant I dans la bobine. L'aiguille dévie d'un angle α.

2.1. Donner la direction et le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}_b$ créé par la bobine. Représenter $\vec{B}_b$.

2.2. Déterminer le sens du courant dans la bobine et préciser les noms des faces de la bobine.

2.3. Déterminer les valeurs du champ magnétique $\vec{B}_b$ et du champ magnétique total $\vec{B}$.



MOUVEMENT D'UNE PARTICULE DANS UN CHAMP UNIFORME B

I- Force magnétique ou force de lorentz

Une particule de charge q animée d'un mouvement de vitesse V_0 dans le champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$ subit une force magnétique appelée Force de Lorentz.

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}} = q\vec{v} \wedge \vec{\mathbf{B}}}$$

Caractéristiques de la force de Lorentz

Direction : $\vec{\mathbf{F}}$ est perpendiculaire à la fois à $\vec{v}$ et $\vec{\mathbf{B}}$.

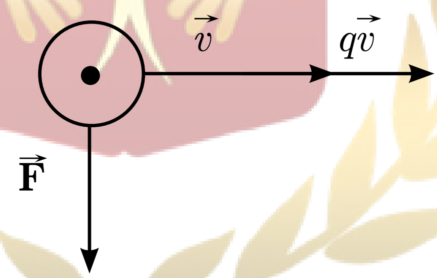
Sens : Le triède $\Longrightarrow$ le trièdre ($q\vec{v};\vec{\mathbf{B}};\vec{\mathbf{F}}$) est direct.

Valeur : $F = |q|.v.B\sin\left(\widehat{\vec{v};\vec{\mathbf{B}}}\right)$ or $\vec{v} \perp \vec{\mathbf{B}}$

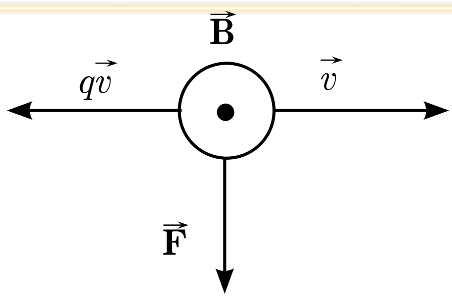
$$\Longrightarrow \boxed{F = |q|.v.B}$$

Silence
« Force de Lorentz »
La règle du trièdre direct

Pour q < 0



Pour q > 0
Maintenant, pour q < 0



II- Mouvement d'une particule chargée dans un champ $\vec{\mathbf{B}}$ uniforme.

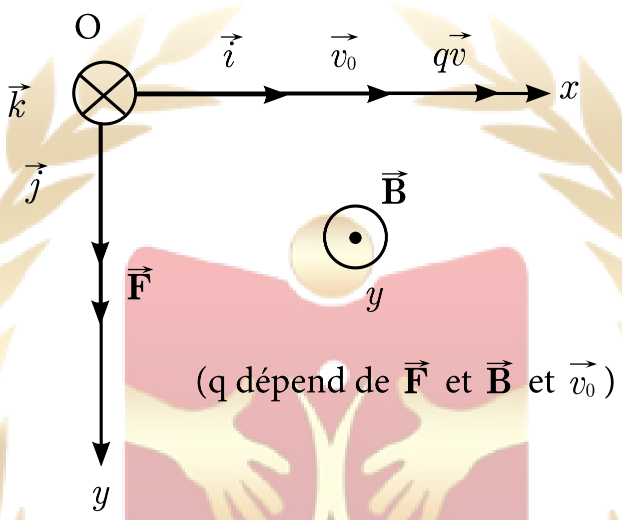
Une particule de masse m, de charge q et de vecteur vitesse $\vec{v_0}$ penetre dans une région de l'espace, où règne un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$.

On suppose que $\vec{\mathbf{B}} \perp \vec{v_0}$ on en néglige le poids de la particule.

Démontrer que :
2.1. Le mouvement est plan
2.2. Le mouvement est uniforme
2.3. Le mouvement est circulaire.

Etude dynamique
Système: Une particule de charge q
Référentiel: Terrestre supposé galiléen
Bilan des forces: $\vec{\mathbf{F}}$ Force magnétique ou de Lorentz

Représentation



Appliquons le théorème du centre d'inertie

$$\boxed{\sum \overrightarrow{\mathbf{F}_{ext}} = m.\vec{a}}$$

$$\vec{\mathbf{F}} = m.\vec{a}$$

$$q\vec{v} \wedge \vec{\mathbf{B}} = m.\vec{a}$$

$$\boxed{\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{v} \wedge \vec{\mathbf{B}}}$$

1- Démontrons que le mouvement du centre d'inertie est dans un plan
Considérons le repère R (O, $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$)
à t = 0s

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \\ v_{0z} = 0 \end{cases} \quad ; \quad \overrightarrow{\mathbf{OG}_0} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$$

à $t \neq 0$s
$\vec{a} \perp \vec{\mathbf{B}}$ et $\vec{\mathbf{B}} \mathbin{/\!/} \vec{k} \Longrightarrow \vec{a} \perp \vec{k}$

$$\Longrightarrow az = 0$$

$v_z = 0$ car $v_{0z} = 0$

$z_0 = 0$ donc $z = 0$ alors le mouvement se déroule dans un plan. Ce plan est (O, $\vec{i}, \vec{j}$).

2- Démontrons que le mouvement est uniforme

$P = \dfrac{W(\vec{\mathbf{F}})}{\Delta t}$ et $P = \vec{\mathbf{F}}.\vec{\mathbf{V}}$ or $\vec{\mathbf{F}} \perp \vec{\mathbf{V}}$

P = 0

$\Rightarrow P = \dfrac{W(\vec{\mathbf{F}})}{\Delta t} = 0$

$W(\vec{\mathbf{F}}) = 0$

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique

$$\boxed{\Delta E_C = \sum W(\vec{\mathbf{F}}_{ext})}$$

$\Longrightarrow \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = W(\vec{\mathbf{F}})$

$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$

$\Leftrightarrow v = v_0 =$ constante alors le mouvement est uniforme.

2ème méthode

à $t \neq 0$s ; $\vec{a} \perp \vec{v} \Longleftrightarrow \vec{a}.\vec{v} = 0$

$\Longleftrightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 =$ constante

Alors le mouvement est uniforme.

3- Démontrons que le mouvement est circulaire

Dans la base de Frenet on a :

$\vec{a} = a_n.\vec{n} + a_i.\vec{i}$ avec $a \begin{cases} a_n = \dfrac{v^2}{\rho} \\ a_i = \dfrac{dv}{dt} = 0 \end{cases}$

$a_i = 0 \Longleftrightarrow a = a_n$

$a = \dfrac{v^2}{\rho}$

$a = \dfrac{|q|}{m}v.B \Longleftrightarrow \dfrac{|q|}{m}v.B = \dfrac{v^2}{\rho}$

$$\Longleftrightarrow \rho = \frac{mv^2}{|q|v.B}$$

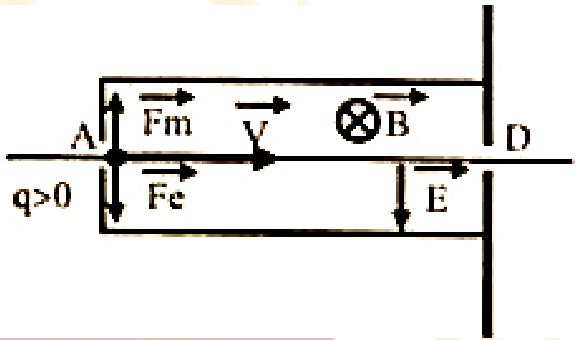
$$\Longleftrightarrow \rho = \frac{mv}{|q|B}$$

m, v, q et B sont des constantes, alors le mouvement est circulaire de rayon $\boxed{R = \frac{mv}{|q|B}}$

Les accélérateurs de particules

1- Filtre de vitesse

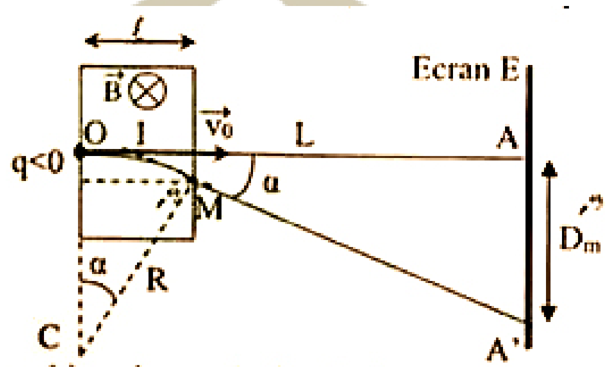
Un faisceau de particules traverse un espace AD vide, dans lequel règne un champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ et un champ électrostatique $\vec{\mathbf{E}}$ perpendiculaires. Les directions de $\vec{\mathbf{B}}$ et $\vec{\mathbf{B}}$ sont toutes deux normales à celle de la vitesse initiale $\vec{v}$ des ions à leur entrée en A. On place en D, perpendiculairement à la direction initiale de la vitesse, un écran percé d'un trou.



Les particules qui entrent en A avec une vitesse $\vec{v}$ sortent par le point, en décrivant un mouvement rectiligne uniforme, que si $\vec{\mathbf{F}}_m + \vec{\mathbf{F}}_e = \vec{0}$. Soit E = V.B $\Longrightarrow V = \frac{E}{B}$. Toutes les autres particules ayant des vitesses différentes de E/B sont dérivées et bloquées par l'écran. On obtient ainsi un faisceau de particules homocinétiques.

2- Déflexion magnétique

Un faisceau de particules identiques, de charge q e de masse m, pénètre en O dans une région de largeur ℓ où règne un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$. La vitesse initiale $\vec{v}_0$ des particules, orthogonale à $\vec{\mathbf{B}}$, est dirigée suivant OA (figure ci-contre).



Dans le champ magnétique les particules décrivent un arc de cercle de rayon $R = \frac{mv_0}{|q|B}$

Les particules sortent du champ au point M. Leur mouvement est alors rectiligne uniforme et dirigée selon la tangente en M à la trajectoire circulaire. Elles arrivent

en A' sur l'écran E, perpendiculaire à OA et situé à la distance L du point O.
Evaluons la quantité Dm = AA', appelée Déflexion magnétique. La déviation angulaire $\alpha = (\overrightarrow{\mathbf{CO}}, \overrightarrow{\mathbf{CM}})$ est donnée par (figure ci-dessus):
Sin $\alpha = \dfrac{\ell}{R}$ ou tan $= \dfrac{AA'}{IA} = \dfrac{Dm}{L - OI}$

Dans les dispositifs utilisés, la distance OI est alors très inférieure à L, on peut donc négliger OI devant L. Ainsi tan $\alpha = \dfrac{Dm}{L}$. Par ailleurs α est petit, d'où sin $\alpha \approx$ tan α. On peut donc écrire : $\dfrac{\ell}{R} = \dfrac{Dm}{L} \Longrightarrow Dm = \dfrac{\ell L |q| B}{m v_0}$.
La mesure de Dm permet de calculer le rapport $\dfrac{|q|}{m v_0}$

3- Spectromètre de masse

Un spectromètre de masse est un appareil qui permet de tirer des ions de masse ou de charges différentes par utilisation d'un champ magnétique et d'un champ électrique. Le spectromètre de type Dempster (figure ci-contre) comprend :

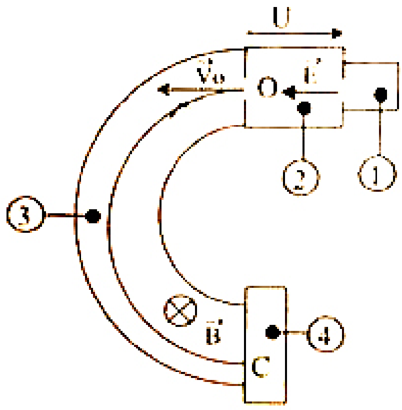
- Une chambre d'ionisation 1 où sont produits les ions,
- Une chambre d'accélération 2, les ions y pénètrent avec une vitesse quasiment nulle et sont accélérés par un champ électrique $\overrightarrow{\mathbf{E}}$, sous une tension U ; ils en sortent au point 0 avec une vitesse $\overrightarrow{v_0}$ telle que : $\dfrac{1}{2} m v_0^2 = |q| U$ (théorème de l'énergie cinétique),
- Une chambre de déviation 3 , semi-circulaire. Les particules y sont soumises à l'action d'un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{\mathbf{B}}$; elles décrivent un demi-cercle dont le Diamètre D est tel que :

D = OC = 2R = $2\dfrac{m v_0}{|q| B}$ avec $v_0 = \sqrt{\dfrac{2|q|U}{m}}$ soi D = $\dfrac{2m\sqrt{\dfrac{2|q|U}{m}}}{|q| B}$ $= \dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{8mU}{|q|}}$

Si la particule est un ion de formule ${}_{Z}^{A}X^{n-}$, Z étant le numéro atomique, A le nombre de masse et n le nombre de charges élémentaires, alors sa charge est q = -n.e = - 1,6.10^{-19} .n (Coulomb) car la charge élémentaire est e = 1,6.10^{-19} C et sa masse est m = A.u (Kg), u étant l'unité de masse atomique (1u = 1,66.10^{-27} Kg). Ainsi on a :
D = $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{8.A.u.U}{n.e}}$
Exemple l'oxygène 16, ${}_{8}^{16}O^{2-}$ D = $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{8 \times 16 \; 1{,}66.10^{-27} \; U}{2 \times \; 1{,}6.10^{-19}}}$

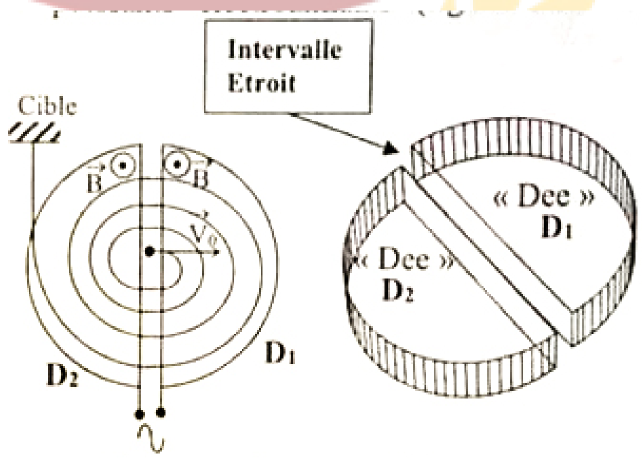
- Un détecteur 4 (plaque photographique, compteur, collecteur,...) où sont recueillies les particules.

L'ensemble du système es sous vide. Pour une tension U et un champ magnétique B fixés, les ions caractérisés par le même rapport $\frac{|q|}{m}$ décrivant la même trajectoire circulaire de rayon R ; la mesure du diamètre D permet donc de déterminer ce rapport. En revanche, des ions de même charge mais de charges différentes décriront chacun une trajectoire dont le diamètre D est proportionnel à la racine carrés de leurs masses.



4- Cyclotron

Un cyclotron est un accélérateur de particules. Il comporte deux boîtes semi-cylindrique d cuivre, D1 et D2, dans lesquelles on maintient vide très poussé. Ces boîtes, appelées dees en raison de leur forme (lettre D en anglais), sont placées horizontalement dans un champ magnétique uniforme et verticale crée par de puissants électroaimants (figure ci-contre)



Entre ces dees, un oscillateur produit une tension alternative de période T égale à la période cyclotron des ions à accélérer : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B}$

Les ions produits par la source S à l'instant où le champ électrique est maximal, sont accélérés vers D1 (temps de parcours négligeable) ; ils y décrivent alors un demi-cercle pendant la durée T/2 et se présentent en A2 lorsque le champ $\vec{E}$ est inversé. Les ions sont ainsi accélérés à nouveau vers D2, où ils décrivent un autre demi-cercle de rayon plus grand, et ainsi de suite. A chaque traversée des dees, leur énergie s'accroît et le rayon de la trajectoire augmente. Le champ B ne fait que courber la trajectoire ; il ne modifie pas la norme de la vitesse.

La vitesse maximale Vm acquise par ces ions est liée au rayon utile maximal des dees ;

Si Rm est ce rayon : Vm = $\frac{|q|RmB}{m}$

L'énergie cinétique maximale est alors : E = $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2B^2}{m}R_m^2$

Les particules arrivent à la périphérie des dees sont éjectées à l'extérieur par une ouverture adaptée munie d'un dispositif déflecteur et envoyées sur des trajectoires de stockage ou sur des cibles.

Notons que l'énergie maximale dépend des caractéristique du cyclotron, mais non de la tension accélératrice. Les valeurs de B e de Rm sont limitées par des considérations technologiques et économiques.

EXERCICE 1

Choisie la bonne réponse parmi les propositions suivantes :

1- A l'intérieur d'une bobine, les lignes de champ magnétique sont orienté vers :

a) le sud magnétique
b) le nord magnétique
c) le sud géographique

2- A l'intérieur d'une bobine, la valeur du champ magnétique est donnée par :

a) $B = \mu_0 \dfrac{I}{L} N$

b) $B = \mu_0 \dfrac{L}{N} I$

c) $B = \mu_0 \dfrac{N}{LI}$

3- Le spectre magnétique est l'ensemble :

a) des champs magnétiques
b) des lignes de champ magnétique
c) d'enroulement de fil conducteur

4- Pour déterminer le sens du champ magnétique on utilise la règle :

a) du bonhomme d'Ampère
b) de la main droite
c) des tangentes parallèles

5- Il règne un champ magnétique dans une région de l'espace, lorsqu'une aiguille aimantée

a) est influencée par son poids
b) y subit des actions
c) ne subit aucune action.

EXERCICE 2

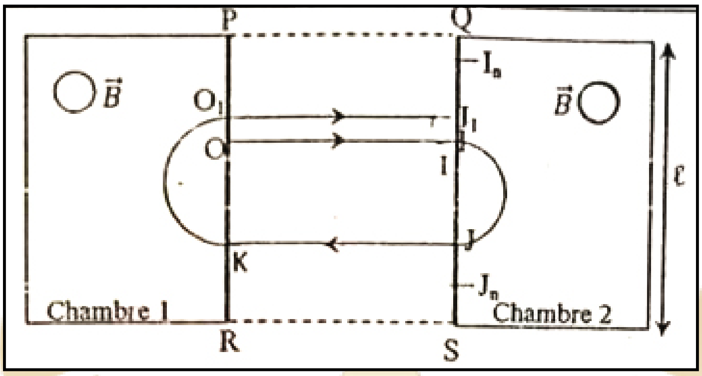
Réponds par vrai ou faux

a) Le champ magnétique terrestre est uniforme.
b) Eloignée de toute substance ferromagnétique, l'aiguille d'une boussole donne l'orientation du champ magnétique terrestre.
c) L'intensité du champ magnétique terrestre est toujours négligeable par rapport à l'intensité du champ crée par un aimant.
d) Les lignes de champ d'un champ magnétique ne se coupent jamais.
e) Dans un champ magnétique uniforme, les lignes de champ sont parallèles.

f) On peut réaliser un spectre magnétique avec la limaille d'un métal quelconque.
g) Si le champ magnétique crée par un aimant agit sur une aiguille aimantée, réciproquement l'aiguille crée un champ magnétique qui agit sur l'aimant.

EXERCICE 3

On considère le dispositif suivant, représentant un accélérateur de particules :



En O, sont injectés des protons de masse m et de charge e sans vitesse initiale. Il existe une différence de potentiel U qui crée un champ $\vec{E}$ entre les deux chambres. Un dispositif approprié permet d'inverser le sens de $\vec{E}$ à chaque passage des protons entre les chambres pour les accélérer.
Dans les chambres 1 et 2 règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.
1. Représenter le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ existant entre P et Q, le champ électrostatique $\vec{E}$ existant entre R et S ainsi que le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ dans les chambres 1 et 2, pour que les protons suivent la trajectoire indiquée OIJKO$_1$I$_1$.
2. Déterminer la vitesse V1 des protons en 1 en fonction de la quantité $\alpha = \frac{eU}{m}$
Calculer V1 pour U = 1000 volts.
3. Indiquer la nature de la trajectoire dans la chambre 2. (sans démontrer).
Exprimer la distance IJ en fonction de $\frac{U}{B}$ et de α ; la calculer numériquement pour B = 0,02 T.
4. Déterminer les vitesses V_0, et V1, en fonction de α. Calculer numériquement ces vitesses.
5. Soit In le point de la chambre 2 atteint par un proton ayant fait n tours complets plus le trajet OnIn.
Exprimer la vitesse VIn en fonction de n et de α. Calculer VIn pour n = 100.
6. Exprimer le segment JnIn en fonction de n, $\frac{U}{B}$ et de α et en déduire la longueur ℓ minimale des chambres pour que le proton puisse effectuer 100 tours.
On donne : m = $1{,}67.10^{-27}$ kg ; e = $1{,}6.10^{-19}$ C

EXERCICE 4

Dans un tube cathodique, des électrons sont émis sans vitesse initiale par une cathode C, puis accélérés dans une zone I par une tension accélératrice U_0.

1.1. Représenter le vecteur champ électrostatique $\vec{E_0}$ dans la zone I et la tension accélératrice $U_0 = V_A - V_C$.

1.2. Déterminer la valeur de la tension accélératrice U_0.

On donne : $V_1 = 2.10^7$ m.s^{-1} ; $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C

Les électrons pénètrent en O1 dans une zone II où règnent simultanément un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ et un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Ils parviennent en O en n'ayant subi aucune déviation.

2.1 Faire l'inventaire des forces (noms et expressions vectorielles) s'exerçant sur les électrons dans la zone II.

2.2. Représenter ces forces au point M.

2.3. Ecrire la relation vectorielle entre ces deux forces et en déduire la valeur du champ magnétique $\vec{B}$.

On donne : $E = 2.10^4$ V.m^{-1}.

3. En O, les électrons pénètrent dans la zone III où règne le champ magnétique $\vec{B}$ avec le vecteur-vitesse $\vec{V_0}$ horizontal tel que $V_0 = V1$. Un écran E placé à une distance D de O reçoit les électrons en un point P.

3.1. Montrer que le mouvement des électrons dans la zone III est circulaire uniforme.

3.2. Donner l'expression du rayon R du cercle en fonction de V_0, m, B et e.

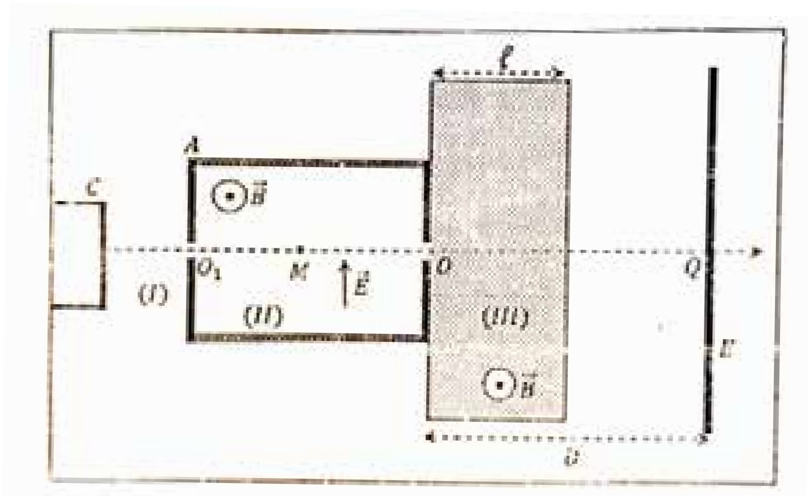
3.3. Placer le point P sur l'écran. Justifier.

3.4. Donner la nature du mouvement des électrons entre la zone III et le point P.

Montrer que la déflexion magnétique Y_P a pour expression $Y_P = \dfrac{eB\ell D}{mV_0}$

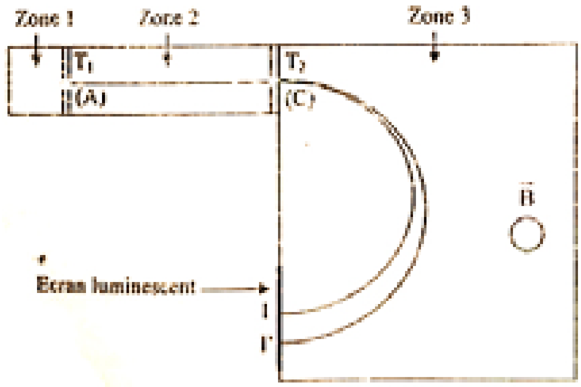
3.6. Faire l'application numérique.

On donne : $\ell = 1$ cm ; B = 2 mT et D = 50 cm.



EXERCICE 5

Le potassium naturel est un mélange de deux isotopes ${}^{39}K$ et ${}^{X}K$.
L'isotope ${}^{39}K$ est le plus abondant.
On se propose de déterminer le nombre de nucléons X du deuxième isotope ainsi que le pourcentage de chacun des isotopes dans le potassium naturel.



On utilise pour cela un spectromètre de masse (figure) comportant trois zones.
- Dans la zone 1, un échantillon est vaporisé et ionisé sous forme d'ion ${}^{39}K^{+}$ et ${}^{X}K^{+}$.
- Dans la zone 2, les ions sont accélérés par un champ magnétique $\vec{E}$.
- Dans la zone 3, les ions sont déviés par un champ magnétique $\vec{B}$ (perpendiculaire au plan de la figure) pour atteindre un écran luminescent.

Un vide poussé a été fait dans les trois zones. Le poids des ions est négligeable par rapport aux autres forces.
On assimilera la masse d'un ion à la somme des masses des nucléons de son noyau.
Ainsi, la masse d'un ions ${}^{39}K^{+}$ sera m = 39 m_0 et la masse d'un ion ${}^{X}K^{+}$ sera m' = $Xm_{0.}$
On donne $m_0 = 1{,}67.10^{-27}$ kg ; charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C

1. Etude de l'accélération (zone 2)
Entre les plaques A et C règne un champ électrique $\vec{E}$ .les ions pénètrent en T1 avec une vitesse pratiquement nulle et ressortent en T2 avec une vitesse V de direction T1T2.
1.1 Sur un schéma clair, représenter qualitativement la force électrique $\vec{Fe}$ exercée sur un ion et le vecteur champ électrique $\vec{E}$.
1.2. On note $U = U_{AC} = V_A - V_B$ la tension entre les plaques ; établir l'expression de la vitesse V des ions ${}^{39}K^{+}$ à leur passage en T2 en fonction de e, U et m_0.
1.3. En déduire, sans nouveau calcul, l'expression de la vitesse V' des ions ${}^{X}K^{+}$ à leur passage en T2 en fonction de e, U, X et m_0.
2. Etude de la déviation (zone 3)
Les ions issus de T2 pénètrent dans la zone 3 avec des vitesses perpendiculaires à la plaque C.
2.1. Sur un schéma clair, représenter qualitativement la force électromagnétique $\vec{F_L}$ exercée sur un ion et le vecteur champ magnétique $\vec{B}$.
2.2. Montrer que le mouvement ultérieurement des ions est uniforme dans le plan

de la figure.

2.3. Montrer que la trajectoire des ions ${}^{39}K^{+}$ à un rayon R = $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{78m_0U}{e}}$

2.4. En déduire, sans nouveau calcul, l'expression du rayon R' de la trajectoire des ions ${}^{X}K^{+}$ en fonction de X.
2.5. Calculer numériquement la distance D entre T2 et le point d'impact sur l'écran luminescent des ions ${}^{39}K^{+}$ dans le cas où : U = $1{,}00.10^{3}$ V et B = $1{,}00.10^{-1}$ T.
3. Exploitation
Sur l'écran luminescent, on observe deux taches I et I'. La tache I' est la moins lumineuse (voir figure).
3.1. A quel type d'ions correspond chaque tache ? L'isotope ${}^{X}K^{+}$ est-il «plus lourd» ou «plus léger» que l'isotope ${}^{39}K^{+}$? justifier.
3.2. Exprimer IT2 et I'T2 en fonction de R et R', rayons des trajectoires et montrer que $\dfrac{I'T_2}{IT_2} = \sqrt{\dfrac{X}{39}}$.
3.3. On ajuste les valeurs de U et de B de telle sorte que IT2 = 60,0 cm.
On mesure ensuite la distance I'I = 1,5 cm entre les deux taches. En déduire la valeur de X.
3.4. En I et I', on place des «compteurs» de particules. Pendant la même durée, on a pu dénombrer
n = 2216 impacts au point I et n' = 163 impacts au point I'. Déduire de cette mesure la composition ionique du potassium naturel (pourcentage de chacun des isotopes).

EXERCICE 6

A l'aide du spectrographe ci-dessous, on propose de séparer les isotopes du Lithium (Li).
On négligera le poids des particules devant les autres forces.
Les ions ${}^{y}Li^{+}$ et ${}^{7}Li^{+}$ de masses respectives m1 et m2 produits dans la chambre d'ionisation sont accélérés dans le vide entre les plaques P1 et P2 parallèles et soumises à une tension $U = U_{P1P2} = 10^{4}$ V.

1. Préciser la plaque qui a le potentiel le plus élevé et représenter sur un schéma le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ et la tension U.
2. On néglige la vitesse des ions lorsqu'ils traversent la plaque P1 en O1.
2.1- Calculer la vitesse V2 de sortie de l'ion ${}^{7}Li^{+}$ au point O2 de la plaque P2.
2.2- Montrer que les ions ${}^{y}Li^{+}$ et ${}^{7}Li^{+}$ ont la même énergie cinétique au point O2 et en déduire la vitesse V1 de l'ion ${}^{y}Li^{+}$ au point O2 en fonction de V2 et y.
3. Les ions pénètrent en O dans la chambre de déviation où règne un champ ma-

gnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure et d'intensité B = 0,2 T.

3.1- Indiquer sur un schéma le sens de $\vec{B}$ pour que les ions ${}^{y}Li^{+}$ et ${}^{7}Li^{+}$ parviennent respectivement en M et en P.

3.2- Montrer que dans la chambre de déviation le mouvement des ions est circulaire et uniforme.

En déduire les rayons de courbure R1 et R2 de chacune des trajectoires. Calculer R2.

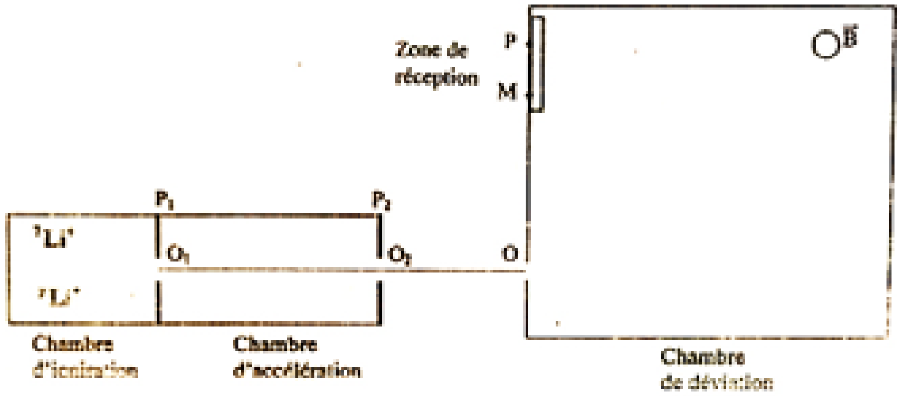
3.3- Etablir les relations suivantes : $\dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{R_1}{R_2}$ et $\dfrac{R_1}{R_2} = \sqrt{\dfrac{y}{7}}$

3.4- On donne MP = 2,8 cm, calculer y.

Données : charges électrique élémentaire :

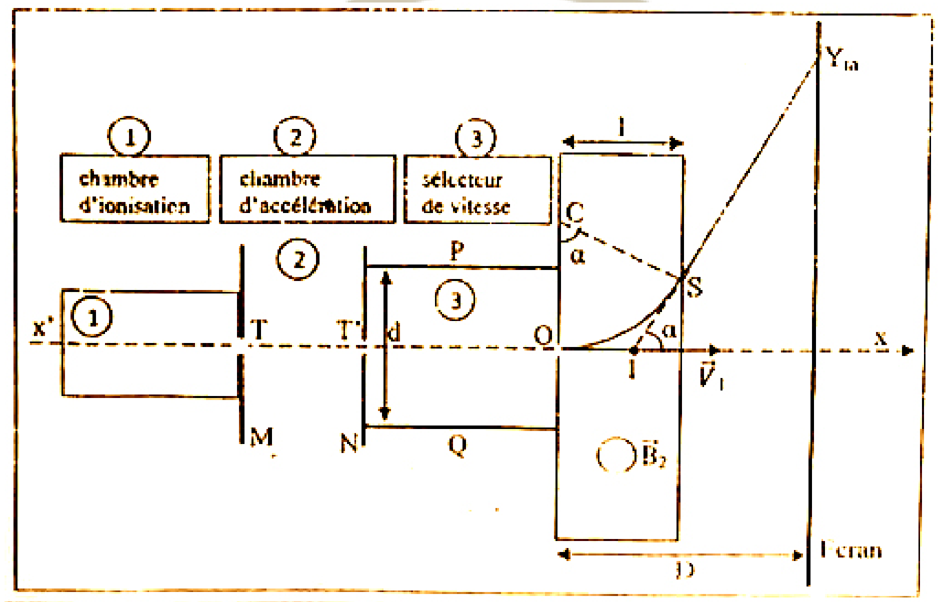
e = $1{,}6.10^{-19}$ C.

unité de masse atomique : u = $1{,}67.10^{-27}$ kg m1 = y u et m2 = 7 u



EXERCICE 7

Une chambre d'ionisation produit des ions chlorures ${}^{35}_{17}Cl^{-}$ et ${}^{37}_{17}Cl^{-}$ de masse respective m1 et m2. Leur poids est négligeable devant les forces électrostatiques et magnétiques qu'ils subissent. Les ions sortent en T sans vitesse initiale dans une chambre d'ionisation où ils sont soumis à l'action d'un champ électrostatique $\vec{E}_0$ crée par une tension $U_0 = V_M - V_N$. On désignera par $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ les vecteurs vitesses respectifs des ions ${}^{35}_{17}Cl^{-}$ et ${}^{37}_{17}Cl^{-}$ en T'.



1. Représenter $\overrightarrow{E_0}$ et en déduire le signe de la tension U_0. Justifier.
2. Déterminer l'expression de la vitesse V1 en fonction de U_0, e et m1.
En déduire celle de V2 en fonction de U_0, e et m2.
3. Trouver la relation entre V1 et V2. (On donne m1 = 35u et m2 = 37u).
4. Les ions entrent ensuite dans un sélecteur de vitesse limité par les plaques P et Q séparées de la distance d. Ils sont alors soumis à l'action simultanée d'un champ électrostatique $\overrightarrow{E}$ crée par une tension positive $U = V_P - V_Q$ et un champ magnétique $\overrightarrow{B_1}$ orthogonal à $\overrightarrow{V_1}$, $\overrightarrow{V_2}$ et $\overrightarrow{E}$. On règle la tension U pour que, seuls les ions ${}^{35}_{17}Cl^-$ aient un mouvement rectiligne uniforme suivant l'axe (x' , x).
4.1- Représenter les champs $\overrightarrow{E}$ et $\overrightarrow{B_1}$ puis la forces électrostatique $\overrightarrow{Fe}$ et magnétique $\overrightarrow{Fm}$.
4.2- Etablir l'expression de la tension U en fonction de $\overrightarrow{B_1}$, V1 et d.
4.3- Comparer les intensités des forces magnétiques $\overrightarrow{Fm_1}$ et $\overrightarrow{Fm_2}$ que subissent respectivement les ions chlorures ${}^{35}_{17}Cl^-$ et ${}^{37}_{17}Cl^-$. En déduire le sens de la déviation des ions ${}^{37}_{17}Cl^-$.
5. Les ions ${}^{35}_{17}Cl^-$ sortent du sélecteur de vitesse en O et traversent une zone étroite de largeur l où règne un champs magnétique uniforme $\overrightarrow{B_2}$ orthogonal au plan de la figure. Les ions sortent du champ $\overrightarrow{B_2}$ au point S et sont recueillis sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe (x'x) et à la distance D du point O.
5.1- Indiquer le sens de $\overrightarrow{B_2}$.
5.2- Les ions ${}^{35}_{17}Cl^-$ ayant un mouvement circulaire uniforme, donner sans démonstration, l'expression du rayon de leur trajectoire en fonction de m1, V1, e et $\overrightarrow{B_2}$.
5.3- En faisant les approximations suivantes I<<D et tan $\alpha \simeq \alpha$, établir l'expression de la déviation Ym des ions sur l'écran en fonction de D, m1, e, V1, I et $\overrightarrow{B_2}$. Calculer Ym.
On donne : D = 40 cm ; I = 1 cm ; e = $1{,}6.10^{-19}$ C ; B2 = 0,1 T ; m1 = $5{,}81.10^{-26}$ kg ; V1 = $5{,}25.10^{4}$ m.s^{-1}.

EXERCICE 8

Dans tout l'exercice, on négligera le poids des particules par rapport aux autres forces.
Une chambre d'ionisation (C) produit des particules α (He^{2+}) de masse m = $6{,}64.10^{-27}$ Kg e de charge q = +2e
= $+3{,}2.10^{-19}$ C.
Ces particules sortent en O1 sans vitesse initiale. Elles sont accélérées dans la zone 1 où règne un champ électrique $\overrightarrow{E_0}$ crée par une tension électrique $U_0 = V_{P1} - V_{P2}$

positive. Elle atteignent l'ouverture O2 avec une vitesse $\vec{V_0}$.

1. Exprimer la vitesse V_0 des particules à leur passage en O2 en fonction de q, m et U_0.

2. Dans la zone (II), se trouve un dispositif appelé filtre de Wien où règne un champ électrique vertical $\vec{E_1}$ et un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal au plan de la figure. On désire que le mouvement des particules soit rectiligne uniforme.

2.1. Trouver une relation entre la force électrique $\vec{Fe}$ et la force magnétique $\vec{Fm}$ agissant sur les particules.

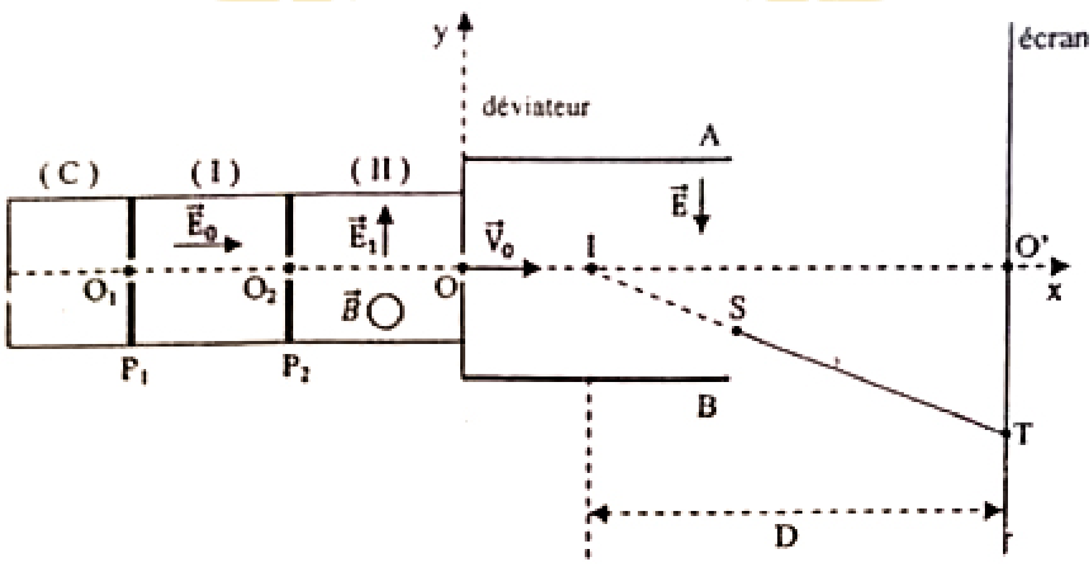
2.2. Indiquer, en le justifiant, le sens de $\vec{B}$.

2.3. Exprimer B en fonction de E_1 et V_0. Vérifier que $V_0 = 2.10^7$ m.s^{-1}.

3. Ces particules de vitesse horizontale $\vec{V_0}$ passent ensuite entre les plaques horizontales A et B d'un condensateur plan. Ces plaques de longueur l = 10 cm, sont séparées d'une distance d = 2 cm et la tension entre les plaques est
$U = V_A - V_B = 10^3$ V.
A une distance D = 50 cm, du milieu I du déviateur, on place un écran. On observe sur cet écran une tache T.

3.1. Monter que l'équation de la trajectoire des particules dans le repère (O, x, Y) est : $y = -\dfrac{qUx^2}{2mdV_0^2}$.

3.2. En admettant que la trajectoire à la sortie S du condensateur est portée par la droite IS, déterminer la position de T par rapport au milieu O' de l'écran.
On donne : $E_1 = 4.10^4$ V.m^{-1} et $B = 2.10^{-3}$ T.



EXERCICE 9

Dans un téléviseur, les électrons sont émis sans vitesse initiale par une cathode C, puis accélérés vers une anode A par une tension $U_{CA} = U_0$.

1.

1.1. Déterminer le signe de la tension U_0.

1.2. Exprimer en fonction de U_0, e et m, l'expression de la vitesse V_A d'un électron à l'anode A.

1.3. Montrer que $V_0 = V_A$. Faire l'application numérique.

$|U_0| = 500$ V ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg

2. On se propose d'étudier la déviation verticale sur l'écran du téléviseur, obtenu grâce à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ .appliqué aux électrons après la phase accélératrice. Les électrons pénètrent en O dans une région de largeur ℓ où règne le champs magnétique $\vec{B}$ avec un vecteur vitesse $\vec{V_0}$ horizontal. Le champ magnétique $\vec{B}$ est orthogonal au plan de la figure. Les électrons sortent de l'espace champ magnétique au point S.

2.1. Déterminer le sens de $\vec{B}$.

2.2. Montrer que la trajectoire des électrons dans l'espace champ magnétique est plane.

2.3. Montrer que le mouvement des électrons dans l'espace champ magnétique est circulaire uniforme.

En déduire en fonction de V_0, m, e et B, l'expression du rayon R de la trajectoire des électrons.

2.4. Soit α la déviation angulaire à la sortie de l'espace champ magnétique. Montrer que $\sin \alpha = \dfrac{\ell}{R}$.

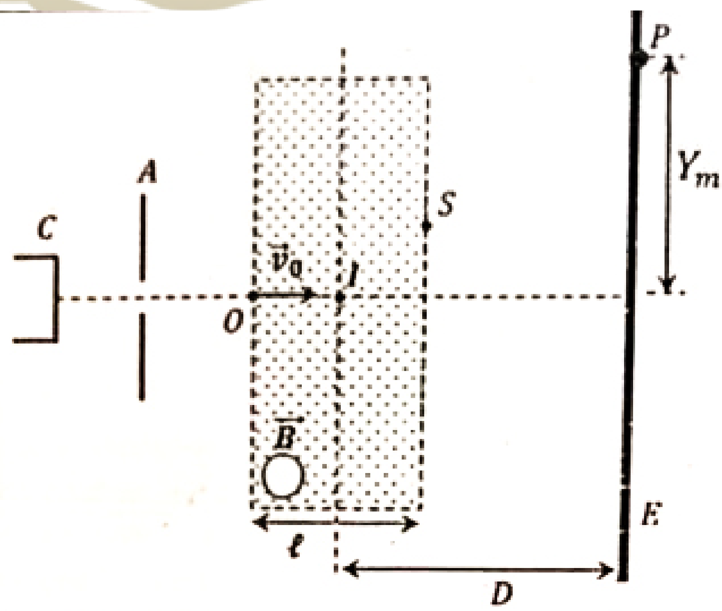
3. Les électrons arrivent sur l'écran E, pla
P.

3.1. Déterminer la nature du mouvement des électrons entre S et P.

3.2. En supposant α petit, établir l'expression de la déflexion magnétique Tm en fonction de e, m, V_0, ℓ, D et B.

3.3. Calculer la valeur B de l'intensité du champ magnétique.

D = 20 cm ; ℓ = 2 cm ; Ym = 25 cm.



EXERCICE 10

Dans cet exercice, on négligera le poids des particules devant les autres forces. Le mouvement des particules s'effectue dans le vide.

Deux ions isotopes $^{35}Cl^{-}$ et $^{36}Cl^{-}$ de charge q = -e, de masse respectives $m_1 = 35$ u et $m_2 = 36$ u, émis avec des vitesses quasiment nulles sont accélérés depuis un trou O_1, entre deux plaques P_1 et P_2 soumises à une différence de potentiel $U = V_{P_1} - V_{P_2}$ jusqu'au trou O_2.

1. Montrer qu'en O_2, les deux ions ont la même énergie cinétique.

2. En déduire les expressions des vitesses V_1 et V_2 des ions au point O_2.
Calculer leurs valeurs.

3. A partir de O_2, les ions entrent dans un sélecteur de vitesse où règnent simultanément un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ et un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1$ tel que $\vec{B}_1$ est perpendiculaire à $\vec{E}$.
L'un des ions traverse le sélecteur avec un mouvement rectiligne uniforme jusqu'au trou O. Son vecteur-vitesse constant est $\vec{V}$.

3.1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur les ions dans le sélecteur de vitesse.

3.2. Reproduire le sélecteur et représenter au point M, ces forces.

3.3. Ecrire la relation vectorielle entre ces forces et en déduire une relation entre E, V et B_1.

3.4. Calculer la vitesse V et identifier l'ion en question.

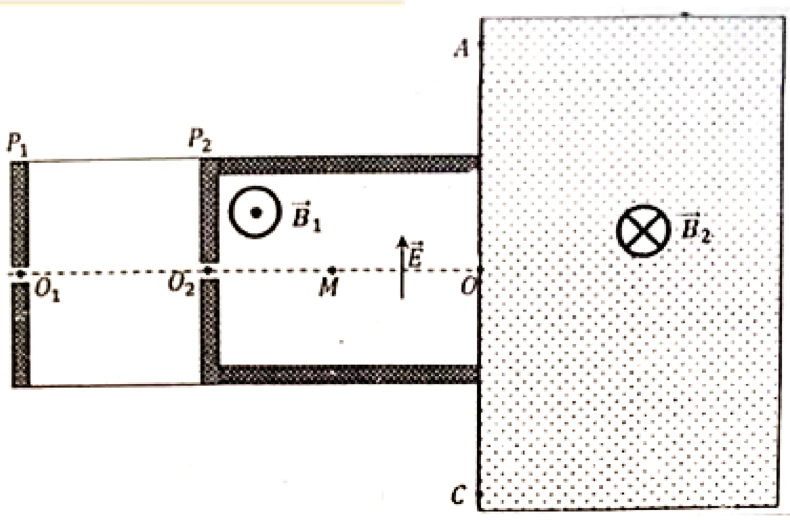
4. Du point O, l'ion pénètre enfin dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}_2$ orthogonal au plan de la figure. Il y subit une déviation et est réceptionné soit en A, soit en C (voir figure).

4.1. Identifier le point de réception de l'ion en justifiant votre réponse.

4.2. Montrer que le mouvement de cet ion dans le champ $\vec{B}_2$ est circulaire et uniforme.

4.3. Exprimer la distance qui sépare le point O du point de réception en fonction de u, v, e et $\vec{B}_2$.
Calculer sa valeur.

On donne : u = $1,67.10^{-27}$ kg ; e
= B_2 = 0,1 T.



EXERCICE 11

Dans tout l'exercice, on considère que les ions se déplacent dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces.

Données :

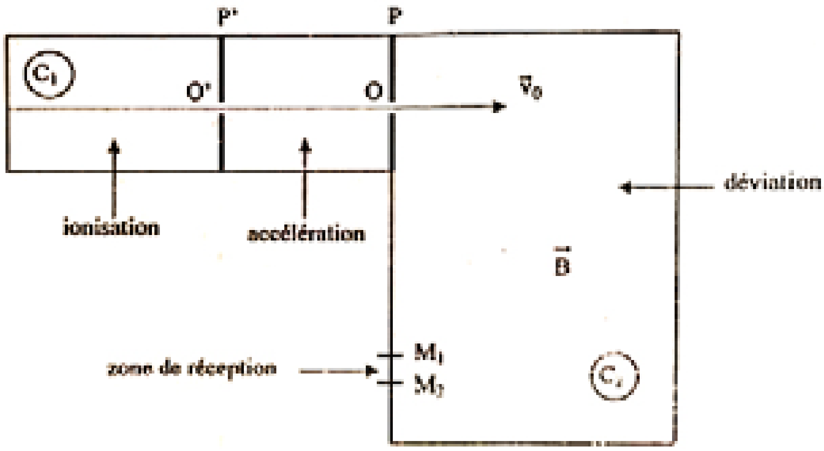
$|U| = 5,00.10^3$ V

B = $2,00.10^{-1}$ T

e = $1,60.10^{-19}$ C

Masse d'un nucléon égale une unité de masse atomique

1u = $1,66.10^{-27}$ kg



Un spectrographe de masse, schématisé ci-dessus, permet de séparer les atomes de lithium isotopes ^6Li et ^7Li de masses respectives m1 et m2.

Les atomes de lithium sont ionisé dans la chambre d'ionisation C1 en perdant un électron. On obtient les ions $^6Li^+$ et $^7Li^+$.

Ces ions pénètrent en O', avec une vitesse négligeable dans une zone où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$. Ce champ $\vec{E}$ .est créé par les plaques P et P' entre lesquelles existe une tension U.

1.

1.1. Quel doit être le signe de la tension $U = V_{P'} - V_P$ pour que les ions ressortent en O?

1.2. Calculer les vitesses respectives V_{O1} et V_{O2} des ions $^6Li^+$ et $^7Li^+$ .lors de leur passage en O.

2. En O, les ions pénètrent dans la chambre C_2 où existe un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaire au plan du schéma. Les ions atteignent ensuite la zone de réception.

2.1. Préciser en le justifiant, le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$.

2.2. Montrer que la trajectoire des ions est plane.

2.3. Montrer que le mouvement de chaque ion est uniforme et circulaire.

2.4. Calculer les rayons respectifs R_1 et R_2 des trajectoires des ions $^6Li^+$ et $^7Li^+$.

2.5. Calculer la distance M_1M_2 séparant les impacts des ions $^6Li^+$ et $^7Li^+$.

EXERCICE 12

Le brome contient essentiellement deux isotopes : le brome 79 et le brome 81.

Pour réaliser leur séparation :

- Les atomes sont ionisés en ion Br^- dans une source d'ions d'où ils sortent avec une vitesse négligeable.

- Les ions sont ensuite accélérés entre deux plaques P_1 et P_2 entre lesquelles on maintient une tension $U_0 = V_{P2} - V_{P1}$.

- Enfin ils sont déviés dans un champ magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}$ orthogonal au vecteur vitesse $\vec{V}$ des particules à la sortie du champ électrique. (voir figure)

On donne : $|U_0| = 4.10^3$ V ; $q = -e = -1,6.10^{-19}$ C ; $B = 0,8$ T

${}^{79}Br^-$: $m_1 = 1,3104.10^{-25}$ kg

${}^{81}Br^-$: $m_2 = 1,3436.10^{-25}$ kg

1. Représenter sur un schéma, le champ électrique $\vec{E}$. Quel est le signe de la tension U_0 ?

2. Etablir les expressions des vitesse V_1 et V_2 acquises par les ions bromures ${}^{79}Br^-$ et ${}^{81}Br^-$ au point A en fonction de e, U0 et de la masse de l'ion. Calculer les vitesses V_1 et V_2.

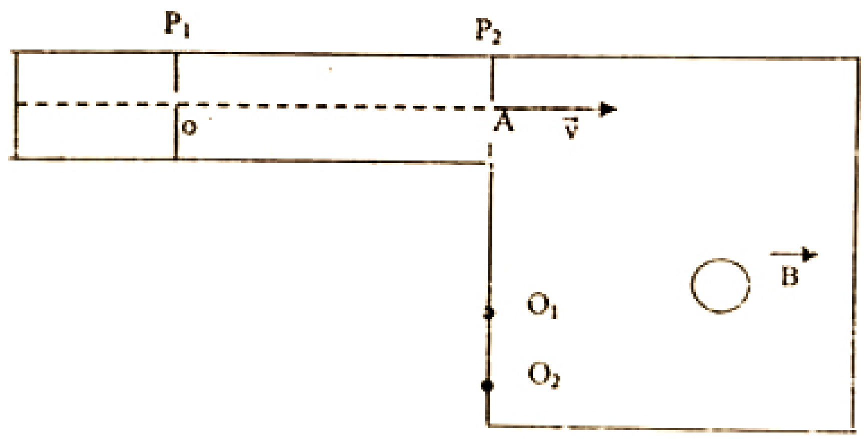
3. Préciser le sens de $\vec{B}$ pour que les ions ${}^{79}Br^-$ puissent arriver en O_1.

4. On suppose que la trajectoire est plane.

4.1. Déterminer de façon générale la nature du mouvement des particules dans le champ magnétique.

4.2. Etablir les expressions du rayon R1 des ions ${}^{79}Br^-$ et du rayon R2 des ions ${}^{81}Br^-$ en fonction des masses respectives m1 et m2, e, B et U_0. En déduire la relation $R_2 = R_1\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$.

4.3. Exprimer la distance O_1O_2 en fonction de R_1, m_1 et m_2 et la calculer.

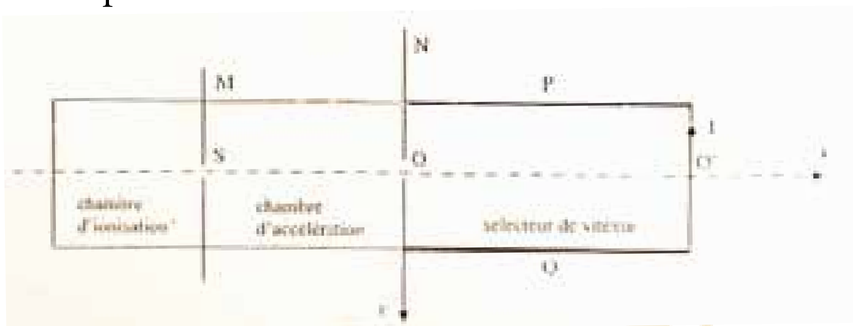


EXERCICE 13

1. Une chambre d'ionisation produit des ions oxygène ${}^{16}_{8}O^{2-}$, ${}^{17}_{8}O^{2-}$ et ${}^{18}_{8}O^{2-}$ de masses respectives m1, M2 e M3. Leur poids est négligeable devant les forces électromagnétiques qu'ils subissent.

Ils pénètrent en S sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à l'action d'un champ électrique uniforme $\vec{E}_0$ créé par une différence de potentiel négative $U_0 = V_M - V_N$.

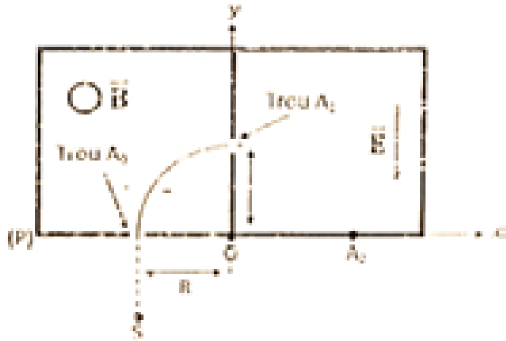
On désigne par $\vec{V_1}$, $\vec{V_2}$ et $\vec{V_3}$ les vecteurs vitesses respectives des ions O.
La charge élémentaire e = $1{,}6.10^{-19}$ C , U0 = -4812,5 V.
On rappelle que la masse m d'un atome noté ${}^{A}_{Z}X$ est m = A.mn avec mn $\approx$ mp = $1{,}67.10^{-27}$ kg.
On ne tient pas compte de la masse des électrons.



1.1- Exprimer l'énergie cinétique de l'ion ${}^{17}_{8}O^{2-}$ au point O en fonction de e et U_0. Calculer sa valeur.
1.2- Montrer que les trois ions on la même énergie cinétique au point O.
1.3- Calculer V1, V2 et V3.
2. Les ions pénètrent ensuite dans un sélecteur de vitesse limité par les plaques P et Q. Ils sont soumis à l'action simultanée de deux champs.
Un champ électrique uniforme $\vec{E}$ créé par une différence de potentiel négative U = V_Q - V_P et un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme perpendiculaire à $\vec{V_1}$, $\vec{V_2}$, $\vec{V_3}$ et $\vec{E}$.
On règle la valeur de U de façon que le mouvement des ions ${}^{17}_{8}O^{2-}$ soit rectiligne e uniforme de trajectoire OO'.
2.1- Représenter sur un schéma, les champs $\vec{B}$ et $\vec{E}$ puis les forces magnétique $\overrightarrow{Fm_2}$ et électrique $\overrightarrow{Fe_2}$ agissant sur l'ion.
2.2- Dponner les expressions des vecteurs forces $\overrightarrow{Fe_2}$ et $\overrightarrow{Fm_2}$, en déduire les expressions de leurs valeurs Fe_2 et Fm_2.
2.3- Exprimer B en fonction de E et de V2, puis la calculer.
On donne E = $3{,}3.10^4$ V/m.
2.4- Comment sont déviés les ions de vitesse V1 et V3 par rapport à l'axe OO', justifier votre réponse.
3. Pour déterminer les proportions de chaque ion dans le mélange gazeux, on a mesuré la charge électrique qui a traversé l'orifice O pendant une durée Δt, Q = $-8{,}10^{-15}$ C.
3.1- Calculer le nombre n d'ions oxygène qui ont traversé l'orifice O pendant cette durée.
3.2- En O', pendant cette même durée, on a détecté le passage de 10 particules chargées, alors que sur le point d'impact I, 50 ions ont été détectés.
Calculer les pourcentages des trois ions oxygène.

EXERCICE 14

Un faisceau de protons est émis en un point S avec une vitesse suffisamment faible pour être négligée. A une certaine distance de S, est disposée une plaque métallique horizontale (P) percée d'un petit trou A_0, que la droite SA_0 soit verticale. (voir figure ci-dessous).



On établit entre S et P une différence de potentiel $U_0 = V_S - V_P = 250$ V. Le faisceau se déplace dans le vide et on néglige le poids des protons devant les autres forces.
On donne : charge du proton $e = 1{,}6.10^{-19}$ C , masse du proton
$m = 1{,}27.10^{-27}$ kg.

1. Exprimer la vitesse V_0 des protons lorsqu'ils traversent le trou A_0 en fonction de m, e e U_0. Calculer sa valeur.

2. Le faisceau pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}$. Les protons décrivent un quart de cercle de rayon R = 12 cm et sortent par le trou A.

2.1- Indiquer sur un schéma le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$.

2.2- Exprimer B en fonction de R, m, U_0 et e. Calculer sa valeur.

2.3- Donner les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V_1}$ des protons à la traversée du trou A_1.

3. Le faisceau de protons pénètre en A_1 dans une région où règne un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ parallèle à l'axe Oy. voir figure ci-dessus.

3.1- Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à un proton et les représenter sur un schéma.

3.2- Etablir les équations horaires du mouvement d'un proton. L'origine des espaces est le point O.
L'origine des dates est l'instant où le proton arrive en A_1.

3.3- En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire du proton.

3.4- Donner la nature de la trajectoire des protons.

3.5- Le proton vient frapper enfin la plaque P au point A ; Déterminer les coordonnées du point A.

On donne $E = 5.10^4$ V.m^{-1}

EXERCICE 15

Une chambre d'ionisation C d'un spectrographe de masse produit des ions de masse m et de charge q, accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation C et une cathode K horizontale percée d'un trou O.

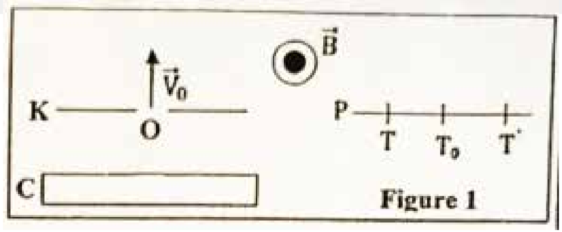


Figure 1

voir figure 1

1.

1.1- Préciser le signe de la charge des ions.

1.2- Montrer que le mouvement des ions dans le champ magnétique est circulaire et uniforme.

1.3- Exprimer en fonction de q, m, V0 et B, la distance d0 = OTo.

2. En réalité, en O, les ions n'ont pas la même vitesse. La valeur des vitesses est comprise entre V = V0$(1-\varepsilon)$ et V' = V0$(1+\varepsilon)$ avec ε très petit devant 1. Les points d'impact sont alors repartis sur une longueur D sur la plaque photographique P. Soient T et T' les point d'impact des ions ayant respectivement les vitesses V = V0 $(1-\varepsilon)$ et V' = V0$(1+\varepsilon)$ en O.

2.1- Exprimer OT et OT' en fonction de d0 et ε.

2.2- Calculer la longueur D.

3.

3.1- La variation des vitesses observée à la question 2 présente-t-elle un inconvénient pour la détection des différents isotopes ? Justifier.

3.2- Quelle solution pouvez-vous proposer pour une détection sûre et précise des isotopes.

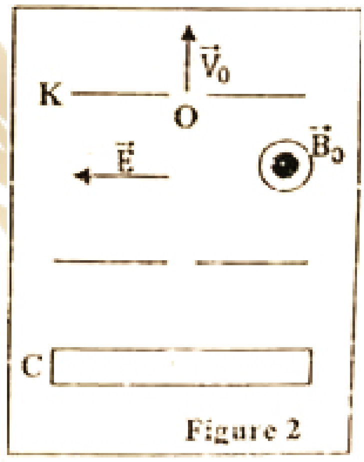


Figure 2

4. Pour remédier à l'inconvénient précédent, on superpose C et K après accélération, un champ électrostatique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B_0}$ tel que $\vec{E}$ est perpendiculaire à $\vec{B_0}$. (voir figure 2).

4.1- Etablir la relation entre E et B_0 pour que les ions ayant la vitesse Vo arrivent en O suivant une trajectoire rectiligne.

4.2- Quelle serait la trajectoire des ions ayant une vitesse différente de Vo ? Justifier (on fera un schéma).

5. Le dispositif de la question 4 convient-il à tous les types d'ions (cations e anions) ? Justifier.

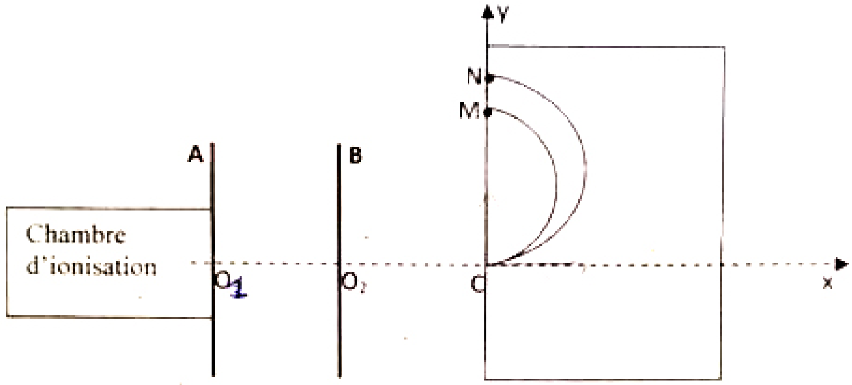
Données : $|q| = 3{,}2.10^{-19}$ C m = 232 u 1u = $1{,}66.10^{-27}$ kg , V0 = $1{,}0.10^{5}$ m/s B = 0,20 T $\varepsilon = 5.10^{-3}$

EXERCICE 16

On désire séparer les isotopes du zinc à l'aide d'un spectromètre de masse.

I- Etude dans la chambre d'accélération

Les ions ${}^{X}_{30}Zn^{2+}$ et ${}^{70}_{30}Zn^{2+}$ de masse respectives m1 et m2 sont produits dans une chambre d'ionisation puis dirigés dans une chambre d'accélération entre deux plaques A et B. Arrivés en O1 avec une vitesse nulle, ils sont accélérés par une tension U = $|U_{BA}|$ = 10^3 V. Les ions ${}^{X}_{30}Zn^{2+}$ et ${}^{70}_{30}Zn^{2+}$ acquièrent respectivement les vitesses V1 et V2 à la vitesse en O2. (voir figure)



1- Représenter entre A et B le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$

2-Préciser le signe de la tension U_{BA} en justifiant ta réponse.

3- Montrer que les ions ont la même énergie cinétique à la sortie en O2.

4- Exprimer alors la valeur de V_1 du vecteur vitesse $\vec{V_1}$ en fonction de V2 et x. On rappelle que

m1 = x.u et m2 = $1{,}67.10^{-27}$ kg

II- Etude dans la chambre de déviation

Entre O2 et C, les ions ont un mouvement rectiligne uniforme et au-delà de C, ils sont séparés grâce à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de figure.

1- Indiquer et justifier le sens de $\vec{B}$ sachant les ions arrivent en M et N.

2- Le mouvement des ions se déroule dans le plan (xOy). Montrer que ce mouvement est uniforme et circulaire.

3- On désigne par R1 et R2 les rayons des demi-cercles décrits respectivement par les ions ${}^{X}_{30}Zn^{2+}$ et ${}^{70}_{30}Zn^{2+}$;

Donner :

3.1- L'expression de R1 en fonction de x, B, V1 et u.

3.2- L'expression de R2 en fonction de B, e, V2 et u.

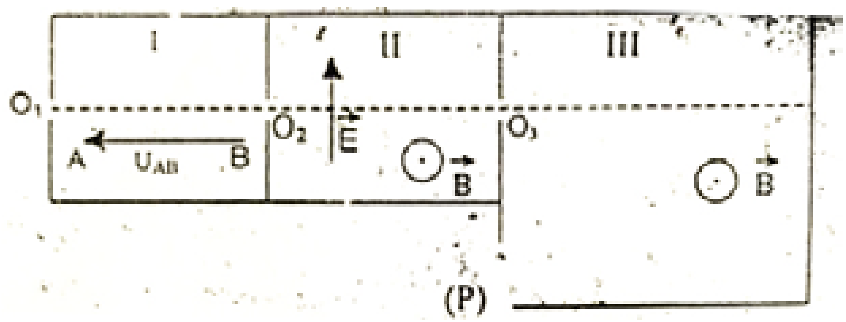
4- Les ions décrivent les demi-cercles et arrivent respectivement en M et N tel que $|CN - CM|$ = 8 mm.

Calculer x sachant que $V_2 = 7{,}45.10^4$ m.s^{-1}

Données : e = $1{,}6.10^{-19}$ C ; u = $1{,}67.10^{-27}$ kg et B = 0,1 T.

EXERCICE 17

Un spectromètre de masse est composé de 3 enceintes notées (I), (II) et (III) sur le figure ci-dessous :



1) Des ions potassium K^+ pénètrent sans vitesse initiale dans l'enceinte (I) par l'ouverture O_1 et sont ensuite accélérés par un tension $U_{AB} = U$ appliquée entre les plaques A et B. Etablir l'expression de la vitesse V des ions à leur sortie en O_2 en fonction de leur charge q et de leur masse m.

2) Ces ions pénètrent par l'ouverture O2 dans l'enceinte (II) où règnent simultanément un champ électrique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B}$ dont les directions et sens ont indiqués sur le schéma.

a) Déterminer les caractéristiques (directions, sens et module) des forces électriques $\overrightarrow{Fe}$ et magnétiques $\overrightarrow{Fm}$ agissant sur un ion K^+ à son entrée en O2.

b) En déduire que seuls les ions dont la vitesse est telle que V = E/B pourront sortir par l'ouverture O_3.

c) Les valeurs de E et B sont fixées : $E = 5.10^{4}$ V/m et B = 0,5 T. Quelle valeur doit-on donner à la tension accélératrice U pour sélectionner les ions de l'isotope ^{39}K.

On donne $e = 1{,}6.10^{-19}$ C (charge électrique élémentaire)

$m_p = m_e = 1{,}67.10^{-27}$ kg (masse d'un nucléon)

3) Les ions ainsi sélectionnés pénètrent dans l'enceinte (III) par l'ouverture O3 et ne sont plus soumis qu'au seul champ magnétique $\vec{B}$ (champ précédent). On observe sur la plaque sensible (P) une trace T due à l'impact des ions.

Interpréter la position de cette trace α calculer la distance O_3T (expression littérale puis valeur numérique).

EXERCICE 18

Au cours d'une recherche documentaire, Arouna et Moumina découvrent un texte qui présente le dispositif ci-dessous et les expériences réalisées par un laborantin. Le résumé du texte se présente comme suit:

- Il règne dans le dispositif un vide poussé.
- Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension appliquée

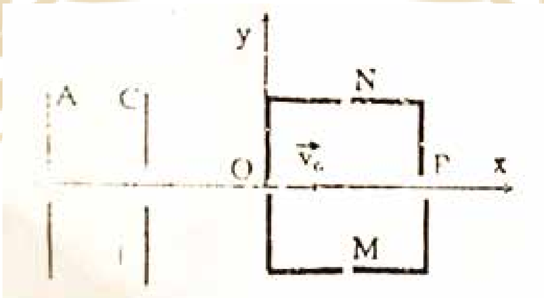
entre deux plaques A et C pénètre en O à une vitesse Vo = 800 km.s^{-1} dans une enceinte de section carrée de côté 2r = 50 cm où les ouvertures O M P N sont situées aux milieux des cotés.

Dans cette enceinte, le laborantin crée un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ pour que les protons décrivent à la vitesse constante Vo un quart de cercle de rayon r avant se sortir par l'ouverture M.

Le laborantin supprime le champ magnétique précédent et applique maintenant un champ électrique uniforme $\vec{E}$ pour que le faisceau franchisse l'ouverture N après avoir décrit une trajectoire parabolique dans un repère (Ox ; Oy).

Le laborantin maintient les deux champ $\vec{E}$ et $\vec{B}$ avec les directions et les sens précédents pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés.

Les deux élèves veulent étudier le mouvement des protons dans les différents cas.



La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces.

Le proton est une particule de masse m = 1,67.10^{-27} kg et de charge q = 1,6.10^{-19} C

a) Dire le signe que doit avoir la différence de potentiel U = V_A - V_C.

b) Calculer en joule et électronvolt l'énergie cinétique d'un proton qui franchit l'ouverture O.

c) Donner l'expression de la force $\vec{F}$ qui s'exerce sur un proton de vitesse $\vec{V_0}$ dans le champ magnétique $\vec{E}$.

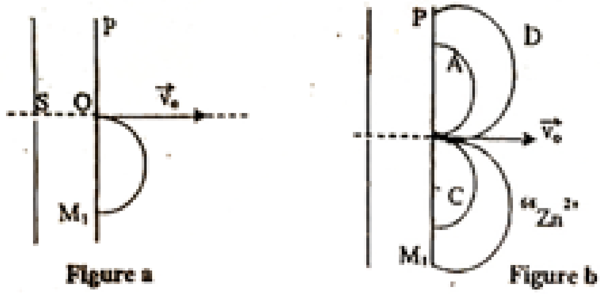
d) Préciser la direction et le sens de $\vec{E}$.

e) Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de m, Vo, q et r. Calculer numériquement E.

Trouver la relation que doivent vérifier les valeurs B et E pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés.

EXERCICE 19

Au cours d'une évaluation, l'élève Issifou doit identifier les ions A, D et C en s'aidant du spectromètre de masse ci-dessous.



• Description du mouvement des particules introduites dans le spectrographe.
- Des particules de charge q et de masse m sont émises en un point S avec une vitesse négligeable. Devant S est placée une plaque métallique P percée d'un trou O (figure a).
- L'ensemble est placé dans le vide. Au-delà de P, le champ électrostatique est nul et il règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.
- Les particules étant les ions des isotopes de zinc $^{68}Zn^{2+}$ de masse m1 et $^{70}Zn^{2+}$ de masse m2. On observe le point d'impact des ions $^{68}Zn^{2+}$ au point M1 tel sue OM_1 = 20 cm (voir figure a).
Celui de s ions $^{70}Zn^{2+}$ est M_2.
- Les ions A, D et C portant chacun une charge absolue e sont introduits successivement en O avec la même vitesse $\vec{V}_0$ que les ions $^{68}Zn^{2+}$. Les trajectoires obtenues sont représentées sur la figure b et leurs rayons ont pour valeur : R_A = 5,59 cm ; R_D = 10,30 cm ; R_C = 6,76 cm.
• On admettra que la masse d'un atome $^{A}_{Z}X$ est égale à A unité de masse atomique u.
• On néglige le poids des particules par rapport aux autres forces et les vitesses restent faibles devant la célérité de la lumière.
• Le noyau de la trajectoire circulaire d'une particule est donné par R = $\dfrac{mV_0}{|q|B}$
• e = $1{,}6.10^{-19}$ C
• Liste des ions : $^{39}K^{+}$, $^{23}Na^{+}$, $^{35}Cl^{-}$, $^{19}F^{-}$

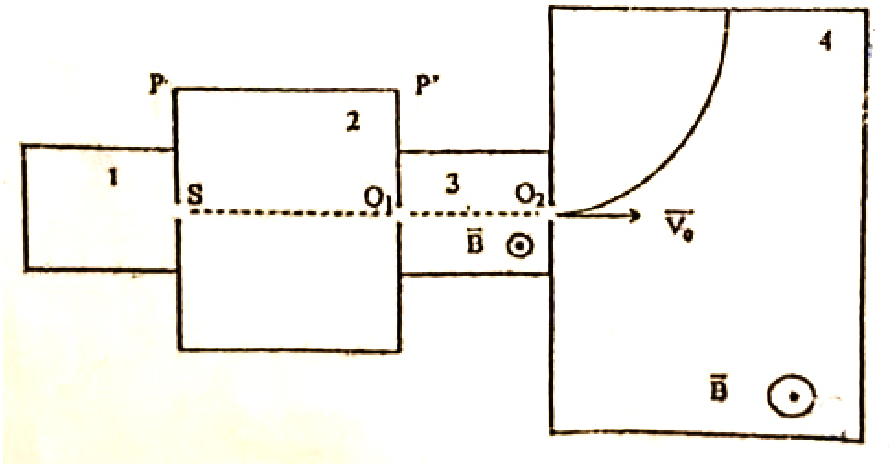
1. Etablir l'expression de la vitesse V0 des particules en O en fonction de q, m et U1 = VS - VP
2. a) Dire dans quel plan se déplacent les particules dans le champ $\vec{B}$.
b) Exprimer le noyau de la trajectoire d'une particule en fonction de $|q|$, m, B et U1.
c) Déduire le sens de $\vec{B}$ lorsqu'on introduit les ions $^{68}Zn^{2+}$ et $^{70}Zn^{2+}$.;;
d) Calculer OM_2.
3. a) Justifier le signe de la charge portée par chacun des ions.
b) Déterminer les masses m_A, m_D et m_C en unité de masse atomique pour chaque ion.
c) Identifier les ions A, D et C.

EXERCICE 20

Dans tout l'exercice, le poids des ions sera négligé devant les autres forces. On donnera les résultats sous forme littérale.
Les ions produits dans la chambre d'ionisation (I) arrivent au point S. Ils sont accélérés dans la chambre (2) entre les plaques P et P' sous l'action de la tension $U = V_P - V_{P'} < 0$. Les particules sont filtrées dans la chambre (3) où il existe un filtre de vitesse et arrivent dans la chambre de déviation (4). voir figure.
1- Deux isotopes ${}^{\lambda 1}X^{q}$ et ${}^{\lambda 2}X^{q}$ de masses respectives m1 et m2 pénètrent dans la chambre (2) par le trou S avec une vitesse pratiquement nulle. A1 et A2 sont les nombres de masse et q la charge des particules.
a) Montrer que les énergies cinétiques des isotopes sont égales.
b) Déterminer les rapports des masses $\frac{m_1}{m_2}$ et $\frac{V_1}{V_2}$ en fonction de A_1 et A_2.
2- Dans le filtre de vitesse (chambre 3), il existe les champs électrique $\vec{E}$ et magnétique $\vec{B}$. Les particules ont un mouvement rectiligne uniforme.
a) Donner l'expression vectorielle de la force magnétique agissant sur un ion de masse m1, de charge q et animé d'une vitesse $\vec{V_1}$.
b) Indiquer au moyen de petits schémas le sens des forces magnétique et électrique et orienter correctement le champ électrique $\vec{E}$ dans les cas où $q < 0$ et $q > 0$ (faire 2 schémas différents).
c) Montrer que les ions qui arrivent au point O_2 avec la vitesse de la valeur V0 s'exprime simplement en fonction de E e B, et ceci quelque soit la charge électrique q. Calculer la valeur de V0 pour $E = 10^3$ V/m et $B = 0{,}1$ T.
3- Les ions ainsi sélectionnés arrivent dans la chambre (4) où ils ne sont soumis qu'au seul champ magnétique $\vec{B}$ de valeur $B = 0{,}1$ T.
a) Le mouvement étant circulaire et uniforme, donner l'expression du rayon et exprime le temps mis pour faire un quart de tour en fonction du rayon R et de la vitesse V0.
b) D'après l'examen de la figure, donner le signe de la charge des ions. Justifier la réponse.
c) Les rayons sont $R_1 = 3{,}65$ cm et $R_2 = 3{,}86$ cm. En déduire les valeurs de rapports $\frac{m_1}{|q|}$ et $\frac{m_2}{|q|}$ des ions dérivés par le champ magnétique.
d) On donne $|q| = e$, calculer m1 et m2.
e) Identifier les ions parmi ceux donnés dans le tableau

${}^{35}_{17}Cl^-$	${}^{37}_{17}Cl^-$	${}^{79}_{35}Br^-$	${}^{81}_{35}Br^-$	${}^{127}_{53}I^-$	${}^{129}_{53}I^-$

On donne : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C et l'unité de masse $u = 1{,}67.10^{-27}$ kg



EXERCICE 21

Les scientifiques d'un laboratoire de physique, désirent séparer les isotopes d'un élément à l'aide d'un spectrographe de masse afin de déterminer la composition isotopique du mélange naturel.

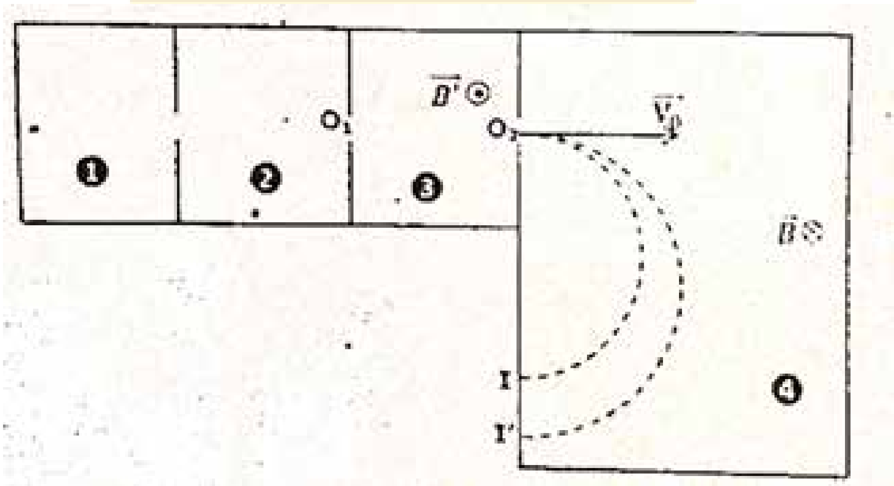
Le spectrographe de masse comprend successivement :

- Une chambre d'ionisation(1);
- Une zone d'accélération (2) ;
- Un filtre de vitesse (filtre de Wien) (3);
- Une chambre de déviation (4).

Les ions produits dans la chambre (1) et accélérés dans la chambre (2) arrivent en O1, avec des vitesses de même direction et de même sens, mais ayant des valeurs différentes.

On désire sélectionner une seule vitesse $\vec{V_0}$ en O_2. Pour cela, on dispose dans le filtre (3) :

- D'un champ magnétique $\vec{B}$ orienté comme l'indique le schéma ;
- D'un champ électrique $\vec{E}$ perpendiculaire à $\vec{V_0}$ et contenu dans le plan de la figure.



1. Etude dans la chambre (3).

1.1- Donner les expressions des vecteurs forces magnétique $\overrightarrow{\mathbf{Fm}}$ et électrique $\overrightarrow{\mathbf{Fe}}$ agissant sur un ion de charge q et de vitesse $\overrightarrow{\mathbf{V}_0}$.

1.2. Donner le sens de la force magnétique $\overrightarrow{\mathbf{Fm}}$. Faire un schéma pour chaque cas : $q > 0$ et $q < 0$.

1.3. Donner le sens du champ électrique $\overrightarrow{\mathbf{E}}$ pour que les forces magnétique $\overrightarrow{\mathbf{Fm}}$ et électrique $\overrightarrow{\mathbf{Fe}}$ soient de sens contraires. Faire un schéma pour chaque cas : $q > 0$ et $q < 0$.

1.4- Lorsque les forces magnétique $\overrightarrow{\mathbf{Fm}}$ et électrique $\overrightarrow{\mathbf{Fe}}$ se compensent :

1.4.1- Montrer que la vitesse V_0 des ions en O_2 s'exprime en fonction de E et B' et ceci quelle que soit la charge q..

1.4.2- Calculer numériquement V_0. On prendra $E = 10^3\ V.m^{-1}$ et B'.

2. On agit sur la tension accélératrice afin de donner à chaque ion la valeur V_0 en O_2.

Les ions ainsi sélectionnés arrivent dans la chambre de déviation (4) où ils ne sont soumis qu'au seul champ magnétique $\overrightarrow{\mathbf{B}}$ d'intensité B = 0,1 T. Le mouvement des ions est circulaire et uniforme. Les rayons des trajectoires circulaires sont respectivement R_1 et R_2.

2.1- Donner le signe de la charge électrique q des ions en se servant du schéma.

2.2- Etablir l'expression du rayon R de la trajectoire d'un ion en fonction de m, V0, q et B.

2.3- En déduire l'expression de la charge massique $\frac{|q|}{m}$ d'un ion.

2.4- Les rayons des trajectoires sont : R_1 = 3,65 cm et R_2 = 3,86 cm.

Calculer $\frac{|q|}{m_1}$ et $\frac{|q|}{m_2}$

On donne $|q| = 1{,}6.10^{-19}$ C

2.5- Calculer les masses m1 et m2

2.6- Identifier les ions parmi ceux donnés ci-dessous :

${}^{35}_{17}Cl^-$; ${}^{37}_{17}Cl^-$; ${}^{79}_{35}Br^-$; ${}^{81}_{35}Br^-$

Données : l'unité de masse atomique est $1u = 1{,}67.10^{-27}$ kg.

3. En I et I', on place des «compteurs» de particules. Pendant la même durée, t = 1 ns on a pu dénombrer

n = 2216 impacts au point I et n' = 739 impacts au point I'. L'ion le plus lourd arrive au point I'.

Déduire de cette mesure la composition isotopique du mélange naturel (pourcentage de chacun des isotopes).

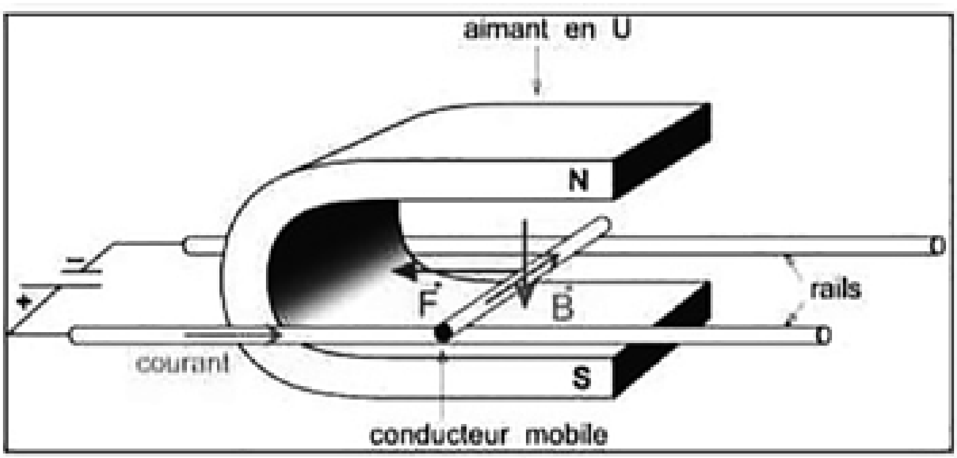
Chapitre 8

LOI DE LAPLACE

I. Action d'un champ magnétique uniforme sur un élément de courant

1. Etude expérimentale

a) Expérience des rails de Laplace

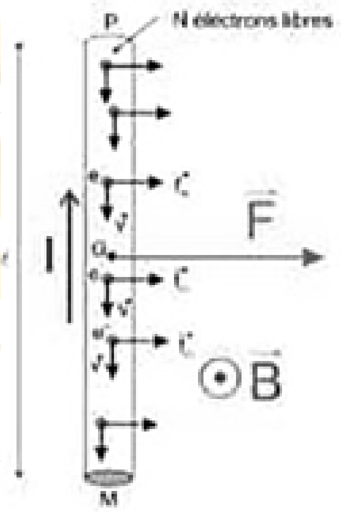


b) Observation

Lorsque le courant passe le conducteur mobile roule vers la gauche où vers la droite selon le sens du courant et selon le sens du champ magnétique.

c) Interprétation

Le passage du courant dans le conducteur est dû à un déplacement de porteurs de charge qui sont des électrons. Sur chaque électron s'exerce une force de Lorentz $\vec{\mathbf{F}} = q\vec{\mathbf{V}} \wedge \vec{\mathbf{B}}$. Donc le conducteur est soumis à un ensemble de forces reparties dont la résultante est appelée force de Laplace.



2. Loi de Laplace

a) Enoncé

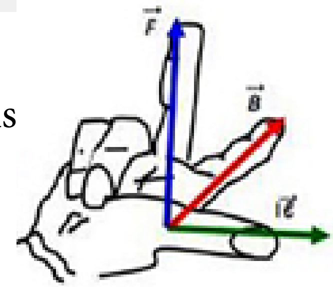
Un conducteur rectiligne de longueur ℓ parcouru par un courant d'intensité I placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$ est soumis à la force de Laplace.

$$\boxed{\vec{\mathbf{F}} = I\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}}}$$

Le sens de $\vec{\ell}$ est celui du courant. La longueur ℓ est la partie du conducteur qui est à la fois parcourue par le courant et plongée dans le champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$.

Remarque : $\vec{\mathbf{F}}_{Laplace} = \sum \overrightarrow{\mathbf{F}_{Lorentz}} = \sum q\vec{\mathbf{V}} \wedge \vec{\mathbf{B}} = \sum q\frac{\delta\vec{\ell}}{\delta t} \wedge \vec{\mathbf{B}} = \sum \delta I\delta\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}} = I\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}}$

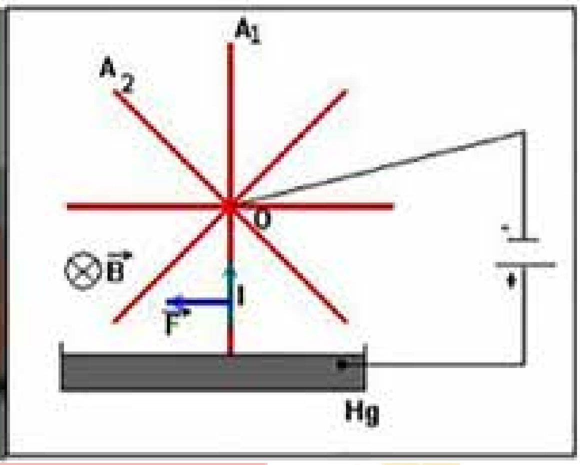
b) Caractéristiques de la force de Laplace



- Direction : $\vec{\mathbf{F}} \perp (\vec{\ell},\vec{\mathbf{B}})$
- Sens : $(\vec{\ell},\vec{\mathbf{B}},\vec{\mathbf{F}})$ forme un trièdre direct (règle des trois doigts)
- Norme : $F = I\ell B|\sin\alpha|$ avec $\alpha = (\vec{\ell};\vec{\mathbf{B}})$

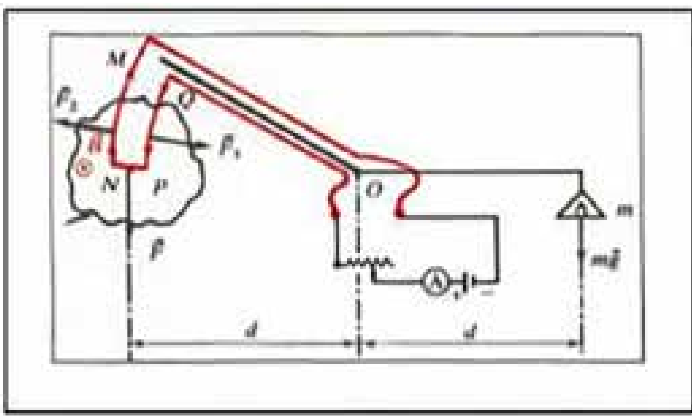
II. Applications

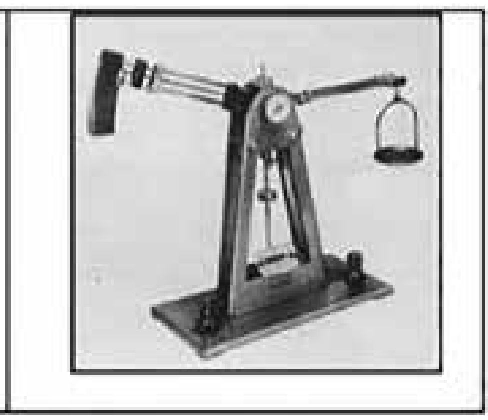
1) Roue de Barlow



Une roue de rayon en cuivre de longueur ℓ peut tourner autour d'un axe perpendiculaire au plan de la roue et passant par le point O. Ce dispositif placé dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de la roue se met à tourner.
La roue tourne car lorsqu'un rayon parcouru par un courant entre dans l'espace où règne un champ magnétique, il est soumis à la force de Laplace $\vec{\mathbf{F}}$ ($\perp$ au rayon et contenue dans le plan de la roue). Cette force entraîne la roue et avant que ce rayon ne sorte du mercure, le rayon suivant pénètre dans celui-ci et subit à son tour la force de Laplace, ainsi de suite ...
La puissance développée par la force électromagnétique est :
$\mathcal{P}(\vec{\mathbf{F}}) = \mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{\Delta}) \times \omega$ or $F = I\ell B\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = IB\ell$ et $\mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{\Delta}) = F\frac{\ell}{2} \Longrightarrow \boxed{\mathcal{P}(\vec{\mathbf{F}}) = I\ell^2\frac{B}{2}\omega}$

2) Balance de Cotton



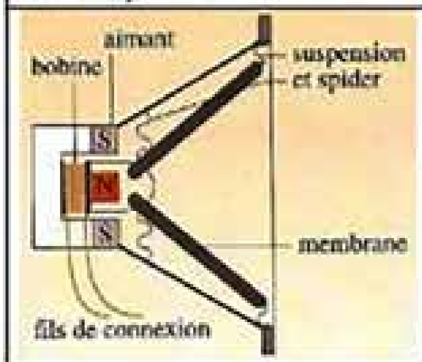
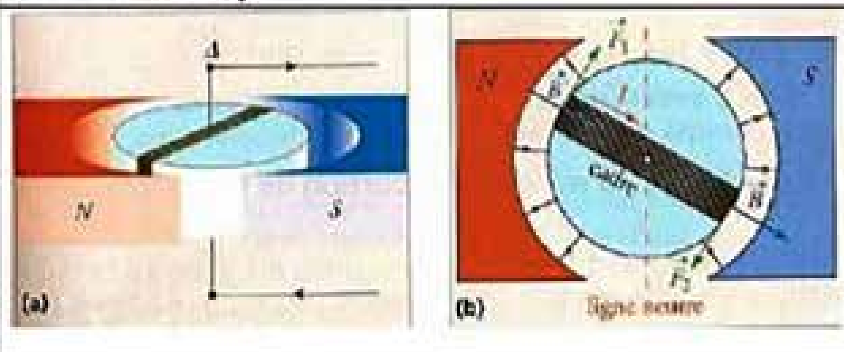


On pose NP = ℓ. Une surcharge de m est placée dans une nacelle et déséquilibre la balance. Un courant de sens convenable est envoyé dans le conducteur NMPQ. On règle son intensité pour rétablir l'équilibre.
Compte tenu de la formule des conducteurs NM et PQ (arcs de cercle de centre O), les moments des forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ sont nuls. La condition d'équilibre d'écrit :
$\mathcal{M}(\vec{R})+\mathcal{M}(\vec{P_o})+\mathcal{M}(\vec{F})+\mathcal{M}(\vec{F_1})+\mathcal{M}(\vec{F_2})+\mathcal{M}(\vec{P})=0$,
soit $I\ell Bd = mgd$ d'où $\boxed{B=\dfrac{mg}{I\ell}}$

Remarque : La balance de Cotton permet de déterminer l'intensité du champ magnétique

3) Haut parleur électrodynamique

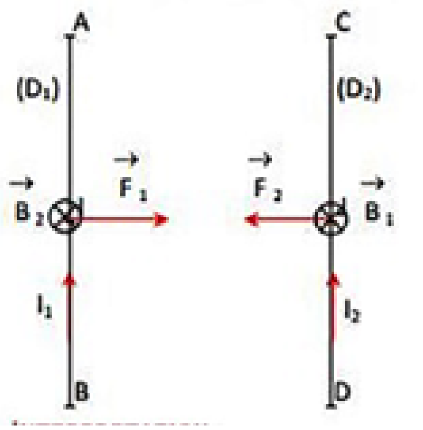
Le haut parleur est une bobine solidaire d'une membrane M, placé à l'intérieur d'un aimant particulier, cet aimant crée un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et radical ($\vec{B}$ parallèle au plan des spires). Lorsque la bobine est parcourue par un courant d'intensité I, chaque élément de longueur $\widehat{o}\ell$ (assimilable à un segment de droite) appartenant à une spire subit la force de Laplace $\widehat{o}\vec{F} = \widehat{o}\vec{\ell}\wedge\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la spire. Suivant que le sens de I soit entrant ou sortant, la membrane M est attirée ou repoussée. Si I varie alternativement la membrane vivre et émet un son de même fréquence que le courant alternatif.

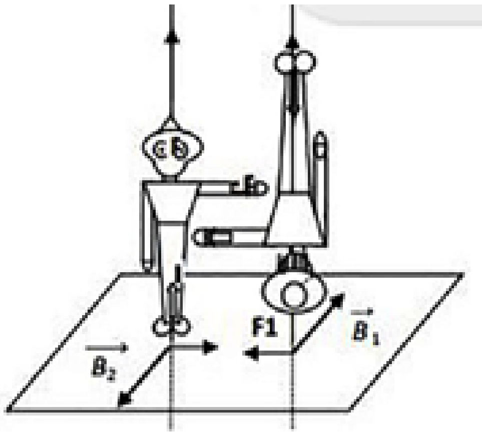
Le haut parleur	Le moteur électrique
	
Le courant est alternatif, la bobine et donc la membrane, sont animées d'un mouvement vibratoire	Le rotor, constitué d'une bobine, s'oriente suivant le champ magnétique créé par un aimant fixe, le stator. Le courant change de sens dans le rotor à chaque demi-tour grâce à des balais et des colecteurs.

III. Interaction entre deux courants rectilignes et parallèles

1) Expérience

Si les courants qui parcourent les deux conducteurs sont dans le même sens, les conducteurs s'attirent et si les courants sont de sens contraires ils se repoussent.
Soient AB = ℓ_1 et CD = ℓ_2.





2) Interprétation

• Le courant I_1 crée en tout point du conducteur CD un champ magnétique $\vec{B}_1 \perp$ au plan formé par les deux conducteurs ($B_1 = 2.10^{-7}\dfrac{I_1}{d}$. $\vec{B}_1$ exercent en tout point du conducteur CD une force de Laplace dont la résultante s'applique en M_2 milieu de CD.

$$\vec{F}_2 = I_2\vec{\ell}_2 \wedge \vec{B}_1 \Longrightarrow F_2 = I_2\ell_2 B_1 = I_2\ell_2\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1}{d} \Longrightarrow \boxed{F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}I_1I_2\frac{\ell_2}{d}}$$

• Un raisonnement analogue permet de déterminer la force qui s'exerce sur le conducteur AB.

$$\vec{F}_1 = I_1\vec{\ell}_1 \wedge \vec{B}_2 \Longrightarrow F_1 = I_1\ell_1 B_2 = I_1\ell_1\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_2}{d} \Longrightarrow \boxed{F_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}I_1I_2\frac{\ell_1}{d}}$$

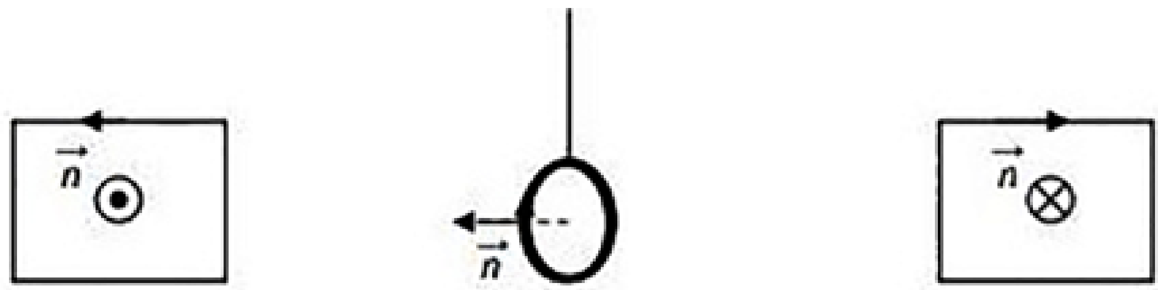
3) Définition légale de l'ampère

L'Ampère est l'intensité du courant constant qui passant dans deux conducteurs rectilignes et parallèles de longueur infinie te de section constante, placés à 1 m l'un de l'autre dans le vide, produit entre ces conducteurs une force de 2.10^{-7} N par mètre de longueur.

IV. Action d'un champ magnétique sur un cadre rectangulaire

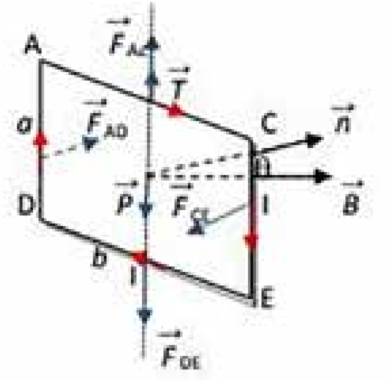
1) Normale au plan d'un cadre

La normale au plan d'un cadre est le vecteur unitaire $\vec{n}$ dont la direction est directement perpendiculaire au plan du cadre, son sens est donné par la main droite ou l'observateur d'Ampère.



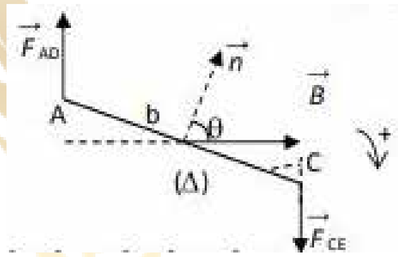
2) Force de Laplace s'exerçant sur un cadre

Considérons un cadre rectangulaire parcouru par un courant I dans un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$.



Soit AC = DE = b et AD = CE = a. On a : $F_{AC} = F_{DE} = IbB$ et $F_{AD} = F_{CE} = IaB$.

3) Moment des forces de Laplace



- $\mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{AC}) = \mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{DE}) = 0$
- $\mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{AD}) = F_{AD} \times \frac{b}{2}\sin\theta = IaB \times \frac{b}{2}\sin\theta = \frac{IBS}{2}\sin\theta$

avec S = ab = surface du cadre et $\theta = (\vec{\mathbf{B}};\vec{\mathbf{S}})$ car $\vec{\mathbf{S}} = S\vec{n}$.

- $\mathcal{M}(\vec{\mathbf{F}}_{CE}) = F_{CE} \times \frac{b}{2}\sin\theta = \frac{IBS}{2}\sin\theta$

4) Position d'équilibre du cadre

Condition d'équilibre :

$\sum \mathcal{M} = 0 \Longrightarrow \sum \mathcal{M} = IBS\sin\theta = 0 \Longrightarrow \sin\theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$ ou $\theta = \pi$

- $\theta = 0$, $\vec{\mathbf{B}}$ et $\vec{n}$ sont parallèle et de même sens : écarté de sa position d'équilibre le cadre tend à y revenir. On dit que l'équilibre est **stable**.

- $\theta = \pi$, $\vec{\mathbf{B}}$ et $\vec{n}$ sont parallèles et de sens contraire : écarté de sa position d'équilibre le cadre s'en éloigne définitivement. On dit que l'équilibre est **instable**.

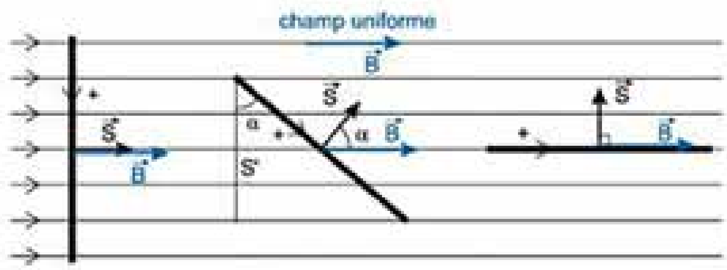
V. Notion de flux magnétique

1. Flux magnétique à travers un contour plan.

Par définition, le flux magnétique à travers un contour délimité par une surface S est le nombre de lignes de champ magnétiques qui traverse ce contour fermé.

Son expression est : $\Phi = \vec{\mathbf{B}}.\vec{\mathbf{S}} = BS \times \cos\theta$ avec $\theta = (\vec{\mathbf{B}};\vec{\mathbf{S}})$ car $\vec{\mathbf{S}} = S\vec{n}$

Le flux magnétique s'exprime en Webber (symbole : Wb)



Remarque : Si $\vec{\mathbf{B}} \,//\, \vec{n}$ et de sens contraire : $\Phi = -BS$.

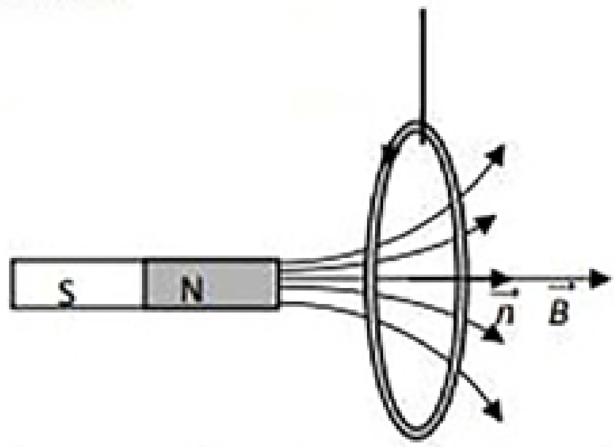
2) Flux à travers un circuit

Soit un circuit comportant N spires (cadre ou bobine) placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

$$\Phi = NBS \times \cos\theta$$

3) Règle du flux maximal

$\Phi = BS$ $\quad\quad$ $\Phi = BS\cos\alpha$ $\quad\quad$ $\Phi = 0$

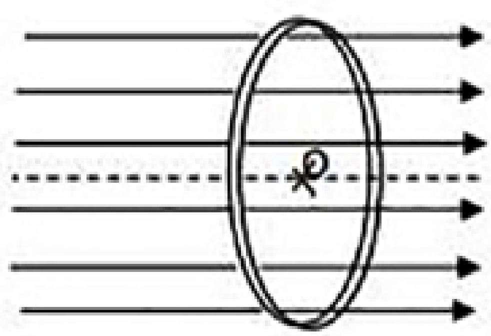


Lorsqu'on approche le pôle nord d'un aimant de la face sud d'une bobine, elle s'emboîte sur l'aimant (attraction nord-sud).

- Lorsqu'on approche le pôle sud de l'aimant, la bobine est repoussée, elle retourne et revient en présentant sa face nord et s'emboîte dans l'aimant.
- On observe les mêmes faits si on inverse le sens du courant qui traverse la bobine.

Généralisation : règle du flux maximal

Un circuit plan, libre de se déplacer, placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ tant à se déplacer de façon que le flux magnétique qui le traverse soit maximal ($\vec{B} \parallel \vec{n}$ et de même sens). Le sens du parcours choisi étant celui du courant.



EXERCICE 1

Soient les propositions suivantes :

1) Un conducteur parcouru par un courant d'intensité I,dans une portion de longueur ℓ et plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$,subit une force de Laplace,définie par :

a) $F_L = I\,(\ell \wedge \vec{\mathbf{B}})$ b) $\vec{\mathbf{F}}_L = (\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}})\,I$ c) $\vec{\mathbf{F}}_L = I\,(\vec{\mathbf{B}} \wedge \vec{\ell})$

2) La valeur de cette force de Laplace est donnée par l'expression :

a) $F_L = I\ell B\cos(\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}})$ b) $F_L = I\ell B\sin(I,\vec{\mathbf{B}})$ c) $F_L = \ell B\sin(\vec{\ell},\vec{\mathbf{B}}) \times I$

Un conducteur rectiligne de longueur L = 10 cm et parcouru par un courant d'intensité 4,0 A est placé dans un champ magnétique de valeur B = 0,040 T . Si l'angle entre le conducteur et la direction du champ fait 30° ,alors la force de Laplace exercée sur le conducteur vaut :

a) $8{,}0.10^{-1}$ N b)$8{,}0.10^{-3}$ N c)$8{,}0.10^{-2}$ N

Choisis la bonne réponse.

EXERCICE 2

On considère la figure ci-dessous. Une tige MN de longueur L, de masse m, homogène et de section constante, est parcourue par un courant d'intensité I constante. On admettra que la tige peut glisser sans frottement sur les rails AD et CE. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme de norme B = 0,5 T. On donne I = 4A ; l = 6 cm ; m = 20 g et g = 10 N/Kg.

1. De quel angle θ et dans quel sens peut-on incliner les rails AD et CE, pour que la tige MN soit en équilibre, dans les deux cas :

Cas 1 : $\vec{\mathbf{B}}$ reste perpendiculaire aux rails

Cas 2 : $\vec{\mathbf{B}}$ reste vertical.

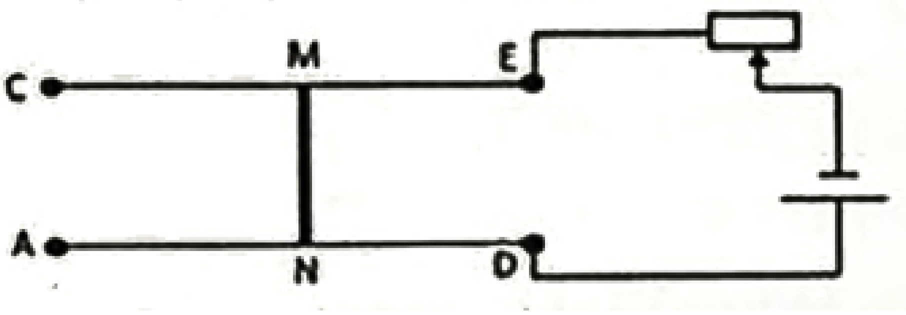
2. On incline le plan des rails d'un angle $\theta = 30°$ dans le sens défini à la question 1. Cas où $\vec{\mathbf{B}}$ est perpendiculaire aux rails.

a) Etablir l'expression de l'accélération du mouvement de la tige MN.

b) Quelle est la nature de son mouvement ? Calculer numériquement son accélération.

c) Etablir l'équation horaire du mouvement de la tige sachant que sa vitesse initiale est nulle.

d) Calculer la vitesse et la distance parcourue par la tige au bout de 0,5s.



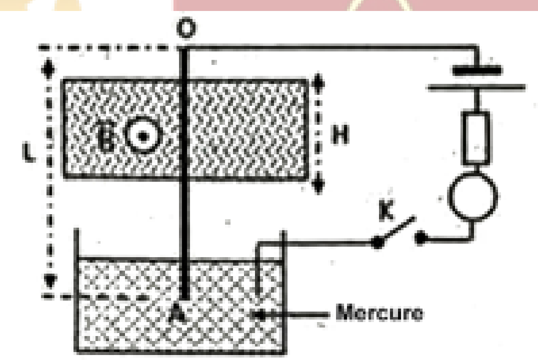
EXERCICE 3

Une tige de cuivre OA homogène de masse m = 8,3 g et de longueur L = 30 cm, peut se mouvoir dans le plan vertical autour de l'axe (Δ) perpendiculaire au plan de la figure et passant par O. L'extrémité plonge dans une cuve à mercure qui assure le contact électrique avec le reste du circuit. Sur une hauteur H = 3 cm, la partie centrale de la tige est plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ parallèle à (Δ) et pointant vers le haut. Voir figure.

1. Que se passe-t-il lorsque l'interrupteur K est ouvert ?
2. Que se passe-t-il lorsque l'interrupteur K est fermé ?
3. Lorsque I = 10 A, la tige dévie de l'angle $\alpha = 5°$ et reste en équilibre.

a) Faire un schéma.

b) Déterminer en appliquant le théorème des moments, la valeur de $\vec{B}$.

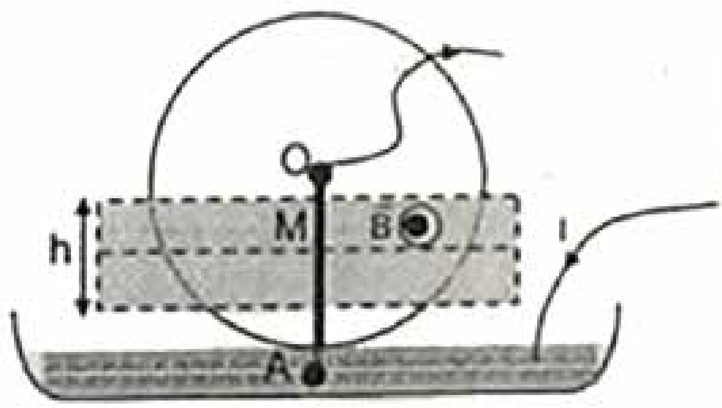


EXERCICE 4

L'extrémité inférieure d'une roue de Barlow, parcourue par un courant d'intensité I = 5 A est placée dans l'entrefer d'un aimant en U créant un champ magnétique uniforme B = 0,2 T horizontal au plan de la roue. Hauteur de l'entrefer : h = 2 cm.

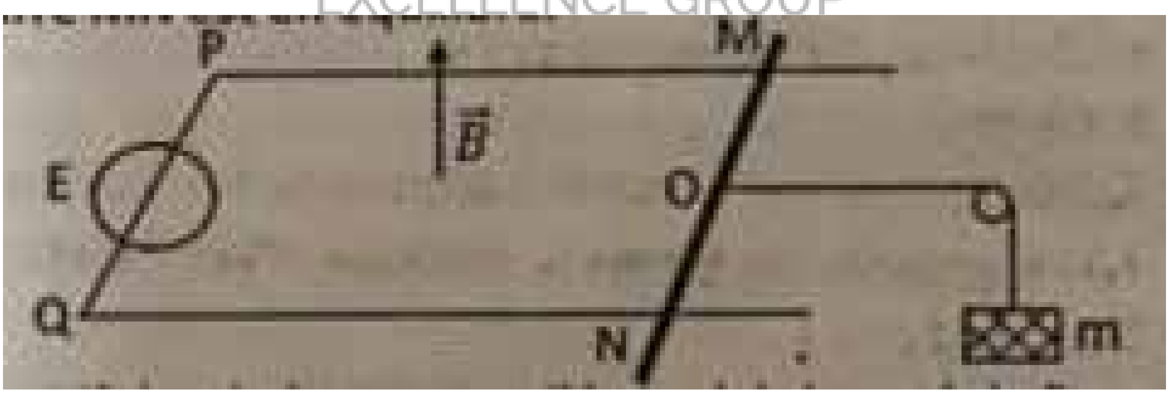
Cette roue effectue 180 tours par minute et le milieu du segment soumis à l'action du champ magnétique est situé à la distance OM = 15 cm de l'axe de rotation.

1. Refaire la figure en indiquant, de manière précise, la direction et le sens de la force magnétique ainsi que le sens de rotation de la roue.
2. Calculer la valeur de l'intensité de la force magnétique qui fait tourner la roue.
3. Calculer le travail de cette force en un tour de roue.
4. Calculer la puissance mécanique du moteur ainsi constitué. On suppose que le courant est toujours localisé dans le rayon vertical.
5. Calculer sa force contre électromotrice.



EXERCICE 5

Dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme vertical, une barre conductrice MN repose sur deux rails conducteurs parallèles P et Q distants de d = 5 cm, contenus dans un plan horizontal. On néglige la résistance des rails et des contacts.
Le milieu O de la barre MN est relié grâce à une poulie, à un objet de masse m, par l'intermédiaire d'un fil inextensible de masse négligeable. La partie du fil reliant la barre à la poulie est horizontale et parallèle aux rails. Un générateur, de tension continue de f.é.m. R, est branché entre P et Q, conformément à la figure. La barre MN est en équilibre.



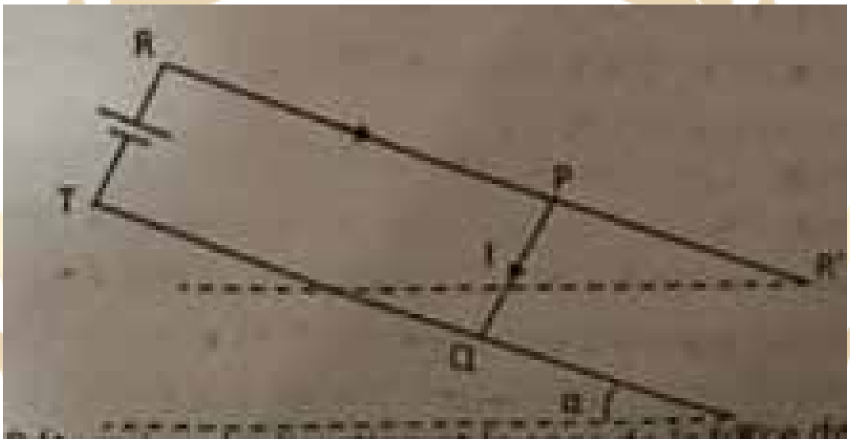
1. Le pole positif du générateur est-il branché du coté de P ou du coté de Q ?

2. Calculer l'intensité I du courant circulant dans le circuit. On donne B = 0,1 T ; m = 10 g ; g = 10 m.s^{-2}

3. Le fil reliant la barre MN à la masse se casse. Calculer l'accélération prise par la barre MN dont la masse est 20 g. En déduire la nature du mouvement de la barre MN.

EXERCICE 6

Une barre de cuivre PQ de masse m, de longueur ℓ, peut glisser sans frottement sur deux rails métalliques RR' et TT'. Les deux rails forment, avec la barre PQ, un circuit électrique comme indiqué sur la figure. L'ensemble est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaire au plan des rails.

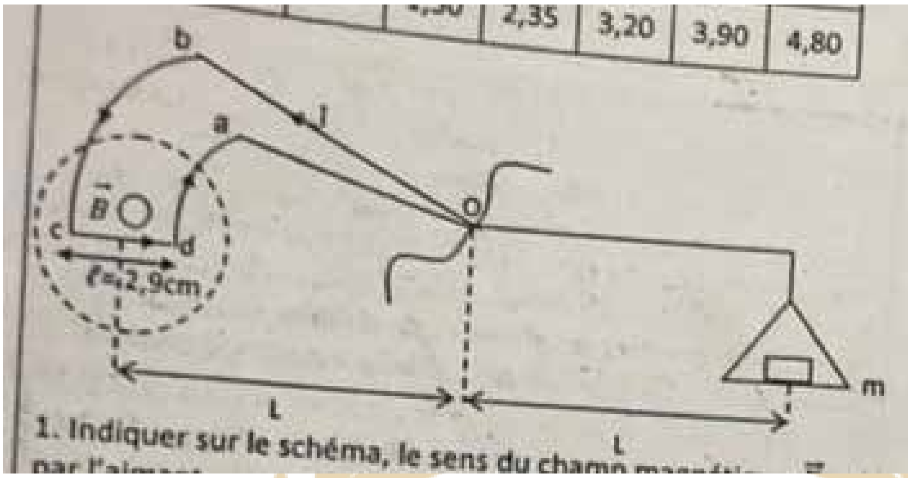


1. Déterminer la direction et le sens de la force de Laplace agissant sur la barre pour qu'elle reste immobile. En déduire le sens de $\vec{B}$.
2. Déterminer la valeur du champ magnétique. On donne m = 250 g ; l = 16 cm ; g = 10 m.s-2 ; $\alpha = 14°$ et I = 4,8 A.
3. Cette fois, le champ magnétique est vertical et son intensité est B = 0,5 T. L'intensité du courant reste égale à 4,8 A. Calculer la nouvelle valeur à donner à α pour réaliser l'équilibre de la barre et préciser le sens de $\vec{B}$.

EXERCICE 7

On se propose de déterminer la valeur du champ magnétique dans l'entrefer d'un aimant en U. Pour cela, on utilise le dispositif appelé balance de Cotton (voir figure). Le circuit électrique permettant de faire circuler le courant électrique n'est pas représenté. On place différentes masses marquées dans le plateau de droite et on détermine l'intensité I nécessaire pour rétablir l'équilibre de la balance. Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant :

m (mg)	5	10	15	20	30	35
I (A)	0,75	1,50	2,35	3,20	3,90	4,80

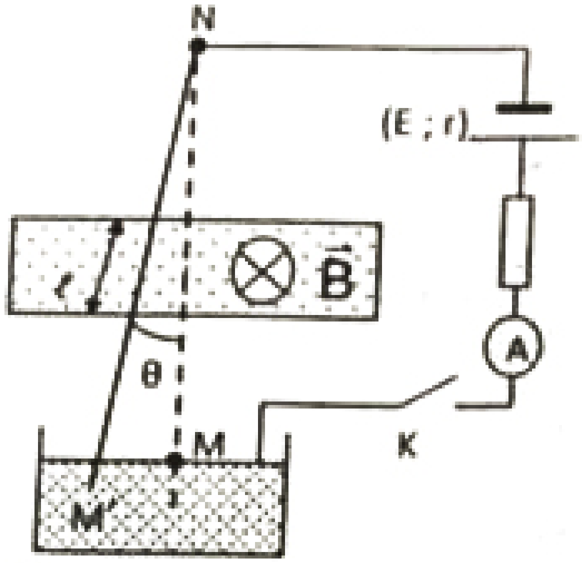


1. Indiquer sur le schéma, le sens du champ magnétique $\vec{B}$ créé par l'aimant.
2. Montrer que les forces de Laplace s'exerçant sur les portions de circuit ad et bc n'ont aucune influence sur l'équilibre de la balance.
3. Déterminer l'expression de l'intensité I du courant en fonction de m, g, ℓ et B.
4. Tracer le graphe donnant I = f(m).
5. Déduire de cette courbe la valeur de $\vec{B}$. On prendra g = 9,78 m.s-2.
6. On veut rétablir l'équilibre de la balance pour un courant d'intensité I = 5 A. Quelle masse faut-il placer dans le plateau de la balance ?

EXERCICE 8

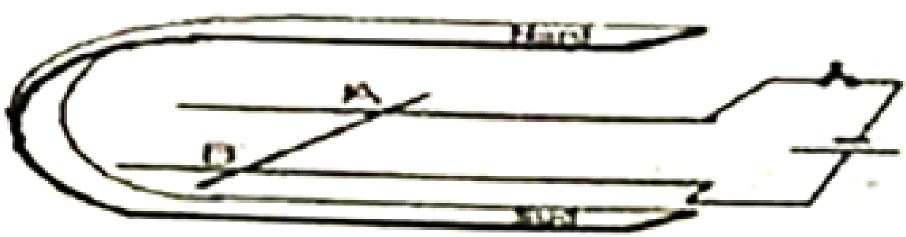
On utilise le dispositif de la figure ci-dessous.
Un courant d'intensité I traverse le circuit électrique.
A l'équilibre, la portion du conducteur M'N qui se trouve dans le champ magnétique de l'aimant a une longueur ℓ. ($\ell/2$ de part et d'autre du centre d'inertie G de M'N).
On suppose qu'en tout point de cette portion de conducteur le vecteur-champ magnétique est le même : $\vec{B}$, perpendiculaire au plan de la figure (plan NMM' ; voir figure).
Le conducteur M'N est une tige en cuivre de forme cylindrique ; ses caractéristiques sont les suivantes :
longueur : M'N = 20 cm ; diamètre : d = 0,4 cm ; masse volumique du cuivre : ρ = 8900 Kg/m^3.
On donne : g = 10 m.s^{-2} ; ℓ = 5 cm ; I = 10 A ; B = 0,07 T.
1. Fiare le bilan des forces qui s'exercent sur le conducteur M'N à l'équilibre,

lorsqu'il est parcouru par le courant et les représenter. La poussée du mercure sur la tige sera négligée.
2. En appliquant le théorème des moments, déterminer l'angle θ dont a pivoté le conducteur pour atteindre l'équilibre.
3. Sachant que la distance MN est égale à 19 cm, quelle est la plus grande valeur θ_{max} que peut prendre θ ?
4. En supposant que ℓ et B aient les valeurs données à la question 1, calculer l'intensité du courant qui permet d'obtenir une telle déviation.
5. La résistance du circuit est $R_e = 0{,}29\ \Omega$ et la résistance interne du générateur est r = 0,1 Ω ; calculer la f.é.m. du générateur qui alimente le circuit.

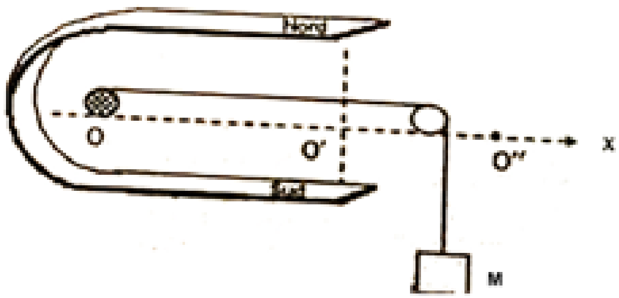


EXERCICE 9

On considère un conducteur mobile cylindrique de longueur L = 8 cm et de masse m = g, posé sur des rails conducteurs, écartés d'une longueur ℓ = 6 cm. Les rails sont reliés aux bornes d'un générateur de courant continu d'intensité I = 6 A. Le circuit est soumis au champ magnétique uniforme de valeur B = 0,1 T. On négligera les frottements.



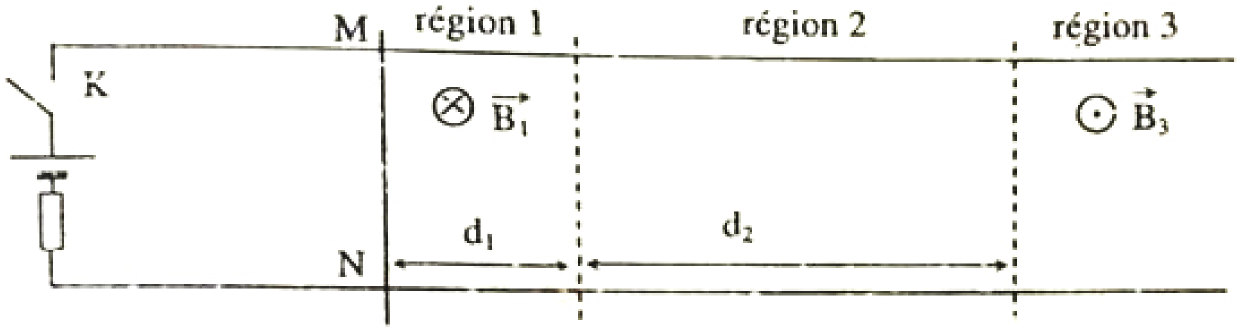
1. Reproduire le schéma en indiquant les sens du champ magnétique.
2. Déterminer le sens et la direction de la force de Laplace qui s'exerce sur le conducteur mobile AB.



3. A l'aide d'un fil inextensible enroulé, de masse négligeable, et d'une poulie, on attache une masse M au conducteur AB. Quelle doit être la valeur de M pour que le conducteur AB soit en équilibre ?
4. On enlève le fil et la masse M, puis on permute les bornes du générateur. On considère que le conducteur mobile est initialement au repos en O et est soumis au champ magnétique sur la longueur OO' = 4 cm.
4.1. Déterminer la nature du mouvement du conducteur AB sur la longueur OO'
4.2. Exprimer littéralement puis numériquement l'équation horaire $v(t)$ de ce mouvement.
4.3. Exprimer littéralement puis numériquement l'équation horaire $x(t)$ de ce mouvement.
4.4. Calculer la vitesse du conducteur mobile en O'.
4.5. Combien de temps met le conducteur AB pour aller de O' à O'' sachant que d' = OO'' = 10 cm
Données : $g = 10\ m.s^{-1}$; L = 8 cm ; I = 6 A ; B = 0,1 T ; m = 8 g ; ℓ = 6 cm.

EXERCICE 10

Au laboratoire du collège, Claude et Bintou réalisent le montage dont le schéma est ci-dessous. Le circuit électrique est composé d'un générateur, d'un interrupteur K, de deux rails métalliques horizontaux, parallèles, d'un résistor de protection et d'un barreau métallique mobile MN horizontal, de masse m = 50 g, pouvant glisser sans frottement en restant perpendiculaire aux rails (voir figure, circuit vu du dessus). Le barreau MN étant immobile, ils ferment l'interrupteur K à l'instant t = 0 et décident d'étudier le mouvement de MN dans les trois régions indiquées sur la figure.
• On néglige le phénomène d'induction et le champ magnétique terrestre des toute la situation d'évaluation.



Le courant débité par le générateur a une intensité I = 5 A supposée constante, les contacts électriques en M et N n'introduisant pas de résistance supplémentaires appréciables. La région 1 du schéma ci-dessus est soumis à l'action d'un champ magnétique $\vec{B}_1$ d'intensité B_1 perpendiculaire au plan des rails et dirigé comme indiqué sur la figure. Le barreau MN étant immobile, on ferme l'interrupteur K à l'instant t = 0.

- Région 1
- $\vec{B}_1$ est indiqué sur la figure ; $B_1 = 6.10^{-3}$ T ; $d_1 = 5$ cm
- Longueur du barreau subissant l'action du champ MN = ℓ = 10 cm.
- Région 2
- Le champ magnétique est nul sur la largeur $d_2 = 10$ cm
- Région 3
- $\vec{B}_3$ est indiqué sur la figure ; $B_3 = 6.10^{-3}$ T

Tu es invité(e) à étudier le mouvement du barreau dans les trois régions.

1. a) Dresser la liste des forces que subit le barreau mobile MN dans la région 1 en donnant le caractéristiques de chacune d'elles.

b) Exprimer le vecteur accélération $\vec{a}_1$ pris par le barreau lors de son mouvement dans cette région.

c) Déterminer la vitesse V1 du barreau MN quand il sort de la région 1 après avoir parcouru la distance d1.

2. Déterminer la nature du mouvement du barreau lorsqu'il traverse la région 2 de largeur d_2,

Calculer le temps mis pour la traverser.

3. a) Déterminer le vecteur accélération $\vec{a}_3$ du barreau lorsqu'il entre dans la région 3.

b) Calculer la date à laquelle le barreau repasse par la position initiale (position de départ de région 1).

Chapitre 9

INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

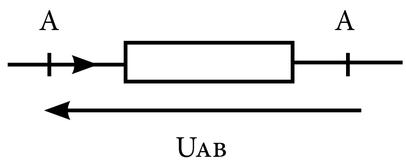
I. Rappels : algébrisation des grandeurs physiques (i et u)

1) Convention récepteur

Soit un dipôle (AB) quelconque :

- Si $i_{AB} > 0$ alors U_{AB} ainsi représentée est positive
- Si $i_{AB} < 0 \Rightarrow U_{AB} < 0$

Remarque : les flèches de i et de u sont opposées.



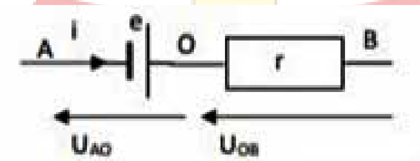
2) Loi d'OHM généralisée

a) Conducteur ohmique

Pour un conducteur ohmique de résistance R : $\boxed{U = R\,I}$

b) Générateur

Un générateur peut être représenté par une f.é.m. et une résistance interne r.



$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = -e + ri$ donc la tension positive est $u = e - ri$

c) Récepteur actif ou générateur en opposition

$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = e' + r'i \Longrightarrow u = r'i + e'$

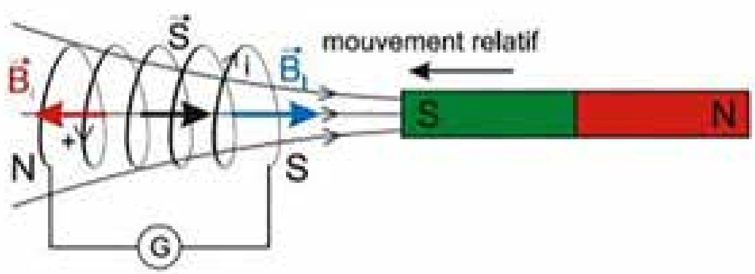
II. Phénomène d'induction

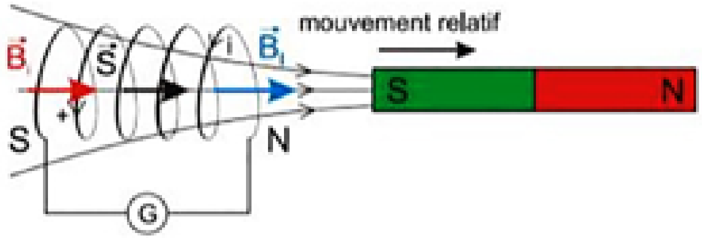
1) Etude expérimentale

a) Expérience 1

- Bobine fixe, aimant mobile

Lorsqu'on approche l'aimant de la bobine, la galvanomètre indique le passage d'un courant qui s'annule dès que le déplacement cesse. Eloignons l'aimant de la bobine un courant circule dans celle-ci en sens inverse. L'intensité du courant est d'autant plus grande que le déplacement est plus rapide.



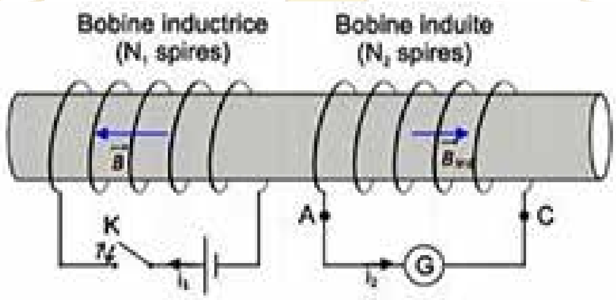


- Bobine mobile, aimant fixe

On observe les mêmes faits expérimentaux.

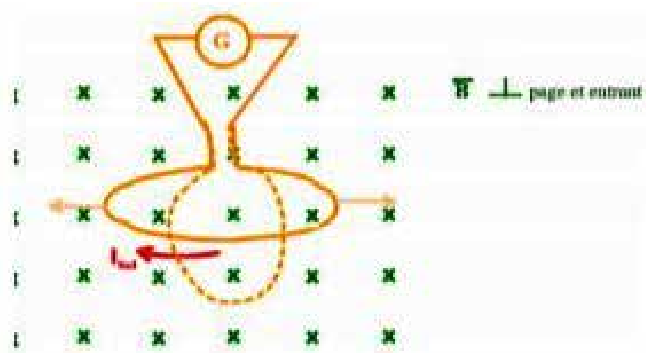
Le courant qui apparait dans la bobine alors que le circuit ne comporte pas de générateur est le courant induit. La bobine dans laquelle circule le courant induit est l'induit. La source de champ magnétique (ici l'aimant) est l'inducteur. Ce phénomène est appelé induction électromagnétique.

b) Expérience 2



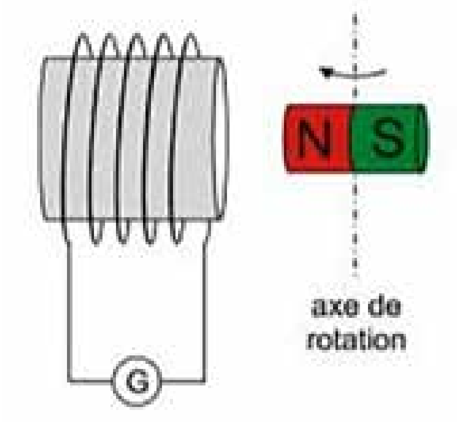
- Fermons l'interrupteur K, l'établissement du courant i1 dans le solénoïde crée un courant induit i2 dans la bobine (car i1 varie de 0 à i1). i2 devient nulle dès que i1 est constant.
- Si nous ouvrons l'interrupteur K (i1 passe de i1 à 0), un courant i2 est crée dans la bobine en sens inverse.
- De même si K est fermé en faisant varier i1 à l'aide d'un rhéostat monté dans le circuit, on crée un courant induit dans sa bobine.

c) Expérience 3



La bobine étant placée dans un champ magnétique, si nous la déformons rapidement un courant induit circule dans la bobine. Ce courant s'annule dès que cesse cette déformation.

d) Expérience 4



Plaçons un aimant horizontal, mobile autour d'un axe vertical, près d'une bobine d'axe horizontal, connectée à un galvanomètre. Faisons tourner cet aimant à vitesse angulaire constante.

Observation : Un courant induit circule dans la bobine dans un sens, puis dans l'autre, puis de nouveau dans le premier sens, et ainsi de suite : la bobine est parcourue par un courant alternatif de fréquence égale à celle du mouvement de rotation.

On fait la même observation si l'aimant est fixe et que la bobine tourne à vitesse angulaire constante.

2) Interprétation

- Dans l'expérience 1, en déplaçant l'aimant le nombre de lignes de champ qui traverse la bobine augmente ou diminue. Donc il y a variation du flux magnétique à travers la bobine. Cette variation de flux magnétique est la cause du courant induit. Ceci est justifié par les expériences suivantes :
- Dans l'expérience 2, on fait varier $\vec{\mathbf{B}}$ agissant sur i1.
- Dans l'expérience 3, on fait varier la surface S de la bobine.
- Dans l'expérience 4, on fait varier l'angle θ formé par $\vec{\mathbf{B}}$ et $\vec{\mathbf{S}}$.

Toutes les grandeurs $\vec{\mathbf{B}}$, S et θ sont des facteurs de l'expression du flux magnétique $\Phi = BS\cos\theta$.

3) Conclusion

Dans toute variation du flux magnétique à travers un circuit fermé s'accompagne de la production d'un courant induit dans le circuit. Le courant induit apparait dès que commence les variations du flux et disparaît dès que cesse cette variation : la cause et l'effet ont la même durée.

4) Sens du courant induit : Loi de Lenz

Le sens du courant induit est tel que par ses effets il s'occupe à la cause qui lui donne naissance. Le courant induit crée un champ $\vec{\mathbf{B}}_{ind}$ (champ magnétique induit) qui s'oppose à la variation $\Delta\vec{\mathbf{B}}$ de l'inducteur.

III. Force électromotrice d'induction

1) Fem. induite moyenne

Durant le phénomène d'induction, le flux magnétique est une fonction du temps. Si pendant une durée Δt la variation du flux est $\Delta\Phi$, la f.é.m. induite moyenne est :

$$\boxed{e_m = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}$$

2) Fem induite instantanée

$$e = \lim_{\Delta t \to 0} e_m = -\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{d\Phi}{dt} \Longrightarrow \boxed{e = -\frac{d\Phi}{dt}}$$

Le signe moins (-) traduit la loi de Lenz

- Si Φ augmente $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0 \Rightarrow e < 0$, le courant circule dans le sens négatif et s'oppose à l'augmentation du flux.
- Si Φ diminue, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0 \Longrightarrow e > 0$, le courant circule dans le sens positif et s'oppose à la diminution du flux.

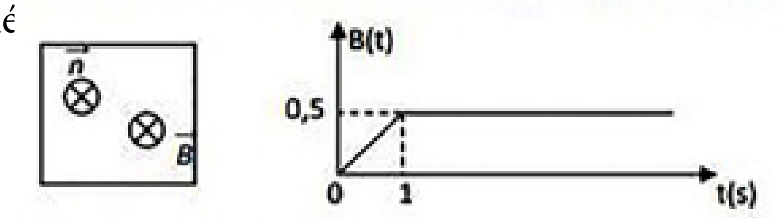
3) Intensité du courant induit

Si R est la résistance totale du circuit, l'intensité du courant induit est donnée par la loi de Pouillet

$$i = \frac{\sum e - \sum e'}{\sum R} = \frac{e}{R} \Longrightarrow i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\Phi}{dt}$$

4) Application

Une spire carré de résistance R = 0,1 Ω, de coté a = 10 cm est placé dans un champ magné



a) Déterminer le sens du courant induit

b) Déterminer la f.é.m. induite

c) Déterminer l'intensité du courant

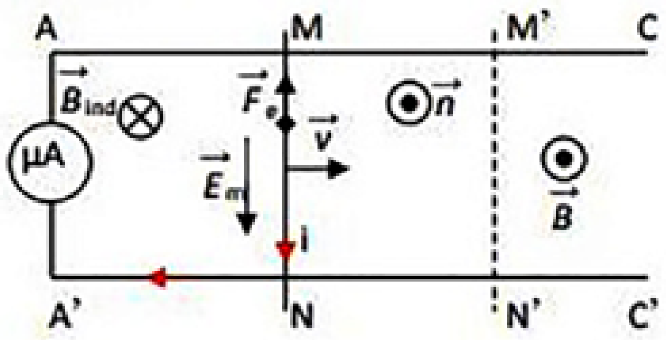
Reponse : B = 0,5t $\Longrightarrow$ e = -5.10^{-2} V $\Longrightarrow$ $i = \frac{e}{R}$ = 5.10-4 A sur $t \in [0;1]$ et B = 0,5 $\Longrightarrow$ e = OV $\Longrightarrow$ i = 0 sur $t \in]1;+\infty[$.

5) Camp électromoteur d'induction

a) Expérience

- AC et A'C' sont des rails conducteurs et horizontaux ;
- MN est une tige conductrice de longueur $\ell \perp$ aux rails.

Si nous déplaçons la tige MN avec une vitesse constante $\vec{V}$ parallèle aux rails, un courant est crée dans le circuit de la tige et des rails.



b) Interprétation

Considérons un électron libre de la tige MN, quand on déplace la tige avec une vitesse $\vec{V}$, cet électron est entrainé avec la même vitesse $\vec{V}$. Il s'exerce sur cet électron une force de Lorentz $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$. Le déplacement des électrons entraine un courant en ses inverse : c'est le courant induit.

L'expression $\vec{V} \wedge \vec{B}$ est homogène à un champ électrique car les électrons se déplacent de N vers M.

$\vec{E}_m = \vec{V} \wedge \vec{B}$ $\vec{E}_m$ est le champ électromoteur. Le trièdre $(\vec{V}, \vec{B}, \vec{E}_m)$ est direct.

Remarque: le champ électromoteur $\vec{E}_m$ a toujours le même sens que i.

c) Autres relations

• F.é.m. induite

Pendant le déplacement la tige MN reçoit du travail mécanique et fournit au circuit du travail électrique donc elle se comporte comme un générateur dont la f.é.m. est :

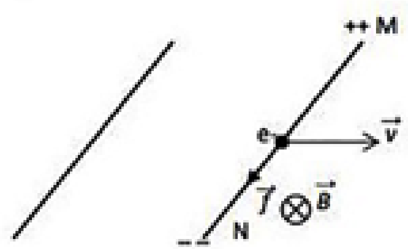
$$E = \frac{W_{N \to M}(\vec{F})}{q} = \frac{\vec{F}.\vec{NM}}{q} = \vec{E}_m.\vec{NM} = -VB\ell \Longrightarrow \quad e = -VB\ell$$

Autre méthode : $e = -\dfrac{d\Phi}{dt}$ or $\Phi = BS$

A t = 0 ; $\Phi_0 = BS_0$ et à une date t, $\Phi(t) = B(S_0 + \ell x) = BS_0 + B\ell x = \Phi_0 + B\ell x$

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Phi_0}{dt} - B\ell\frac{dx}{dt} = -B\ell V .$$

• F.é.m. en circuit ouvert

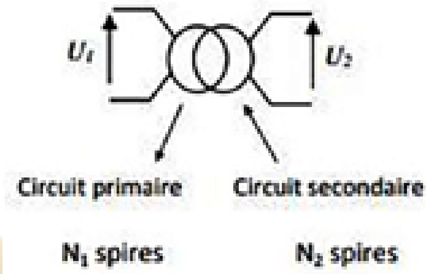


En circuit ouvert la tige se comporte comme un générateur : UMN = -e = BV ℓ

IV. Applications : le transformateur

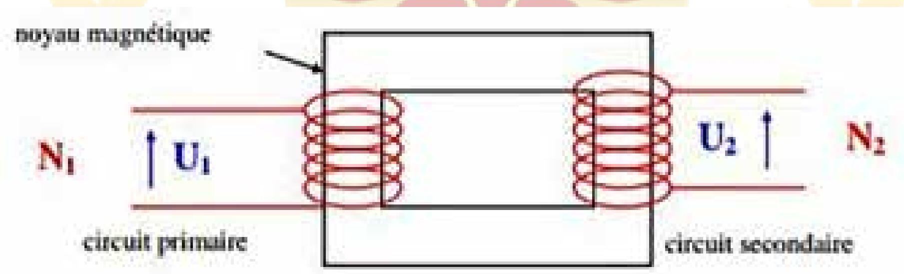
Le transformateur sert à abaisser ou élever la valeur efficace d'une tension sinusoïdale avec des pertes très faibles. Une des principales utilisations des transformateurs est le transport de l'énergie électrique par la SENELEC (ligne à haute tension).

Le symbole d'un transformateur est :



Un transformateur est composé de :

- Une bobine composée de N_1 spires appelée circuit primaire.
- Une bobine composée de N_2 spires appelée circuit secondaire.
- Un circuit magnétique fermé constitué de feuillets métalliques isolés les uns des autres qui canalise les lignes de champ.



Petite explication !

U1 est une ddp sinusoïdale, donc le flux magnétique à travers N2 varie, et il produit, d'après la loi de Faraday, une f.é.m. induite U2 sinusoïdale.

On appelle rapport de transformation :

$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$ (pour un transformateur idéal)

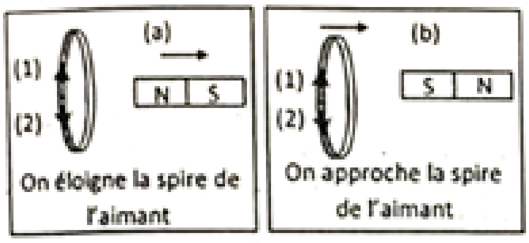
- Si $N_2 > N_1$: le transformateur est ***survolteur (élévateur de tension)***

Si $N_2 < N_1$: le transformateur est ***sous-volteur (abaisseur de tension)***

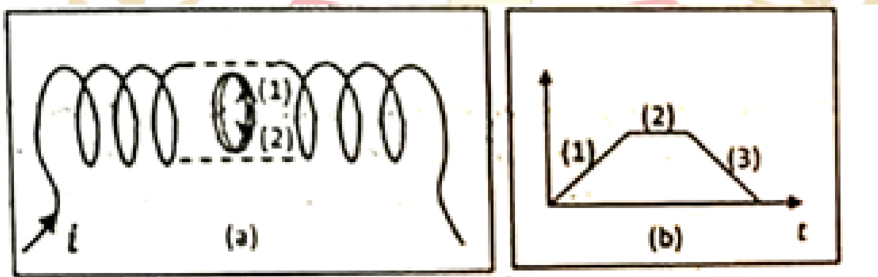
EXERCICE 1

1. Citer deux manières différentes de faire varier un champ magnétique en un point de l'espace.

2. En appliquant la loi de Lenz,prévoir le sens du courant induit dans les cas suivants:



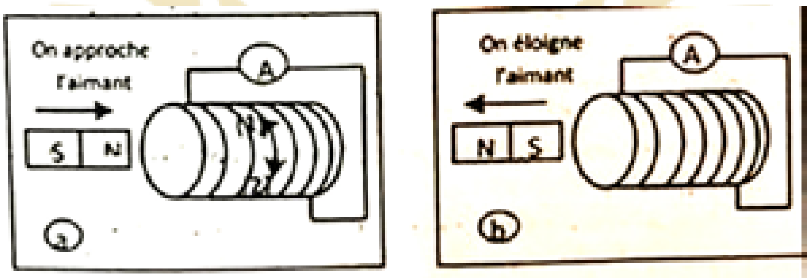
3. Le courant électrique donnant naissance au champ magnétique inducteur,crée par une bobine,varie dans le temps selon la courbe ci-dessous.



Déterminer le sens du courant induit dans la petite bobine.

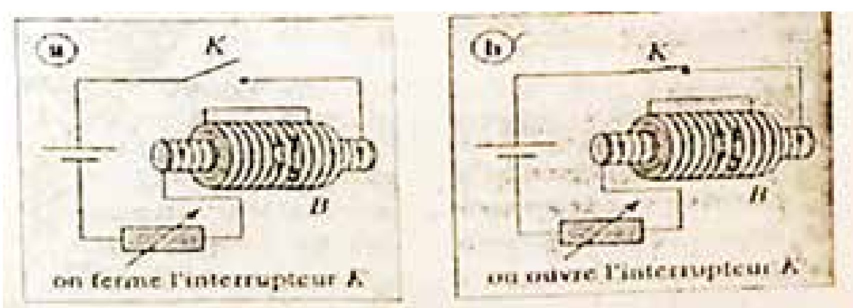
4.

4.1. Quel est le sens du courant induit,dans la bobine,dans les cas suivants ?



4.2. Y a-t-il une différence si on approche l'aimant lentement ou rapidement ? Si oui , laquelle ?

5.Quel est le sens du courant induit dans la bobine B quand on ferme l'interrupteur K, quand on l'ouvre?



EXERCICE 2

1. On donne le dispositif de la figure ci-dessous et on donne :
- Intensité du champ magnétique : B = 0,2 T;
-Longueur du conducteur mobile: ℓ = 10 cm;
-Résistance totale du circuit : R = 0,1 Ω.

Calculer la f.é.m. induite, l'intensité du courant induit et préciser le sens du courant dans les trois cas:

1.1. On déplace le conducteur mobile vers la droite à la vitesse constante v= 10 cm/s ;

1.2. On fait glisser le conducteur mobile vers la gauche à la vitesse constante v= 20 cm/s ;

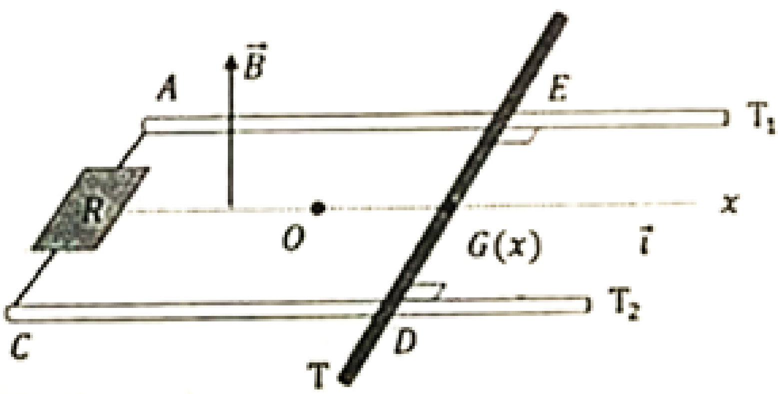
1.3. On déplace le conducteur (initialement arrêté) de gauche à droite d'un mouvement uniformément accéléré d'accélération 0, 2m/ s^2 entre l'instant t=0 et l'instant t= 2s, puis d'un mouvement uniforme avec la vitesse acquise à l'instant t= 2s.

Donner,dans ce dernier cas,la courbe donnant les variations de l'intensité induite (en valeur absolue) en fonction du temps.

2. Calculer la quantité d'électricité induite pendant la première phase du mouvement décrit à la question 1.3 (de t = 0 à t = 2s).

EXERCICE 3

Une tige T se déplace sans frottement à la vitesse constante $\vec{v} = v\vec{i}$ sur deux glissières T_1 et T_2, horizontales et parallèles, distantes de ℓ. La tige T est perpendiculaire aux glissières (figure). On une force $\vec{\mathbf{F}} = F.\vec{i}$.



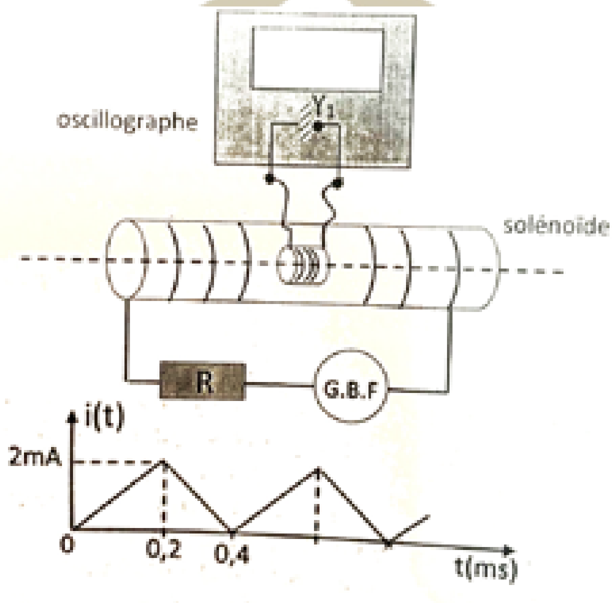
La tige,les glissières et la résistance R constituent un circuit électrique,lequel est placé dans un champ magnétique uniforme vertical $\vec{\mathbf{B}}$ d'intensité B= 0,4 T.

1. Expliquer pourquoi il apparaît un courant induit dans le circuit.
2. Quel est le sens du courant induit ?

3. Le circuit est orienté dans le sens du courant induit. Montrer que le flux du champ magnétique à travers la surface délimitée par le circuit s'écrit : $\phi = \phi_0 + \alpha t$ où a est une constante que l'on déterminera.
4. En déduire la f.é.m.e induite dans le circuit et l'intensité du courant. (On négligera la résistance des rails et de la tige devant R.)
5. Analyser les forces qui s'exercent sur la tige. Quelle force $\vec{F}$ doit-on exercer sur la tige pour maintenir sa vitesse constante ?
6. Application numérique ℓ = 12 cm ; v= 2 m. s^{-1} ; R= 2 Ω.
Calculer e et F.

EXERCICE 4

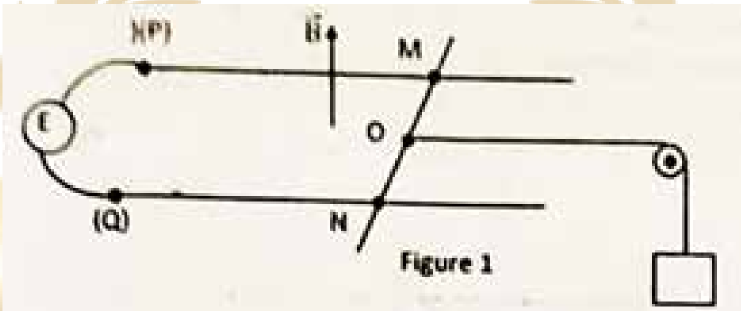
Un solénoïde parcouru par un courant d'intensité I est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ = ki (figure).
On met à l'intérieur du solénoïde une bobine plate à N spires d'aire S. La normale au plan de la bobine est parallèle à l'axe du solénoïde; On oriente cette normale dans le sens de $\vec{B}$.
Le courant i(t) a la forme représente sur la figure.
1. Calculer le flux du champ magnétique $\vec{B}$ à travers la bobine plate.
2. Calculer la f.e.m. induite dans cette bobine.
3.On branche un oscillographe aux bornes de cette bobine.
Montrer que la tension observée sur un l'écran est soit U,soit -U.
4. Représente ce que l'on peut observer sur cet écran.
Application numérique k= 10^{-2} ; S = 5 cm^2 ; N= 1000.s



EXERCICE 5

Dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical,une barre conductrice MN de longueur utile ℓ et de résistance R repose sur deux rails conducteurs parallèles (P) et (Q) contenus dans un plan horizontal. On néglige la résistance ohmique des rails et des contacts ainsi que le coefficient d'auto-inductance du circuit.

1- Le milieu O de la barre MN est reliée,grâce à une poulie, à un corps pesant de masse m par l'intermédiaire d'un fil inextensible de masse négligeable. La partie du fil reliant la barre à la poulie est horizontale et parallèle au rails. Un générateur de courant continu de force électromotrice E est branché entre (P) et (Q) (figure 1). On notera g l'intensité du champ de pesanteur.



La barre est en équilibre.

1-1.Le pôle positif du générateur doit-il être du coté de (P) ou du côté de (Q)?

1-2. Déterminer alors l'intensité I circulant dans le circuit.

AN: B = 0,1 T ; m= 10 g ;g = 10 m.s^{-2} ; ℓ = 0,05 m.

1-3 On suppose négligeable la résistance interne du générateur ainsi que celle des fils de connexion . Déterminer la valeur de la force électromotrice E du générateur.

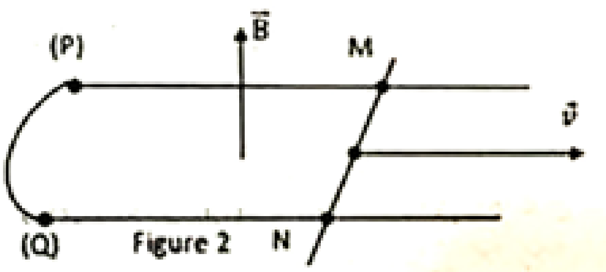
A.N : R= 0,6 Ω

2- On modifie le dispositif expérimental de façon suivante :

On remplace le générateur par un conducteur de résistance nulle et on déplace la tige MN à vitesse constante $\vec{v}$ parallèle aux rails (figure 2).

2-1. Quel est le sens du courant induit dans le circuit ?

2-2 Quelles ont les valeurs de la force électromotrice induite et du courant induit ?



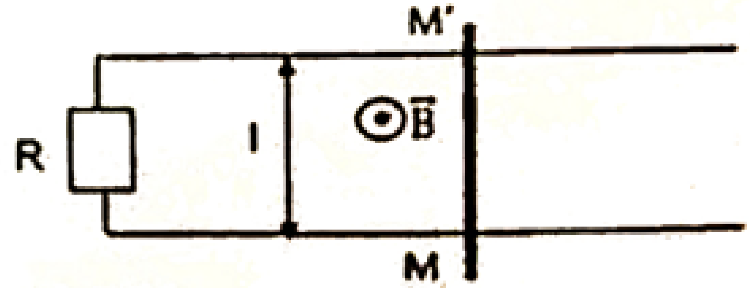
A.N : B = 0,1 T ; ℓ = 0,05 m ; v = 6 m.s^{-1} ; R = 0,6 Ω

EXERCICE 6

Deux rails conducteurs parallèles,de résistance négligeable séparés par une distance l = 25 cm, sont placés dans un plan horizontal. Une tige métallique rigide,de masse négligeable ,perpendiculaire aux rails ,peut glisser sans frottement dans une direction parallèle aux rails . Soit r = 0,5 Ω la résistance de la longueur l de cette tige. Les deux rails sont reliés par un conducteur ohmique de résistance R = 0,5 Ω . l'ensemble est placé dans un champ magnétique représenté par $\vec{B}$,d'intensité B = 1 T, perpendiculaire au plan des rails.

On déplace la tige à la vitesse constante v= 10 m.s $^{-1}$ de gauche à droite .

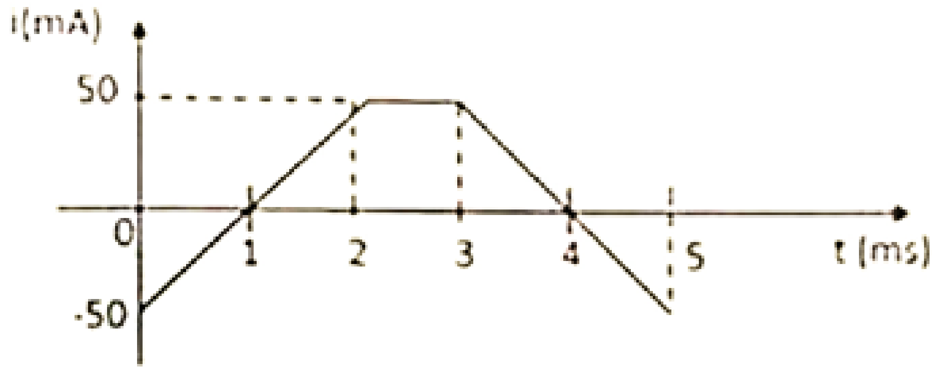
1. Préciser le sens du courant induit en le justifiant.
2. Calculer la force électromagnétique d'induction et l'intensité du courant induit.
3. Montrer qu'une force électromagnétique est créée au cours de déplacement. Donner ses caractéristiques.



EXERCICE 7

Un solénoïde possède deux enroulements entrelacés de rayon r = 2, 5 cm et de longueur l = 41,2 cm . On utilise respectivement N_1 = 200 spires pour l'enroulement (1) et N_2 = 100 spires pour l'enroulement (2). L'enroulement (1) est parcouru par un courant d'intensité variable I_1 (voir figure).

1. Donner l'expression de l'intensité B du champ magnétique crée par l'enroulement (1) en fonction de $\mu_0;N_1;r;I\ et\ I_1$.
2. Exprimer le flux magnétique à travers l'enroulement (2) en fonction de $\mu_0,N_1;N_2;r,I\ et\ I_1$.
3. Déterminer la f.é.m. induite e_2 lorsque $0 < t < 2\ ms$; $2\ ms < t < 3ms$; $3 < t < 5ms$.
4. Représenter $e_2(t)$ sur le même graphique.



EXERCICE 8

Une barre MM' homogène de masse m,peut glisser sans frottement le long des rails métalliques AC et A'C',espacés d'une distance I et contenus dans un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal. Pendant tout le temps que dure le mouvement,la barre reste perpendiculaire aux rails et maintient entre eux le contact électrique en M et M' . Les points A et A' sont reliés par un conducteur ohmique de résistance R et un interrupteur K. L'ensemble du dispositif est plongé dans un champ magnétique uniforme vertical ascendant $\vec{B}$. On négligera dans tout l'exercice,l'influence du champ magnétique terrestre.

On ferme le circuit et on abandonne la barre sans vitesse initiale en A et A' à l'instant t=0.

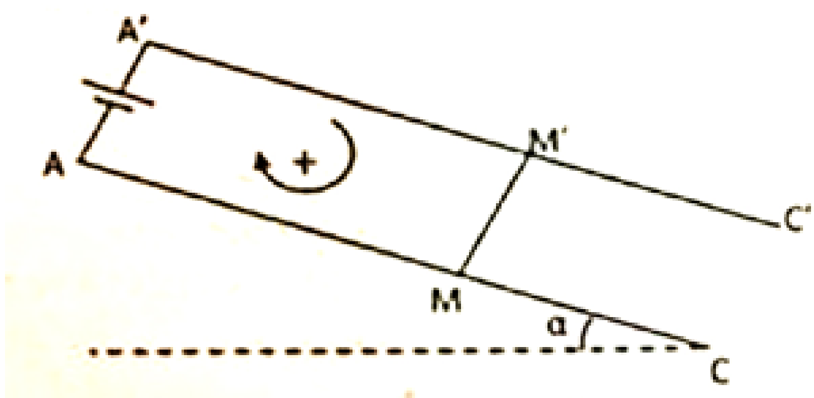
1. Etablir ,en fonction de la vitesse v de la barre,de B et I, l'expression de la f.é.m. induite dans le circuit .

2.Préciser, sur un schéma, le sens de l'intensité du courant qui le parcourt

3. Déterminer la direction, le sens de l'intensité et l'expression de l'intensité f de la force magnétique qui agit sur la barre.

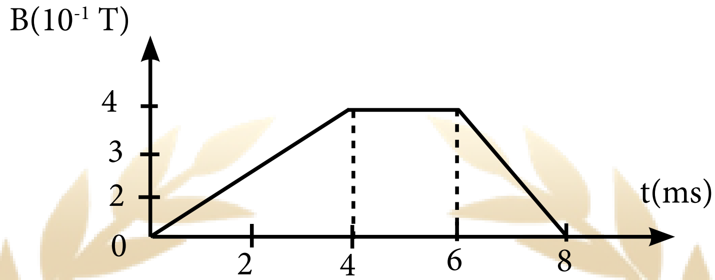
4.Montrer que la vitesse de la barre tend vers une valeur limite V_m que l'on calculera.

Données : l = 20 cm; g = 10 N/Kg; R= 0,1 Ω ; B = 1T; m= 20 g ; $\alpha = 30^0$



EXERCICE 9

On considère une bobine palé,comportant N = 20 spires,de forme rectangulaire,ses cotés ayant pour longueur a = 2 cm et b = 3 cm. Cette bobine, placée dans un plan verticale, est plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan de la bobine, et sa mesure varie au cours du temps suivant le graphique représenté en figure 2.



On oriente la bobine ans le sens indiqué en figure 1.

1. Enoncer la loi de Faraday
2. Déterminer les valeurs de la f.é.m. induite pour les intervalles $0 \leq t \leq 4; 4 \leq t \leq 6; 6 \leq t \leq 8.$
3. En déduire le sens du courant induit circulant dans la bobine selon les intervalles de temps considérés.
4. Représenter la courbe de la f.é.m induite aux bornes de la bobine en fonction du temps. 1 cm $\longleftrightarrow$ 1 ms ;
$1\,cm \;\longleftrightarrow 0,3\,V$

EXERCICE 10

On considère une spire circulaire de surface S placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$,comme l'indique la figure 1.

On fait croître l'intensité de $\vec{B}$ de 0 à O,1 T s selon une fonction linéaire du temps. Puis ,pendant la même durée, on fait décroître jusqu'à 0 l'intensité du champ $\vec{B}$ de la même manière.

1. Exprimer B=f(t) dans l'intervalle $[0;.0,2\,s]$puis tracer la courbe correspondante.
Echelles :0,1 s $\longleftrightarrow$ 4 cm ; 0,1 T $\longleftrightarrow$ 2cm.
2. La spire étant ouverte,comment varie la tension U_{AC} entre t= 0 et t= 0,2 s ? Quelles sont les valeurs numériques maximale et minimale de U_{AC} ?
3. La spire étant fermée,comme l'indique la figure 2,et sa résistance étant notée R (l'ampèremètre est de résistance négligeable), Comment varie l'intensité I dans

le circuit ? En le justifiant,on schématisera le sens de i. Tracer I=g(t).
Echelles: 0,1 s $\longleftrightarrow$ 2 cm ; 1 mA $\longleftrightarrow$ 0,5 cm.
Données: S= 10 cm^2 ; R = 0,5 Ω

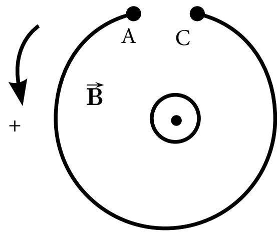


Figure 1

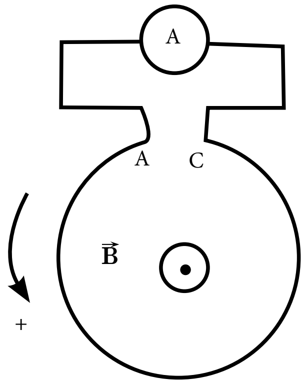
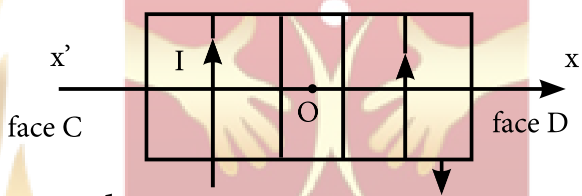


Figure 2

EXERCICE 11

Un solénoïde (S) de longueur ℓ = 40 cm comportant N = 500 spires est parcouru par un courant électrique d'intensité I= 2 A. L'axe (X'X) passe par le point O, centre du solénoïde. Sur la figure 1 est indiqué le sens du courant électrique.
Données : $\pi^2 = 10$; $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} SI$.

figure 1


1. Reproduis le schéma ci-dessus puis :
1.1. Représente le champ magnétique $\vec{B}$ au point O, centre du solénoïde ;
1.2. Donne les noms des faces C et D du solénoïde.
2. Donne l'expression de l'intensité B du champ magnétique en fonction de μ_0, N, ℓ et I et calculer sa valeur.
3. Le solénoïde est maintenant parcouru par un courant électrique d'intensité variable i comme l'indique la représentation de la figure 2. Une bobine (b) comportant N'= 200 spires et diamètre d= 5 cm est placée à l'intérieur du solénoïde. Le solénoïde et la bobine ont le même axe médian figure 3).

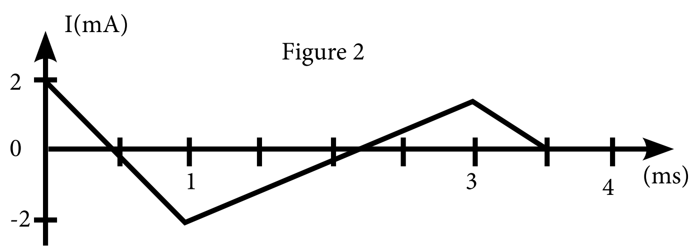


Figure 2

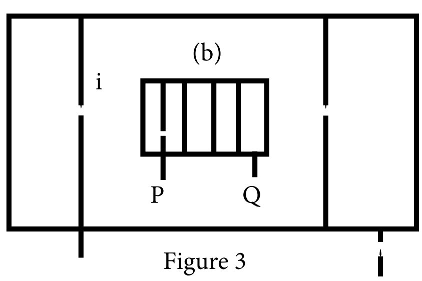


Figure 3

3.1. Explique le fait qu'il apparaît une force électromotrice induite e dans la bobine (b) dans l'intervalle [0 ; 0,5 ms].
3.2. En utilisant la loi de Lenz dans l'intervalle [0 ; 0,5 ms], donne le sens du

champ magnétique $\vec{B'}$ crée dans la bobine (b) si celle-ci est court-circuitée. En déduis celui du courant induit i' qui y circule. (Tu feras un schéma).

3.3. Détermine les valeurs de la dérivée de l'intensité i par rapport au temps $\left(\frac{di}{dt}\right)$ sur l'intervalle [0 ; 3 ms].

3.4. A partir du sens positif indiqué sur le schéma de la figure 3, établis l'expression du flux magnétique ϕ à travers la bobine (b) en fonction de μ_0, N, N', d, ℓ et i.

3.5. Montre que la force électromagnétique induite dans (b) est $e = -6,25.10^{-4}\frac{di}{dt}$

3.6. Calcule les valeurs de e pour $t \in [0;3ms]$.

3.7. Représente sur une feuille de papier millimétré, les variations de la tension e en fonction du temps pour $t \in [0;3ms]$.

Echelle : 1cm $\longleftrightarrow$ 1 mV ; 1cm $\longleftrightarrow$ 0,5 ms

EXERCICE 12

1^{èrre} PARTIE :

Un circuit électrique fermé est constitué des dipôles suivants:

- Un générateur de tension constante et de résistance interne négligeable;
- Un interrupteur K;
- Des fils de connexion ;
- Un solénoïde b_1 de longueur $\ell_1 = 0,9$ m,formé de N_1 =2000 spires de section $S_1 = 200\ cm^2$.

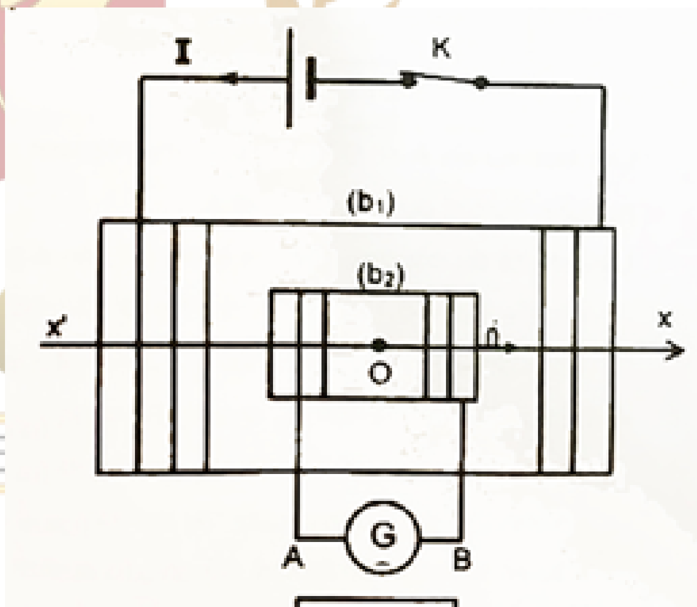


Figure 1

A l'intérieur de b_1 se trouve un autre solénoïde b_2 dont les bornes A et B sont reliées à un galvanomètre G.

Les solénoïdes b_1 et b_2 sont en position horizontale et coaxiaux. Leurs centres coïncident au point O de l'axe $x'x$.

Pour plus de clarté,certaines spires ne sont pas représentées sur la figure 1.

L'intensité du courant qui circule dans b_1 est $I_1 = 0,12\ A$. On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} SI$.

1- Détermine l'inductance L_1 du solénoïde b_1.

2- Détermine la valeur B du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ crée à l'intérieur de b_1.

3- On ouvre l'interrupteur K,le galvanomètre détecte un bref courant qui circule dans le solénoïde b_2.

3.1. Représente qualitativement,l'allure de la variation de l'intensité du courant en fonction du temps dans le solénoïde b_1.

3.2. Donne le nom du phénomène physique qui justifie cette allure.

3.3. Donne le nom du phénomène physique qui crée le courant I_2 dans le solénoïde b_2.

3.4. Reproduis le schéma de la figure 1 et représente:

3.4.1. Les sens des courants I_1 *et* I_2 *circulant dans les solénoïdes* b_1 *et* b_2 ;

3.4.2. Les vecteurs champs magnétiques $\overrightarrow{B_1}$ et $\overrightarrow{B_2}$ respectivement dans b_1 *et* b_2 *en O.*

$2^{ème}$ *PARTIE* :

4-Dans la suite de l'exercice,on prendra $L_1 = 0,11\ H$.

Le générateur de tension constante est remplacé par un générateur de basses fréquences délivrant une tension triangulaire. La courbe représentative du courant variable i(t) dans le solénoïde b_1 est donnée à la figure 2.

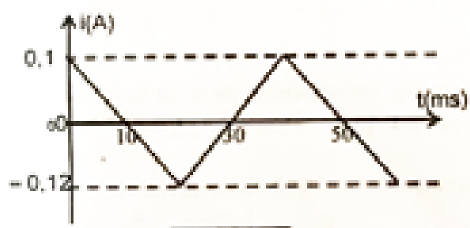


Figure 2

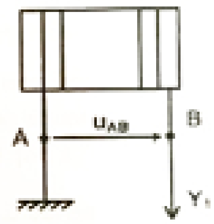


Figure 3

Les bornes de A et B de b_2 sont maintenant connectés sur les voies d'un oscilloscope,en remplacement du galvanomètre.

L'intensité du courant dans le solénoïde b_1 a pour expression :

i(t)= -12t - 0,12 sur l'intervalle $[0; 20\ ms]$ et

i(t) = 12t - 0,36 sur l'intervalle $]20; 40\ ms]$.

4-1. Etablis l'expression du champ B_1 en fonction du temps sur chacun de ces intervalles.

4-2. Le solénoïde b_2 est formé de $N_2 = 500$ spires de section S_2 =100 cm^2. Le vecteur normal $\vec{n}$ est orienté comme indiqué sur la figure

1. Etablis l'expression du flux φ_2 dans b_2 en fonction du temps sur chacun de ces intervalles.

4-3. Détermine la tension $U_{BA}(t)$ aux bornes de l'oscilloscope sur chacun de ces intervalles.

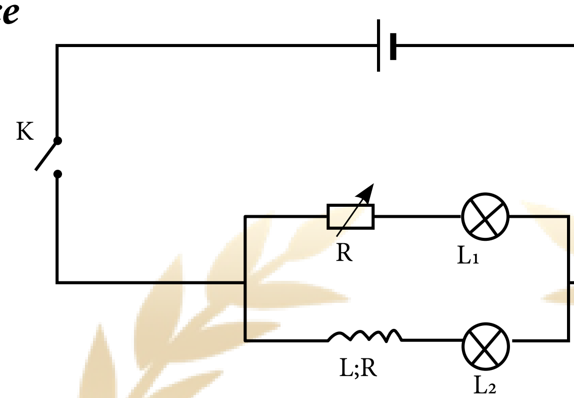
4-4. Reproduis la figure 2 et représentes qualitativement l'allure de $U_{BA}(t)$ sur l'intervalle $[0; 40\ ms]$.

AUTO INDUCTION

I. Mise en évidence de l'auto-induction.

1) Retard à l'allumage d'une ampoule

a) Expérience



L1 et L2 sont identiques
R est identique à la résistance de la bobine.

b) Observation

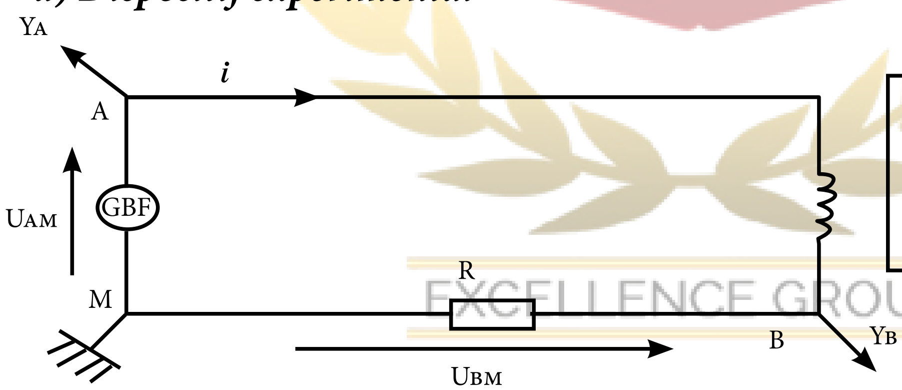
- K fermé : L1 s'allume instantanément tandis que L2 s'allume progressivement.
- A l'ouverture de K, L2 s'éteint avant L2.

c) Conclusion

La bobine s'oppose à l'installation et à l'annulation du courant électrique dans le circuit. Ce phénomène porte le nom d'auto-induction.

2) Visualisation à l'oscilloscope

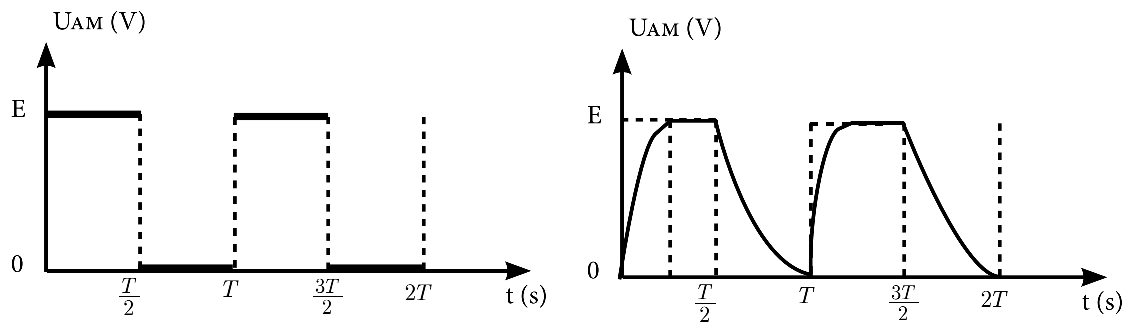
a) Dispositif expérimental



YA : visualisation de la tension UAM aux bornes du générateur
YB : visualisation de la tension UBM = Ri aux bornes du conducteur ohmique

NB : $U_{BM} = Ri$ donc la courbe représentant U_{BM} à la même forme que i.

b) Observations



c) Interprétation

• *à la fermeture du circuit électrique*

La tension aux bornes du générateur passe de 0 à E tandis que l'intensité du courant électrique dans le conducteur ohmique de résistance R croit progressivement pour atteindre sa valeur maximale qu'au bout d'un certain temps.

• *à l'ouverture du circuit électrique*

La tension aux bornes du générateur s'annule tandis que l'intensité du courant électrique décroit progressivement pour s'annuler au bout d'un certain temps.

Remarque :

Le régime au cours duquel i varie (croit ou décroit) est appelé transitoire.

Le régime où i est constant (i = Imax) est appelé régime permanent.

d) Conclusion

La bobine s'oppose aux variations (installation ou annulation) du courant électrique i.

Ce phénomène est appelé **auto-induction**. Elle résulte de la variation du flux magnétique à travers la bobine.

II. Flux propre et inductance d'une bobine

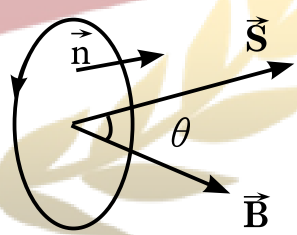
1) Définition du flux magnétique propre

On appelle flux magnétique propre ϕ_P, le flux créé par le champ magnétique $\vec{B}$, dans la bobine à travers la surface fermée S. C'est une grandeur algébrique définie par : $\phi_P = \vec{B}.\vec{S}$, où $\vec{S} = S.\vec{n}$: vecteur surface. Il est normal au plan défini par le circuit.

Soit :

$$\phi_P = B\ S\cos\theta$$

Weber (Wb) T m^2



L'expression du flux créé à travers une spire de la bobine est :

$\phi_P = \vec{B}.\vec{S} = B.S$ or $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$

Soit $\phi_P = \mu_0 \frac{N}{\ell} I.S$ où S représente la surface d'une spire.

Pour les N spires de la bobine, on a :

$$\phi_P = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} I.S$$

Si il ya N spires $\phi = NSB\cos\theta$

Si B et S sont colinéaires

$\phi = NBS$

$\phi = N \times \mu_0 \frac{N}{\ell} Si = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} Si$

$\phi = Li$ L: inductance

2) Inductance d'une bobine

L'inductance L d'une bobine est égale au quotient du flux propre ϕ_P à l'intérieur de la bobine par l'intensité I du courant électrique qui la traverse.

$$L = \frac{\phi_P}{I} = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$$

henry (H)

Remarque : L est le coefficient de proportionnalité entre le flux propre ϕ_P et l'intensité du courant électrique.

$$n = \frac{N}{\ell} \Longrightarrow N = n\ell$$

$$\Rightarrow L = \mu_0 \frac{(n\ell)^2}{\ell} S$$

$$L = \mu_0 n^2 \ell\, S \qquad S = \pi r^2$$

3) Force électromotrice d'auto-induction

La variation du flux engendre un courant induit qui donne naissance à une force électromotrice induite d'induction e.

La spire se comporte comme un générateur en opposition avec le générateur d'alimentation du circuit.

La force électromotrice d'auto-induction e a pour expression :

$e = -\frac{d\phi}{dt}$ or $\phi_P = L.i$

$$e = -L\frac{di}{dt}$$ e s'exprime en volts (V)

III. Tension aux bornes d'une bobine

1) Schéma d'une bobine

UAB = UAC + UCB
UAB = -e + ri
UAB = ri - e

2. Loi d'Ohm

UAB = ri - e or $e = -L\frac{di}{dt}$ d'où $$U_{AB} = r\,i + L\frac{di}{dt}$$

Remarques :

- Si r = 0 : on a une inductance pure et UAB = -e
- En régime continu ou permanent, I est constante, la bobine se comporte comme une résistance pure : UAB = r I

IV. Energie magnétique emmagasinée dans une bobine

1) Puissance échangée

La puissance électrique reçue par une bobine est $P = U_{AB}.i = ri^2 + Li\frac{di}{dt}$ car $U_{AB} = ri + L\frac{di}{dt}$

$$P = ri^2 + \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$$

Avec ri^2 : puissance dissipée par effet joule

$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$: puissance emmagasinée par la bobine

2) Energie emmagasinée

$$E = \int_0^t P.dt = \int_0^t ri^2 dt + \int_0^t \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2\right)dt$$

$$E = ri^2 t + \frac{1}{2}Li^2$$

Avec $ri^2 t$: énergie dissipée par effet joule

$\frac{1}{2}Li^2$: énergie emmagasinée par la bobine

EXERCICE 1

Réponds par vrai ou faux

1- Dans un circuit comportant une bobine, l'établissement du courant n'est jamais instantané.

2- Le flux d'auto-induction à travers les spires d'une bobine ne dépend que de l'intensité du champ magnétique et de l'aire de chaque spire.

3- L'inductance d'une bobine sans noyau de fer dépend de l'intensité du courant qui traverse les spires.

4- L'unité d'inductance est le henry.

5- L'unité de flux est le tesla.

6- La force électromotrice d'auto-induction est d'autan plus grande que la variation de flux est rapide.

7- L'énergie emmagasinée dans une bobine est égale à : $\varepsilon_m = Li^2$.

8- L'intensité du courant dans une bobine ne peut pas subir de discontinuité.

EXERCICE 2

Un solénoïde comporte N spires uniformément enroulées sur un cylindre de longueur L et de section S.

1. Donne les caractéristiques du champ $\vec{B}$ à l'intérieur de la bobine lorsqu'elle est parcourue par un courant d'intensité I = 100 mA.
2. Calcule le flux à travers les spires de la bobine.

Données : N = 100 spires ; ℓ = 40 cm ; S = 20 cm^2 ; $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ SI

EXERCICE 3

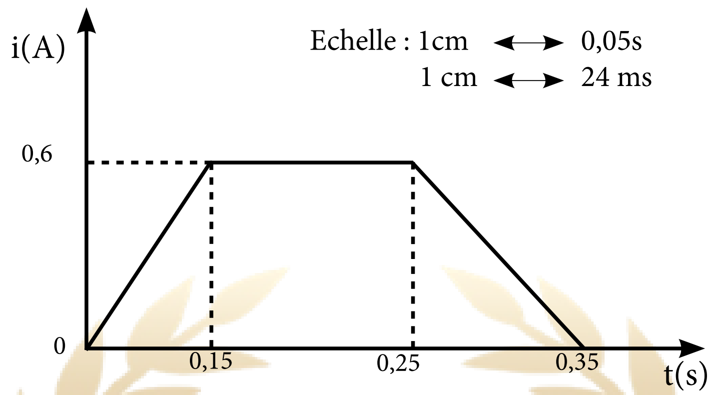
Un solénoïde de longueur ℓ = 0,5 m et de diamètre d = 5 cm comporte 2.10^4 spires. L'inductance L de ce solénoïde vaut :

a) 0,97 H
b) 1,5 H
c) 1,97 H

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

EXERCICE 4

Une bobine d'inductance L = 12 mH et de résistance négligeable est parcourue par un courant dont les variation sont représentées ci-dessous.



1. Calcule la f.é.m de la bobine dans chaque intervalle de temps.
2. Représente la fonction la f.é.m auto-induite aux bornes de la bobine.

EXERCICE 5

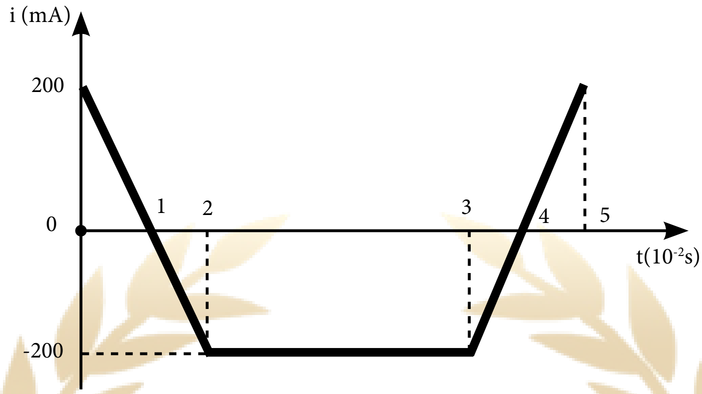
Pour chacune des propositions ci-dessous :
1. Dans un circuit comportant une bobine, l'établissement du courant n'est jamais instantané.
2. Le flux d'auto-induction à travers les spires d'une bobine ne dépend que de l'intensité du champ magnétique et de l'aire de chaque spire.
3. L'inductance d'une bobine sans noyau de fer est indépendant de l'intensité du courant électrique qui la traverse.
4. L'inductance d'une petite bobine sans noyau de fer vaut quelques dizaines de henry.
5. La force électromotrice d'auto-induction est d'autant plus grande que l'intensité du courant varie rapidement.
6. Le phénomène d'auto-induction peut être néfaste our les appareils électriques.
7. L'unité d'inductance est le henry.
8. L'intensité du courant dans une bobine ne peut pas subir de discontinuité.

Recopie le numéro de la proposition et écris à la suite, vrai si la proposition est juste ou faux si celle-ci est fausse.

EXERCICE 6

1. Un solénoïde de longueur ℓ = 30 cm et de rayon R = 2,5 cm comporte N = 6000 spires.

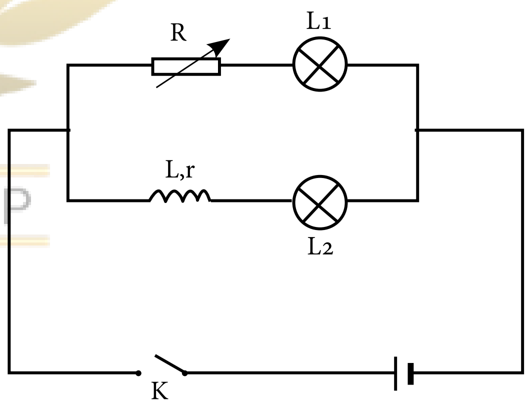
1.1. Etablir l'expression de l'inductance L en fonction de μ_0, N, ℓ et R.
1.2. Faire l'application numérique.
Données : $\pi^2 = 10$; $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I
2. Un solénoïde d'inductance L' = 0,30 H et de résistance r = 10 Ω est traversé par un courant d'intensité i. L'intensité du courant dans la bobine varie en fonction du temps comme l'indique la figure ci-contre :



Détermine la f.é.m auto-induite pendant les intervalles [0s ; 2.10^{-2}] ; [2.10^{-2} ; 3.10^{-2}] ; [3.10^{-2} ; 5.10^{-2}].
3. On désigne par A et C les bornes de la bobine et on suppose le conducteur orienté de A vers C.
3.1 Déterminer la tension U_{AC} (t) appliquée entre les bornes de la bobine durant chacun des intervalles.
3.2. Représenter graphiquement U_{AC} en fonction du temps.

EXERCICE 7

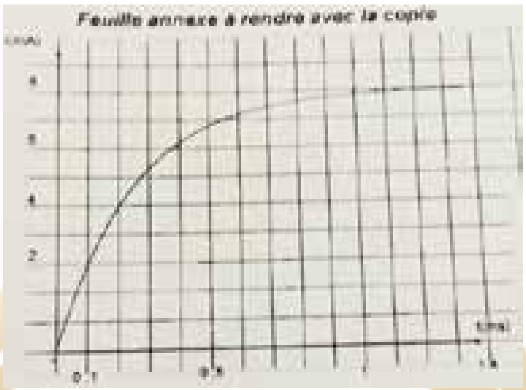
1. Pour étudier un phénomène physique, le professeur d'une classe de terminale scientifique, réalise le montage dont le schéma est ci-contre:
Les lampes L_1 et L_2 sont identiques. R est une résistance variable dont la valeur doit être égale à r. Le professeur dispose de tout le matériel nécessaire au laboratoire du lycée.



Explique brièvement comment il peut déterminer la résistance interne r d'un solénoïde.
2. Lorsque les réglages sont terminés R = r = 10 Ω
2.1. Qu'observe-t-on à la fermeture de l'interrupteur K ?
2.2. Quel dipôle en est responsable ? Quel nom donne-ton au phénomène physique ainsi mis en évidence ?
3. Le solénoïde (L,r) est monté en série avec un conducteur ohmique de résistance

R' = 390 Ω .

L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence délivrant une tension en créneaux d'amplitude 3,6 V et de fréquence N = 333 Hz. Un dispositif approprié permet de suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps. Le tracé obtenu pendant la demi-période où U_G = 3,6 V est reproduit sur la feuille annexe..



3.1. On note Io la valeur maximale de i. Déterminer I0 à partir du graphe, puis par calcul.

3.2. On appelle constante de temps, la durée t au bout de laquelle l'intensité i atteint 63% de sa valeur maximale. Déterminer la constante de temps du circuit à partir du graphe.

3.3. Déterminer l'inductance Lexp sachant que $T = \frac{L}{R' + r}$

3.4. Les caractéristiques du solénoïde sont les suivants :

- longueur : ℓ = 20 cm
- rayon : r = 3,5 cm
- nombre de spires : N = 2000.

Calculer la valeur de l'inductance Lth.

Comparer Lth et Lexp puis conclure.

On donne $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ unité SI ; $\pi^2 = 10$.

EXERCICE 8

Un circuit électrique comprend, en serie, un générateur de force électromotrice 6 V et une bobine d'inductance L = 10 mH et de résistance r = 2 Ω (figure 1).

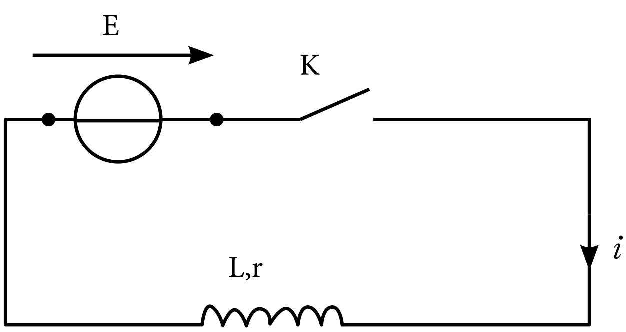


Figure 1

1. On ferme l'interrupteur K. Etablir la relation entre E, L, r, i et $\frac{di}{dt}$. En déduire la valeur I, de l'intensité du courant en régime permanent.
2. Calculer alors l'énergie stockée dans la bobine.
3. On ouvre l'interrupteur. Qu'observe-t-on entre les contacts de l'interrupteur?
4. Que devient l'énergie précédemment stockée dans la bobine ?
5. Pour éviter le phénomène observé à l'ouverture du circuit, on place, en parallèle avec la bobine, une diode en série avec un conducteur ohmique. Quel rôle joue la diode ? Quel rôle joue le conducteur ohmique ?

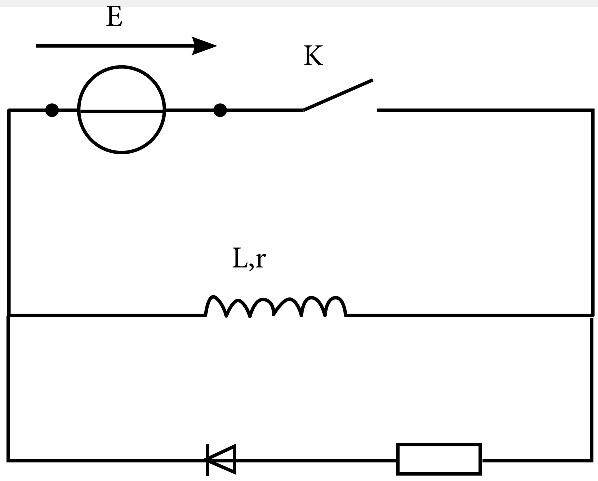
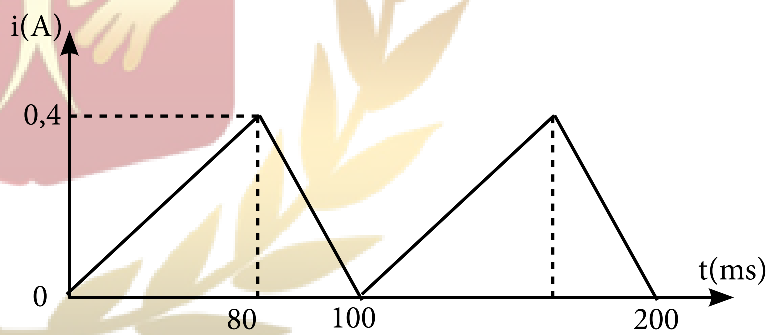


Figure 2

EXERCICE 9

1. Soit une bobine de longueur ℓ = 40 cm, comportant N = 1600 spires de rayon 15 cm.
Calcule son inductance L.
2. La bobine est parcourue par un courant d'intensité I = 0,6 A.
2.1. Donne les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$.
2.2. Fais un schéma.
3. La bobine est maintenant parcourue par un courant dont l'intensité varie avec le temps selon la figure ci-dessus. On suppose que l'inductance de la bobine vaut L = 0,6 H.



3.1. Montre que la bobine est le siège d'un phénomène d'auto-induction.
3.2. Calcule la f.é.m auto-induite e qui apparait aux bornes de la bobine dans l'intervalle [0 ; 100 ms].
3.3. En déduis la tension U_{AC} aux bornes de la bobine dans l'intervalle [0 ; 100 ms].
3.4. Représente U_{AC} (t) pour t $\subset$ [0 ; 100 ms].
Echelle : 1 cm $\longrightarrow$ 3V et 1 cm $\longrightarrow$ 20 ms

EXERCICE 10

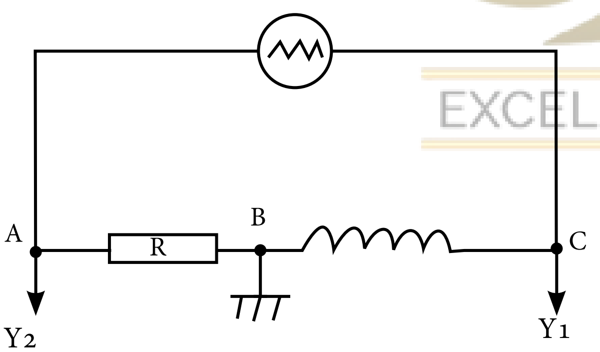
Recopie le numéro de l'affirmation suivie de la lettre V si elle est vraie ou F si elle est fausse.

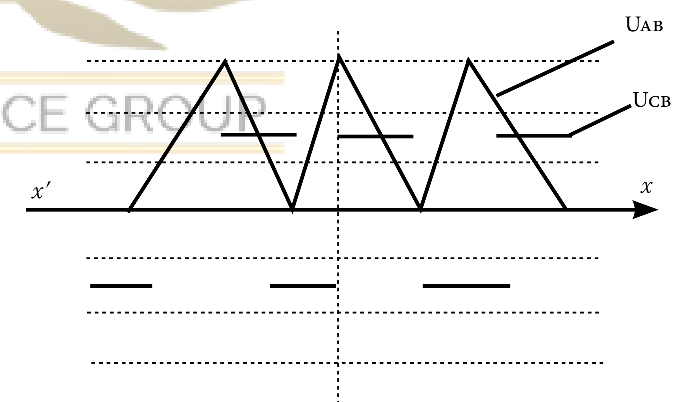
1. L'auto-induction est l'apparition d'une force électromotrice aux bornes d'un circuit traversé par un courant d'intensité continu.
2. Le flux propre ϕ d'un circuit électrique est donnée par l'expression : $\phi = iL$.
3. L'inductance L d'un solénoïde est définie par : $L = \frac{\mu_0}{\ell} SN^2$.
4. L'inductance d'un solénoïde est exprimée en weber (W).
5. La force électromotrice e d'auto-induction dans une bobine d'inductance L est : $e = L\frac{di}{dt}$.
6. La tension u aux bornes d'une bobine réelle est u = ri - L $\frac{di}{dt}$
7. La tension u aux bornes d'une bobine idéale u = L $\frac{di}{dt}$
8. L'énergie emmagasinée E dans une bobine idéale est : E = $\frac{1}{2}L^2 i$

EXERCICE 11

Le montage de la figure ci-dessous représente un circuit qui comporte un conducteur ohmique de résistance R = 1000 Ω et une bobine de résistance négligeable et d'inductance L montés en série. Ce circuit est alimenté par un générateur de tension délivrant des signaux triangulaires. On applique d'une part, sur la voie 1, la tension U_{CB} aux borne de la bobine et d'autre part sur la voie 2, la tension U_{AB} aux bornes de la résistance.

La figure ci-dessous représente l'image obtenue sur l'écran.





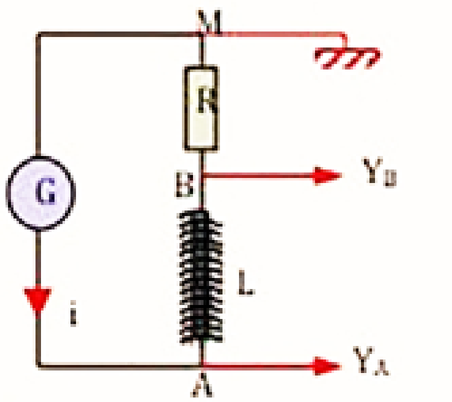
On a réglé :

- la base de temps sur la sensibilité 103 seconde par division :
- la sensibilité verticale :
    - sur 20 millivolts par division pour la voie 1 ;
    - sur 2 volts par division pour la voie 2.

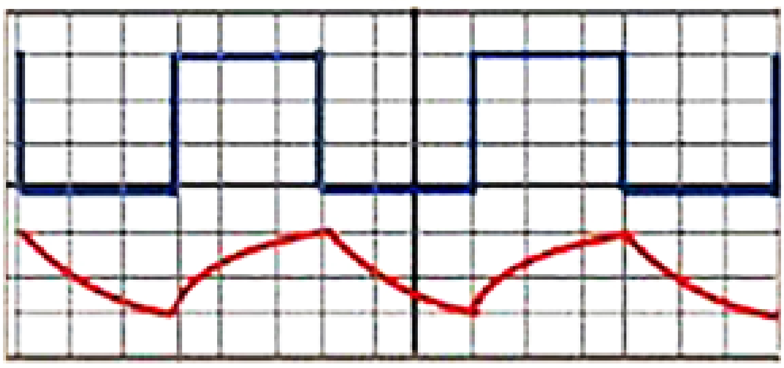
1. On observe que la tension U_{AB} forme une trace pratiquement triangulaire. Justifie la trace en créneaux observée pour la tension U_{CB} sur l'oscillogramme.
2. Calcule l'inductance L de la bobine.
3. Calcule l'énergie maximale emmagasinée dans la bobine.

EXERCICE 12

On réalise le circuit ci-contre :
G est le générateur de tension carrée ;
L représente une bobine munie d'un noyau de fer doux ;
R est un conducteur ohmique de grande résistance.
On réalise les branchements à l'oscilloscope comme indiqué sur le schéma.



1. Quelles sont les tensions visualisées :
- sur la voie YA ?
- sur la voie YB ?
Sur quelle voie visualise-t-on :
- la tension délivrée par le générateur ?
- la tension nous informant sur la variation de l'intensité du courant dans le circuit ? Justifier votre réponse.
2. On obtient les oscillogrammes représentés ci-dessous.



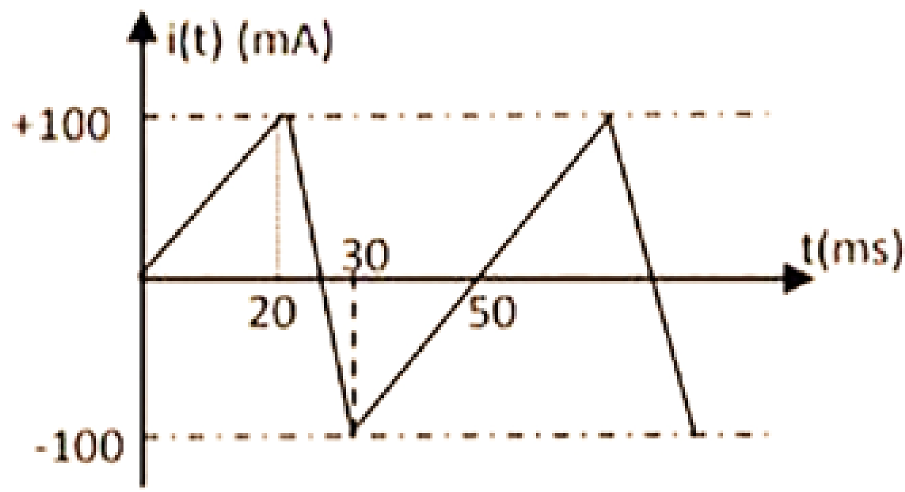
On a décalé les voies par commodité. Identifier les tensions représentées.
3. Interpréter ces oscillogrammes.
4. Que verrait-on sur l'écran de l'oscilloscope :
- Si on retirait le noyau de fer doux ?
Si on remplaçait la bobine par un conducteur ohmique de même résistance ?

EXERCICE 13

On considère une bobine assimilable à un solénoïde théorique ayant les caractéristiques suivantes :

- Rayon moyen des spires : R = 10 cm ;
- Nombre total de spires : N = 500 ;
- Longueur de la bobine : l = 1,00 m..

1. Calculer l'inductance de la bobine sachant qu'elle est fonction des caractéristiques du solénoïde : $L = \mu_0 N^2 \frac{S}{l}$. On prendra : $\pi^2 = 10$ et $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I.
2. L'intensité du courant qui circule dans la bobine est caractérisée successivement par les valeurs suivantes exprimées en ampère : $i_1 = 2$; $i_2 = 5t + 2$; $i_3 = 2\sqrt{2}\sin(100\pi t)$
Calculer la force électromotrice d'auto-induction produite dans la bobine dans chacun des trois cas.
3. Un courant d'intensité i(t) traverse la bobine (représentation de la figure ci-après).
Tracer la représentation graphique de la tension U_{MN} aux bornes de la bobine sachant que le sens positif sur le conducteur va de M vers N et que la résistance de la bobine est négligeable.



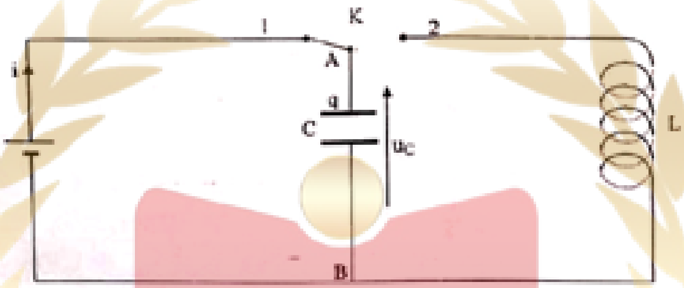
Chapitre 11 — OSCILLATION ÉLECTRIQUE LIBRE

I. Définition d'un oscillateur électrique

Soit un condensateur chargé de charge q et de capacité C. Relions les bornes de ce condensateur à celles d'une bobine purement inductive d'inductance L. Le circuit obtenu est un oscillateur électrique libre ou un circuit L, C.

Charge et décharge d'un condensateur dans un circuit LC.

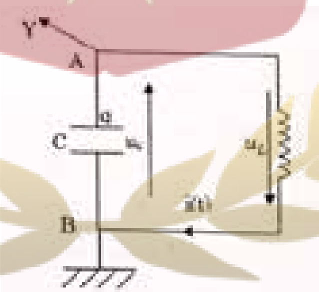
1. Montage expérimental de la charge d'un condensateur par un générateur de tension continue.



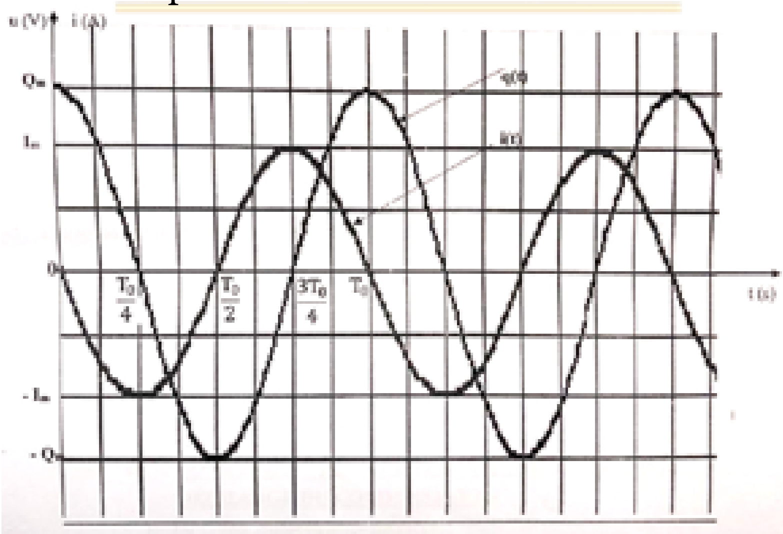
Le conmmulateur K est en position 1, le condensateur se charge. Selon la polarité du générateur, la charge de l'armature A est q = $Q_m > 0$ à la fin de la charge.

2. Etude de la charge et de la décharge du condensateur

2.1) Visualisation à l'oscilloscope



Le commutateur K est en position 2, le circuit oscillant est ainsi constitué.



2.2) Interprétation de la charge et de la décharge

- La charge du condensateur a lieu lorsque sa charge q varie de 0 à $\pm Q_m$
- La décharge se produit lorsque sa charge q varie de $\pm Q_m$ à 0.
- La charge ou la décharge du condensateur s'effectue en un **quart de période** $\left(\frac{T_0}{4}\right)$, ainsi, sur une période T_0, il y a deux quarts de périodes de décharges et deux quarts de périodes de charge du condensateur.

Dans notre exemple sur une période T0 :

- Les deux intervalles de décharge du condensateur dans la bobine sont : de 0 à $\frac{T_0}{4}$, la charge q varie de Q_m à 0, puis de $\frac{T_0}{2}$ à $\frac{3T_0}{4}$, la charge q varie de $-Q_m$ à 0
- Les deux intervalles de charge du condensateur par la bobine sont : $\frac{T_0}{4}$ à $\frac{T_0}{2}$, la charge q varie de $-Q_m$ à 0 ; puis de $\frac{3T_0}{4}$ à T_0, la charge q varie de 0 à Q_m et le cycle recommence.

Remarque :

Durant la demi-période de 0 à $\frac{T_0}{2}$, le courant circule du point A au point B. Le courant i est négatif car la charge q de l'armature A reçoit des électrons (charge négative) donc q diminue, sa variation par rapport au temps $i = \frac{dq}{dt}$ est négative.

De $\frac{T_0}{2}$ à T, le courant i circule de B vers A. La charge q perd des électrons, q augmente par rapport au temps, $i = \frac{dq}{dt}$ est positif.

II. Equation différentielle de charge et décharge du condensateur

1- Equation différentielle du circuit

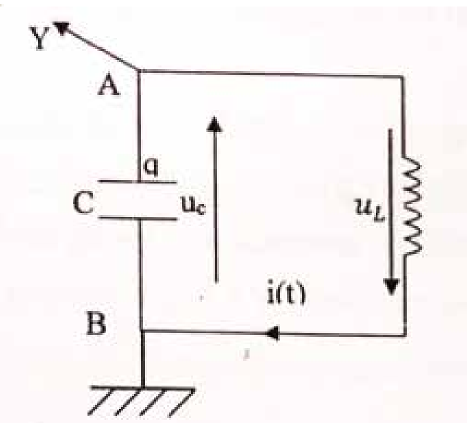
Aux bornes du condensateur : $u_C = \frac{q}{c}$

Aux bornes de la bobine : $u_L = L.\frac{di}{dt}$

$u_C = u_{AB}$ et $u_L = u_{BA}$

or $u_{AB} + u_{BA} = 0$ donc $u_L + u_C = 0$

Soit $L\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0 \implies \ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$



2- Solution de l'équation différentielle

2.1- Vérification de la solution de l'équation différentielle

Montrons que $q(t) = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$, q est appelée la charge à l'instant t est une solution de l'équation différentielle :

$q(t) = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$

$\dot{q}(t) = i(t) = -\omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$
$q(t) = -\omega_0^2 Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$
donc $\ddot{q}(t) = -\omega_0^2 . q$ d'où $\ddot{q}(t) + \omega_0^2 . q = 0$
$q(t) = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est solution si et seulement si $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

2.2- Caractéristiques de la solution

- Q_m est l'amplitude de charge ou charge maximale, en coulomn (C)
- φ est la phase à l'origine des dates, t = 0 en radian (rad)

Q_m et φ sont des constantes qui dépendent des conditions initiales

- $\omega_0 t + \varphi$ est la phase à l'instant t.
- pulsation propre : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (rad/s)
- période propre : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ (s)
- fréquence propre : $N_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz)

III- Energie emmagasinée dans le circuit LC

L'énergie total emmagasinée dans le circuit LC à chaque instant est donnée par l'expression : $E = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

avec $E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ énergie électrostatique du condensateur ;

$E_m = \frac{1}{2}Li^2$ énergie magnétique de la bobine.

on a : $q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ et $i = -Q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$

$\Longrightarrow E = \frac{1}{2}LQ_m^2\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}\frac{Q_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)}{C}$

Or $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Longrightarrow L\omega_0^2 = \frac{1}{C}$ d'où

$E = \frac{Q_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi)}{2C} + \frac{Q_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)}{2C}$

$= \frac{Q_m^2}{2C}[\sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi)]$

$\Rightarrow E = \frac{Q_m^2}{2C}$ c'est l'énergie initiale du condensateur chargé, elle est **constante**.

En utilisant $I_m = \omega_0 Q_m$, on obtient :

$E = \frac{1}{2}LI_m^2$ énergie maximale emmagasinée dans la bobine.

L'énergie totale d'un circuit oscillant se conserve. Il y a transformation mutuelle

d'énergie électrostatique en énergie électromagnétique.
Remarque : Si la résistance du circuit n'est pas nulle, l'énergie diminue progressivement à cause des pertes par effet joule dans la résistance.

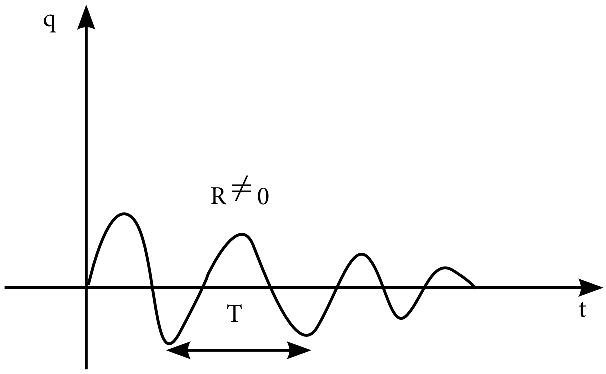
IV. Analogie oscillateur mécanique-oscillateur électrique.

Analogie	Oscillateur électrique	Oscillateur mécanique
Equation différentielle	$\ddot{q}+\frac{1}{LC}q=0$	$\ddot{x}+\frac{k}{m}x=0$
	Charge électrique q	Elongation x
	Intensité $i=\dot{q}$	Vitesse $v=x$
	Auto-inductance L	Masse m
	Inverse de la capacité du condensateur $\frac{1}{C}$	Raideur du ressor k
Pulsation propre	$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\omega_0=\sqrt{\frac{k}{m}}$
Période propre	$T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{LC}$	$T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
	Energie électrique du condensateur $Ee=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$	Energie potentielle élastique $E_P=\frac{1}{2}kx^2$
	Energie magnétique dans la bobine $E_m=\frac{1}{2}Li^2$	Energie cinétique $E_C=\frac{1}{2}mv^2$
Energie totale	$E=\frac{1}{2}Li^2+\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$	$E=\frac{1}{2}kx^2+\frac{1}{2}mv^2$

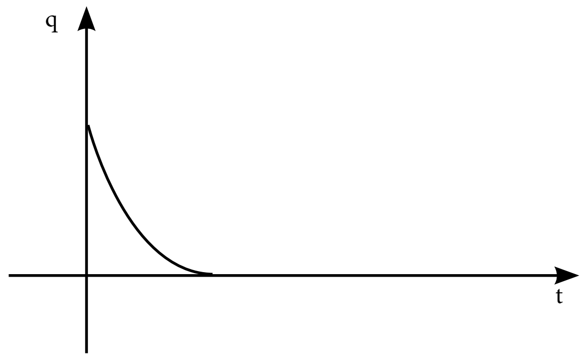
V- Entretien des oscillations

1- Cas d'un circuit avec bobine résistive

Dans la pratique, la bobine présente une faible résistance : il y a donc perte d'énergie par effet joule. Dans ce cas on observe des oscillations amorties ou à un régime apériodique quand la résistance R augmente.



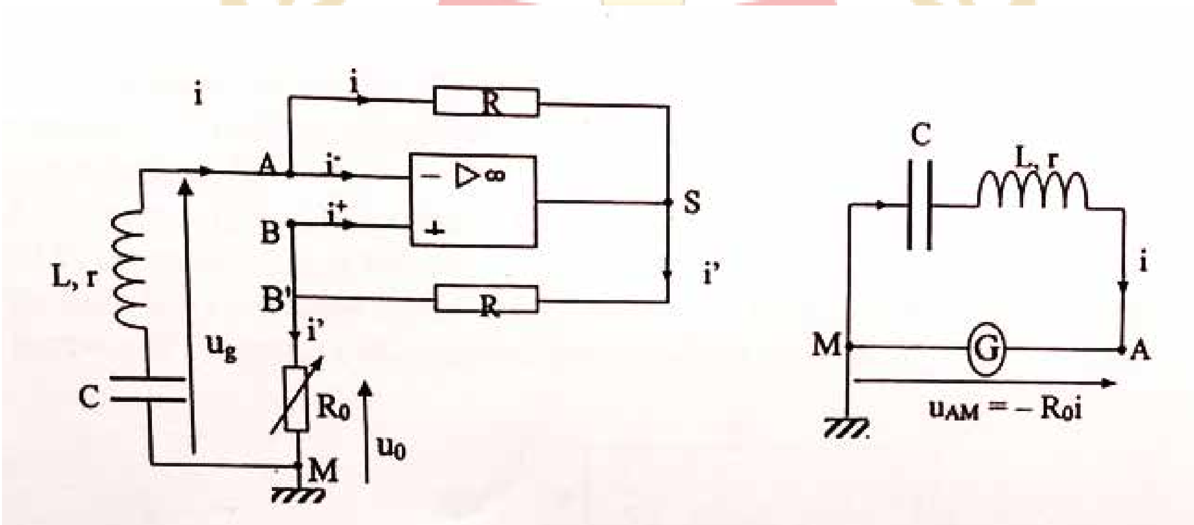
* Oscillations amorties
* Régime pseudo-périodique (pseudo-période T)



* Pas d'oscillations
* Régime apériodique

2- Entretien des oscillations

Pour entretenir les oscillations il faut placer un générateur auxiliaire qui compense l'énergie perdue par effet joule (ri^2). L'utilisation d'un amplificateur opérationnel selon le dispositif ci-après permet de réaliser cette opération.



L'équation différentielle s'écrit : $\dfrac{q}{C} + L\dfrac{di}{dt} + ri = R_0 i$

D'où $$\frac{q}{C} + L\frac{di}{dt} + (r - R_0)i = 0$$

On obtient un générateur équivalent à un conducteur ohmique à résistance négative $(-R_0)$ avec $R_0 = r$, r étant la résistance interne de la bobine.

Le système oscillant est entretenu : $\dfrac{q}{C} + L\dfrac{di}{dt} = 0$

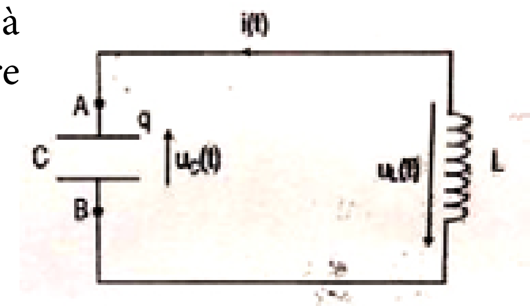
EXERCICE 1

Coche la case V si la proposition est vraie ou la case F si la proposition est fausse.

		V	F
1	Dans un circuit LC, si on multiplie par quatre (4) la valeur de L, la période des oscillation est multipliée par quatre.		
2	Le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie perdue par transfert thermique.		
3	Dans un circuit LC comportant une résistance, l'énergie initialement stockée dans le condensateur va être intégralement transmise à la bobine.		
4	Des oscillations électriques existent dans tout circuit RLC.		
5	L'énergie totale d'un oscillateur non amorti est constante.		
6	La pseudo période des oscillations peu amorties est pratiquement égale à la période propre T0 du circuit LC idéal.		
7	La résistance totale du circuit est responsable de l'amortissement des oscillations		
8	L'énergie totale d'un oscillateur amorti augmente à cause de l'effet joule.		

EXERCICE 2

Au cours d'une séance de TP, le professeur de Physique-Chimie propose à votre groupe d'étudier l'évolution des énergie emmagasinées dans le condensateur et dans la bobine au cours du temps. Cette étude se fait en deux étapes. Il s'agira d'abord d'établir l'équation horaire du circuit puis d'en faire l'étude énergétique.
Pour ce faire, il réalise l'expérience dont le montage comprend un condensateur de capacité C = 0,10 μF et une bobine d'induction, L = 1,0 H et de distance négligeable.
A la date t = 0, le condensateur, initialement chargé sous une tension U_0 = 12 V, est connecté à la bobine.
On note i(t) l'intensité algébrique du courant à l'instant t et q(t) la charge portée par l'armature du condensateur reliée au point A.



1- Etablissement de l'équation horaire

1.1- Calcule l'énergie emmagasinée dans le condensateur en fin de charge.

1.2- Etablir l'équation différentielle $\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{LC}q=0$ du circuit, où q est la charge portée par l'armature A.

1.3- Vérifie que la solution de cette équation différentielle est de la forme : $q(t)=Q_m\cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}+\varphi\right)$

1.4- Détermine Q_m et φ

1.5. Calcule la pulsation propre ω_0 et la période propre T0 du circuit.

2- Etude énergétique

2.1- Détermine les expressions en fonction du temps de :

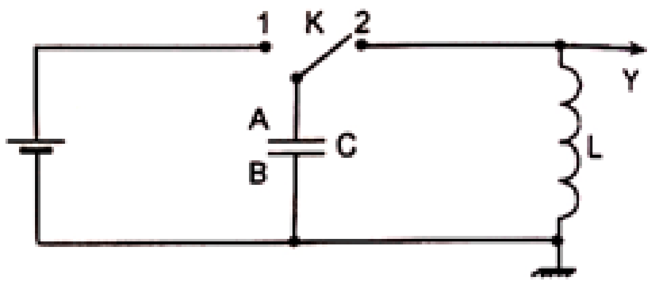
2.1.1- L'intensité i(t) du courant électrique;

2.1.2- L'énergie $E_C(t)$ emmagasinée dans le condensateur;

2.1.3- L'énergie $E_L(t)$ emmagasinée dans la bobine.

2.2- Montrer qu'a chaque instant l'énergie totale E est conservée.

EXERCICE 3



Un circuit est constitué par un condensateur de capacité C = 1,0 μF et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable. Le condensateur est chargé sous une tension $U_{AB}=U_1=3V$, l'interrupteur K étant en position 1. Il est ensuite relié à la bobine lorsque K est placé en position 2.

On étudie l'évolution, au cours du temps, de la tension instantanée $U_{AB}=U$ que l'on observe sur la voie Y de l'oscilloscope.

1. Etablis l'équation différentielle du circuit oscillant LC vérifiée par la charge q(t).

2. Propose une solution de l'équation différentielle et vérifie-la. En déduis l'expression de ω_0.

3. Déduis de l'oscillogramme représenté ci-contre,

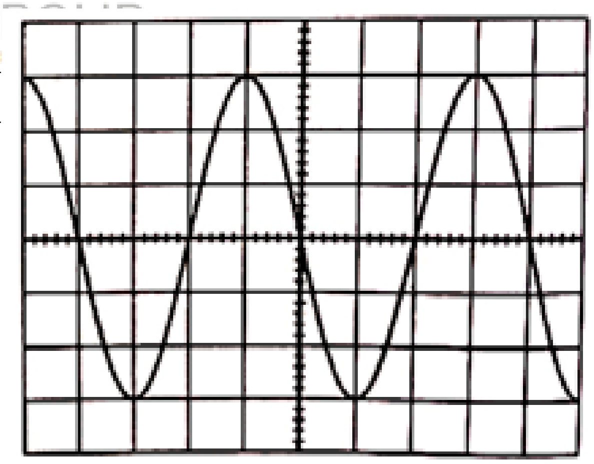
3.1- La période propre des oscillations;

3.2- La pulsation propre des oscillations;

3.3- La fréquence propre des oscillations;

3.4- La valeur de l'inductance L de la bobine;

3.5- La valeur Imax de l'intensité du circuit.



Sensibilité verticale : 1 V/div
Sensibilité horizontale : 0,5 ms/div

EXERCICE 4

On considère le circuit électrique fermé comprenant un condensateur AB de capacité C et une bobine d'inductance L = 40 mH et de résistance négligeable. La tension aux bornes du condensateur a pour expression $U_{AB} = 2\cos(5000t)$ [U_{AB} en V, t en s].

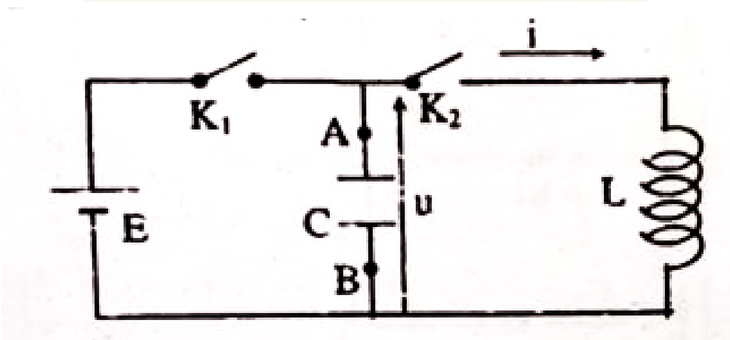
1. Donne l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur et de la pulsation propre.
2. Calcule la capacité C du condensateur.
3. Etablis successivement les expressions de la charge q(t) portée par l'armature A du condensateur et de l'intensité i(t) du courant circulant dans le circuit. Indique le sens positif de i sur un schéma électrique.
4. Démontre que l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit est constante.
Calcule sa valeur numérique.
5. En déduis la valeur de la tension U_{AB} au moment où l'intensité du courant vaut i = 8 mA.
6. Dis ce que deviennent ces oscillations, si la résistance de la bobine n'est pas négligeable ?

EXERCICE 5

Kossi et Moussa réalisent le montage dont la figure est ci-dessous (voir support). Ensuite, ils font les deux opérations suivantes :

- 1ère opération : l'interrupteur K_2 étant ouvert, ils ferment K_1 puis après quelques secondes, l'ouvrent de nouveau.
- 2ème opération : A l'instant t = 0s, ils ferment l'interrupteur K_2. Ils veulent établir l'équation différentielle du circuit de K2.

On donne : E = 15 V ; C = 0,4 μF ; L = 80 mH

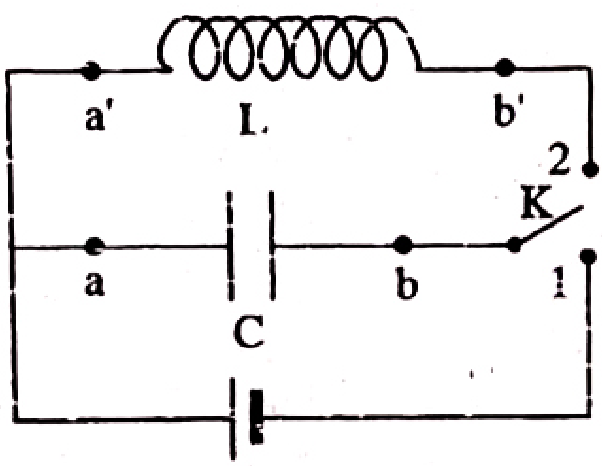


On note :
- i l'intensité algébrique du courant dans la bobine (voir figure);
- q la charge de l'armature supérieur du condensateur.

1. Lors de la 1ère opération, calculer la valeur de la charge q_0 portée par l'armature « supérieur » du condensateur.
Calculer, dans ces conditions, l'énergie électrostatique ε_E et l'énergie magnétique ε_M emmagasinées, respectivement, dans le condensateur et dans la bobine.
2. Après la 2ème opération :
- Ecrire la relation existant entre i et $\frac{dq}{dt}$;
- En exprimant de deux façons différentes la tension u aux bornes de la bobine, établir l'équation différentielle du circuit : $\frac{d^2u}{dt} + \frac{1}{LC}u = 0$
3. Vérifie que la solution de cette équation différentielle est de la forme : $u = U_{\max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$. Calculer numériquement Umax et φ sachant qu'à l'instant initiale l'intensité i est nulle.
4. Déterminer la valeur numérique de la période propre T_0 du circuit et calculer, à l'instant $\frac{T_0}{4}$:
- la charge q de l'armature supérieur ;
- l'intensité i dans la bobine ;
- l'énergie électrostatique ε'_E et l'énergie magnétique ε'_M présentes dans le circuit.
5. Répondre aux mêmes questions qu'en 4), mais en considérant l'instant $\frac{T_0}{2}$.

EXERCICE 6

Le montage, représenté ci-dessous et réalisé par Oved et Roger, comporte un solénoïde de longueur ℓ = 50 cm, N = 200 spires et de diamètre D = 5 cm, un condensateur de capacité C = 0,5 μF et une source de tension électrique continue de valeur U_0 = 10 V. Les deux élèves chargent le condensateur en plaçant l'interrupteur dans la position 2.
Ils veulent montrer que l'énergie emmagasinée dans le circuit est globalement constant.
- On supposera le champ magnétique uniforme à l'intérieur du solénoïde (avant son branchement dans le circuit).
- On rappelle que la perméabilité de l'air est voisine de celle du vide : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H/m.
- Schéma du montage.



- On suppose que le circuit étudié ici a une résistance négligeable.

1. Etablir l'expression de l'auto-inductance L de ce solénoïde puis calculer la valeur numérique de L.

2. a) Donner l'expression de l'intensité instantanée i du courant qui circule dans le solénoïde à partir de l'instant $t_0 = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en position 2. Sur le schéma, on précisera les conventions d'orientation qui permettent de définir les valeurs algébriques du courant et des tensions.

b) Déterminer la valeur de la pulsation propre de l'oscillateur électrique ainsi réalisé.

3. Montrer que l'énergie emmagasinée dans le circuit constitué par le condensateur et le solénoïde est globalement constante.

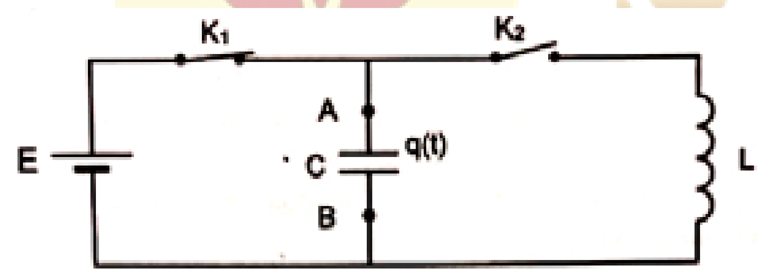
Dire si ceci est possible dans la réalité. Justifie la réponse.

EXERCICE 7

(Certaines questions de cet exercice seront traitées sur la feuille annexe à rendre avec la copie).

On étudie la charge et la décharge d'un condensateur non polarisé.

Figure 1



1. Charge du condensateur

L'interrupteur K1 est fermé et K2 est ouvert (figure). On charge le condensateur de capacité C = 1,5 μF grâce à une pile de f.é.m. E = 12 V. Détermine en fin de charge :

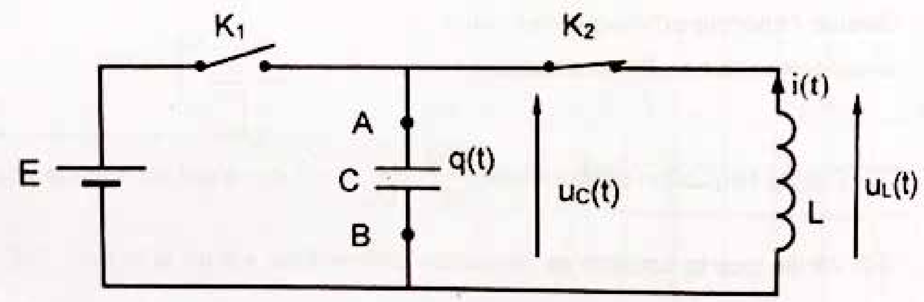
1.1- La tension U_0 aux bornes du condensateur;

1.2- L'énergie E_0 emmagasinée par le condensateur.

2. Décharge du condensateur

Ce condensateur peut se décharger dans une bobine d'inductance L = 0,55H et de résistance négligeable. Pour cela, on ouvre K_1 puis à la date i = 0, on ferme K_2 (figure 2).

Figure 2



2.1-

2.1.1- Exprime la tension Uc(t) aux bornes du condensateur. On notera que $q_A(t) = q(t)$.

2.1.2- Exprime la tension $U_L(t)$ aux bornes de la bobine.

2.1.3- Déduis des expressions précédents l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension Uc(t) au cours du temps.

2.2. La tension aux bornes du condensateur peut s'écrire sous la forme $U_C = Um \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$ où U_m et T_0 sont des constantes.

Montre que l'intensité du courant dans le circuit peut s'écrire sous la forme $i(t) = -\operatorname{Im} \sin\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$ avec $\operatorname{Im} = Um\sqrt{\frac{C}{L}}$

2.3- Variation de la tension Uc(t) aux bornes du condensateur et de l'intensité i(t) du courant dans le circuit.

2.3.1- Complète le tableau figurant sur la feuille annexe.

2.3.2- Représente sur un même graphique (feuille annexe), les variations de $U_C(t)$ et i(t) pour $t \in [0, T_0]$. Les axes des ordonnées sont confondus.

2.2.3- Indique sur le condensateur de la feuille annexe, le sens du courant et le signe des porteurs de charges portées par les armatures pour $\frac{T_0}{4} < t < \frac{T_0}{2}$ et $\frac{3T_0}{4} < t < T_0$.

2.4- Etude énergétique

2.4.1- Détermine à chaque instant les expressions des énergies EC(t) et EL(t) emmagasinées respectivement dans le condensateur et dans la bobine.

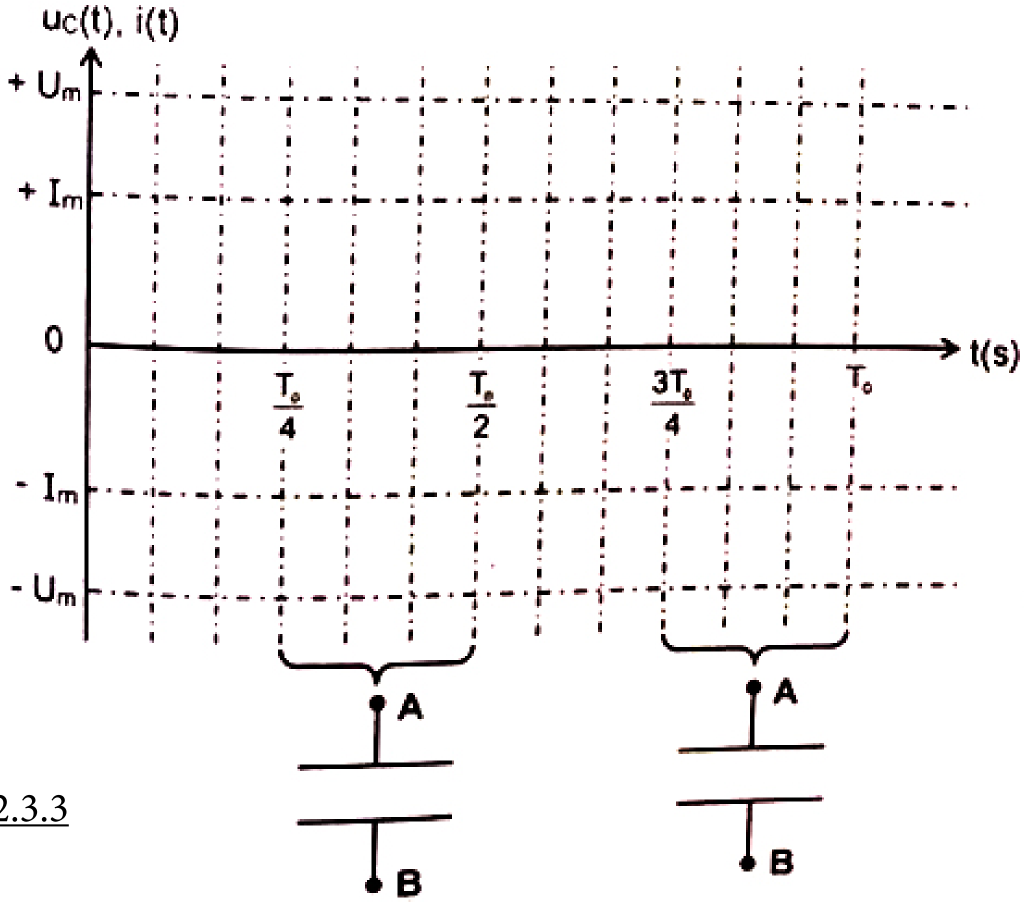
2.4.2- Montre qu'à chaque instant, l'énergie totale se conserve.

<u>FEUILLE ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE</u>

<u>Question 2.3.1</u>

t(s)	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	T_0
$U_C(t)$ (V)					
i(t) (A)					

Question2.3.2



Question 2.3.3

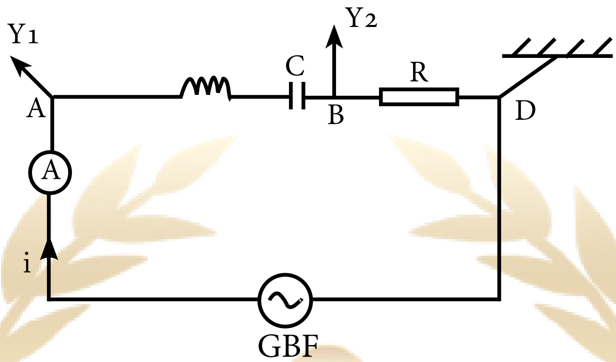
Chapitre

12

CIRCUIT RLC EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCE

I- Montage expérimental

Branchons en série un conducteur ohmique de résistance R, un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance L.



1) Observation

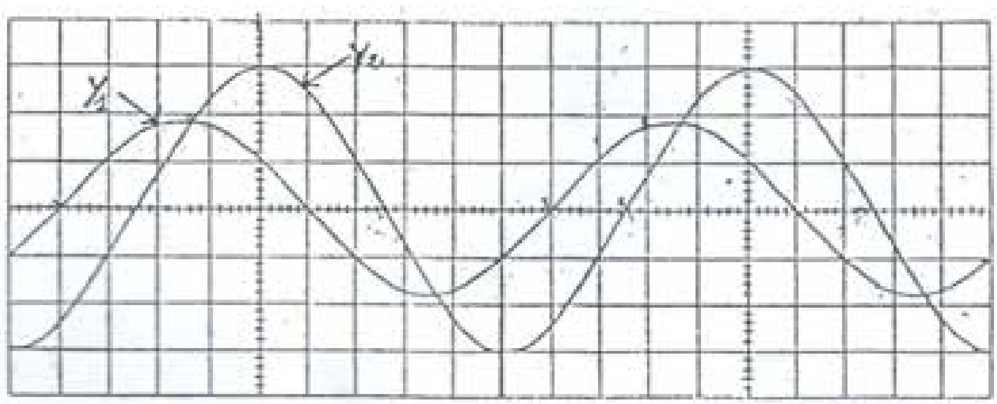
- Sur la voie Y_1(U) de l'oscillogramme, on observe la tension U_{AD}. U_{AD} est la tension aux bornes du circuit RLC qui est également la tension aux bornes du générateur «GBF».
- Sur la voie Y_2 (i) de l'oscillogramme, on observe la tension U_{BD}. U_{BD} est la tension aux bornes de la résistance c'est-à-dire aux bornes du conducteur ohmique. Sur la voie Y_2, on observe également la variation de l'intensité du courant électrique car U_{BD} est proportionnelle à l'intensité i du courant c'est-à-dire

$U_{BD} = U_R = Ri$

2) Etude de l'oscillogramme

L'oscillogramme est un appareil qui permet de visualiser les variations de la tension et de l'intensité au cour du temps.

Observons les variations de la tension et de l'intensité du courant de l'expérience précédente, sur l'oscillogramme ci-dessous.



- Sur la voie Y_1 on observe la tension aux bornes du circuit RLC.
- Sur la voie Y_2 on observe la tension aux bornes de la résistance R et de l'intensité du courant.

3) Conclusion

Quelle que soit la fréquence du GBF, on observe deux sinusoïdes de même période T, donc de même fréquence. On affirme simplement que la tension «U» et l'intensité «i» ont les mêmes périodes et les mêmes fréquences.

<u>Convention d'écriture de la tension et du courant en régime sinusoïdal</u>

a) En prenant le courant i comme origine des phases, les tensions et l'intensité instantanées s'écrivent :

$U = U_m \cos(\omega t + \phi)$ et $i = T_m \cos(\omega t)$

b) En prenant la tension U comme origine des phases, la tension et l'intensité instantanées s'écrivent :

$U = U_m \cos(\omega t)$ et $i = I_m \cos(\omega t - \phi)$

Dans les deux cas, ϕ est appelé différence de phase (ou déphasage) entre la tension U et l'intensité i et exprime le décalage entre les deux sinusoïdes.

<u>Remarque</u>

- Si $\phi > 0$: alors la tension U est en avance sur l'intensité
- Si $\phi < 0$: alors la tension U est en retard sur l'intensité
- Si $\phi = 0$: alors la tension U et i sont en phase.

NB : Nous pouvons connaître le signe de ϕ à partir d'un oscillogramme.

<u>Méthode</u>

- La courbe qui atteint son sommet maximal la première ou qui coupe l'axe des temps la première est celle qui est en avance.
- Si la courbe de la tension U et de l'intensité i atteignent leurs sommets maximal au même moment ou coupent l'axe des temps au même moment, alors la tension U et l'intensité i son en phase. Dans se cas $\phi = 0$.

<u>Exemple :</u>

Revenons à l'expérience de la figure 2.

Sur l'oscillogramme de la figure 2, la courbe de la tension U atteint son sommet maximal avant celle de l'intensité i. Donc la tension U est en avance par rapport à l'intensité i donc $\phi > 0$.

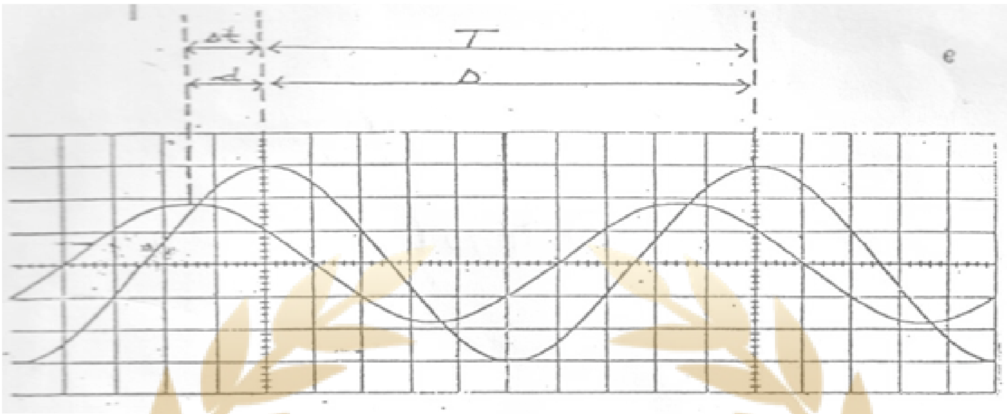
4) Détermination de ϕ à l'aide des oscillogrammes

Pour une fréquence N quelconque du GBF, les deux sinusoïdes sont décalées l'une par rapport à l'autre.

La tension U et l'intensité i ne sont pas en phase.

$$\boxed{|\phi| = 2\pi\frac{\Delta t}{T} = 2\pi\frac{d}{D}}$$

Δt : C'est la durée qui sépare les deux sommets voisin.
T : C'est la période du circuit (RLC).
d : c'est le nombre de division entre les deux sommets maximal (voisin).
D : C'est le nombre de division de la période T.



II- Tension et intensité

1) Tension efficace

La tension efficace aux bornes d'un dipôle est :

(V) (V)

$$\boxed{U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}} \qquad \boxed{U_m = U.\sqrt{2}}$$

U : La tension efficace (V)
U_m : La tension maximale (V)

2) Intensité efficace

L'intensité efficace aux bornes d'un dipôle est :

(A) (A)

$$\boxed{I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}} \qquad \boxed{I_m = I.\sqrt{2}}$$

I : L'intensité efficace (A)
I_m : L'intensité maximale (A)

III- Impédance d'un dipôle

1) L'impédance d'un dipôle

L'impédance d'un dipôle est définie par le rapport :

(V) (V)

$$\boxed{Z = \frac{U}{I} = \frac{U_m}{I_m}} \qquad \boxed{U = Z.I} \qquad \boxed{U_m = Z.I_m}$$

(Ω) (A) (A)

2) Impédance d'un dipôle RLC

$$\boxed{Z = \sqrt{R_t^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

Z = Impédance du circuit (RLC) en ohm (Ω)
Rt : Résistance total du circuit
L : Impédance de la bobine (H)
ω_0 : Pulsation propre (rad/s)
C : Capacité en tarade (F)

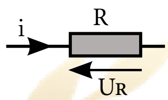
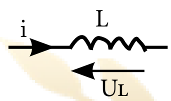
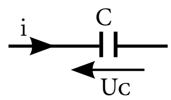
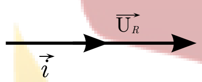
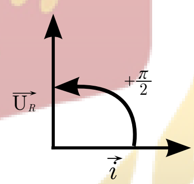
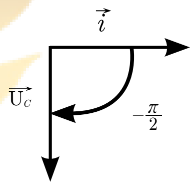
3) Différence de phase entre u et i

$$\boxed{\tan\phi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R_t}} \qquad \boxed{\tan\phi = \frac{U_L - U_C}{U_R}} \qquad \boxed{\cos\phi = \frac{R_t}{Z}}$$

IV- Présentation d'un diagramme de Fresnel dans un circuit RLC.

C'est une représentation vectorielle des grandeurs sinusoïdes.

1) Tableau récapitulatif

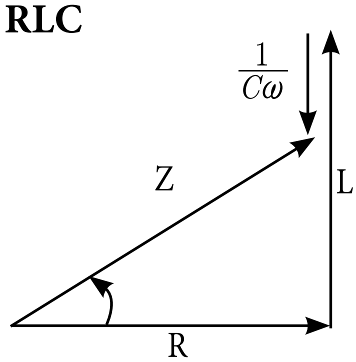
	Résistance R	Bobine L	Capacité C
Schéma			
Loi d'ohm	$U_R = Ri$	$U_L = L\frac{di}{dt}$	$i = C\frac{dU_C}{dt}$
Impédance Z (Ω)	$Z_r = R$	$Z_L = L\omega$	$Z_C = \frac{1}{C\omega^2}$
Relation entre les valeurs efficaces	$U_R = Z_R I = RI$	$UL = ZLI = L\omega I$	$U_C = Z_C I = \frac{1}{C\omega} I$
Différence de phase ϕ (rad)	$\phi_R = 0$	$\phi_L = +\frac{\pi}{2}$	$\phi_C = -\frac{\pi}{2}$
Représentation de Fresnel			

2) Construction d diagramme de Fresnel dans U circuit RLC

Dans ce cas nous avons 3 cas de figure.

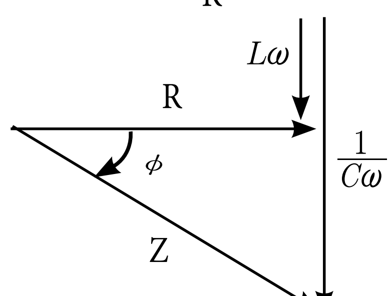
1er cas Circuit inductif

- $L\omega > \frac{1}{C\omega}$
- Le circuit est inductif
- La tension U est en avance par rapport à l'intensité i.
- $\phi > 0$



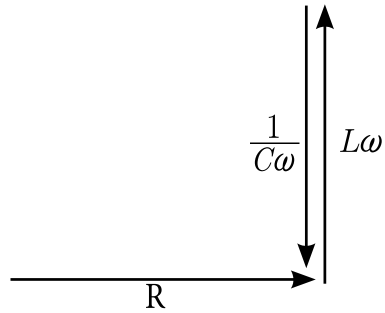
2eme cas Circuit capacitif

- $L\omega < \frac{1}{C\omega}$
- Le circuit est capacitif
- La tension U est en retard par rapport à l'intensité i



- $\phi < 0$

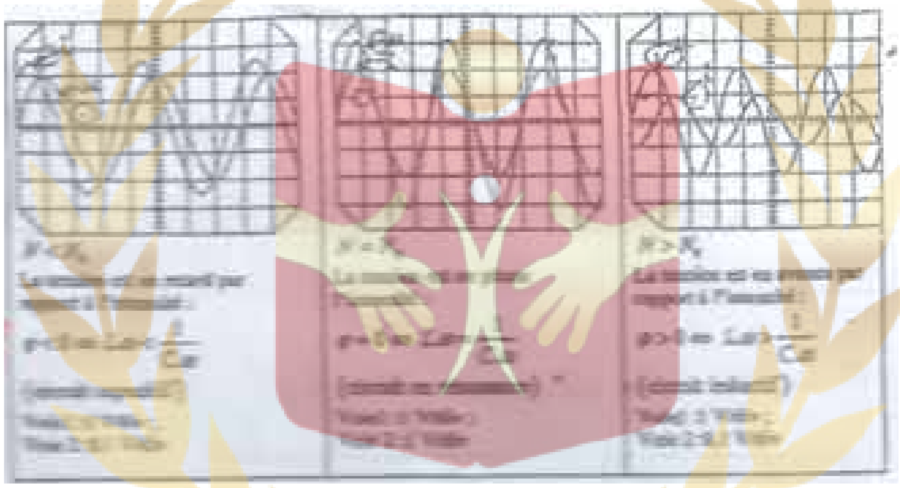
3e cas Circuit en résonance d'intensité



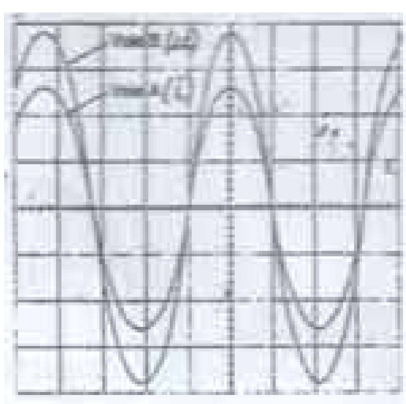
- $L\omega = \dfrac{1}{C\omega}$
- Le circuit est en résonance d'intensité
- La tension U et l'intensité i sont en phase
- $\phi = 0$

V-Résonance d'intensité

Lorsqu'on fait varier la fréquence N du générateur tout en maintenant constante l'amplitude U_m de la tension délivrée par le générateur, on observe 3 type d'oscillogramme.



Expérience



En faisant varier la fréquence de la tension U dans le montage de la figure . Nous constatons que, pour une certaines valeur de cette fréquence, l'intensité efficace du courant est maximale.

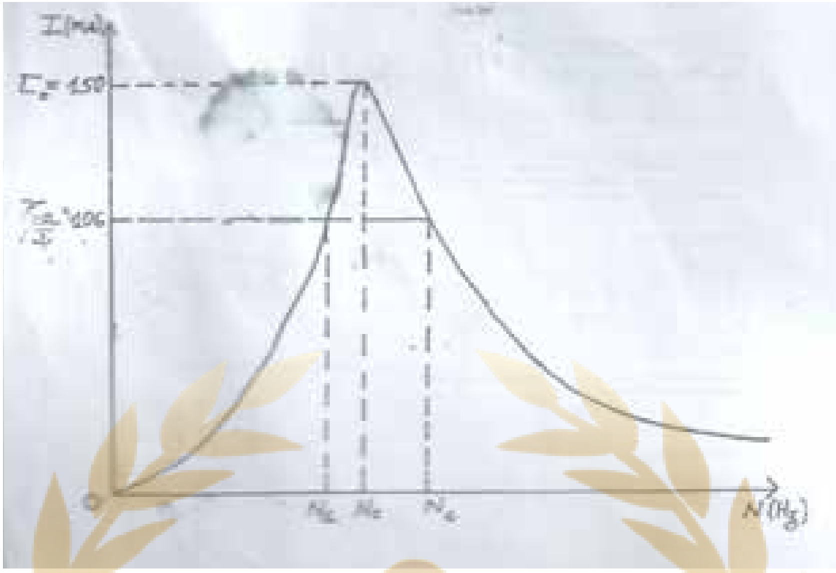
On dit que le phénomène observé est la résonance d'intensité. La tension U et l'intensité i sont en phase. Nous observons ce phénomène sur l'oscillogramme ci-contre.

1) Courbe de la résonance d'intensité

On fait varier la fréquence N du GBF tout en maintenant la tension efficace U constante à ses bornes. L'ampèremètre mesure efficace du courant qui parcourt le circuit pour chaque valeur de N.

Tableau de mesures

N(Hz)	0	100	160	180	185	200	202	206	210	220	260
I(mA)	0	16	50	90	107	150	107	100	80	50	30



A partir de la courbe nous avons:
- L'intensité efficace qui est I_0 = 150 mA
- La fréquence propre qui est N_0 = 200 Hz

2) Bande passante à 3dB (décibels)

C'est l'intervalle de fréquence pour lequel l'intensité efficace I est supérieur ou égale à $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

Soit N_1 et N_2 les deux fréquences limites de la bande passante : $I(N_1) = I(N_2) = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

(Hz) $\boxed{\Delta N = N_2 - N_2}$
Méthode graphique

$\boxed{\Delta N = \frac{R_t}{2\pi L}}$
Méthode Théorique

3) Facteur de qualité

Par définition, le facteur de qualité est le rapport $\boxed{Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{L\omega_0}{R_t} = \frac{1}{R_t C\omega_0}}$

Q est sans unité.

4) Tension à la résonance

A la résonance on a : $U_C = \frac{1}{C\omega_0} \times I_0$ et $U_L = L\omega_0 \times I_0$ or $L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$

donc $\boxed{U_C = U_L = QU}$

5) Calcul de la tension efficace et de l'intensité efficace à la résonance d'intensité.

$U = ZI_0$ or à la résonance R = Rt donc $\boxed{U = RtT_0}$ $\boxed{I_0 = \frac{U}{R_t}}$

6) Les caractéristiques de la résonance d'intensité

A la résonance d'intensité :
- La tension U et l'intensité i sont en phase
- L'intensité efficace est maximale
- $L\omega = \frac{1}{C\omega}$
- $\phi = 0$
- R = Rt
- I_0 = Im

Remarque :
- A la résonance d'intensité, l'intensité efficace est maximale
- A la résonance d'intensité l'impédance est minimale

VI- Puissance en régime sinusoïdal

Puissance moyenne

- Pour un conducteur ohmique

$P_R = U_R I \cos\phi_R$ or $\phi_R = 0$ alors $\boxed{P_R = U_R I = RI^2}$

- Pour une bobine parfaite

$P_L = U_L I \cos\phi_L$ or $\phi_L = \frac{\pi}{2}$ alors $\boxed{P_L = 0}$

Une bobine parfaite ne consomme pas de puissance électrique.

- Pour un condensateur parfait

$P_C = U_C I \cos\phi_P$ or $\phi_C = -\frac{\pi}{2}$ donc $\boxed{P_C = 0}$

Un condensateur parfait ne consomme pas de puissance electrique.

- Pour un circuit RLC

$P_{RLC} = U_{RLC}\, I \cos\phi_{RLC}$ avec $\cos\phi_{RLC} = \frac{Rt}{Z_{RLC}}$ ou $\tan\phi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R_t}$

Remarque :

La puissance moyenne dissipée par un dipôle RLC est unique par effet joule puisque le condensateur et la bobine ne consomme pas de puissance, par conséquent $\boxed{P_{RLC} = U_{RLC}\, I \cos\phi_{RLC} = RI^2}$

NB : Dans un circuit RLC :
- Les impédances se s'additionnent pas c'est-à-dire $Z \neq Z_R + Z_L + Z_C$
- Les tensions efficaces ne s'additionnent pas c'est-à-dire $U_{RLC} \neq U_R + U_L + U_C$

Rappel

1) La période propre T_0

La période c'est le temps mit pour faire un tour

$\boxed{T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}}$

s

rad/s

2) La fréquence propre N_0

C'est le nombre de tour par seconde ou l'inverse de la période.

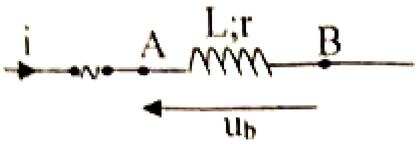
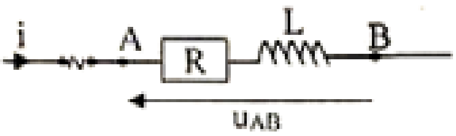
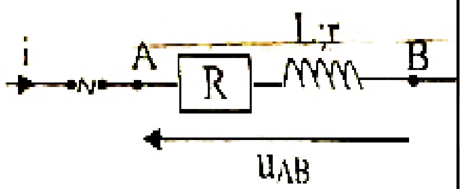
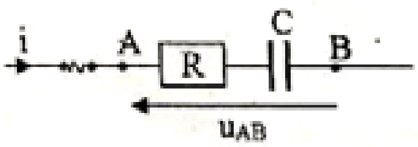
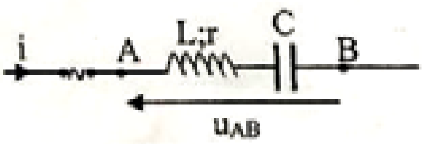
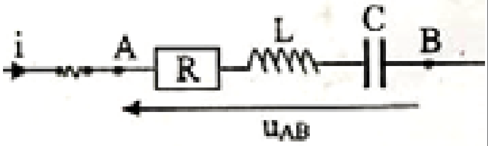
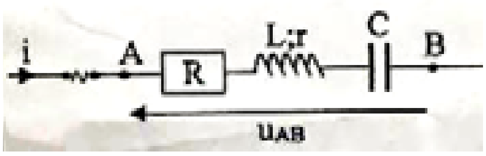
s $\rightarrow$ $$\boxed{N_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

3) La pulsation propre ω_0

rad/s $\rightarrow$ $$\boxed{\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = = 2\pi N_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$

EXERCICE 1

Complète le tableau suivant :

Dipôles associés entre A et B	ZAB (Impédance)	$\tan\varphi_A$ (phase)	Diagramme de Fresnel
			
			
			
			
			
			
			

EXERCICE 2

Partie A

Ecris V pour vrai et F pour faux dans la case correspondant à chacune des propositions suivantes:

1	L'intensité du courant dans un circuit alimenté par une tension alternative sinusoïdale a la plus petite valeur efficace à la résonance.	
2	Il ya surtension aux bornes de la bobine et du condensateur à la résonance.	
3	Le facteur de qualité est une grandeur qui a pour expression $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$	
4	La résonance est aussi caractérisée par la relation $LC\omega_0^2 = 1$	
5	La bande passante d'un circuit RLC caractérise la courbe de résonance.	
6	La phase $\varphi_{u/i}$ à la résonance est toujours supérieure à zéro.	
7	La valeur de la résistance du circuit RLC influence le phénomène de résonance.	
8	La résonance est floue, lorsque le facteur de qualité est grand.	
9	Connaissant les valeurs de la résistance, de l'inductance et de la qualité dans un circuit RLC série, on détermine le facteur de qualité Q.	
10	L'impédance du circuit RLC est connu à la résonance.	

Partie B

Relie par un trait, chaque grandeur physique de l'ensemble A à ses expressions dans l'ensemble B.

A

- Facteur de qualité •
- Largeur de la bande •

B

- • $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
- • $\frac{R+r}{2\pi L}$
- • $\frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$
- • $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$
- • $\frac{f_0}{\Delta f}$
- • $\frac{f_0}{Q}$
- • $\frac{\omega_0}{\Delta\omega}$

EXERCICE 3

Partie A

1- Quelles sont les unités S.I. de fréquence et de pulsation ?

2- Quelle est l'unité d'impédance ?

3- Quelles grandeurs physiques mesurent un voltmètre et un ampèremètre lorsque leur commutateur est branché sur la position $\sim$ ou AC ?

4- A une fréquence donnée, comment mesure-t-on l'impédance d'un dipôle avec un voltmètre et un ampèremètre ?

5- Quelles sont les caractéristiques d'une tension sinusoïdale que l'on peut mesurer avec un oscillographe ?

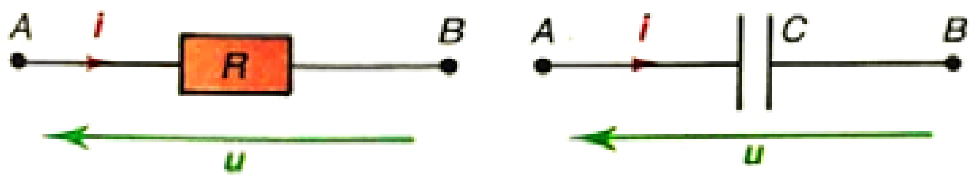
Partie B

Pour chacun des huit dipôles représentés sur la figure, où $i = Im\cos\omega t$, $u = Um\cos(\omega t + \varphi)$ et où φ est la phase de la tension aux bornes du dipôle par rapport à l'intensité, donner :

a) le diagramme de Fresnel correspondent ;

b) la valeur de l'impédance Z_{AB} ;

c) les valeurs de tan φ et cos φ.



EXERCICE 4

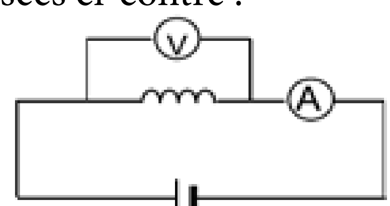
Dans un circuit électronique, on souhaite insérer un circuit résonant de fréquence propre fo. Pour le réaliser, on dispose d'une bobine (de résistance r et d'inductance L) et de deux condensateurs ; l'un de capacité C1 = 1 µF, l'autre de capacité inconnue C2.

Etude de la bobine

Pour déterminer r et L, on réalise les expériences schématisées ci-contre :

1.1. Expérience 1.

L'ampèremètre indique I=0,15A. Le voltmètre indique U=6 V

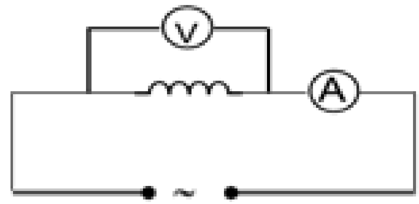


Expérience 1

a. Quelle est la nature du courant dans ce circuit ?

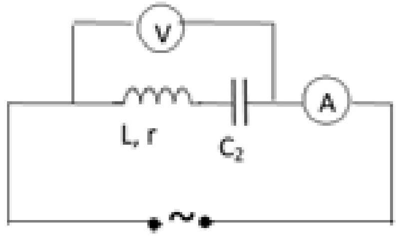
b. Reproduire le schéma, représenter la tension U et

indiquer le sens du courant d'intensité I.
c. Quelle caractéristique de la bobine cette expérience permet-elle de déterminer ? Calculer sa valeur.



Expérience 2

1.2. Expérience 2.
L'ampèremètre indique I = 0,015 A. Le voltmètre indique U=6V. Le générateur GBF délivre une tension de fréquence f1 = 1000 Hz.



1.2.1. Quelle est la nature du courant dans le circuit ?
1.2.2. Quelle caractéristique de la bobine cette expérience permet-elle de déterminer ? Calculer sa valeur.

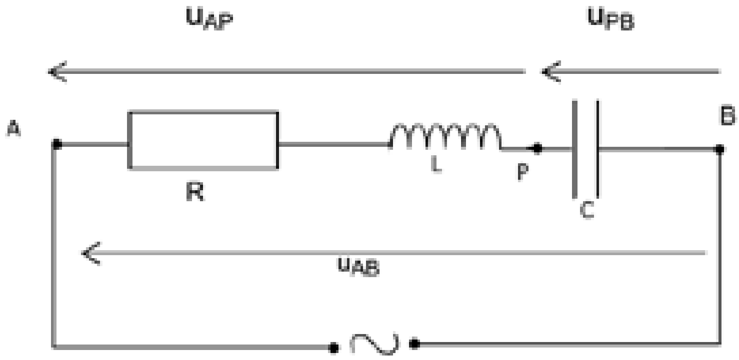
2. Etude du condensateur de capacité inconnue
Pour déterminer la valeur de la capacité C2, on réalise le circuit suivant (Voir expérience 3) : L'ampèremètre indique I = 0,012 A. Le voltmètre indique U = 6 V.
La fréquence de la tension vaut f2 = 100 Hz.
2.1 Ecrire sans démonstration la relation donnant l'impédance Z en fonction de U et I. Calculer sa valeur.
2.2 Ecrire sans démonstration la relation donnant l'impédance Z en fonction de r, L, C2 et ω.
2.3 Calculer la valeur de C2.

Etude du circuit résonant
On utilise les composants précédents pour réaliser le circuit résonant. Sa fréquence propre doit être fo =317 Hz.
3.1 Quelle relation y a-t-il entre fo et les caractéristiques des composants ?

3.2 L'inductance de la bobine étant fixée et égale à L=63 mH, calculer la valeur de la capacité nécessaire à la réalisation du circuit.
3.3 Peut-on obtenir cette valeur avec les condensateurs fournis, sachant que C1 = 1µF et C2 = 3µF ? Si oui, comment doivent-ils être associés ?

EXERCICE 5

Un circuit électrique alimenté par une source de tension sinusoïdale de valeur efficace U, de pulsation ω, comprend en série une bobine de résistance R et d'inductance L et un condensateur de capacité C.



On donne U = 100V R = 10 Ω ; ω = 314 radians / seconde

L = 0,3H C = 20μF

L'intensité instantanée du courant qui parcourt le circuit et la tension d'alimentation à ses bornes peuvent s'écrire respectivement :

$i(t) = I\sqrt{2}\,\sin\omega t$ et $U_{AB}(t) = U\sqrt{2}\,\sin(\omega t + \varphi)$.

1. Donner sans démonstration les expressions en fonction de R, L, ω, C et U.

1.1 l'impédance Z du circuit ;

1.2 la valeur efficace I de l'intensité du courant qui parcourt le circuit ;

1.3 la phase φ de la tension par rapport à l'intensité du courant.

2. Calculer Z, I, φ (en radian).

3. Donner l'allure du diagramme de FRESNEL relatif au circuit (sans respect d'échelles). Le circuit est-il capacitif ou inductif ?

4. U_{PB} et U_{AP} sont les valeurs instantanées des tensions qui apparaissent respectivement aux bornes du condensateur et de la bobine.

4.1 calculer les valeurs efficaces UPB et UAP correspondant respectivement à U_{PB} et U_{AP}.

4.2 écrire les expressions de U_{PB} et U_{AP} en fonction du temps.

EXERCICE 6

Un solénoïde de résistance r = 10 Ω a une inductance L = 25.10^{-3} H. On l'alimente à l'aide d'un générateur fournissant une tension sinusoïdale de fréquence N = 50 Hz et de valeur efficace 6V.

1.

1.1 Calculer l'intensité efficace traversant la bobine.

1.2 Calculer la différence de phase entre la tension u et l'intensité i du courant dans ce circuit.

1.3 La tension u est-elle en avance ou en retard sur i ?

2. On réalise un dipôle AB en montant en série la bobine précédente avec un condensateur de capacité C = 1,5 μF. Ce dipôle est alimenté par un générateur fournissant une tension sinusoïdale de fréquence variable mais de valeur efficace

constante et égale 1,5V.
On écrira $U_{AB} = 1,5\sqrt{2}\ \cos \omega t$.
2.1 Donner l'expression de l'impédance du dipôle et celle de la différence de phase entre U_{AB} et l'intensité i du courant traversant le dipôle.
2.2 Faire une application numérique dans le cas où la fréquence vaut N'= 1000Hz. Préciser le signe de la différence de phase entre U_{AB} et i.
Donner l'expression de i(t).
2.3 Pour quelle valeur de la fréquence obtient-on la résonance ?
2.4 Calculer la valeur de l'intensité à la résonance.
2.5 En déduire la valeur maximale de la tension présente aux bornes du condensateur.

EXERCICE 7

Un circuit comprend, associé en série, un résistors de résistance R = 40Ω, une bobine d'inductance L= 0,13H et de résistance négligeable et un condensateur de capacité C inconnu. Le circuit est alimenté par un générateur délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\cos(\omega\ t + \varphi)$ de fréquence variable et de valeur efficace constante U = 1V.
1. On fait varier la fréquence du générateur et on constate que l'intensité du courant est maximale pour une fréquence N_0= 600Hz.
1.1 Quel phénomène est ainsi mis en évidence ?
1.2 Quelle est l'impédance totale du circuit dans ce cas ?
1.3 Calculer la valeur efficace I_0 de l'intensité du courant qui traverse le circuit dans ce cas.
1.4 Déterminer la capacité C du condensateur.
2. On fixe maintenant la fréquence à la valeur N_1 = 630Hz. En admettant que C = 0,53µF.
2.1 Calculer dans ce cas :
2.1.1 l'impédance totale Z du circuit ;
2.1.2 l'intensité efficace I du courant qui traverse le circuit ;
2.1.3 les valeurs efficaces des tensions UR, UL, UC aux bornes du résistor, de la bobine et du condensateur.
2.2
2.2.1 Calculer φ, la phase de la tension instantanée aux bornes du circuit par rapport au courant instantané.
2.2.2 Ecrire l'expression de l'intensité du courant i(t).
3. On veut observer la tension instantanée et l'intensité instantanée à l'aide d'un oscilloscope. Faire un schéma du circuit électrique. Faire apparaître sur ce schéma

les branchements de l'oscilloscope qui permettent de visualiser sur la voie A, la tension aux bornes du circuit et, sur la voie B, une tension proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse le circuit.

EXERCICE 8

Un générateur de tension alternative sinusoïdale maintient entre ses bornes une tension $U_{QM} = U\sqrt{2}\,\sin \omega t$.
On place en série aux bornes de ce générateur un transistor MN de résistance R=15 Ω et une bobine d'inductance L et de résistance r.

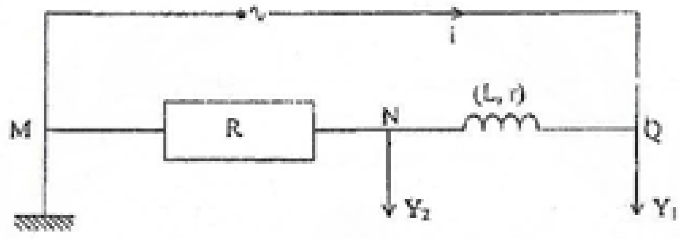


Figure 1

On observe sur l'écran d'un oscilloscope les courbes représentant les tensions U_{NM} et U_{QN} en fonction du temps.

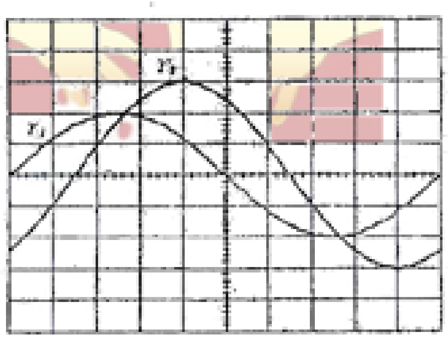


Figure 2

La sensibilité choisie pour visualiser U_{QM} est 3v.cm^{-1}, celle pour visualiser U_{NM} est 1 v.cm^{-1}.
La base de temps est sur la graduation 2ms.cm^{-1}.
1. Déterminer à partir de la figure 2 :
1.1. La fréquence N de la tension délivrée par le générateur.
1.2. La valeur de la phase de la tension par rapport à l'intensité du courant.
1.3. La tension efficace aux bornes du résistor de résistance R.
1.4. La tension efficace aux bornes du générateur.
2. Déterminer :
2.1. L'intensité du courant électrique.
2.2. L'impédance totale Z_T du circuit.
2.3. La résistance interne r et l'inductance L de la bobine.

EXERCICE 9

Lors d'une séance de travaux pratiques de physique, chaque groupe d'élèves dispose de :

-un conducteur ohmique de résistance R= 4Ω

-un condensateur de capacité C= 8µF

-une bobine d'inductance variable L et de résistance négligeable.

-un générateur basses fréquences (GBF).

-un oscilloscope bicourbe.

-et des fils de connexion.

Le professeur fait réaliser le montage de la figure 1.

L'expérience consiste à faire varier l'inductance L de la bobine et à déterminer sa valeur. Pour deux valeurs différentes de l'inductance, on obtient les oscillogrammes suivants (figure2).

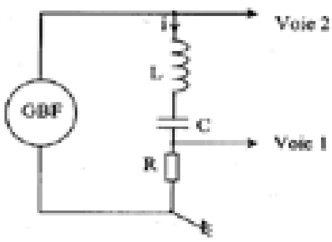


Figure 1

Echelle des temps : 1div correspondant à 1ms.

Echelle des tensions : Voie1 : 1div correspond à 0,1V.

Voie 2 : 1 div. correspond à 0,25V.

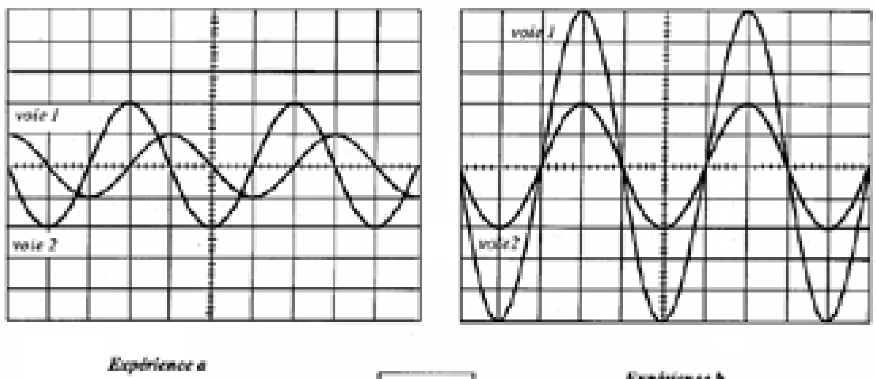


Figure 2

1. Quelles sont les tensions visualisées sur les voies 1 et 2 ?

2. Déterminer à l'aide des oscillogrammes :

2.1 La période du signal obtenu.

2.2 La pulsation ωde la tension variable produite par le GBF.

3.

3.1 A l'aide de l'oscillogramme de l'expérience (a), déterminer les amplitudes :

-de la tension u1 aux bornes du conducteur ohmique.

-de la tension u aux bornes du dipôle R, L, C.

3.2 calculer l'amplitude de l'intensité i dans le circuit R, L, C.

3.3 En déduire l'impédance Z du dipôle RLC et la valeur de l'inductance L dans l'expérience (a).

4.

4.1 Quel est le phénomène physique observé dans l'expérience (b). Justifier votre réponse.
4.2 Calculer la valeur de l'inductance dans l'expérience (b).

EXERCICE 10

On veut étudier un circuit R, L, C série soumis à une tension alternative sinusoïdale u(t) de fréquence N et de valeur efficace U.
On dispose pour cela :
- d'un résistor de résistance R
- d'une bobine d'inductance L et de résistance r
- d'un condensateur de capacité C
- d'un générateur basses fréquences (GBF) délivrant la tension alternative sinusoïdale u(t)
- de fils de connexions.

1. Faire un schéma du circuit R, L, C série.
2. On veut visualiser avec un oscilloscope bicourbe les variations de la tension u(t) aux bornes du circuit R, L, C (voie 2) et celles de l'intensité i(t) qui traverse le circuit. (Voie 1)
Indiquer sur le schéma de la question 1) le branchement de l'oscilloscope.
3. On donne R = 40 Ω, L = 50 mH, r = 10 Ω (résistance de la bobine) et C = 10µF. La tension u(t) a pour valeur efficace 10 V et pour fréquence N = 100 Hz.
3.1 Donner l'expression de l'impédance Z du circuit en fonction de r, R, L, ω et C.
3.2
3.2.1 Montrer que l'impédance Z peut s'écrire

$$Z = \sqrt{(R+r)^2 + \left(2\pi NL - \frac{1}{2\pi NC}\right)^2}.$$

3.2.2 Calculer Z. On prendra pour cela 2πN.L = 31,41 Ω ; $\frac{1}{2\pi NC}$ = 159,15 Ω

3.3 Déterminer la valeur efficace I de l'intensité du courant dans le circuit.
3.4 Déterminer la phase de la tension u(t) par rapport à l'intensité i(t). Le circuit est-il inductif ou capacitif ?
3.5 Représenter qualitativement la construction de Fresnel associé à ce circuit.
4.
4.1 Déterminer la valeur qu'il faudrait donner à la capacité du condensateur pour que l'on puisse observer le phénomène de résonance d'intensité, les autres dipôles du circuit restant inchangés, la fréquence de la tension u(t) aussi.

4.2 Déterminer la valeur de l'intensité efficace qui traverserait alors le circuit.

EXERCICE 11

Au cours d'une séance de TP, les élèves de Terminale scientifique doivent faire l'étude d'un dipôle RLC série. Le laboratoire du lycée dispose d'un conducteur ohmique de résistance R, d'une bobine d'inductance L et de résistance r et d'un condensateur de capacité C. Pour déterminer les caractéristiques de ces dipôles, ils réalisent une série d'expériences.

1. Une tension constante U = 5V est appliquée aux bornes du conducteur ohmique et l'intensité du courant mesurée vaut I1 = 125mA.

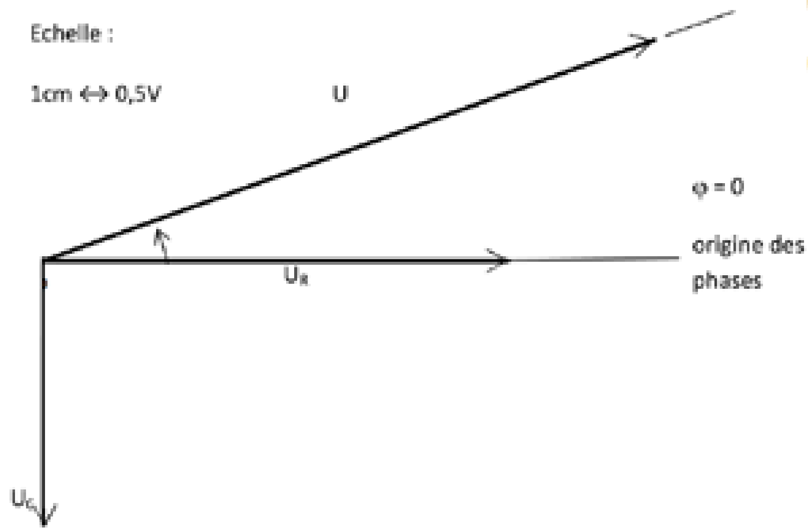
La même tension est ensuite appliquée aux bornes de l'ensemble {conducteur ohmique + bobine}. L'intensité du courant vaut I2 = 100mA.

Calculer les valeurs de R et r.

2. Un générateur de tension sinusoïdale et de fréquence N variable est maintenant branché aux bornes de l'ensemble {conducteur ohmique + bobine + condensateur} en série. La tension efficace est maintenue constante et égale à U = 5V.

Pour la suite, on prendra R= 40Ω et r = 10Ω (valeurs fournies par le professeur).

La valeur de la fréquence étant fixée à N = 50Hz, les mesures des tensions U, UR et UC ont permis de faire la représentation de Fresnel (voir ci-dessus).



2.1 Déduire de la figure les valeurs des tensions UR et UC.

2.2 Reproduire la figure et la compléter par la construction de Fresnel de la tension UB aux bornes de la bobine.

2.3 En déduire la valeur de UB.

2.4 Déterminer la phase φuB/i de la tension UB par rapport à l'intensité i.

2.5 Calculer la valeur efficace I de l'intensité du courant puis les valeurs de L et C.

3. Calculer la valeur de la fréquence pour que l'impédance soit égale à la résistance

totale du circuit. Comment appelle-t-on cet état ?

EXERCICE 12

Un circuit électrique comporte en série un générateur basse fréquence (GBF), un résistor de résistance R, un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance L et de résistance interne r. On donne L = 0,1 H.

1. On se propose de mesurer les tensions efficaces U et U_R respectivement aux bornes du dipôle (RLC) et aux bornes du résistor ainsi que l'intensité I du courant dans le circuit. Faire le schéma du montage avec les différents branchements.

2. Le montage étant fait, on règle le GBF sur la fréquence N = 159 Hz.
Les mesures effectuées donnent les résultats suivants:
U = 4,5V ; U_R = 3,5V et I = 0,1 A.

2.1. Déterminer :

2.1.1. La résistance R du résistor.

2.1.2. L'impédance Z du circuit.

2.2. Sans changer le montage, on se propose de visualiser, à l'aide d'un oscilloscope bicourbe, la tension u(t) aux bornes du circuit RLC sur la voie Y_1 et le courant i(t) dans le circuit sur la voie Y_2.

2.2.1. Refaire le schéma du montage en indiquant le branchement de l'oscilloscope.

2.2.2. L'oscillogramme obtenu montre que u(t) et i(t) sont en phase,

a) Donner le nom du phénomène observé.

b) Déterminer la résistance r de la bobine et la capacité C du condensateur.

3. La tension U est toujours fixée à 4,5 V et on impose cette fois la fréquence N_1 = 100 Hz au circuit. Pour la suite de l'exercice, on prendra R = 35 Ω et r = 10 Ω.

3.1. Déterminer :

3.1.1. L'impédance Z_1 du circuit.

On donne : $2\pi L N_1 = 63\Omega$ et $\dfrac{1}{2\pi C N_1} = 159\Omega$

3.1.2. L'intensité I_1 du courant dans le circuit.

3.2. Faire la construction de FRESNEL en utilisant les impédances.
Echelle: 1cm $\leftrightarrow$ 10Ω

3.3. Déterminer:

3.3.1. La phase $\varphi_{U/i}$ de la tension u(t) par rapport à l'intensité i(t).

3.3.2. Le circuit est-il inductif ou capacitif?
Justifier la réponse.

EXERCICE 13

Des élèves d'une classe de terminale scientifique désirent déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine. Pour ce faire, ils appliquent aux bornes de la bobine une tension alternative sinusoïdale
$u = 12\sqrt{2}\cos(100\pi.t + 0,92)$, délivre par un générateur basses fréquences (GBF). Un ampèremètre branché dans un circuit électrique indique la valeur efficace I = 1,2 A de l'intensité du courant électrique.

1. Donner les valeurs de:

1.1. la tension efficace U du GBF;

1.2. la pulsation ω du GBF;

1.3. La phase $\varphi_{U/I}$ de la tension par rappot à l'intensité i du courant électrique.

2. Calculer l'impédance Z du dipôle.

3.

3:1. Rappeler les expressions de $\cos\varphi$ (facteur de puissance) et de $\tan\varphi$.

3.2. Déterminer les valeurs de:

3.2.1. la résistance r de la bobine;

3.2.2. l'inductance L_{exp} de la bobine,

(On prendra φ = 52,7).

4. Ils veulent obtenir le phénomène de la résonance d'intensité du courant électrique en insérant dans le circuit électrique un condensateur de capacité C afin de déterminer la valeur du facteur de qualité Q du circuit rLC ainsi constitué.

4.1. Déterminer la valeur de la capacité C du condensateur.

4.2. Pour la suite de l'exercice, on prendra C = 400 µF ; r = 6,0 Ω.

4.2.1. Déterminer la valeur maximale I_0 de l'intensité efficace dans le circuit.

4.2.2. En déduire la valeur efficace U_C de la tension aux bornes du condensateur.

4.2.3. Calculer le facteur de qualité Q.

5. Le groupe d'élève désire de vérifier par calcul la valeur de l'inductance L de la bobine.

Sur la bobine de longueur ℓ = 40 cm et de section s = $3,18.10^{-2}$ m^2, ils lisent N = 500 spires.

5.1. Donner l'expression de l'inductance L de la bobine en fonction de N, μ_0, ℓ et s.

5.2. Calculer la valeur de l'inductance L_{th} de la bobine.

5.3. Comparer les deux valeurs de L.

Donnée: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\ SI.$

EXERCICE 14

Dans le laboratoire de Physique-Chimie, un groupe d'élèves de terminale D découvre une bobine, à section circulaire ayant les caractéristiques suivantes:

- Rayon R = 2cm;
- Nombre total de spires N = 500 spires;
- Résistance de la bobine r = 10 Ω
- Longueur de la bobine ℓ = 40 cm;
- Inductance L inconnue.
- On prendra $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ SI et π^2 = 10.

Le groupe désire vérifier la valeur de la résistance interne de la bobine et déterminer
son inductance L.

A- Etude théorique

Une bobine peut être considérée comme un solénoïde si t> 10 R.

1. Justifier que cette bobine est un solénoïde.

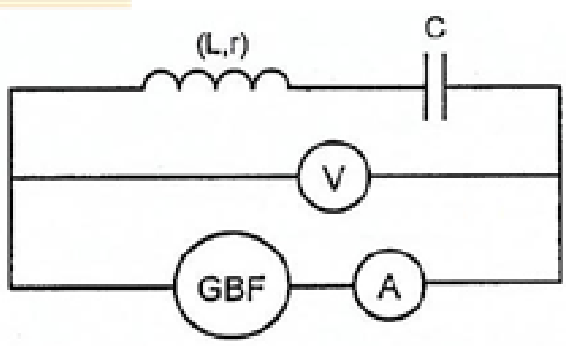
2. Ce solénoïde est traversé par un courant électrique d'intensité constante I = 5 A.

2.1. Donner l'expression de l'intensité du champ magnétique créé au centre du solénoïde en fonction de μ_0, N, ℓ et I. Calculer sa valeur B.

2.2. Sachant que l'inductance théorique de la bobine est $L_{th} = 4\pi^2\ 10^{-7} \dfrac{N^2 R^2}{\ell}$, calculer la valeur de L_{th}.

B- Etude expérimentale

Afin de confirmer la valeur de la résistance interne r de ce solénoïde, le chef du groupe
le monte en série avec un condensateur de capacité C = 100 µF.
Le circuit rLC ainsi constitué est alimenté par un générateur de basses fréquences.
(Voir schéma ci-contre).



Pour une fréquence f = 500 Hz, le circuit rLC entre en résonance d'intensité. Les appareils de mesures indiquent alors: I_0 = 0,2 A et U_0 =2 V.

1- Citer deux caractéristiques du circuit à la résonance d'intensité.

2- Déterminer les valeurs de r et L_{exp}.

3- Conclure.

EXERCICE 15

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, un groupe d'élèves d'un établissement de la place décide de vérifier expérimentalement les valeurs de l'inductance L et de la résistance r d'une bobine, de deux façons différentes.

1. Première expérience

• Montage 1

Le groupe alimente d'abord la bobine à l'aide d'un générateur délivrant une tension continue.

Le circuit est constitué du générateur de tension continue, de la bobine, d'un ampèremètre et
d'un voltmètre. Le voltmètre mesure la tension U_1 = 12 V aux bornes du générateur.

L'ampèremètre indique une intensité I_1 = 0,24 A dans le circuit.

• Montage 2

La bobine est ensuite alimentée par un générateur de basses fréquences (GBF) délivrant une tension alternative sinusoïdale de fréquence f = 200Hz, de valeur efficace U_2 = 5 V, mesurée par un voltmètre. L'ampèremètre mesure une intensité efficace I_2 = 10 mA.

1.1. Faire les schémas des deux montages en y faisant figurer le voltmètre et l'ampèremètre.

1.2. Déterminer la valeur de r.

1.3. Déterminer l'impédance Z_b de la bobine.

1.4. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

2. Deuxième expérience.

Le groupe réalise un dipôle constitué par l'association en série de la bobine, d'un condensateur de capacité C = 1 µF, d'un générateur de basses fréquences (GBF) et d'un ampèremètre. Le groupe dispose aussi d'un voltmètre qu'il branche aux bornes du GBF. La valeur efficace U de la tension aux bornes du générateur est maintenue constante et égale à 5 V.

2.1. Faire le schéma du montage.

2.2. Donner l'expression littérale de l'impédance totale du circuit.

2.3. Pour une fréquence f = f_o = 252 Hz, la valeur de l'intensité efficace passe par une valeur
maximale I_0 = 0,1 A.

2.3.1. Nommer ce phénomène,

2.3.2. Déterminer l'impédance totale du circuit à la fréquence f_o.

2.3.3. Déterminer les valeurs de r et de L.

2.3.4. Comparer les valeurs de r et de L trouvées au cours des deux expériences.

2.3.5. Déterminer la valeur de la tension efficace Uc aux bornes du condensateur

dans ces conditions.
2.3.6. Comparer les valeurs efficaces de la tension d'alimentation U et de la tension UC.
Conclure.

EXERCICE 16

Un groupe d'élèves se propose de déterminer, au cours d'une séance de travaux pratiques, les valeurs de la résistance interne r et de l'inductance L d'une bobine.
Il réalise un montage qui comporte :
un générateur de basses fréquences (GBF) délivrant une tension alternative sinusoïdale $u = U\sqrt{2}\cos\omega t$.
un conducteur ohmique de résistance R = 20 **Ω** ;
un oscilloscope bicourbe ;
la bobine d'inductance L et de résistance r.
Ce montage est schématisé par la figure 1 et l'oscillogramme obtenu est représenté par la figure 2.

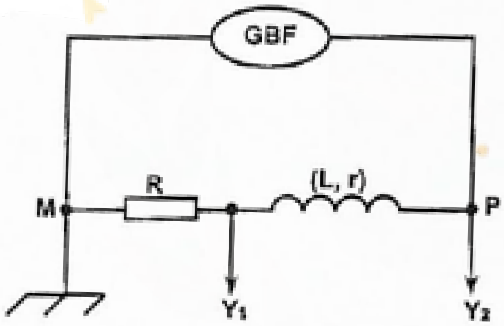


Figure 1

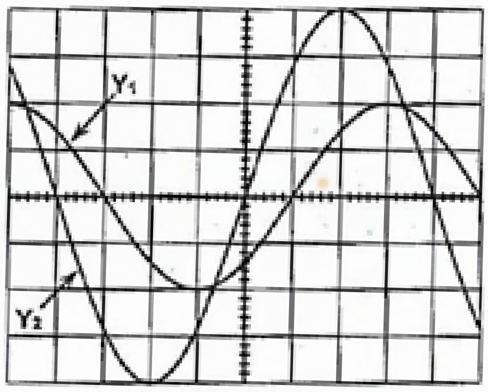


Figure 2

Sur les deux voies Y_1 et Y_2 de l'oscilloscope, le balayage horizontal a pour valeur S_h = 2,5 ms.div^{-1} et la sensibilité verticale est $\boldsymbol{S_v}$ = 1 V.div^{-1}.
1. Donner les noms des deux grandeurs physiques visualisées à l'écran de l'oscilloscope.
2. Préciser la grandeur physique qui est en avance sur l'autre. Justifier la réponse.
3. Déterminer à partir de l'oscillogramme obtenu (figure 2) :
3.1. La période T et la pulsation $\boldsymbol{\omega}$ de la tension délivrée par le GBF ;
3.2. La phase $\boldsymbol{\varphi_{u/i}}$ de la tension u délivrée par le générateur par rapport à l'intensité i du courant
3.3. Les valeurs efficaces U de la tension u et I de l'intensité i du courant électrique.
4. De tout ce qui précède :
4.1. Établir l'expression i = f (t) de l'intensité du courant qui traverse le circuit ;
Calculer l'impédance Z du dipôle (PM) ;

Déterminer la valeur de la résistance interne r et celle de l'inductance L de la bobine.
On prendra : $\cos\boldsymbol{\varphi}_{u/i} = 0{,}707$.
Dans la suite de l'exercice, on prendra : r = 8,3 **Ω**, L = 0,09 H et $u(t) = 4\cos(\boldsymbol{\omega} t)$ avec $\boldsymbol{\omega} = 100\pi\ rad.s^{-1}$, u(t) étant exprimée en volt (V).
Le groupe d'élèves insère dans le circuit, en série avec le conducteur ohmique et la bobine, un condensateur de capacité C telle que : $LC\boldsymbol{\omega}^2 = 1$.
Nommer le phénomène observé dans le circuit.
En déduire la nouvelle valeur de la phase de la tension par rapport à l'intensité.
Déterminer la valeur efficace de l'intensité du courant qui traverse le circuit.

EXERCICE 17

Lors d'une séance de Travaux Pratiques vous étudiez un circuit électrique comprenant : une bobine d'inductance L et de résistance interne *r*, un condensateur de capacité C, un générateur de basses fréquences (G.B.F), un voltmètre et un ampèremètre. Vous réalisez deux expériences.

Expérience 1

Vous associez en série, la bobine, le générateur et l'ampèremètre. Le voltmètre est branché aux bornes du G.B.F et indique une tension efficace U.
Données : U = 12 V ; $i(t) = 1{,}2\sqrt{2}\cos(100\pi t - 0{,}92)$ où *i*(*t*) est l'intensité du courant dans le circuit électrique.

Expérience 2

Vous insérez dans le circuit précédent le condensateur de capacité $C = 4.10^{-4}F$.
Il apparaît alors la résonance d'intensité.
La valeur efficace de la tension reste égale à 12 V.

1. Étude du circuit de l'expérience 1

1.1. Faire le schéma du circuit électrique de l'expérience 1.
1.2. Donner la pulsation ω du G.B.F ;
1.3. Déterminer :
1.3.1 la phase $\varphi_{u/i}$ de la tension $u(t)$ par rapport à l'intensité $i(t)$;
1.3.2 l'expression de la tension $u(t)$ aux bornes du G.B.F ;
1.3.3 l'impédance Z_B de la bobine ;
1.3.4 la résistance interne *r* de la bobine ;
1.3.5 l'inductance L de la bobine.

2. Étude du circuit de l'expérience 2

Pour la suite de l'exercice, on prendra : Résistance interne $r = 6\,\Omega$; inductance $L = 2{,}5.10^{-2}H$
2.1 Définir la résonance d'intensité.

2.2 Déterminer :
2.2.1. la valeur I_0 de l'intensité efficace à la résonance ;
2.2.2. la tension U_C aux bornes du condensateur ;
2.2.3. la tension U_B aux bornes de la bobine ;
2.2.4. Le facteur de qualité Q du circuit.

EXERCICE 18

Sous la conduite du professeur de Physique-Chimie, un groupe d'élèves de Terminale D réalise un circuit électrique série en vue d'établir les expressions de la tension électrique u(t) et de l'intensité i(t) du courant électrique. Pour ce faire, le professeur met à la disposition du groupe, une bobine d'inductance L, un conducteur ohmique de résistance R = 15 Ω, un condensateur de capacité C et un générateur de basses fréquences (G.B.F).

Après avoir fixé la fréquence du G.B.F à N= 500 Hz, le groupe réalise deux expériences qui donnent les résultats suivants :

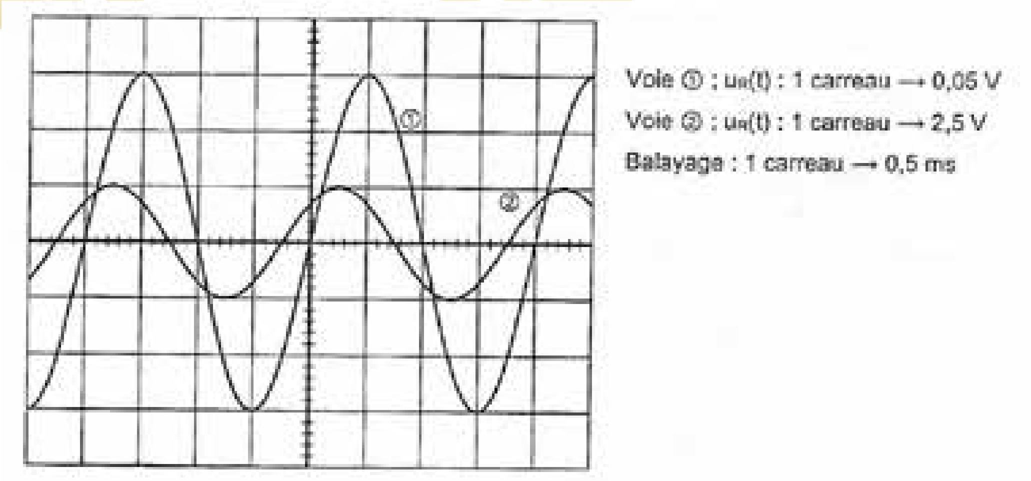
<u>Expérience 1</u>

Le groupe relève les valeurs efficaces de l'intensité I du courant électrique en faisant varier la tension électrique efficace U(voir tableau).

U(V)	1,5	2,50	3,75	5,00
I(mA)	6	10	15	20

<u>Expérience 2</u>

À l'aide d'un oscilloscope bicourbe, le groupe visualise les tensions électriques aux bornes du conducteur ohmique $U_R(t)$ et celle délivrée par le G.B.F u(t) (voir oscillogrammes).



1. Détermination de l'impédance Z

1.1.Exprime la tension électrique fficace U aux bornes du GBF en fonction de l'impédance Z du circuit et de l'intensité efficace I du courant électrique.

1.2. Trace sur papier millimétré la courbe U = f(I).

Echelle: 1cm ⟶ 2,5cm et 1 cm ⟶ 0,5V

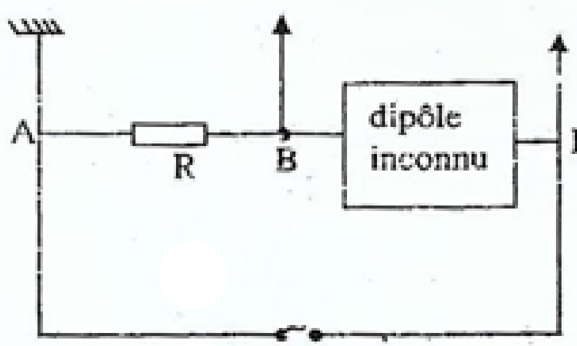
1.3. Détermine graphiquement la valeur de l'impédance Z du circuit.
2. Détermination de la phase $\varphi_{u/i}$ et de la période T
2.1. Fais le schéma du circuit RLC série en indiquant les tensions visualisées.
2.2.Détermine à partir de l'oscillogramme
2.2.1. La période T
2.2.2. La phase $\varphi_{u/i}$
3. Représente qualitativement le diagramme de Fresnel en impédance du circuit RLC.
4. À la date t = 0, u(t) = 0. Établis les expressions de :
4.1. L'intensité i(t) du courant dans le circuit;
4.2. La tension u(t) aux bornes du circuit.

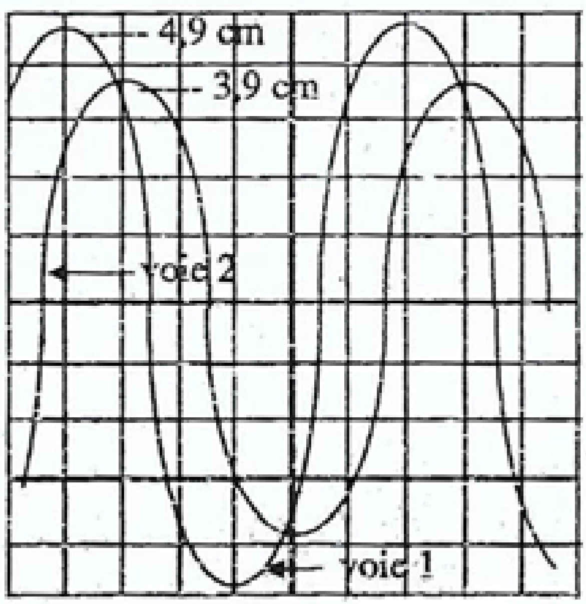
EXERCICE 19

Au cours d'une séance TP, le professeur de PC donne à ses deux élèves de terminal Kossi et Berakha, le matériel suivant: un résistor de résistance $R = 55\ \Omega$, un dipôle inconnu, un oscilloscope et un générateur de basse fréquence. Kossi et Berakha réalisent le montage dont le schéma est ci-dessous. Leur professeur leur demande de déterminer la nature et le Coefficient caractéristique du dipôle inconnu.

• Le dipôle inconnu peut être une bobine d'inductance L, ou un condensateur de capacité C.

• La différence de potentiel alternative sinusoïdale de valeur efficace U, de fréquence N est:
$U_{DA} = U_M \cos(2\pi N t)$.





• Ils observent sur l'écran de l'oscillographe bicourbe les courbes représentant $u_{BA} = f(t)$ sur la voie 1 ; $u_{DA} = g(t)$ sur la voie 2.

La sensibilité est de 2 volts par cm sur la voie 1 ; 5 volts par cm sur la voie 2
L'échelle des temps est de 0,2 ms par cm.

1.
a) Déterminer la fréquence du courant du circuit.
b) Calculer la tension efficace aux bornes du générateur.

2.
a) Calculer la tension efficace aux bornes du résistor.
b) En déduire l'intensité efficace du courant dans le circuit. Donner l'expression de sa valeur instantanée i(t).

3. En déduire la nature du dipôle inconnu et calculer son coefficient caractéristique.

EXERCICE 20

Après avoir réussi à son baccalauréat théorique, Emmanuel doit se soumettre à un test pratique qui comporte deux parties. D'abord, il doit réaliser le montage dont le schéma est représenté par la figure 1. Le circuit oscillant ainsi réalisé est constitué d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et d'un condensateur initialement chargé de capacité C = 10 μF. La représentation de la tension u en fonction du temps est donnée par la figure 2.
Ensuite, il lui est demandé d'associer en série au circuit précédent, un conducteur ohmique de résistance R = 20 Ω ; le tout alimenté par un générateur de base fréquence selon le schéma de la figure 3.
Il doit déterminer certaines caractéristiques de chacun des circuits.
Support : $\pi^2 = 10$
Figure 1 :

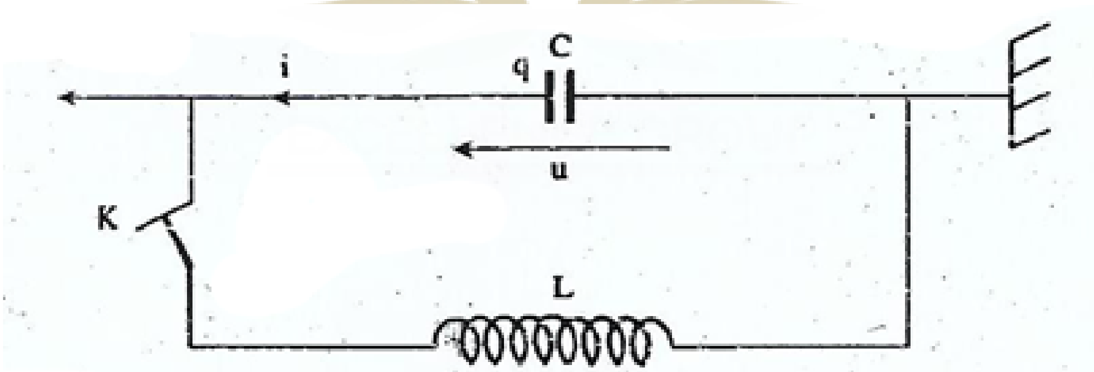
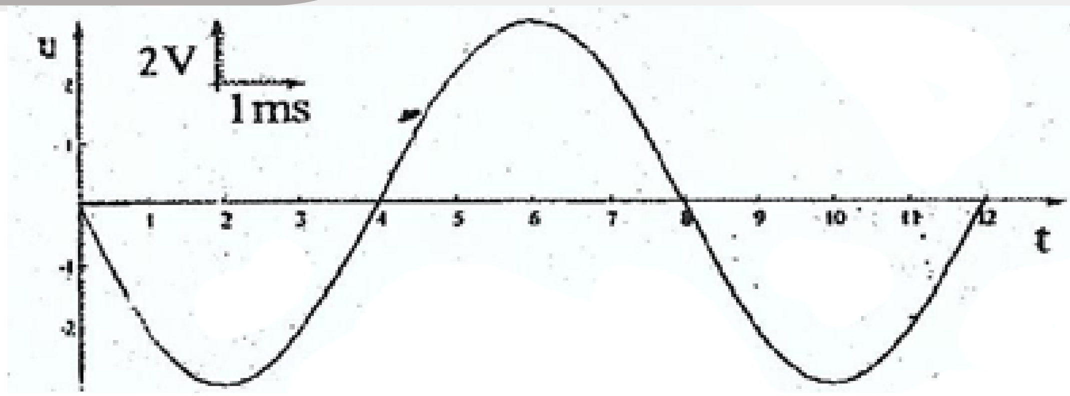
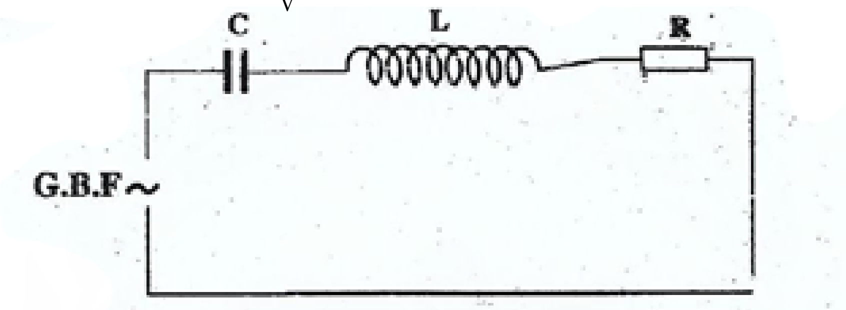


Figure 2 :



- Sensibilité horizontale :S_H = 1 ms/cm
- Sensibilité verticale : S_V = 2 V/cm

Figure 3 :



- La pulsation du générateur est réglée à la valeur ω = 100 rad.s^{-1}
- L'inductance de la bobine est de l'ordre de 0,16 H.

A/

1. Etablis l'équation différentielle à laquelle obéit la tension u aux bornes du condensateur (Figure 1)

2.

a) Déterminer à partir de la courbe, la période T des oscillations du circuit.

b) Déduis-en la valeur L de l'inductance de la bobine.

c) Calcul la tension maximale U_m.

3. En exploitant la courbe :

a) Donne l'expression de u en fonction du temps

b) Déduis-en celle de l'intensité du courant dans le circuit.

4. Calcul l'énergie électromagnétique et l'énergie électrostatique à la date t = 2ms.

B/

1. Représente sur le schéma de la figure 3, les branchements à effectuer pour visualiser l'intensité i du courant sur la voie Y_A d'un oscilloscope et la tension u aux bornes du GBF sur la voie Y_B.

2.

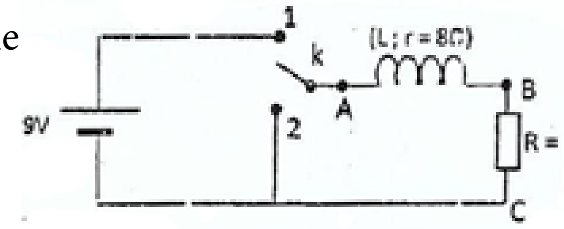
a) Calcul l'indépendance de chaque dipôle : condensateur, bobine et conducteur ohmique.

b) Calcul l'impédance de l'association des dipôles et la comparer à la somme des impédances calculées en a)

Conclure.

EXERCICE 21

On se propose de déterminer l'inductance d'une bobine e_0 = 9V.



On dispose des matériels suivants :

- Un oscilloscope bicourbe,
- Un générateur délivre une tension triangulaire.

Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

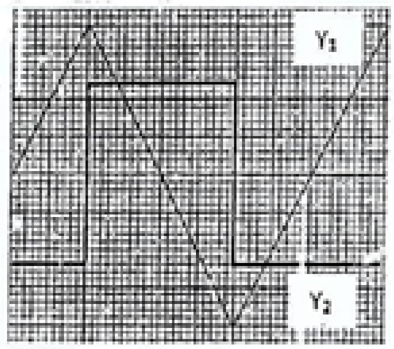
<u>Sensibilité verticale</u> :

Y_1 : 1V/cm

Y_2 : 50 mV/cm

<u>Balayage horizontal</u> : 0,1 ms/cm

On fixe R = 1000 Ω



La figure ci-contre représente les oscillogrammes obtenus.

1. Quelles tensions sont représentées respectivement par les oscillogrammes des voies Y_1 et Y_2 ?

2.

2.1. Exprimer la tension U_{MP} en fonction de l'intensité i(t) du courant.

2.2. En déduire l'expression de la tension U_{QM} en fonction de R, L et de la dérivée par rapport au temps de la tension U_{PM}.

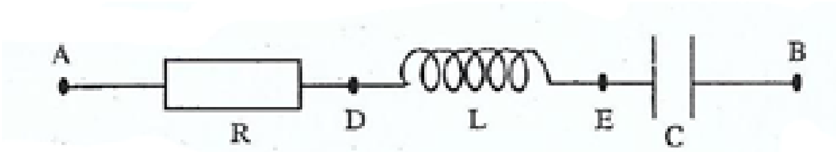
2.3. Calculer l'inductance L de la bobine, en utilisant l'expression trouvée en 2.2.

EXERCICE 22

Hypolythe et Paul réalisent un dipôle AB en montant en série une résistance de valeur R = 200 Ω, une bobine d'inductance L = 2 H et un condensateur C= 0,02 μF (voir schéma ci-dessous). Ils branchent aux bornes de AB une source de tension sinusoïdale de différence de potentiel de valeur efficace constante égale à 100 V et de fréquence N variable. Ils font donc varier la fréquence comme c'est dans les parties ci-dessous. Ils désirent étudier certaines caractéristiques du circuit lorsque la fréquence variée.

Support

Schéma du montage



<u>Première partie :</u>

-Pour N = N_0, l'expression de la valeur instantanée du courant électrique est

$i = I_0\sqrt{2}\sin\omega_0 t$; où ω_0 est la pulsation correspondant à la fréquence N_0.

Deuxième partie

-L'intensité efficace du courant traversant le circuit AB est maintenant $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$
(I_0 est la valeur maximale de l'intensité efficace calculée dans la première partie).

Troisième partie

Les valeurs numériques de l'intensité I (en milliampères) pour différentes fréquences N (en hertz) relevées expérimentalement sont indiqués dans le tableau.

N(Hz)	760	765	770	775	780	785	790	795
I(mA)	106	123	145	177	223	296	404	498
N(Hz)	800	805	810	815	820	825	830	835
I(mA)	442	328	246	193	158	133	115	102

-Echelle : sur l'axe des abscisses ,1 cm correspondra à 5 Hz
Sur l'axe des ordonnées, 1 cm correspondra à 20 mA
-L'intersection des axes des coordonnées correspondra au couple (760 Hz, 106 mA)

Première partie

1 a) Calculer la valeur N_0 de la fréquence pour laquelle l'intensité efficace est la plus grande possible.
b) Calculer la valeur numérique I_0 de ce maximum de l'intensité efficace.
2. Calculer pour $N = N_0$ les valeurs efficaces des tensions aux bornes de la résistance, de la bobine du condensateur.
3) a) Donner les expressions des valeurs instantanés $U_R(t)$ et $U_C(t)$ des tensions aux bornes de la résistance, de la bobine et du condensateur respectivement.
b) Donner l'indication d'un voltmètre alternatif, si on le branchait entre les points D et B du circuit.
4. Calculer pour $N = N_0$, la puissance consommée :
a) Dans la résistance
b) Dans l'ensemble du circuit.

Deuxième partie

1. Calculer l'impédance du circuit.
2. On appelle réactance du circuit la grandeur $X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$
Montrer qu'il existe deux valeurs possibles pour X notées X_1 et X_2 (X_1 correspond à la valeur positive de la réactance).

3.Expimer en fonction de R,L et C,les pulsations ω_1 et ω_2 correspondant aux valeurs X_1 et X_2 de la réactance. On ne retiendra que les solutions physiquement acceptables et on vérifiera que $\omega_1 - \omega_2 = \frac{R}{L}$

Troisième partie

1.

a) Construire point par la courbe représentative de a variation de I en fonction de N. On marquera sur cette courbe le point correspondant à l'intensité efficace maximum I_0.

b) Placer sur le graphe les points G et H pour lesquels l'intensité efficace a pour valeur $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

G est point correspondant à la fréquence la plus faible.

2.

a) A l'aide du graphe, déterminer les valeurs numériques des fréquences N_G et N_H pour lesquelles $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

En déduire des valeurs numériques correspondantes ω_G et ω_H de la pulsation du courant.

b) Evaluer la différence $\omega_G - \omega_H$. Dire si cette valeur correspond au résultat établi dans la troisième question de la deuxième partie.

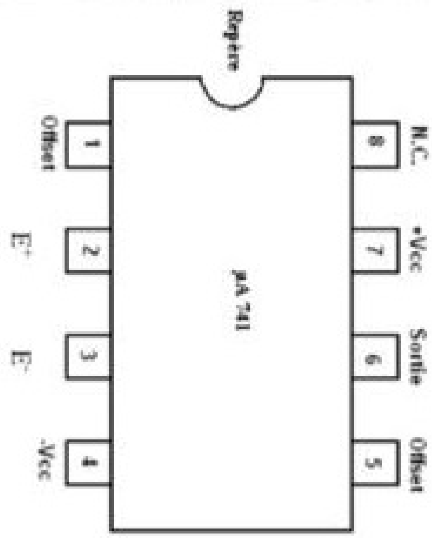
c) Dire comment, pour une valeur donnée de L, la valeur de R influe sur l'allure du graphe (valeur du maximum I_0 de l'intensité efficace et « largeur » de la bande GH).

Chapitre 13

MONTAGES DÉRIVATEURS ET INTÉGRATEURS

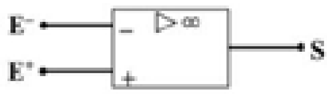
I. Rappels : Propriétés de l'amplificateur opérationnel idéal

1. Description d'un AOP



L'amplificateur opértionnel (AOP) est un circuit intégré linéaire comportant 8 bornes dont :
- une borne d'entrée inverseuse E^-
- une borne d'entrée Non inverseuse E^+
- une borne de sortie S
- deux bornes d'alimentation -Vcc et +Vcc

Son symbole est :



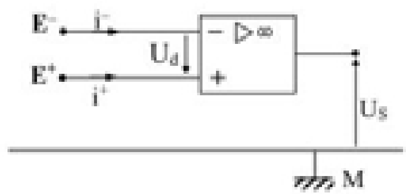
2. Fonctionnement d'un AOP

Un amplificateur opérationnel fonctionne soit en régime linéaire (amplificateur) ou en régime saturé (comparateur).

Lorsque l'amplificateur est idéal (AOP), on a les propriétés caractéristiques suivantes :

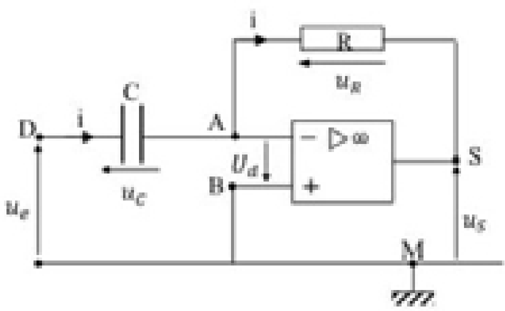
• En régime linéaire
- Les courants d'éntrée sont néglieables : i- = i+ = 0.
- L'entrée inverseuse E- et l'entrée non inverseuse E+ sont pratiquement au même potentiel : $V_{E^+} - V_{E^-} = U_d \approx 0$.
- La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AOP : $|U_S| < V_{sat}$

• En régime saturé
$U_S = \pm V_{sat}$



II. Montage dérivateur

1. Schéma du dispositif expérimental



2. Relation entre la tension d'entrée u_e et la tension de sortie u_S

• Considérons à l'entrée la maille MDABM :

$u_{MD} + u_{DA} + u_{AB} + u_{BM} = 0$ or $u_{MD} = - u_e$

$u_{DA} = u_C = \frac{q}{c}$; $u_{AB} = -u_d = 0$; $u_{BM} = 0$

D'où on a : $-u_e + \frac{q}{c} = 0$; $q = C.u_e$

$i = \frac{dq}{dt}$; $i = C\frac{du_e}{dt}$

• Considérons à la sortie la maille MBASM :

La loi des mailles : $u_{MB} + u_{BA} + u_{AS} + u_{SM} = 0$

$u_{MB} = 0$; $u_{BA} = U_d = 0$; $u_{AS} = u_R = Ri$; $u_{SM} = u_S$

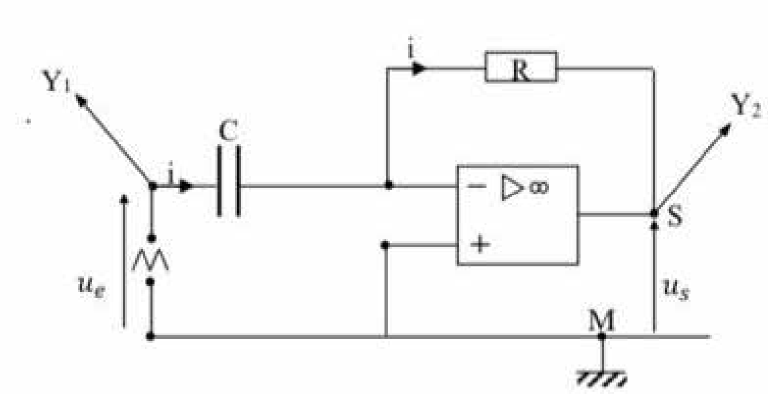
Soit $Ri + u_S = 0$; $u_S = -Ri$

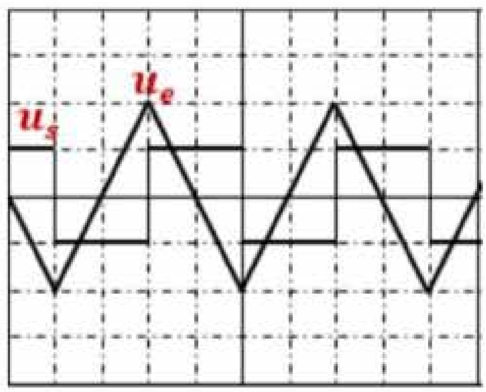
or $i = C.\frac{du_e}{dt}$; $u_S = -RC.\frac{du_e}{dt}$

La tension de sortie u_S est proportionnelle à la dérivée de la tension d'entrée u_e .

3. Cas pratique : visualisation des tensions u_e et u_S à l'oscilloscope

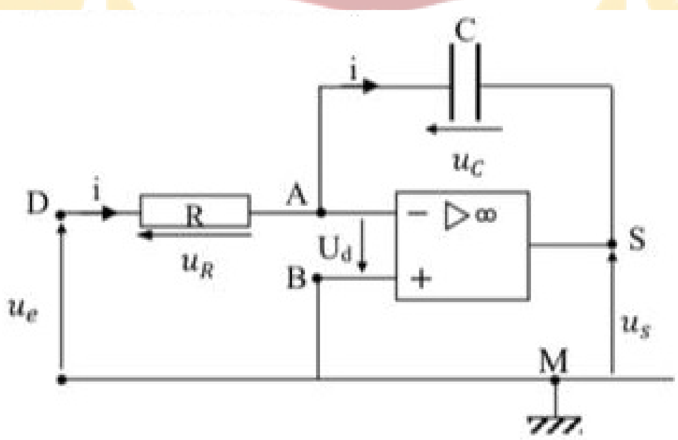
Si la tension d'entrée u_e est un signal triangulaire, la tension de sortie u_s est un signal carré.





III. Montage intégrateur

1. Dispositif expérimental



2. Relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie

• Considérons à l'entrée la maille MDABM :

La loi des mailles : $u_{MD} + u_{DA} + u_{AB} + u_{BM} = 0$

$u_{MB} = 0$; $u_{AB} = U_d = 0$; $u_{AS} = u_C = \frac{q}{C}$; $u_{SM} = u_S$

$u_C + u_C = 0$; $u_S = -u_C = -\frac{q}{C}$

$\frac{du_S}{dt} = -\frac{1}{C}\frac{dq}{dt}$ or $i = \frac{dq}{dt} = \frac{u_e}{R}$

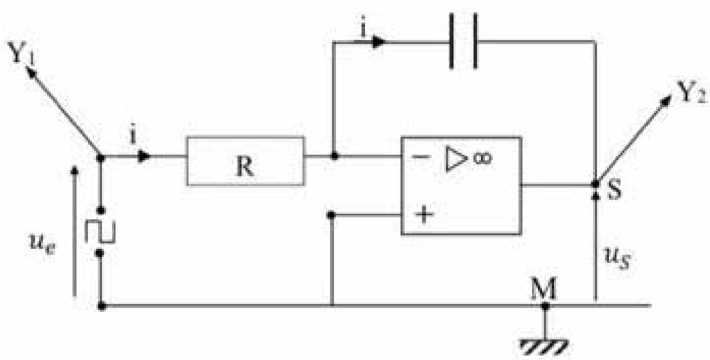
$\frac{du_S}{dt} = -\frac{1}{RC} u_e$ soit $u_S = -\frac{1}{RC}\int_0^t u_e dt$

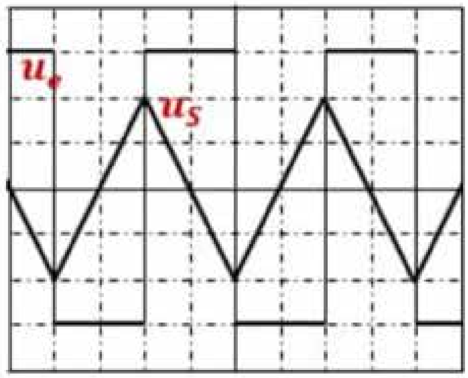
La dérivée de la tension de sortie u_S est proportionnelle à la tension d'entrée u_e.

La tension de sortie u_S est proportionnelle à une primitive de la tension d'entrée u_e.

3. Cas pratique : visualisation des tensions u_e et u_S à l'oscilloscope

La réponse à une tension d'entrée u_e rectangulaire est une tension de sortie u_S triangulaire.

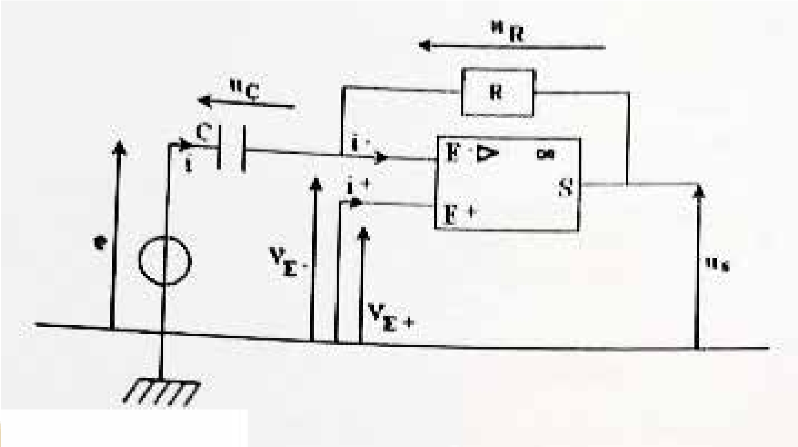




IV. Intérêt des montages

- Un montage dérivateur permet de transformer une tension d'entrée en sa dérivée.
- Un montage intégrateur permet de transformer une tension d'entrée en primitive.

EXERCICE 1



C = 50 nF ; R = 20 $k\Omega$.

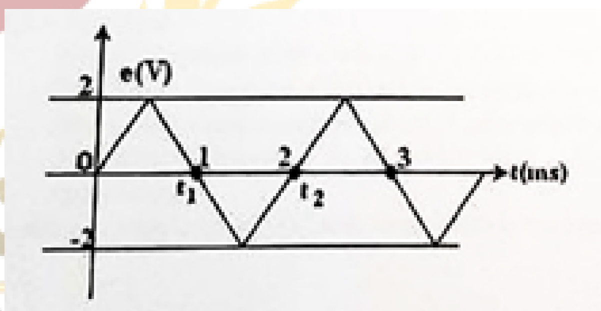
Dans le montage ci-dessus, l'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire, c'est-à-dire : $VE^+ = VE^-$; $i^+ = i^- = 0$.

1. En respectant les conventions utilisées sur le schéma, exprimer les tensions u_C en fonction de e et u_R en fonction de u_S.

2. Exprimer la tension de sortie u_S en fonction de R, C et de la dérivée $\frac{de}{dt}$ de e par rapport au temps.

3. De quel type de montage s'agit-il ? Justifier votre réponse.

4. La tension d'entrée e(t) est une tension «en dents de scie» dont les caractéristiques sont portées sur le graphe ci-dessous.



4.1. Déterminer la période T et la fréquence N de ce signal.

4.2. Exprimer le signal de sortie u_S(t).

4.3. Représenter sur le même graphe : e(t) et u_S(t).

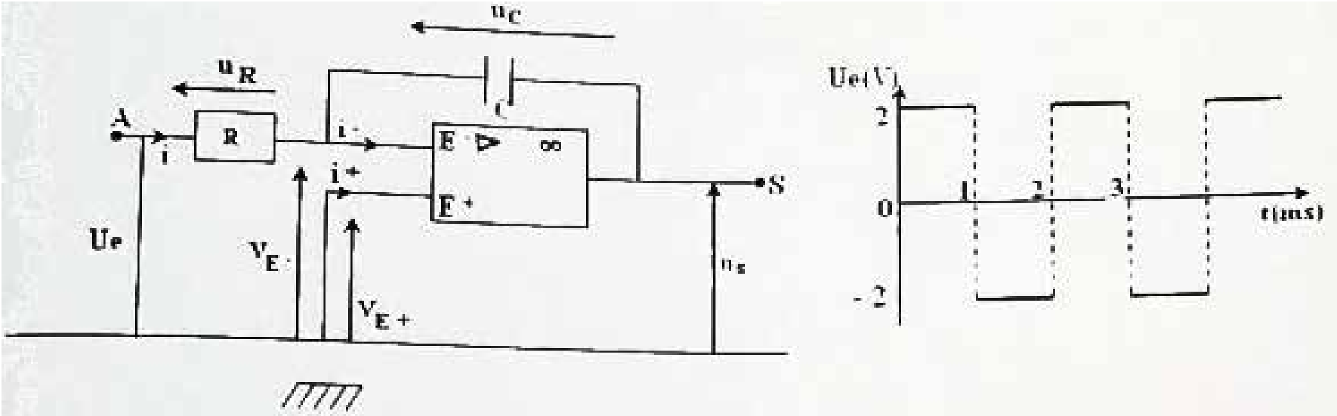
Echelle : 1cm représente 0,5 ms ; 1 cm représente 1V

EXERCICE 2

On considère le montage ci-contre :

L'amplificateur est idéal et fonctionne en régime linéaire, c'est-à-dire, $i^+ = i^- = 0$ et $Vi^+ - Vi^- = 0$.

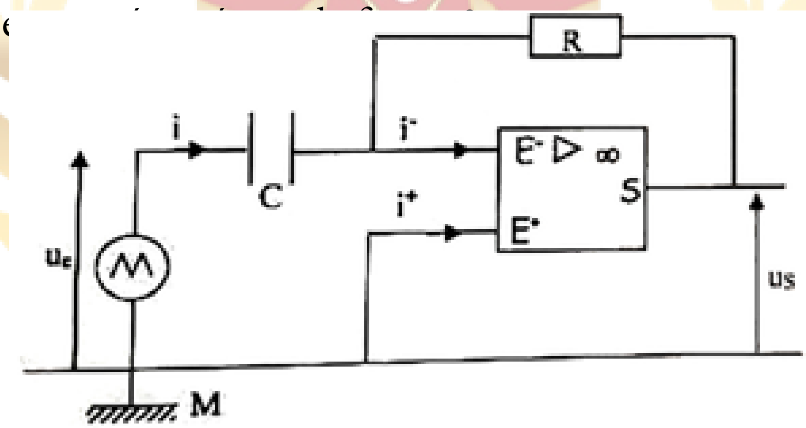
1. Etablir la relation entre Ue et U_R d'une part et Us et U_C d'autre part.
2. En déduire la relation entre US et Ue. Quel est le nom du montage ?



3. Le graphe ci-dessous donne la représentation de la tension d'entrée Ue.
Déterminer l'expression de la tension de sortie Us pour $0 \leq t \leq 1$ et pour $1 \leq t \leq 2$.
On suppose qu'à t = 0 ; Us = 0 et t = 1s ; Us = -1V ; R = $10^6\,\Omega$ et C = 2 μF

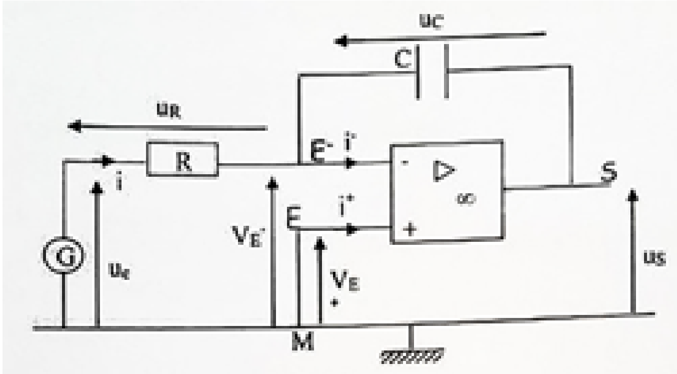
EXERCICE 3

On réalise le montage schématisé sur la figure 1. L'A.O est parfait et fonctionne en régime linéaire. Vsat = ± 13 V. On donne R = 10^4 Ω et C = 0,1 μF. La tension d'entrée



1. Etablir la relation entre Ue et Us.
2. Calculer la fréquence N de la tension d'entrée Ue.
3. Pour 0<t<1 ms :
a) Etablir l'expression littérale de Ue = f(t) en fonction de Uemax et de la fréquence N.
b) En déduire l'expression littérale de US en fonction de R, C, Ue_{max} et N.
c) Pour que le fonctionnement de l'A.O reste linéaire, la fréquence N doit être inférieur à une fréquence N_0. Exprimer N_0 en fonction de Vsat, R, C et Ue_{max}.
d) Calculer N_0.
4. Reproduire le graphe Ue = f(t) et compléter en représentant Us = g(t).

EXERCICE 4



R = 2,2 $k\Omega$; C = 0,1 μF
Dans le montage ci-dessus (figure 1), l'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal.

1.

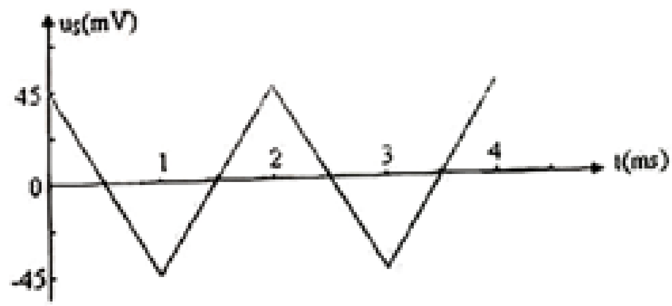
1.1. Etablir la relation entre US et Ue.

1.2. De quel type de montage s'agit-il ? Justifier.

2. Sur le graphe ci-dessus (figure 2) est représenté la tension de sortie US(t).

2.1. Déterminer le signal d'entrée Ue(t) délivrée par le générateur. Quelle est sa valeur maximale ?

2.3. Représenter sur le même graphe : Ue(t) et US(t).
Echelle : 1cm représente 0,5 ms ; 1cm représente 10 mV.



EXERCICE 5

On applique à un montage intégrateur une tension d'entrée Ue, carrée, représentée ci-contre.

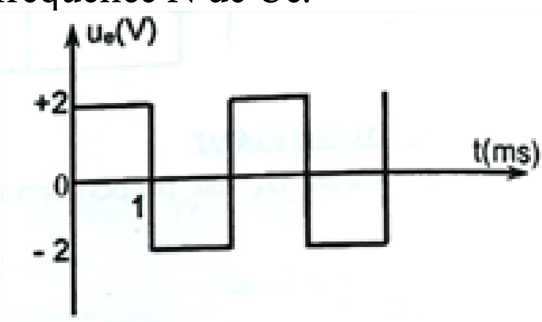
1. Fairs le schéma du montage.

2. Détermine l'amplitude Ue_{max}, la période T et la fréquence N de Ue.

3. On obtient à la sortie une tension triangulaire Us.

3.1. Etablis la relation entre Ue, R, C et $\frac{dU_s}{dt}$.

3.2. En déduis l'expression de Us pour $t \in \left[0; \frac{T}{2}\right]$ sachant qu'à t = 0, Us = 0.



4. On donne R = 4 $k\Omega$,

4.1. Détermine la valeur de t, pour laquelle Us prend pour la 1ère fois, sa valeur minimale.

4.2. Calcule la valeur de la capacité C du condensateur pour que cette valeur minimale soit égale à -10 V.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE

• Les particules fondamentales sont des protons chargés positivement, les neutrons électriquement neutres et les électrons chargés négativement.
• Le noyau est constitué de nucléons : protons et neutrons.
• Le nombre de masse A est le nombre de nucléons du noyaux.
$A = Z + N$ avec Z : le nombre de protons et N le nombre de neutrons.
• Un nucléide est l'ensemble des noyaux de même nombre de masse A et de même numéro atomique Z. On le représente par
${}^{A}_{Z}X$ avec :
- X : symbole de l'élément chimique correspondant ;
- A : le nombre de nucléons ou nombre de masse
- Z : le nombre de proton ou numéro atomique
- A-Z = N : Nombre de neutrons.
• Isotopes : Ce sont des nucléides ayant le même numéro atomique Z mais de nombre de masse A différents.
• Unité usuelles en physique nucléaire
- $1eV = 1{,}60.10^{-19}$ J
- $1MeV = 1{,}60.10^{-13}$ J $= 10^{6}$ eV
- 1 unité de masse atomique (u) = $\frac{1}{12}$ de la masse de carbone ${}^{12}_{6}C$
- $1\ u = 1{,}6610^{-27}$ kg
• La masse d'un système de nucléons liés dans un noyau est inférieure à la masse du système contenant les mêmes nucléons isolés.
$M_{noyau} < A \times m_{nucléon}$
• On appelle défaut de masse Δm d'un noyau, a différence entre la somme des masses des nucléons séparés et au repos, et la masse du noyaux au repos.
Pour un noyau ${}^{A}_{Z}X$: $\Delta m = \left|Zm_p + (A - Z)m_n\right| - m({}^{A}_{Z}X)$
• L'énergie de liaison E1 d'un noyaux est l'énergie qu'il faut lui fournir au repos pour le dissocier en nucléons isolés et immobiles.
$E_1 = \left|Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^{A}_{Z}X)\right|C^2 = \Delta m.C^2$.
L'énergie de liaison E par nucléon est le rapport de l'énergie de liaison du noyau au nombre de nucléons : $E = \frac{E_1}{A}$
Pour comparer la stabilité de différents noyaux, il faut comparer leurs energies de liaison par nucléon. Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est plus grande.
• La radioactivité, est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se désintègrent en dégageant de l'énergie sous

forme de rayonnement divers, pour se transmuter en des noyaux atomiques plus stables. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas des rayons $\alpha({}^4_2He)$, des rayons $\beta(\beta^-({}^{\;0}_{-1}e), \beta^+({}^0_1e))$, ou des rayons γ.

• La radioactivité α correspond à l'émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2He$.

$$\boxed{{}^A_ZX_N \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y_{N-2} + {}^4_2\alpha_2}$$

• La radioactivité bêta moins (β^-) se manifeste par la transformation dans le noyau d'un neutron en proton, le phénomène s'accompagne de l'émission d'un électron (ou particule bêta moins) et d'un antineutrino ν :

$$\boxed{{}^A_ZX_N \longrightarrow {}_{Z+1}^{\;\;A}Y_{N-1} + e^- + \overline{\nu}}$$

• La radioactivité bêta plus (β^+) ne concerne que des nucléides qui présentent un excès de protons. Elle se manifeste par la transformation dans le noyau d'un proton en neuton, le phénomène s'accompagne de l'émission d'un positon (ou positron, ou encore particule bêta plus) et d'un neutrino ν :

${}^A_ZX_N \longrightarrow {}_{Z-1}^{\;\;A}Y + {}^0_1e + {}^0_0\nu$

$$\boxed{{}^A_ZX_N \longrightarrow {}_{Z-1}^{\;\;A}Y_{N+1} + e^+ + \nu}$$

• Loi de décroissance

Dans un échantillon de matière radioactive constitué de noyaux radioactifs d'une espèce donnée, le nombre de noyaux va décroître au cours du temps, et sera noté N(t).

Si N_0 est le nombre de noyaux initialement présents, on a la relation :

$$\boxed{N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}}$$

• Période radioactive

La période radioactive ou demi-vie T d'un nucléide est le temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents a été désintégrée. T est défini par $N(T) = \frac{N_0}{2}$

• Activité radioactive d'un échantillon

L'activité A(t) d'un échantillon radioactif est un instant t, est le nombre moyen de désintégrations par unité de temps de cet échantillon à cet instant.

$A(t) = \frac{dN(t)}{dt} = \lambda . N(t)$.

Dans le système international d'unités, l'activité s'exprime en becquerel de symbole **(Bq)**

• Les processus nucléaire de la radioactivité

Les lois de conservation :

- *de la charge*

La somme des charges des particules formées est égale à la somme des nombres de charges des particules détruites.

- *du nombre de masse*

La somme des nombres de masse des particules formées est égale à la somme des nombres de masse des particules détruites.

- *de l'énergie*

L'énergie totale du système, somme de l'énergie cinétique, de l'énergie de masse et de l'énergie radioactive avant la désintégration est égale à l'énergie totale après désintégration.

- *de la quantité de mouvement*

La quantité de mouvement du système avant la désintégration est égale à la quantité de mouvement après la désintégration.

Les réactions nucléaires provoquées

Une réaction nucléaire est dite provoquée quand un noyau cible est frappé par un noyau ou une particule projectile. A l'issu de ce choc, de nouveau noyaux sont créés.

Son équation peut se mettre sous la forme :

$X + x \longrightarrow Y + y$

• Fission : Elle se produit lorsqu'un noyau lourd éclate sous l'impact d'un neutron pour donner des noyaux plu légers.

Exemple : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{148}_{57}La + {}^{85}_{35}Br + 3{}^{1}_{0}n$

• Fusion : C'est une réaction au cours de laquelle des noyaux plus légers s'unissent au cours d'un choc pour donner un noyau plus lourd.

Exemple : ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H$

Fission et fusion sont des réactions très exoénergétiques.

EXERCICE 1

Choisis la bonne réponse parmi les propositions suivantes.

1. L'énergie de liaison d'un noyau est donnée par la relation :

a) $E = mc^2$ b) $E = c^2 \times \Delta m$ c) $E = \Delta m^2 c$

2. L'énergie de liaison par nucléon E_A d'un noyau est donnée par la relation :

a) $E_A = \dfrac{\Delta mc^2}{A}$ b) $E_A = \dfrac{\Delta m^2 c}{A}$ c) $E_A = \dfrac{A}{\Delta mc^2}$

3. La réaction de fission est :

a) ${}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{1}\mathrm{n}$ b) ${}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$ c) ${}^{1}_{0}n + {}^{2}_{92}U \longrightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{142}_{56}Ba + 2{}^{1}_{0}n$

EXERCICE 2 Réactions nucléaires

Définir les réactions nucléaires suivantes(utiliser les termes suivants, en justifiant : fusion,fission,provoquée,spontanée , α, β^+, β^-)

1. ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}H + {}^{1}_{0}n$
2. ${}^{124}_{53}I \rightarrow {}^{124}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e$
3. ${}^{124}_{53}I \rightarrow {}^{124}_{52}Te + {}^{0}_{1}e$
4. ${}^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{1}_{1}H$
5. ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{39}Y + {}^{94}_{53}I + 3{}^{1}_{0}n$

EXERCICE 3 Energie d'une réaction nucléaire

Soit la réaction nucléaire suivante : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{139}_{54}Xe + 3{}^{1}_{0}n$

1. Quelles sont règles qui permettent de déterminer A et Z ? Calculer ces valeurs ,déterminer ${}^{A}_{Z}X$

2. Définir et calculer le défaut de masse Δm de la réaction.
3. En déduire l'énergie libérée par 1 noyau d'Uranium puis pour un kilogramme
4. La combustion d'une tonne de charbon libère $2,5.10^{10}\ J$. Quelle masse de charbon libère,en théorie, autant d'énergie qu'un kilo d'uranium ?

Données :

${}^{94}_{38}Sr; {}^{95}_{38}Sr; {}^{94}_{37}Rb; {}^{93}_{39}Y \qquad M {}^{235}_{92}U = 234\ g/mol$

$m({}^{235}_{92}U) = 235,013\ u; m({}^{1}_{0}n) = u; m({}^{A}_{Z}X) = 93,8946\ u; m({}^{139}_{5}Xe) = 138,888\ u; u = 1,66.10^{-27} kg$

$C = 299792458\ m.s^{-1}; N_{AV} = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$

EXERCICE 4 Potassium 40

Le potassium 40 $\left({}^{40}_{19}K\right)$ est un atome radioactif présent dans la nature.
Le corps humain contient 4,2 mol de potassium,dont seulement 0,01167 % est du potassium radioactif.
1.Quelle est la masse de potassium dans le corps humain? Quelle est la masse de potassium radioactif dans le corps humain ?
2.Le potassium 40 se désintègre en subissant une désintégration β. Ecrire cette désintégration
3. L'activité d'un gramme de potassium vaut $263.10^{3}\ Bq$. Que signifie cette donnée ?
4. La période radioactive du potassium 40 vaut $1,248$ milliards d'années. Que signifie cette période ?
Données :
${}_{20}Ca$ et ${}_{18}Ar$ $\quad M\left({}^{40}_{19}K\right) = 40\ g/mol\ (potassium\ radioctif); M\left({}_{19}K\right) = 39/mol\ (potassium\ radioactif\ et\ non\ radioactif)$

EXERCICE 5

On utilise le césium (Cs)137 dans le traitement n situ du cancer du col de l'utérus . Le traitement consiste à soumettre une patiente à un échantillon de césium 137 $\left({}^{137}_{55}Cs\right)$ pendant quelques jours. La constante radioactive de ces noyaux est $\lambda = 7,3.10^{-10} s^{-1}$. L'activité A_0 d'un échantillon de cet isotope est $3.10^{5} Bq$. Le césium 137 est émetteur β^{-} et y .
1) Ecrire l'équation de désintégration du césium 137 en précisant les règles de conservation utilisés .
2) Donner la définition de temps de demi-vie.
3)Donner l'expression de l'activité A(t) à un instant t en fonction de A_0 ,du temps t et de la constante λ.
4) Ecrire l'expression entre la constant radioactive λ et le temps de demi-vie . Calculer T.
5) Construire l'allure de la courbe donnant l'activité A(t) en fonction du temps tout en précisant les points particuliers.
6) Comment évolue l'activité au cours du traitement ?
Données : ${}_{54}Xe$ et ${}_{56}Ba$

EXERCICE 6

L'yttrium est un élément de symbole Y. Il appartient à la famille des « métaux de transition» .
L'Isotope 95 de l'yttrium est radioactif β^-. Il est obtenu par l'impact d'un neutron sur un noyau d'Uranium 235 : ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{95}_{39}Y + {}^{A}_{Z}I + 2\,{}^{1}_{0}n$

1)

a) Déterminer les valeurs de A et Z.

b) Ecrire l'équation de la désintégration de l'isotope 95 de l'yttrium.

2) La période ou demi-vie de l'isotope ${}^{95}_{39}Y$ est T= 10 min . Un échantillon de cet isotope contient initialement une masse $m_0 = 0,1898\ mg$ d'yttrium 95.
Le nombre de noyaux d'yttrium 95.A la date t,est donnée par $N = N_0 e^{-\lambda t}$.

a) Que représente N_0 et λ ?

b)Représenter qualitativement la courbe N=f(t) donnant les variations du nombre de noyaux en fonction du temps . On utilisera,pour cette représentation,les points remarquables suivants : t= 0; t = T; t=2T;t= 3T et t=4T.
(T étant la période de l'isotope ${}^{95}_{39}Y$).

c)Calculer l'activité initiale A_0 de l'échantillon.

d) Calculer la masse d'yttrium désintégrée au bout d'une heure.

3)

a) Définir l'énergie de liaison par nucléon d'un noyau.

b) Calculer l'énergie de liaison par nucléon d'un noyau d'yttrium 95.

Données:

-Nombre d'Avogadro : $\mathcal{N} = 6,02.10^{23}$

-Masse d'un proton : $m_p = 1,007276\ u$

-Masse d'un neutron : $m_n = 1,008665\ u$

-Masse d'un noyau d'yttrium 95 : $\left({}^{95}_{39}Y\right) = 94,8911\ u$

-Masse atomique molaire de l'yttrium 95 : M = 95 g/mol

Extrait du tableau de classification périodique des éléments :

${}_{37}Rb$	${}_{38}Sr$	${}_{39}Y$	${}_{40}Zr$	${}_{41}Nb$

EXERCICE 7

1) La demie-vie du carbone ${}^{14}_{8}C$ est de 5590 années. Un échantillon de bois trouvé dans une grotte préhistorique donne 212 désintégrations par minute.
Un même échantillon contenant la même masse de carbone et préparé à partir d'un jeune bois donne 1350 désintégrations par minute.
Quel est l'âge du bois ancien ?

2)Dans les êtres vivants,le rapport r = nombre d'atomes de carbone 14 / nombre d'atomes de carbone 12 est égal à 10^{-12} . Après leur mort,ce rapport décroît et atteint pour un cas d'étude la valeur $0,25 \times 10^{-12}$.
Combien de temps s'est écoulé depuis la mort de l'être vivant ?
3) La demi-vie du potassium ${}^{40}_{19}K$ vaut $1,5 \times 10^{9}$ *années*.
Calculer sa constante radioactive.
4) Pour déterminer l'âge des cailloux lunaires rapportés par les astronautes,on mesure les quantités relatives de potassium ${}^{40}_{19}K$ et de son produit par décomposition,l'argon ${}^{40}_{18}Ar$.
Un échantillon de 1g de cailloux lunaires contient 8,2 $8,2 \times 10^{-3}\ cm$ d'argon et 1,66 g de potassium.
Déterminer l'âge des cailloux.
Données : $V_M = 22,4\ L.mol^{-1}$;$N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

EXERCICE 8

Un noyau d'uranium ${}^{234}_{92}U$ bombardé par un neutron ${}^{1}_{9}n$ donne du xénon ${}^{149}_{54}Xe$ et du strontium Sr dont le nombre de masse est de 94.

1) Ecrire l'équation-bilan correspond à cette réaction nucléaire sachant qu'il se forme des neutrons.
2) Calculer en MeV l'énergie fournie par une réaction nucléaire.
3) On utilise de l'uranium enrichi en ${}^{211}_{92}U$ .Une partie du combustible ${}^{211}_{92}U$ se retrouve après consommation dans le réacteur nucléaire. Les étapes sont les suivantes :
-Un noyau ${}^{211}_{92}U$ subit une fission qui libère des neutrons ;
-Un noyau ${}^{211}_{92}U$ capte un de ces neutron;
-Le noyau obtenu subit une désintégration $\beta-$;
- Le nouveau noyau subit une désintégration $\beta-$;
- Enfin,le dernier noyau obtenu une désintégration α .
Ecrire la suite des quatre dernières réactions nucléaires et vérifier que ${}^{211}_{92}U$ se reforme .
4) Les réactions nucléaires qui se produisent dans le soleil libèrent une énergie de $3 \times 10^{18}\ J$ par jour.
On considère que toute l'énergie solaire a pour origine la fusion de l'hydrogène.
L'énergie libérée lors d'une réaction élémentaire est de 25,7 MeV. Chaque réaction élémentaire produit un noyau ${}^{4}_{2}He$.
Calculer la diminution de masse du soleil en une journée puis en une année et estimer la durée de vie probable du soleil.

5) Calculer la masse d'hélium produite dans l'astre en une journée.
Données : énergies de liaison par nucléon :
7,5 MeV pour l'uranium ; 8,2 MeV pour le xénon ; 8,5 MeV pour le strontium.
$Z(N_P) = 93$ avec $N_P = neptunium; Z(Pu) = 94\ avec\ Pu = plutonium.$
$M_{soleil} = 2\times 10^{10} kg$; $M_{Zb} = 4\ g.mol^{-1}$
$e = 3\times 10^{6} m.s^{-2}; 1an = 365\ jours$

EXERCICE 9

On considère la réaction de fission nucléaire d'équation:
$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{148}_{57}La + ^{85}_{35}Br + 3\left(^{1}_{0}n\right)$.
1) Déterminer l'énergie de réaction ΔE pour 1 mole de noyau fissionné.
2) Comparer cette énergie à l'énergie de combustion du carbone (-390KJ. mol^{-1}).
Données :
$E_l\left(^{235}_{92}U\right) = 1785,89\ MeV; E_l\left(^{148}_{57}La\right) = 1210,21\ MeV; E_l = \left(^{85}_{35}Br\right) = 733,81\ MeV.$

EXERCICE 10

On considère trois noyaux de bore : $^{8}_{5}B, ^{10}_{5}B\ et\ ^{11}_{5}B$ présentant les caractéristiques suivants:
-Pour le noyau de $^{8}_{5}B$: énergie de liaison par nucléon = 3,76 MeV;
-pour le noyau de $^{10}_{5}B$: masse du noyau = 9,326 MeV/ c^2 ;
-Pour le noyau de $^{11}_{5}B$: défaut de masse = 75,06 MeV/. c^2
Classer ces trois noyaux par ordre de stabilité croissant.
Données: $m_p = 938,26\ MeV/c^2$

EXERCICE 11

On considère les réactions nucléaires d'équations :

$(1): ^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{A1}_{Z1}X_1$

$(2): ^{A1}_{Z1}X_1 \rightarrow ^{A2}_{Z2}X_2 + ^{0}_{1}e$

$(3): ^{A2}_{Z2}X_2 + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{A3}_{Z3}X_3$

$(4): ^{A3}_{Z3}X_3 + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{A4}_{8}O$

$(5): ^{A4}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$

Données :
Z(C) = 6 ; Z(N) = 7 ; Z(O) = 8

1) Identifier tous les noyaux inconnus et le nombre de masse A4.
2) préciser pour chaque réaction s'il s'agit d'une fission ou d'une fusion.

RAPPEL

Quantité de matière

$n = \frac{m}{M}$

$n = \frac{V}{V_m}$

$n = C.V$

n : Quantité de matière ou nombre de moles (mol)
M : Masse molaire (g/mol ou $g.mol^{-1}$)
V : Volume (L)
C : La concentration molaire (mol/L ou $mol.L^{-1}$)

Densité

La densité d'un liquide ou d'un solide par rapport à l'eau

$d = \frac{\rho_C}{\rho_{eau}}$

ρ_C : Masse volumique du corps
ρ_{eau} : Masse volumique de l'eau ($1g/cm^3$)

Densité d'un gaz par rapport à l'air

$d = \frac{M}{29}$ La densité d'un corps est sans unité

Masse molaire d'un composé

$M = 29d$

$M = \frac{m}{n}$

$M = \frac{1200x}{\%C} = \frac{100y}{\%C} = \frac{1600Z}{\%O}$

Le pourcentage massique d'un élément A dans un composé est donné par les expression

$$\%A = \frac{\text{nombre d'atomes de A} \times \text{masse molaire de A}}{\text{masse molaire du composé}} \times 100$$

$$\%\ A = \frac{\text{Masse de A}}{\text{masse du composé}} \times 100$$

Dans un composé organique la somme des pourcentages massiques de tous les éléments est égale à 100.

Considérons un composé organique de formule brute CxHyOz et de masse M.

- Pourcentage massique des éléments

$\%C = \frac{12x}{M} \times 100$; $\%H = \frac{y}{M} \times 100$; $\%O = \frac{16z}{M} \times 100$

- Formule brute

$x = \frac{\%C \times M}{1200}$; $y = \frac{\%H \times M}{100}$; $z = \frac{\%O \times M}{1600}$

- Masse molaire du composé

$\frac{M}{100} = \frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O}$

La composition d'un composé organique CxHyOz de masse m donne $m(CO_2)$ de dioxyde de carbone et $m(H_2O)$ d'eau.

- Masse et pourcentage massique de carbone :

Il ya 12g de C dans 44g de CO_2 dans $m(CO_2)$ il y aura m(C) :

$\Longrightarrow m(C) = \frac{12 \times m(CO_2)}{44} = \frac{3m(CO_2)}{11}$ et $\%C = \frac{m(C)}{m} \times 100$

- Masse et pourcentage massique d'hydrogène

Il ya 2 g de H dans 18g de H_2O donc dans $m(H_2O)$ il y aura m(H):

$\Longrightarrow m(H) = \frac{2 \times m(H_2O)}{18} = \frac{m(H_2O)}{9}$ et $\%H = \frac{m(H)}{m} \times 100$

- Pourcentage massique d'oxygène

$\%O = 100 - ((\%C + \%H)$

Comment déterminer la formule brute d'un composé CxHyOz ?

1- Par sa masse molaire : $12x + y + 16z = M$

2- Par le bilan molaire de l'équation de sa composition

$$CxHyOz + \left(x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}\right)O_2 \longrightarrow xCO2 + \frac{y}{2}H_2O$$

$$\frac{n(CxHyOz)}{1} = \frac{n(O_2)}{x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}} = \frac{n(O_2)}{x} = \frac{n(H_2O)}{\frac{y}{2}}$$

3- Par ses pourcentage massiques

$x = \frac{\%C \times M}{1200}$; $y = \frac{\%H \times M}{100}$; $z = \frac{\%O \times M}{1600}$

Comment déterminer le rendement r au cours d'une réaction chimique ?

$$r = \frac{\text{nombre de moi final de produit}}{\text{nombre de mol initial du réactif}} \times 100$$

Hydrocarbures ou carbures d'hydrogène: CxHy

	Alcanes	Alcène	Alcynes
Formule générale	$CnH_{(2n+2)}$	CnH2n	$CnH_{(2n-2)}$
Nomenclature	.......ane	.......-x-ène	.......-x-yne
Exemples	éthane	éthylène	acétylène

Combustion complète

Les hydrocarbures (Alcanes, alcènes, alcynes) brûlent dans le dioxygène.
Lorsque la combustion est compète, il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau

Hydrocarbures : $CxHy + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}$

Alcanes : $CnH2n{+}2 + \frac{3n+1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$

Alcènes : $CnH2n + \frac{3n}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$

Alcynes : $CnH2n{-}2 + \frac{3n-1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n-1)H_2O$

Composé organique oxygéné : CxHyOz

$CxHyOz + \left(x + \frac{y}{2} - \frac{z}{2}\right)O_2 \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

Chapitre 15

ALCOOL

I- Définition et classes d'alcools

1) Définition

C'est un composé organique comportant un groupement fonctionnel hydroxyde (-OH).

2) Groupe fonctionnel

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH \quad \text{ou} \quad -OH$$

3) Formule générale brute

$$C_nH_{2n+1}-OH$$

4) Nomenclature

On remplace le «E» final de l'alcane par «OL»

Les étapes :

- On choisit la chaine la plus longue qui contient le carbone fonctionnel
- La chaine carbonée est numérotée de façon à ce que l'atome de carbone fonctionnel ait le numéro le plus petit.

Ex : 4-methylhexan-3-ol $CH_3-CH_2-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

5) Les 3 classes d'Alcool

Classe	Alcool (I)	Alcool (II)	Alcool (III)
Nombre d'atomes de carbone auquel le carbone fonctionnel est lié	0 ou 1	2	3
Formule semi-développée	$R-CH_2-OH$	$R1-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-R2$	$R1-\overset{R3}{\overset{|}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}}-R2$
Groupe fonctionnel	$-CH_2-OH$	$-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-$	$-\overset{|}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}-$
Exemple	CH_3-CH_2-OH Ethanol	$CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$ Butan-2-ol	$CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ 2-méthylpropan-2-ol

6) Les polyalcools ou polyols

Ce sont les molécules qui possèdent plusieurs groupes hydroxydes OH.

Exemples :

$$\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2}$$

Glycol ou ethane-1,1-diol

$$\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2}$$

Glycérol ou propan-1,2,3-triol

II. Préparation des alcools

1) Obtention de l'éthanol (alcool) par fermentation de jus sucré

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_6O + 2CO_2$$

2) Hydratation des alcènes

- On peut obtenir un alcool par l'addition d'eau à un alcène

$$>C=C< \ + H_2O \longrightarrow -\underset{H}{\underset{|}{C}}-\underset{OH}{\underset{|}{C}}-$$

- L'hydratation d'un alcène dissymétrique donne deux alcools, l'alcool de la plus grande classe est majoritaire ou prépondérant, c'est **la règle de Markovnikov.**

Application

Cas d'un alcène symétrique

$$CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3 \quad \text{Butan-2-ol}$$

Cas d'un alcène dissymétrique

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2O \longrightarrow \begin{cases} CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 & \text{Propan-2-ol} \\ CH_3-CH_2-CH_2-OH & \text{Propan-1-ol} \end{cases}$$

III- Propriétés chimiques des alcools

1) Déshydratation en présence d'alumine Al_2O_3 d'un alcool conduit à un alcène.

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}- \xrightarrow[350°]{Al_2O_3} \overset{|}{\underset{|}{C}}=\overset{|}{\underset{|}{C}} + H_2O \qquad CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[350°]{Al_2O_3} CH_2=CH_2 + H_2O$$

2) Réaction avec le sodium

$$C_nH_{2n+2}-OH + Na \longrightarrow C_nH_{2n+2}-O^- + Na^+ + \frac{1}{2}H_2$$

Exemple:

$$CH_3-CH_2-OH + Na \longrightarrow CH_3-CH_2-O^- + Na^+ + +\frac{1}{2}H_2$$

3) Combustion complète

L'action de brûler un corps, c'est une réaction de destruction de l'édification moléculaire.

Equation-bilan

$$C_nH_{2n+2}O + \frac{3n}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

4)Réaction d'oxydation ménagé

C'est une oxydation douce au cours de laquelle le squelette carboné de la molécule est conservé.

- L'oxydation par l'oxygène de l'air

Elle se fait en présence de métaux cuivre (Cu) ou platine (Pt)

Exemple : $\underset{\text{Alcool (I)}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH} + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\text{Cu ou Pt}} \underset{\text{Aldéhyde}}{CH_3\text{-}CHO} + H_2O$

$$\underset{\text{Aldéhyde}}{CH_3\text{-}CHO} + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\text{Cu ou Pt}} \underset{\text{Acide carboxylique}}{CH_3\text{-}COOH}$$

- L'oxydation ménagée d'un alcool en solution aqueuse

Equation bilan de dissolution des oxydants

$K_2Cr_2O_7 \longrightarrow 2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$

$KMnO_4 \longrightarrow K^+ + MnO_4^-$

Couple oxydant/réducteur et démi-équation électronique

$Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$: $Cr_2O_7^{2-} + 6e^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

MnO_4^-/Mn^{2+} : $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

Alcool (I) $\longrightarrow$ Aldéhyde $\longrightarrow$ Acide carboxylique

Alcool (II) $\longrightarrow$ Cétone

Alcool (III) $\longrightarrow$ Rien

IV- Les composés carbonyles : Aldéhydes et cétones

1) Aldéhydes

- Formule brute : $C_nH_{2n}O$ avec $n \in \mathbb{N}^*$
- Groupe Carbonyle : $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-$

- Groupe fonctionnel $-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O} \\ {}_{\searrow H}\end{matrix}$

- Nomenclature $H-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O} \\ {}_{\searrow H}\end{matrix}$ Méthanal

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}\underset{\underset{CH_2\text{-}CH_3}{|}}{CH}\text{-}CH_2\text{-}CH_2-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O} \\ {}_{\searrow H}\end{matrix}$$ 4-méthyl-5-méthylheptanal

- Test spécifique des aldéhydes

Réactif de Schiff ⟶ (+) Coloration rose

Liqueur de Fehling ⟶ (+) Précipité rouge brique

Nitrate d'argent ammoniacal (Réactif de Tollen) ⟶ (+) Dépôt d'argent

2) Cétone

- Formule brute générale : $C_nH_{2n}O$
- Groupe Carbonyle $-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$
- Groupe fonctionnel $-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$
- Nomenclature

$CH_3-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$ Propanone

$CH_3\text{-}CH_2-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2\text{-}CH_3$ Pentan-3-one

3) Test commun d'aldéhydes et cétones

DNPH ⟶ Précipité jaune

4) Les acides carboxyliques

- Formule brute générale : $C_nH_{2n}O_2$
- Groupe fonctionnel : $-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$
- Nomenclature :

$CH_3\text{-}CH_2-C\begin{array}{l} {}^{/\!/}O \\ {}_{\backslash}OH\end{array}$ Acide propanoïque

$CH_3\text{-}\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-C\begin{array}{l} {}^{/\!/}O \\ {}_{\backslash}OH\end{array}$ Acide 2 méthyl propanoïque

EXERCICE 1

Donner les formules semi-developpées des alcools de formules : (préciser la classe des alcools).

1. C_3H_8O
2. $C_4H_{10}O$
3. $C_5H_{12}O$

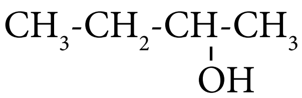
EXERCICE 2

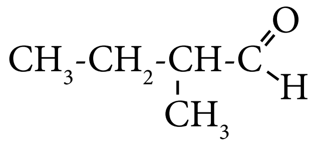
Pour chaque réponse, indiquer le (ou les) bonnes réponses.

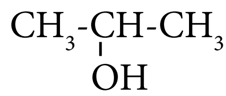
	A	B	C
La déshydratation d'un alcool en présence d'alumine conduit à un	Alcène	Alcyne	Alcane
La réaction de combustion d'un alcool est	Totale	oxydation menagée	limitée
La formule générale brute d'un alcool est	$C_nH_{2n}O_2$	$C_nH_{2n+2}O$	C_nH_{2n+1} - OH
Un alcool peut être obtenu par	formation de jus sucrés	hydratation d'un alcène	déshydratation d'un alcène

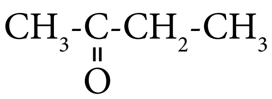
EXERCICE 3

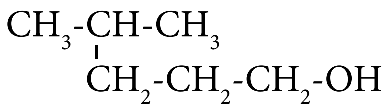
Donner les noms des composées suivants.

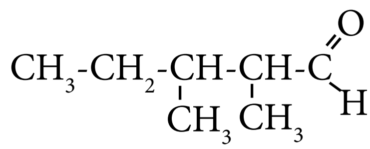
1) 

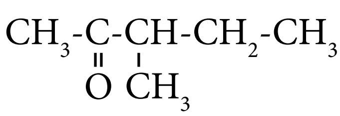
2) 

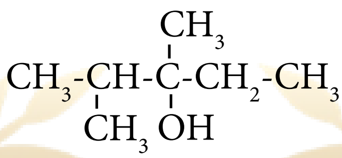
3) 

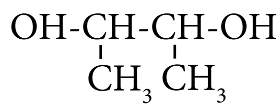
4) 

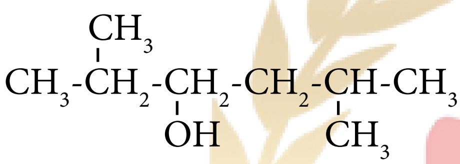
5) 

6) 

7) 

8) 

9) 

10) 

EXERCICE 4

Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

a) 2-méthylpropan-1-ol
b) 3,4-diméthylpentan-2-ol
c) 3-méthylbutanal
d) 2,3,4-triméthylpentan-3-ol
e) 2-éthyl-3-méthylbutanal
f) 2,4-diméthylpentan-3-one
g) éthan-1,2-diol

EXERCICE 5

Un alcool A a pour formule : $R'-\overset{\overset{R}{|}}{C}H-CH_2OH$; R et R' sont des radicaux alkyles- C_nH_{2n+1}.

1) Donner la classe de cet alcool A.

2) On effectue une oxydation ménagée de cet alcool par l'ion $Cr_2O_7^{2-}$ en milieu acide.

2.1) Indiquer les corps susceptibles de se former.

2.2) Ecris l'équation-bilan d'oxydation de l'alcool dans le cas où la solution oxydantO2e est en défaut puis en excès.

3) Pour déterminer la formule complète de l'alcool précédent, on oxyde avec un excès d'oxydant $Cr_2O_7^{2-}$ une masse m = 15,0 g de A. On obtient un composé B. Le composé B est étudié avec une solution de soude (hydroxyde de sodium)

de concentration molaire 2,00 $mol.L^{-1}$. L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque l'on a versé Vb = 85,2 cm^3 de solution basique.
3.1) Calculer la masse molaire de l'alcool A. En déduis sa formule brute.
3.2) Donne la formule semi-développée de l'alcool A. Donne son nom.

EXERCICE 6 — Oxydation ménagée et combustion

1) Oxydation ménagée de l'éthanol (oxydant en défaut) par le dichromate de potassium. Ecrire l'équation bilan de la réaction .
Quel est le nom du produit ? Comment peut-on mettre en évidence sa présence ?
2) Combustion compète de l'éthanol
Ecrire l'équation bilan de cette réaction.
3) On effectue la combustion incomplète dans les CNTP de 4 moles de propanone dans un volume de dioxygène de 67,2 L.
3.1) Ecrire l'équation bilan de la réaction.
3.2) En déduire le nombre de moles des réactifs restant et des produits formés.
3.3) Trouver la masse de carbone formé lors de cette combustion.

EXERCICE 7 — Oxydation ménagée des alcools

1) Quels sont les alcools correspondants au composé de formule brute C_3H_8O ? On donnera les formules semi-développées, classes et noms des différents alcools.
2) On réalise une oxydation ménagée de ces alcools.
2.1) Donner les formules semi-développées, fonctions et noms des produits obtenus.
2.2) Comment peut-on caractériser les produits d'oxydation ?
3) Ecrire l'équation bilan de l'oxydation ménagée de l'alcool secondaire par l'ion dichromate en milieu acide. On rappelle qu'en milieu acide l'ion dichromate est réduit en ion chrome III.

EXERCICE 8

1) Un mono alcool, à chaine saturée, contient 64,9 % en masse de carbone. Déterminer sa formule brute.
2) Ecrire les formules semi-développées et donner les noms de tous les alcools possédant quatre atomes de carbone.
3) On considère l'alcène A qui, par hydratation, donne un seul alcool, cet alcool possédant quatre atomes de carbone.

3.1) Déterminer la formule semi-développée de A et donner son nom.
3.2) Identifier l'alcool obtenu par hydratation de A.

EXERCICE 9

1) La combustion complète de 0,37 g de deux alcools aliphatiques saturés isomères (A1) et (A2) nécessite un volume V = 0,72 L de dioxygène dans les conditions de température et de pression où le volume molaire des gaz est égal à 24 $L.mol^{-1}$.

On donne en $g.mol^{-1}$: M(C) = 12 , M(H) = 1 et M(O) = 16.

1.1) Ecris l'"équation de la combustion complète d'un alcool.

1.2) Montre que la formule brute des deux alcool (A1) et (A2) est $C_4H_{10}O$.

2) On réalise leur oxydation ménagée par une solution de bichromate de potassium acidifiée.

- L'oxydation ménagée de (A1) n'est pas possible.
- L'oxydation ménagée de (A2) donne un composé (B2).
- L'oxydation ménagée de (B2) n'est pas possible.

2.1) Préciser en le justifiant la classe de chacun des alcools (A1) et (A2).

2.2) Donne la formule semi-développés et le nom de (A1) et (A2).

3) On réalise la déhydratation intramoléculaire de (A1) en présence de l'acide sulfurique. On obtient un composé organique C1.

3.1) Ecris l'équation de la réaction en utilisant les formules semi-développées.

3.2) Préciser le nom de C1.

EXERCICE 10

Un alcool saturé A a pour densité de valeur par rapport à l'air d = 2,07.

1) On désire déterminer sa formule semi-développée.

1.1) Donne la formule générale d'un alcool saturé dont la molécule renferme n atomes de carbone.

1.2) Déterminer la masse molaire moléculaire MA de l'alcool A.

1.3) Montre que la formule brute de l'alcool A est C_3H_8O.

1.4) Ecris les formules semi-développées possibles de l'alcool A et nomme-les.

2) L'oxydation ménagée de l'alcool A en milieu acide par les ions dichromates $Cr_2O_7^{2-}$ en défaut donne un composé B. Le composé B donne un précipité jaune avec la 2,4-D.N.P.H. et possède des propriétés réductrices.

2.1) Donne la fonction chimique du composé B.

2.2) En déduis les formules semi-développées et les noms des composées B et A.

2.3) Etablis l'équation bilan de l'oxydation de A par les ions dichromates $Cr_2O_7^{2-}$

en milieu acide pour donner le composé B. On donne le couple $Cr_2O_7^{2-}$ / Cr^{3+}
On donne : C : 12 g/mol ; H : 1 g/mol ; O : 16 g /mol

EXERCICE 11

La combustion complète, par l'oxygène de l'air, de 0,1 mole d'un mono alcool saturé A : $C_nH_{2n+2}O$, a entraîné la formation de 6,72 L de gaz carbonique, mesuré dans les conditions normales, et de 7,2 g d'eau.

1)

1.1) Ecrire l'équation bilan de la combustion.

1.2) En déduire la formule de cet alcool.

1.3) Donner la formule semi-développée, le nom et la classe de chacun des isomères possibles.

2) Pour chacun des isomères trouvés, écrire l'équation bilan de son oxydation ménagée par une solution diluée de dichromate de potasium, en milieu acide.

3) On dispose de deux réactifs : une solution de dinitrophénylhydrazine (DNPH) et une solution du réactif de Schiff incolore.

3.1) Que permettent de tester ces réactifs ?

3.2) Ayant isolé l'entité chimique provenant de l'oxydation de A, peut-on, en utilisant ces réactifs, identifier sans ambiguïté l'alcool A ?

4)

4.1) L'alcool A a été obtenu par hydratation d'un alcène. Lequel ?

4.2) Préciser si cette hydratation conduit à un ou plusieurs des isomères trouvés à la question 1.

4.3) Donner les équations chimiques de cette hydratation.

Données :

- Masses molaires en $g.mol^{-1}$: H 1 ; C : 12 ; O : 16
- Volume molaire : V0 = 22,4 l/mol.

EXERCICE 12

La combustion complète, par l'oxygène de l'air, de 0,1 mole d'un mono alcool saturé A : $C_nH_{2n+2}O$, a entraîné la formation de 6,72 L de gaz carbonique, mesuré dans les conditions normales, et de 7,2 g d'eau.

1)

1.1) Ecrire l'équation bilan de la combustion.

1.2) En déduire la formule de cet alcool.

1.3) Donner la formule semi-développée, le nom et la classe de chacun des isomères possibles.

2) Pour chacun des isomères trouvés, écrire l'équation bilan de son oxydation ménagée par une solution diluée de dichromate de potasium, en milieu acide.
3) On dispose de deux réactifs : une solution de dinitrophénylhydrazine (DNPH) et une solution du réactif de Schiff incolore.
3.1) Que permettent de tester ces réactifs ?
3.2) Ayant isolé l'entité chimique provenant de l'oxydation de A, peut-on, en utilisant ces réactifs, identifier sans ambiguïté l'alcool A ?
4)
4.1) L'alcool A a été obtenu par hydratation d'un alcène. Lequel ?
4.2) Préciser si cette hydratation conduit à un ou plusieurs des isomères trouvés à la question 1.
4.3) Donner les équations chimiques de cette hydratation.
Données :
- Masses molaires en $g.mol^{-1}$: H 1 ; C : 12 ; O : 16
- Volume molaire : V0 = 22,4 l/mol.

EXERCICE 13

Un composé organique A est un alcool dérivant d'un alcane. La chaîne carbonée de sa molécule est ramifiée et possède 4 atomes de carbone.
L'addition progressive à chaud d'une solution acidifiée de dichromate de potassium sur cet alcool permet de mettre en évidence la formation d'un composé B dont les vapeurs rosissent un papier imbibé de réactif de Schiff et un composé C qui jaunit le bleu de bromothymol (BBT).
1) Ecrire la formule brute d'un alcool possédant 4 atomes de carbone et en déduire les formules semi-développées possibles de tous ses isomères.
2) Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.
Justifier la réponse.
3)
3.1) Ecrire les équations bilans de formation des deux produits d'oxydation B et C (bilans de A à B et de A à C). On donnera les formules semi-développées et les noms de B et de C.
3.2) Ecrire l'équation-bilan de l'oxydation de B en C.
4) A 18,5 g de l'alcool A, on a ajouté 0,2 mol de dichromate de potassium en solution aqueuse acide. En supposant le rendement de la réaction égal à 100%, déterminer la masse du produit obtenu.
Données : $M_H = 1$ g/mol ; $M_C = 12$ g/mol ; $M_O = 16$ g/mol.

EXERCICE 14

1) Définis un composé carbonylé.
2) Donne un exemple en écrivant sa formule semi-développée.
3) Un composé organique oxygéné A de masse molaire 88 $g.mol^{-1}$ contient 68,2 % de carbone ; 13,6 % d'hydrogène.
3.1) Détermine la formule brute de A.
3.2) Le composé A est un alcool à chaîne ramifiée.
Montre qu'il existe cinq formules semi-développées pour A.
3.3) On fait subir à ce composé de formule brute C5H12O une oxydation ménagée qui conduit à un composé B pouvant réagir sur la 2,4-DNPH pour donner un précipité jaune.
Donne la raison pour laquelle ce seul test ne permet pas de trouver sans ambiguïté la formule semi-développée de A.
3.4) Le composé B ne réagit pas sur la liqueur de Fehling.
3.4.1) Montre que ce constat permet de lever l'ambiguïté précédente.
3.4.2) Donne les formules semi-développées et les noms des composées A et B.
Données : Masse molaire (en $g.mol^{-1}$) : C : 12 ; H : 1 ; O : 16.

EXERCICE 15

On considère un acide carboxylique à chaîne carbonée saturée A et un alcool saturé B. n étant le nombre d'atomes de carbone dans le radical fixé au groupement fonctionnel de l'acide et n' le nombre d'atomes de carbone dans le radical fixé au groupement de la fonction alcool.
1) Exprimer respectivement les formules générales de A et B en fonction de n et n'.
2) Ecrire l'équation de la réaction entre A et B en explicitant en fonction de n et n' la formule semi-développée du corps E obtenu. Pour n = 3, la masse molaire du corps E est de 130 g/mol.
En déduire n' et préciser la formule brute de E.
3) En réalité A possède une chaîne carbonée saturée avec une ramification, quand à B son oxydation ménagée donne le corps C qui donne un précipité jaune avec la DNPH et ne rosit pas le réactif de Schiff.
Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre A et B.
4) E peut être obtenu par action d'un chlorure d'acyle G sur un alcool B. Donner une réaction donnant G. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre B et G.

EXERCICE 16

Soit un alcool noté B dont la formule brute est $C_5H_{12}O$.
1) Donner les 8 formules semi-développées des différents alcools ayant la formule brute C5H12O et préciser leur nom.
2) Des analyses montent que le molécule de B est ramifiée et possède un atome de carbone asymétrique (lié à quatre atomes ou groupes d'atomes différents). Ainsi l'oxydation ménagée de B par le permanganate de potassium en milieu acide donne, entre autres, un acide carboxylique.
2.1) Montrer, en justifiant votre réponse, que B est le 2-méthylbutan-1-ol.
2.2) Indiquer l'atome de carbone asymétrique dans la formule semi-développée de B par un astérisque (C*).
2.3) Donner la formule semi-développée et le nom de l'acide carboxylique obtenu par oxydation ménagée de B. Ecrire les démi-équations puis l'équation-bilan de la réaction d'oxydation ménagée de l'alcool B par ion permanganate en milieu acide.
3) On fait réagir l'acide éthanoïque avec l'alcool B.
3.1) Ecrire l'équation bilan de kla réaction et nommer le produit organique obtenu à la fin de la réaction. Préciser les caractères de cette réaction.
3.2) Les masses utilisées de l'acide éthanoïque et de l'alcool B sont respectivement m_A = 15 g et m_B = 22 g. Calculer la masse du produit organique obtenu à la fin de la réaction. Préciser les caractères de cette réaction sachant que le rendement de la réaction est 66,7%.
4) Il existe des méthodes plus avantageuses pour préparer le produit organique obtenu à la question 3). Lesquelles ?
En quoi sont-elles plus avantageuses ? Ecrire l'équation bilan de la réaction correspondant à l'une de ces méthodes.

EXERCICE 17

On dispose d'un alcool A de formule $C_4H_{10}O$.
1) A peut donner un corps B pouvant réduire la liqueur de Fehling et donner une réaction de précipitation avec la dinitrophénylhydrazine (DNPH).
1.1) Donner le nom et la formule de B sachant que sa chaine est linéaire.
1.2) Quel est le nom et la classe de l'alcool A ?
2) Par oxydation énergétique B peut donner C. Donner le nom et la formule de C
3) C réagit avec le chlorure de thionyle (SOCl2) en donnant un corps D. Quel est le nom du corps D ? Donner l'équation de la réaction ?
4) Deux molécules du corps C, en présence d'un déshydratant efficace tel que

P_4O_{10} peuvent donner un corps E. Quelle est la formule semi-développée de E ?
5) On peut obtenir un ester soit
5.1) Par action de D sur A
5.2) Par action de E sur A
Ecrire les équations des réactions.

EXERCICE 18

On considère une solution A d'acide 2-méthylbutanoïque.
1) Donner la formule développée de cet acide. Par décarboxylation en présence d'alumine, on obtient un produit B qui donne une réaction de précipitation avec la DNPH et ne réduit pas le réactif de Schiff.
Donner la formule semi-développée et le nom de B.
2) Sur la solution A on fait agir une solution de chlorure de thionyle et on obtient, entre autre, un produit organique C.
Donner la formule semi-développée de C en mettant en exergue son groupement fonctionnel. Quel est le nom de la fonction chimique mise en évidence ? Donner le nom de C. (L'écriture de l'équation de la réaction chimique n'est pas demandée).
3) Lorsqu'on fait agir une solution de C sur du méthanol, on obtient entre autre, un composé organique D.
3.1) Ecrire l'équation chimique correspondante, donner la formule semi-développée de D et préciser le nom de sa fonction chimique.
3.2) Comparer cette réaction à celle de A sur le méthanol et conclure.

EXERCICE 19

1. Butan-2-ol
1.1) Ecrire sa formule semi-développée et préciser à quelle classe d'alcool il appartient.
1.2) Donner les formules semi-développées de deux isomères du butan-2-ol n'appartenant pas à la même classe que lui et étant, eux-même, de classes différentes.
2) Estérification du butan-2-ol isomère de l'ester formé.
2.1) L'action de A sur l'acide propanoïque B conduit à la formation d'un ester E. Ecrire l'équation de la réaction. Donner ses caractéristiques
2.2) A partir de l'anhydride propanoïque ou du chlorure de propanoyle, proposer une méthode d'obtention plus rapide et plus complète et écrire l'équation de la réaction correspondante.

3) A partir de la formule semi-développée de E, qu'on explicitera, le nommer en expliquant le procédé utilisé pour la nomenclature des esters.
Ecrire la formule semi-développée d'un ester isomère de E et le nommer.

EXERCICE 20

1) Un composé organique de formule CxHyO contient en masse 64,86% de carbone et 21,6% d'oxygène.
a) Quelle est la masse molaire du composé ?
b) Quelles sont les valeurs de x et de y ?
c) Déterminer les noms et les formules semi-développées possibles de ce composé qui est un alcool.
2) On considère deux produits isomères A et B de cet alcool.
Le composé A par chauffage sur l'alumine donne un seul alcène C.
Le composé B par chauffage sur l'alumine donne un mélange de deux alcènes C et D.
L'oxydation de A par le dichromate de potassium en milieu acide donne, entre autre un produit qui réagit avec le réactif de Tollens;
L'oxydation de B dans les mêmes conditions conduit à un produit ne réagissant pas avec le réactif de Tollens, ni avec la liqueur de Fehling mais seulement avec la D.N.P.H.
Donner les formules semi-développées et les noms des composés A, B, C et D.

EXERCICE 21

On procède à l'oxydation ménagée d'une masse m = 2,15 g d'un alcool saturé A à l'état d'acide carboxylique avec un rendement de 80%. Tout l'acide formé est dissous dans trois huitièmes de litre d'eau pure. On dose 10 mL de cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration égale à $2{,}9.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré convenable. Le virage de cet indicateur a lieu lorsque l'on a versé 18 mL de la solution de soude.
1) Donner la masse molaire moléculaire et la formule brute de l'alcool A.
2) Ecrire la formule semi-développée et donner le nom et la classe de tous les alcools à chaînes ramifiées isomères de l'alcool A.
3) Sachant que tous les atomes d'hydrogène que contient le seul radical lié au carbone fonctionnel appartient à des groupes méthyle, écrire la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.
4) Quels sont le nom et la formule semi-développée de l'acide formé ?

EXERCICE 22

Un composé organique A de densité de vapeur $d = 2{,}55$ contient dans sa formule du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Une analyse élémentaire montre qu'il renferme 64,8% de carbone et 13,8% d'hydrogène.

1) Déterminer sa masse molaire moléculaire et en déduire sa formule moléculaire brute.

2) Le composé organique A, traité par une solution diluée de dichromate de potassium en milieu acide, prend une coloration verte. Que peut-on en déduire et quelle est la fonction organique de A ?

3) Le composé N extrait de la solution obtenu ne réagit pas avec la liqueur de Fehling mais donne des cristaux jaunes avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (D.N.P.H.).

a) Donne la formule semi-développée de A et son nom.

b) Ecrire la formule semi-développée de B et le nommer.

4) Le composé A est obtenu par hydratation d'un alcène D en milieu acide. Déterminer les formules semi-développées possibles de D.

EXERCICE 23

La solution de dichromate de potassium utilisée, en milieu acide est «jaune orange».

Quatre flacons contiennent respectivement un alcool, un aldéhyde, une cétone et un acide carboxylique.

1) Se proposant d'identifier les produits, effectue les tests conformément au tableau ci-dessous:

	$Cr_2O_7^{2-}$ en milieu acide	DNPH	Réactif de Schiff	Liqueur de Fehling
A	Solution orange	Solution jaune	Solution incolore	Solution bleue
B	Solution verte	Solution jaune	Solution incolore	Solution bleue
C	Solution verte	Solution jaune	Solution violette	Solution rouge brique
D	Solution orange	Précipité jaune	Solution incolore	Solution bleue

Déterminer, justification à l'appui, les fonctions chimiques de A, B, C et D.

2) En faisant réagir du dichromate de potassium en milieu acide sur B, on obtient C et A.
2.1) Sachant que B est un composé à radical alkyle de trois atomes de carbone, donner les formules semi-développées et les noms de A, B, C.
2.2) On considère la formation de C à partir de B par action, en milieu acide, du dichromate de potassium.
Ecrire les demi-équations électroniques des couples $Cr_2O_7^{2-}$ / Cr^{3+} et C/B ; en déduire l'équation résumant la réaction d'oxydoréduction.
3) Comparer les réactions de A sur B et de E sur B et conclure.

EXERCICE 24

L'hydrolyse d'un ester E a fourni un acide carboxylique A et un alcool B.
1) Détermination de la formule de l'alcool B
L'analyse élémentaire a permis la détermination de la formule brute de B : $C_4H_{10}O$.
1.1) L'oxydation ménagée de B par une solution de dichromate de potassium en milieu acide fournit un composé B'. Ce composé B' :
- réagit avec une solution de D.N.P.H.;
- ne réagit ni avec une solution de nitrate d'argent ammoniacal (ou réactif de Tollen), ni avec la liqueur de Fehling.
Que peut-on en conclure pour B ? Donner la formule semi-développée de B ainsi que celle du composé B'.
A quelle fonction B' appartient-il ? Donner le nom de B'.
1.2) La molécule de B est-elle chirale ? Justifier la réponse.
2) Détermination de la formule de A.
La composition centésimale massique du composé A est la suivante : carbone : 48,6% ; hydrogène : 8,1 % ; oxygène : 43,2%.
Sachant que la masse molaire moléculaire du composé A est M = 74 $g.mol^{-1}$; déterminer sa formule brute, sa formule semi-développée et son nom.

EXERCICE 25

1) On oxyde une masse m = 13,2 g d'un mono-alcool saturé A par un oxydant en excès. La dissolution dans l'eau distillé du produit de cette oxydation donne une solution S de volume V = 100 cm^3. On prélève un volume Va = 20 cm^3 de S que l'on dose par une solution molaire S' d'hydroxyde de sodium. L'équivalence

acido-basique est obtenue pour un volume Vb = 30 cm^3 de S'.
Déterminer :
a) La masse molaire moléculaire de l'alcool A.
b) La formule brute de A
On donne les masses molaires atomiques suivantes en g/mol :
O = 16; H = 1 ; C = 12
c) Ecrire les formules semi-développées et donner les noms de tous les alcools isomères de A.
2) Par la suite, on considère l'isomère C le plus ramifié. On effectue l'oxydation ménagée de C ; le produit obtenu donne un test négatif/positif avec la DNPH et négatif/positif avec le réactif de Schiff. Choisir les termes qui conviennent et justifier le choix.

EXERCICE 26

1) L'analyse d'un corps indique les pourcentage et masses suivants : C: 85,71% H : 14,29%.
La densité de vapeur de ce corps est d = 1,93.
Donner :
a) Sa formule brute.
b) Ses isomères et leurs noms.
2) L'hydratation de l'un des isomères en présence d'un catalyseur approprié conduit à deux alcools A et B.
On notera A l'alcool qui correspond à la classe la plus élevée.
On réalise l'oxydation ménagée de A à l'aide d'une solution aqueuse de permanganate de potassium en milieu acide On constate un changement de couleur.
On obtient un seul produit C.
L'oxydation de B conduit à deux produits D et E.
a) Identifier l'isomère en question et donner son nom.
b) Donner les formules semi-développées et les noms de A, B, C, D et E. Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique qui conduit de A à C.
c) Préciser la couleur du milieu réactionnel avant et après la réaction.
d) On fait subir aux produits C et D différents tests dans le but de vérifier leurs fonctions chimiques.
- Que donne le test du 2,4-dinitrophenylhydrazine ?
- Que donne le test de la liqueur de Fehling ?

EXERCICE 27

Données numériques : $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$; $M(C) = 12\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$.
Toutes les mesures de pH sont faites à 25°C.

1) Un composé bifonctionnel A contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène à la composition centésimale en masse suivante :

- pourcentage en carbone : 32,43
- pourcentage en oxygène : 64,86

Sa densité à l'état gazeux par rapport à l'air est $d = 2,55$.
Déterminer sa masse molaire moléculaire et en déduire sa formule brute.

2) La solution aqueuse du composé A prend une coloration rouge en présence de l'hélianthine.
Par ailleurs, on fait réagir le composé A avec de la liqueur de Fehling ; on observe après chauffage, la formation d'un précipité rouge brique.
a) Quelles informations peut-on déduire des tests précédents ?
b) Ecrire la formule développée du composé A.

3) Le composé A, traité par une solution diluée de dichromate de potassium en milieu acide, prends une coloration verte ?
a) Que pet-on en déduire ?
b) Ecrire les deux demi-équations électroniques d'oxydation et de réduction. En déduire l'équation-bilan d'oxydo-réduction traduisant l'action des ions dichromate sur le composé A.

4) Le composé organique A peut être obtenu par oxydation ménagée incomplète d'un autre composé bifonctionnel B dont les groupes fonctionnels sont identiques.
Par action du sodium métallique (sans trace d'eau) sur le composé B, les deux groupes fonctionnels réagissent. Il se forment un composé ionique D avec un dégagement gazeux.
a) Identifier le composé B en précisant sa formule semi-développée et son nom en nomenclature officielle.
b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui s'est produite.

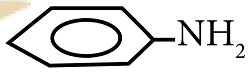
5) On considère une solution aqueuse du composé D de concentration molaire volumique $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction du composé D avec l'eau.
b) Calculer le pH de la solution obtenue
c) Déterminer le volume V' d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C' = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ qu'il faut verser dans un volume $V = 20\ cm^3$ de la solution aqueuse précédente de D pour obtenir un mélange de pH = 7 à 25°C

Chapitre
16
AMINES

I- Les amines

Les amines sont des composés comportant un atome d'azote lié à au moins un groupement alkyle ou phényle.
Elles sont obtenues par remplacement dans la molécule d'ammoniac d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène par des groupes alkyles ou un noyau benzénique.
Formule générale brute : $C_nH_{2n+3}N$
Groupe caractéristique : $(R_1)-\underset{\substack{| \\ (R_2)}}{N}-(R_3)$

Exemple : $CH_3\text{-}NH_2$
Methylamine


Phenylamine

II- Les trois classes d'amines

1) Formules

Selon le nombre de groupes carbonés liés à l'atome d'azote, on distingue trois classe d'amines :

<u>Amines primaires</u>

Une amine est dite primaire si l'atome d'azote est lié à deux (2) atomes d'hydrogène. Sa formule générale est : $R\text{-}NH_2$ $\qquad CH_3\text{-}NH_2$

<u>Amine secondaire</u>

Une amine est dite secondaire si l'atome d'azote est lié à (1) atome d'hydrogène.
Sa formule générale est : R-NH-R' $\qquad CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}CH_3$

<u>Amines tertiaires</u>

Une amine est dite tertiaire si l'atome d'azote est lié à zéro (0) atome d'hydrogène. Sa formule générale est : $R-\underset{\substack{| \\ R''}}{N}-R'$ $\qquad CH_3\text{-}CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{N}-CH_3$

2) Nomenclature

<u>Amines primaires</u>

Le nom de l'amine s'obtient à partir de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le «e» finale par «amine» précédé du numéro de l'atome de carbone fonctionnel qui doit être le plus petit possible.

<u>Amines secondaires et tertiaires</u>

Si les groupes substituants sont identiques, l'anime est symétrique. On la nomme comme une amine primaire en ajoutant les préfixes di ou tri.

Si les groupes substituants sont différents, l'amine est mixte. On donne le nom de l'amine primaire formée avec la chaine la plus longue.

Les noms des autres groupes carbonés liés à l'atome d'azote sont mentionnés devant celui de l'atome précédé de la lettre N pour indiquer qu'ils sont liés à l'atome d'azote.

III- Propriétés chimiques des amines

Les amines sont des bases faibles. Cette propriété est due au doublet non liant porté par l'atome d'azote. Ce doublet est susceptible de capter un proton.

$R\text{-}NH_2 + H_3O^+ \longrightarrow R\text{-}NH_3^+ + H_2O$

Caractère nucléophile des amines

Réactifs nucléophiles et électrophiles

Un réactif nucléophile est un réactif riche en électron qui est attiré par des centres pauvres en électrons.

Le doublet liant de l'azote confère aux amines et à l'ammoniac un caractère nucléophile.

Un réactif électrophile possède un centre pauvre en électrons.

Exemple : Iodure de méthyle $^{+\delta}CH_3 - I^{-\delta}$

L'atome d'iode est plus électronégatif que le carbone. La liaison $C-I$ est très polarisée. L'atome de carbone qui présente un déficit en électron est site électrophile.

Réaction entre une amine tertiaire et l'iodure de méthyle : Réaction d'Hofmann

Equation bilan

$(C_2H_5)_3N + C_2H_5\text{-}I \longrightarrow (C_2H_5)_4N^+ + I^-$

Triéthylamine iodure d'éthyle iodure de tétraéthylammonium

EXERCICE 1

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonnes(s) réponses(s).

	A	B	C
Les amines ont pour formules générales brutes	$C_nH_{2n+2}N$	$C_nH_{2n+2}O$	$C_nH_{2n+3}N$
Les amines sont	Acides	bases faibles	bases fortes
La réaction de Hofmann est	une réaction entre amine primaire et un amine secondaire	une réaction entre une amine tertiaire et un halogenoalcane de formule R-X	une réaction entre une amine et un alcool
$H_3C - C - NH_2 + H_3C - I$ conduit à	$H_3C - NH - CH_3 + HI$	$H_3C - NH_2 - CH_3 + H_2O$	$H_3C - \underset{\substack{\vert \\ HI}}{NH} - CH_3$
Il existe combien de classes d'amines	3	4	5

EXERCICE 2

Ecrire les formules semi-développées des composés suivants:

a) propan-2-amine ;
b) 2-méthylbutylamine ;
c) N-méthylpropan-2-amine ;
d) N-éthyl N-méthyl-2-méthylbutan-1-amine
e) butane-1,3-diamine ;
f) 1-aminobutan-2-ol ;
g) hexane-1,3,6-triamine ;
h) N,N-diméthylbutan-2-amine ;
i) N-méthyl-2-méthylpropan-1-amine ;
j) 5-éthyl-3-métyl-7-phénylheptan-2-amine.

EXERCICE 3 Nomenclature

Nommer les composés suivants

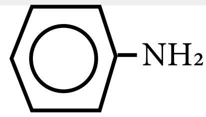
a) $CH_3 - CH_2 - NH - CH_2 - CH_3$

b) $NH_2 - \underset{\substack{\vert \\ C_2H_5}}{CH} - CH_3$

c) $C_2H_5 - \underset{\substack{\vert \\ C_2H_5}}{CH} - NH - C_2H_5$

d) $C_6H_5 - \underset{\substack{\vert \\ CH_3}}{N} - C_2H_5$

e) $C_6H_5 - \underset{\underset{C_2H_5}{|}}{N} - C_2H_5$

f) 

g) $CH_3 - \overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}} - CH_3$

h) $NH_2 - CH_2 - CH_3$

i) $CH_3 - \underset{\underset{C_2H_5}{|}}{N} - CH_2 - CH_2 - CH_3$

EXERCICE 4 Nomenclature et classe des amines

Donner les formules semi-développées des amines de formules brutes $C_4H_{11}N$. Préciser leur classe et leur nom.

EXERCICE 5 Propriétés chimiques des amines

Compléter les équations des réactions chimiques suivantes. On écrira les formules semi-développées, on nommera les composées intervenant dans chaque réaction.

a) $CH_3 - CH_2 - NH_2 + CH_3 - I \longrightarrow$

b) $CH_3 - CH_2 - NH - CH_3 + CH_3 - CH_2 - I \longrightarrow$

c) diméthylamine + eau $\longrightarrow$

EXERCICE 6 Formule brute et classes des amines

Trouver la formule brute des amines C_xH_yN. x et y étant des nombres entiers. Cette formule brute est-elle la même dans le cas d'une aminé primaire, secondaire, tertiaire ?

EXERCICE 7

On donne la formule générale C_xH_yN d'une amine aromatique comportant un seul cycle benzémique.

1. Montrer que $x = n+6$ et $y = 2n + 7$, n désignant le nombre d'atomes de carbone qui ne font pas partie du cycle benzémique.

2. La microanalyse d'une telle amine fournit un pourcentage en masse de 11,57%

d'azote.

2.1. Déterminer n

2.2. Donner les différents isomères et leur nom.

Masses molaires atomiques en g/mol : M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(N) = 14 ; M(Na) = 23.

EXERCICE 8

1. Donne la formule brute d'une amine aliphatique primaire contenant n atomes de carbone.
2. Exprime en fonction de n le pourcentage en masse d'azote qu'elle contient.
3. Une amine aliphatique de masse m = 1,77 g contient 0,42 g d'azote.

Montre que cette amine a pour formule brute C_3H_9N.

4. Ecris les formules semi développées, les noms et les classes des isomères de cette amine.

EXERCICE 9

On dissout 7,5 g d'une amine aliphatique A dans l'eau pure ; ce qui permet d'obtenir un litre de solution. Un échantillon de cette solution dosée révèle une concentration de 0,1027 mol/L.

1. En déduis la masse molaire de l'amine A et sa formule brute.

On donne les masses molaires en g/mol : C = 12 ; H = 1 ; N = 14 ; O = 16

2. L'action de l'iodométhane sur l'amine A permet d'obtenir une amine secndaire, une amine tertiaire, ainsi qu'un iodure d'ammonium possible de A.
3. L'amine obtenue contient un carbone lié à 4 groupements différents.

En déduire sa formule semi-développées.

4. Ecrsi l'équation bilan de la réaction de dissolution de cette amine dans l'eau.
5. En déduire le caractère mise en évidence dans cette réaction.
6. Donne les formules semi-développées et les noms des amines et de l'ion ammonium quaternaire obtenus par l'action de l'iodométhane avec l'amine A.
7. Ecris l'équation bilan de la réaction de l'iodométhane sur l'amine tertiaire.
8. En déduis le caractère mise en évidence dans cette réaction.

EXERCICE 10

On dissout 7,5 g d'une amine aliphatique A dans de l'eau pure de façon à obtenir un litre de solution. On dose un volume $V_1 = 40$ mL de cette solution par de l'acide chlorhydrique de concentration $C_2 = 0{,}2$ mol.L^{-1}.
1. Déterminer la concentration molaire C1 de la solution d'amine.
En déduire la masse molaire de l'amine A et sa formule brute.
2. Quelles sont les formules semi-développées possibles de A ?
les nommer.
3. On sait par ailleurs que la molécule de l'amine A contient un atome de carbone tétraédrique lié à quatre groupes d'atomes différents.
Ecris sa formule semi-développée.

EXERCICE 11 Détermination de la formule d'une amine aromatique.

On considère une amine aromatique de formule générale C_xH_yN ne comportant qu'un seul cycle.
1. Exprimer x et y en fonction du nombre n d'atomes de carbone qui ne font pas partie du cycle.
2. La microanalyse d'une amine fournit, pour l'azote, un pourcentage en masse de 13,08%.
2.1. Déterminer n.
2.2. Ecrire les formules développées des différents isomères et donner leurs noms.
3. L'un des isomères est une amine secondaire. Quels produits obtient-on lorsqu'on le traite par de l'iodométhane ?
On supposera que l'amine de départ est en excès.

Indication : La réaction se poursuit jusqu'à la formation de l'amine tertiaire correspondant.

EXERCICE 12 Détermination de la formule d'une amine.

1. En combien de classes les amines peuvent-elles être repartie ?
Donner la formule générale des amines, indique pour toutes les classes.
2. Soit une amine tertiaire A. Par action sur du 1-iodobutane en solution dans l'éther, on obtient un précipité blanc ; l'analyse de ce corps montre qu'il s'agit d'un solide ionique dissymétrique.

2.1. Ecrire l'équation de la réaction.
2.2. Quelle propriété des amines cette réaction met-elle en évidence ?
3. Une solution aqueuse de l'amine A, de concentration molaire C = 0,2 $mol.L^{-1}$ a été obtenue en dissolvant 20,2 g d'amine pour 1L de solution.
En déduire sa masse molaire, sa formule brute.

EXERCICE 13 Détermination de la formule d'une amine.

Une amine A de formule brute $C_4H_{11}N$ réagit sur l'iodoéthane en au moins deux étapes.
1. Que peut-on en conclure quant à la classe de l'amine ?
2. Lors de l'action de l'iodoéthane sur A, on constate qu'une mole de A peut fixer deux moles d'iodoéthane. La classe de l'amine est-elle totalement déterminée ? Quelles sont les formules semi-développées possibles pour l'amine A ?
3. Quand on fait réagir un excès d'iodométhane sur l'amine A, on obtient un composé de formule :
$[(CH_3)_3N - CH_2 - CH_2 - CH_3]^+ I^-$. En déduire la formule semi-développée de A.
4. L'amine a-t-elle des propriétés acido-basiques ? si oui, quelle en est l'origine ?

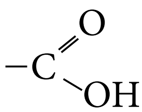
Chapitre 17 ACIDES CARBOXYLIQUES ET DÉRIVÉES

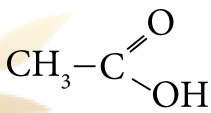
I- Les acides carboxyliques

1) Nomenclature et formule

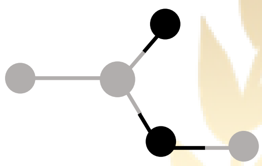
a) Définition

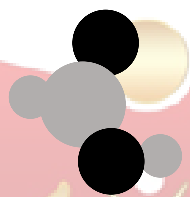
Un acide carboxylique est un composé comportant le groupe fonctionnel carbonyle.



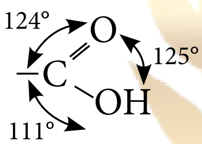
Exemple : Acide éthanoïque : 

b) Géométrie du groupe carboxyle



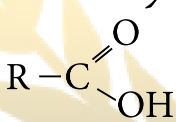


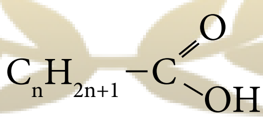
Le groupe carboxyle a une structure plane



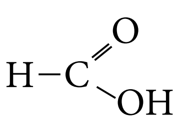
Liaison	C═O	121 pm
Liaison	C—O	134 pm
Liaison	O—H	97 pm

c) Formule des acides carboxylique

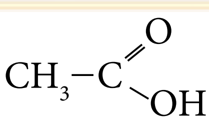
Formule générale :  ou RCOOH

Formule des acides alcanoïques :  ou $C_nH_{2n}O_2$

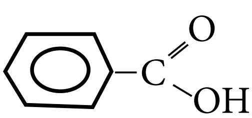
d) Nomenclature

1 

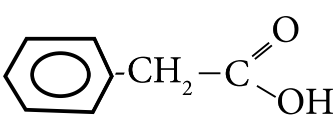
Acide méthanoïque

2 

Acide éthanoïque

3 

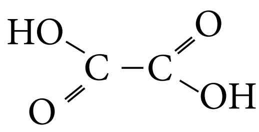
Acide benzoique
Acide benzène carboxylique

4 

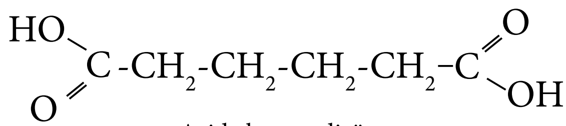
Acide phényléthanoïque

Le nom de l'acide est obtenu en remplaçant la terminaison «e» de l'hydrocarbure à chaîne carbonée la plus longue comportant le groupe carboxyle par «oïque» et en faisant précéder le mot ainsi obtenu par «acide» le sens de numérotation est tel que l'atome de carbone du groupe carboxyle porte le numéro 1.

Diacides

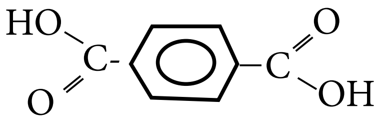
5 

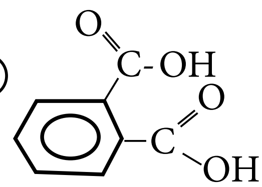
Acide éthdioïque

6 

Acide hexanedioïque

Cas des diacides : Ils possèdent deux groupes carboxyles : On prend le nom de l'alcane correspondant, suivi de «dioïque»

7 

8 

Acide gras (Acides à longue chaine carbonée obtenus à partir des corps gras).

- A chaine carbonée saturée

Acide stéarique (C18) $C_{17}H_{35}COOH$

Acide palmitique (C16) $C_{15}H_{31}COOH$

- A chaine carbonée insaturée

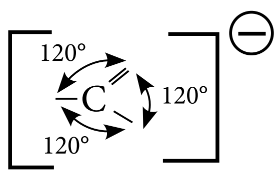
Acide Oléique $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

2) Propriétés acides

a) Réaction avec l'anion OH^- (Base forte)

Acide carboxylique — Ion carboxylate

b) Structure de l'ion carboxylate



Liaison C-O : 127 pm

L'ion carboxylate a une structure plane et symétrique

c) Les acides carboxyliques : des acides faibles

Acide méthanoïque à $C = 10^{-1}$ mol/l

pH = 2,4 ; $-\lg C = 1 \neq pH$

Acide éthanoïque à $C = 10^{-2}$ mol/l

pH = 3,4 ; $-\lg C = 2 \neq pH$

Conclusion : Les acides carboxyliques sont des acides faibles.

3) Préparation des acides carboxyliques

Les acides carboxylique sont préparés

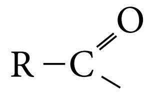
- par oxydation des alcools et des aldéhydes
- par hydrolyse des dérivés d'acides carboxyliques.

4) Réactions des acides carboxyliques

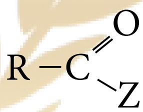
Ce sont principalement des réactions de préparation des dérivés d'aides carboxyliques.

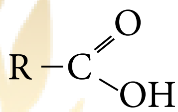
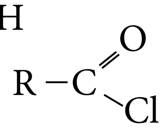
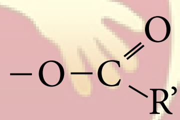
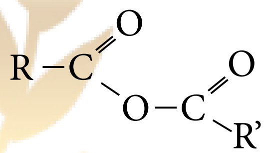
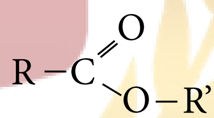
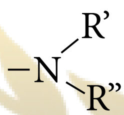
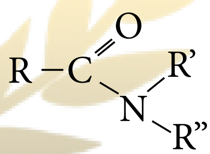
- préparation des chlorures d'acyles
- préparation des esters
- préparation des anhydrides d'acides
- préparation des amides

II- Les dérivés d'acides carboxyliques

Les dérivés d'acides carboxyliques sont des composés comportant le groupe acyle. 

Ils résultent formellement du remplacement du groupe hydroxyle -OH de l'acide carboxylique par un groupe Z.

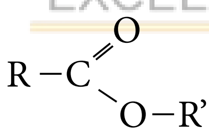
Formule générale : 

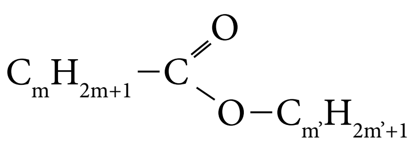
- Z est un groupe hydroxyle -OH — Acide carboxylique 
- Z est un atome de chlore -Cl — Chlorure ou Chlorure d'acide 
- Z est un groupe carboxylate  — Anhydride d'acide 
- Z est un groupe alcoxy $-O-R'$ — Ester 
- Z est un groupe amino  — amide 

III- Les esters

1) Nomenclature et formule

a) Formule

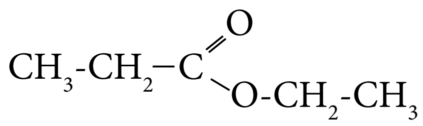
Formule générale  ou RCOOR'

Formule des alcanoate d'alkyles  ou $C_nH_{2n}O_2$

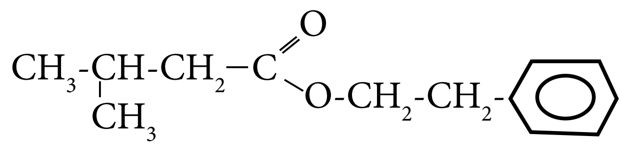
b) Nomenclature

Le nom d'un ester est obtenu à partir du nom de l'acide carboxylique duquel il dérive en supprimant le mot «acide», en remplaçant la terminaison «ique» ou «ïque» par «ate», en ajoutant la préposition «de» (ou d') et complétant par le nom du groupe R'.

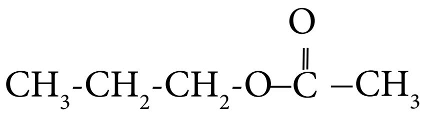
Exemples :

1 

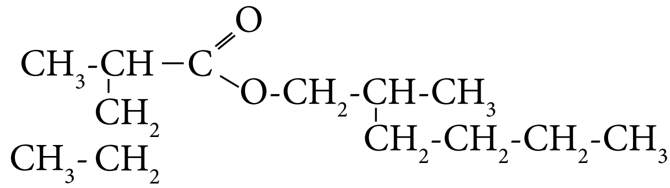
Propanoate d'éthyle

2 

3-méthylbutamoate de 2-phenyléthyle

3 

Ethanoate de propyle

4 

3-méthylpentanoate de 2-méthyhexyle

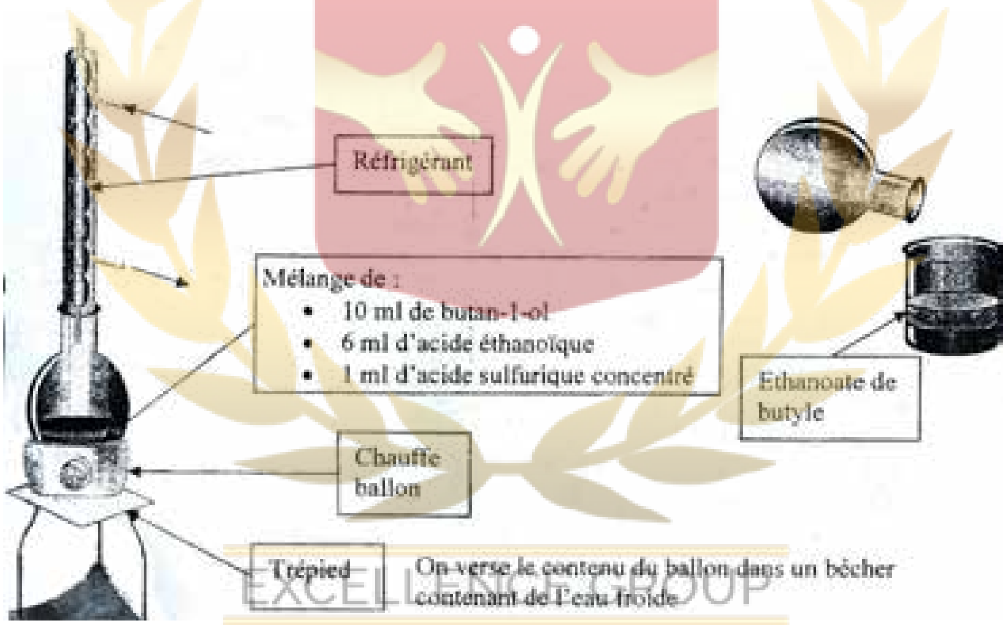
2) Préparation des esters : estérification

a) Définition

L'estérification est réaction de condensation entre un alcool et un acide carboxylique ou un dérivé d'acide carboxylique, au cours de laquelle l'on obtient un ester.

b) Estérification directe : Réaction entre un acide carboxylique et un alcool

Expérience



Equation et caractéristiques

$$\underset{\text{Acide carboxylique}}{R-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix}} + \underset{\text{Alcool}}{R'OH} \underset{\text{Hydrolyse}}{\overset{\text{Estérification}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Ester}}{R-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix}} + \underset{\text{Eau}}{H_2O}$$

t=0	n	n	0	0
t infini	1/3 n	1/3 n	2/3n	2/3n

La réaction d'estérification est très lente, limitée et réversible, athermique, la limite d'estérification est indépendante de la température et de la présence ou non d'un catalyseur. Toutefois, la présence d'un catalyseur et l'élévation de la température permettent d'atteindre cette limite plus rapidement. Pour augmenter le rendement, il faut limiter l'hydrolyse par distillation de l'ester ou par élimination de l'eau.

Remarque :

- La réaction d'estérification est une réaction de condensation avec élimination d'une molécule d'eau. (Condensation = réaction d'addition au cours de laquelle une petite molécule est éliminée).
- Il est possible en utilisant des isotopes traceurs (${}^{16}_{8}O$ et ${}^{18}_{8}O$) de savoir comment se forme la molécule d'eau. On sait ainsi que pour les alcools primaires et secondaires, l'atome d'oxygène de l'eau provient de l'acide.

Notion de rendement

1) Définition

Le rendement η (ou r) désigne le rapport entre la quantité de produit obtenue et la quantité maximale qui serait obtenue si la réaction était total. Il est sans dimension et compris entre 0 et 1 (0% et 100%).

Le rendement chimique rend compte de l'efficacité de la réaction chimique étudiée.
$$\eta = \frac{\text{Masse du produit obtenu}}{\text{Masse du produit théorique}} = \frac{\text{Nombre de moles du produit obtenu}}{\text{Nombre de moles théoriques}}$$

La masse de produit obtenu est la masse synthétisée. Elle est déterminée par pesée du produit obtenu. La masse de produit théorique est la masse de produit correspondant à un rendement de 100%. Elle doit donc être calculée à partir de la masse des réactifs.

2) Calcul de rendement

- Ecrire l'équation bilan de la réaction
- Déterminer les quantités de matières (nombre de moles) effectives des réactifs
- Déterminer le réactif limitant (ou en défaut)
- Calculer la quantité de matière théorique du (ou des) produit (s) obtenus.
- Calculer le rendement en faisant le rapport de la quantité de matière réelle du produit par la quantité théorique du produit.

3) Rendement de l'estérification

La réaction d'estérification directe a un rendement inférieur à 1. A titre d'exemple, si les réactifs sont mélangés mol à mol, l'estérification des alcools primaires a un rendement maximal de 67%, les alcools secondaires de 60% et les alcools primaires de 5%.

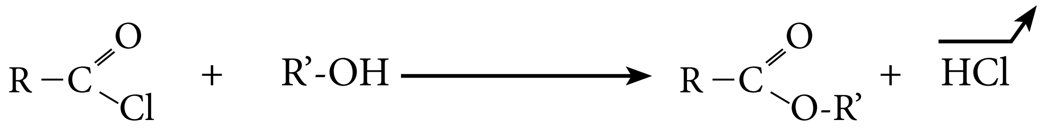
Exemple d'application : calcul d'un rendement

On fait réagir en présence d'ions H^+(aq), un volume $V_{éth}$ = 30,0 mL d'éthanol avec une masse m = 15,0g d'acide méthanoïque. A l'aide de titrages acidobasiques, on

a déterminé expérimentalement la quantité d'ester formé soit 0,26 mol.
Déterminer le rendement r de cette réaction d'estérification sachant que la masse volumique de l'éthanol est $\mu_{éth} = 0,785\ g.mL^{-1}$.

c) Estérification indirecte

Réaction entre un alcool et un chlorure d'acyle

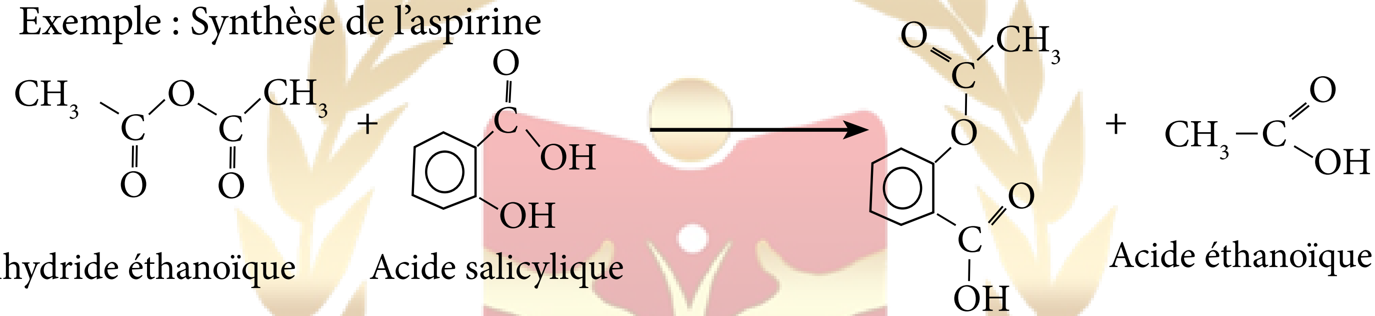


Réaction rapide, totale et exothermique

Réaction entre un alcool et un anhydride d'acide

Réaction rapide et totale

Exemple : Synthèse de l'aspirine



Anhydride éthanoïque — Acide salicylique — Acide acétylsalicylique — Acide éthanoïque

3) Réactions des esters

a) Hydrolyse (réaction avec l'eau)

Elle limite la formation de l'ester, elle est lente, athermique et limitée (par la réaction d'estérification).

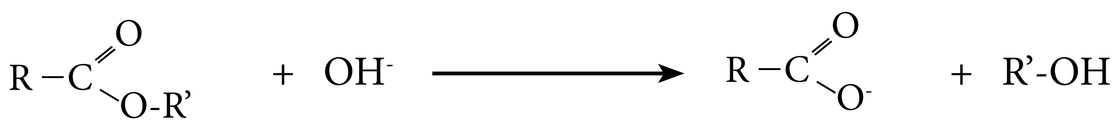
b) Ammonolyse (réaction avec l'ammoniac) et les amines

Elle sert à la préparation d'amides et d'alcools.

c) Saponification des esters

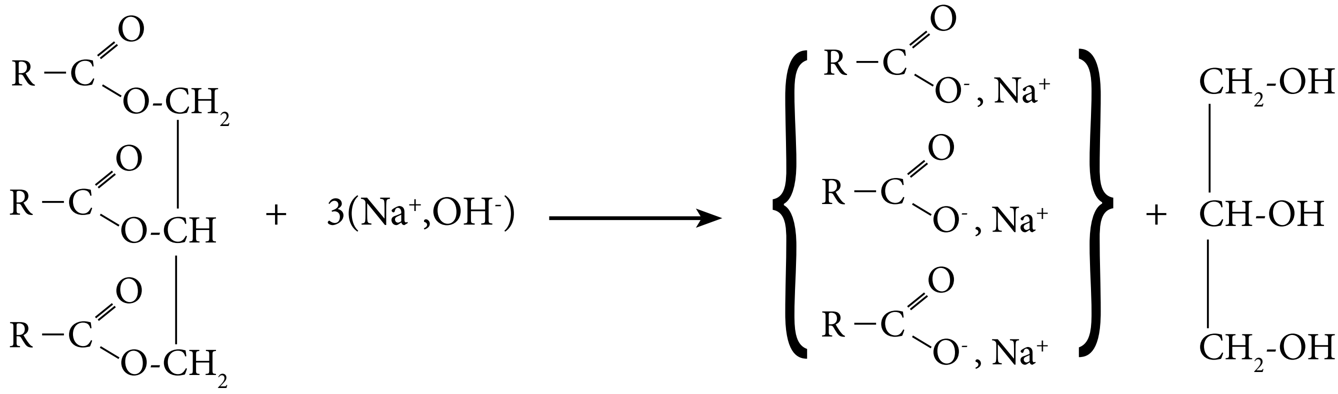
Définition

La réaction de saponification est la réaction des ions OH- sur les esters. C'est l'hydrolyse des esters en milieu basique. Elle donne comme produits de l'alcool et des carboxylates appelés savons.



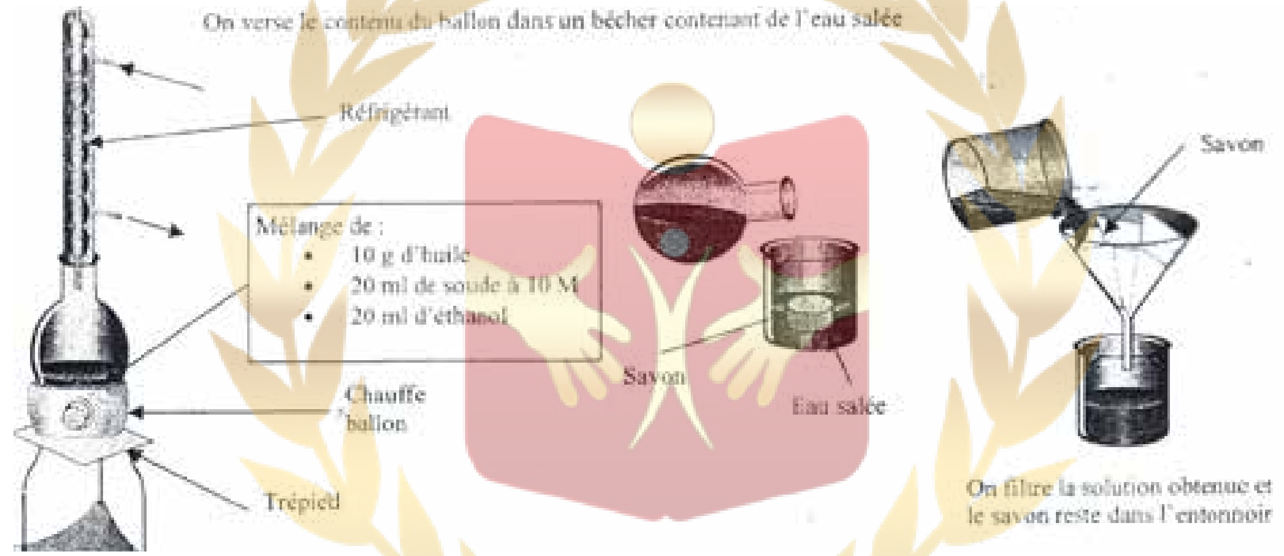
Réaction lente et totale

Exemple de saponification



Triester (Corps gras) Savon Glycérol

Préparation d'un savon



4) Polyesters

Les polyesters sont obtenus par des réactions de polycondensation, c'est-à-dire une suite de réaction d'addition dans lesquelles de petites molécules sont éliminées.

Exemple :

Glycol + Acide téréphtalique $\longrightarrow$ polyéthylène théréphtalate (PETP) + méthanol

IV- Chlorure d'acyle (ou Chlorure d'acide)

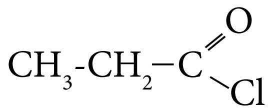
1) Nomenclature et formule

a) Formule

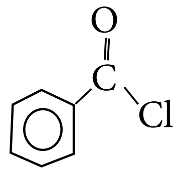
Formule générale	Formule des chlorures d'alcanoyles
$R-C \begin{smallmatrix} \nearrow O \\ \searrow Cl \end{smallmatrix}$	$C_nH_{2n+1}-C \begin{smallmatrix} \nearrow O \\ \searrow Cl \end{smallmatrix}$ ou $C_nH_{2n-1}ClO$

b) Nomenclature

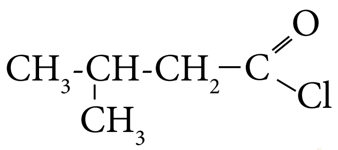
Le nom du chlorure d'acyle est obtenu en remplaçant le mot «acide» dans le nom de l'acide dont il dérive par «chlorure de» (ou chlorure d') et la terminaison «ique» ou «ïque» du nom de l'acide par «yle».

① 

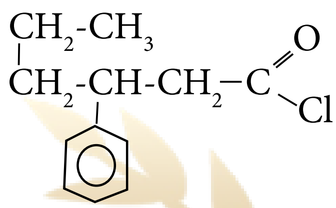
Chlorure de propanoyle

② 

Chlorure de phénylmethanoyle

③ 

Chlorure de 3-méthylbutanoyle

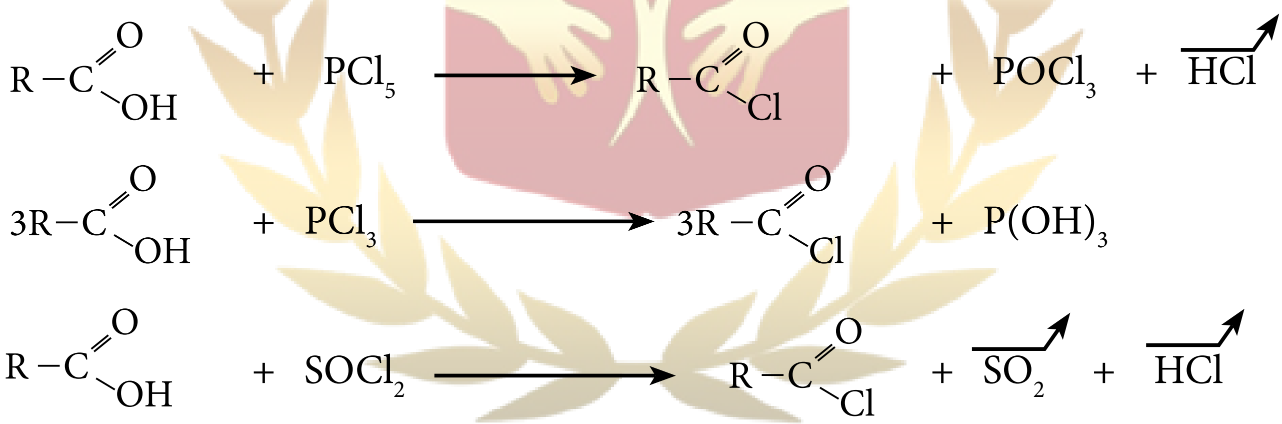
④ 

Chlorure de 3 phénylhexanoyle

2) Préparation

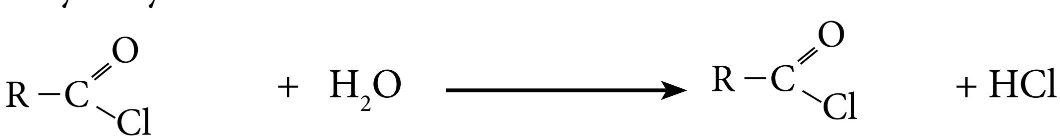
Elle se fait à l'aide d'agents chlorurants:

- PCl_5 : Pentachlorure de phosphore
- PCl_3 : Trichlorure de phosphore
- $SOCl_2$: Chlorure de thionyle



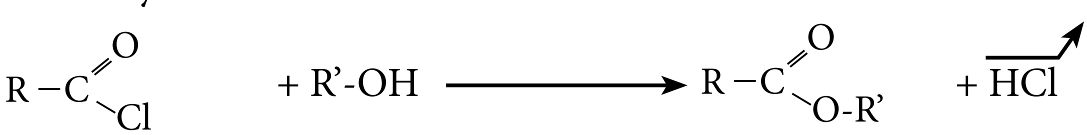
3) Réactions

- Hydrolyse :



Réaction rapide, totale et exothermique

- Alcoolyse : C'est une réaction d'estérification indirecte.



Réaction rapide, totale et exothermique

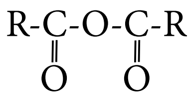
- Ammonolyse : Elle sert à la préparation des amides
- Action sur les acides carboxyliques : Elles donnent des anhydrides d'acides.

V- Anhydride d'acide

1) Nomenclature et formule

a) Formule

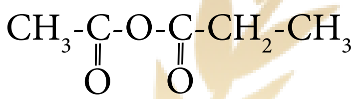
Les anhydrides sont en général symétriques

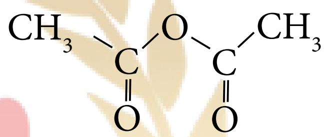
Formule générale :  ou $(RCO)_2O$

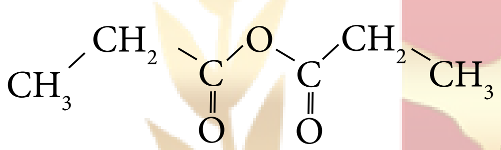
Formule des anhydrides alcanoïque $(C_nH_{2n+1}CO)_2O$ ou $C_nH_{2n-2}O_3$

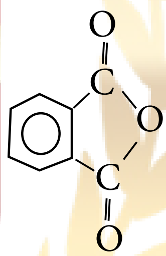
b) Nomenclature

On obtient le nom d'un anhydride en remplaçant le mot «acide», dans le nom de l'acide dont il dérive par «anhydride». Pour les anhydrides mixtes, le nom est obtenu en faisant suivre le mot «anhydride» des noms des deux acides séparés par un «et» et cités dans l'ordre alphabétique.

4 
Anhydride éthanoïque et propanoïque

1 
Anhydride éthanoïque

3 
Anhydride propanoïque

3 
Anhydride phalique

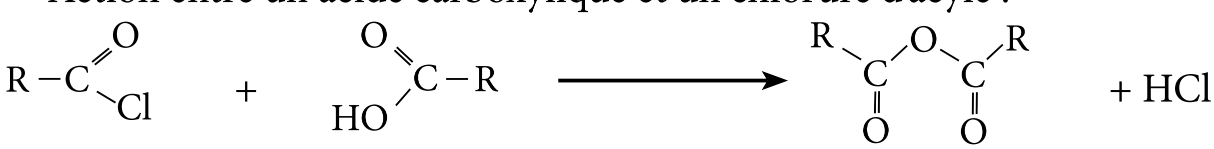
2) Préparation des anhydrides

- Action entre deux acides : elle se fait en générale grâce à une déhydratant tel le décaoxyde de tétraphosphore P_4O_{10}.

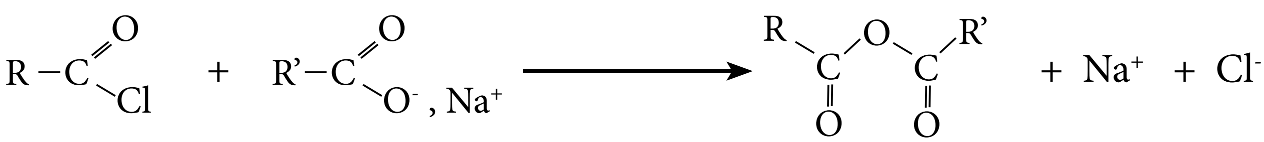

Equation simplifiée

Remarque : il peut avoir une déhydratation intramoléculaire dans les diacides

- Action entre un acide carboxylique et un chlorure d'acyle :

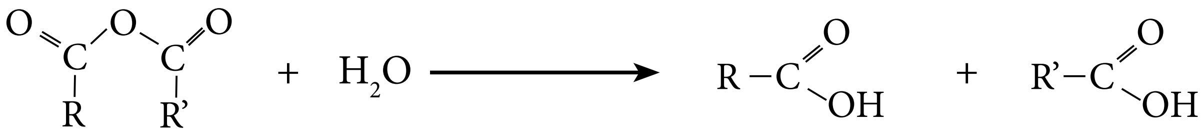

Equation simplifiée

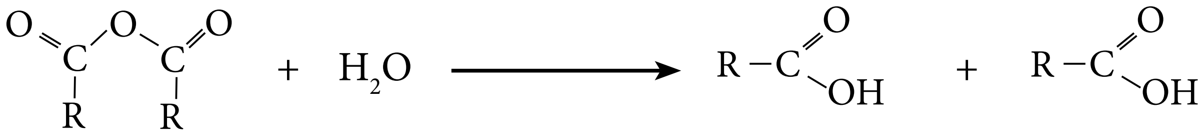
- Action entre un chlorure d'acyle et un ion carboxylate :



3) Réaction des anhydrides

- Hydrolyse





- Alcoolyse : Elle permet la synthèse des esters (ne pas écrire)

Réaction rapide, totale

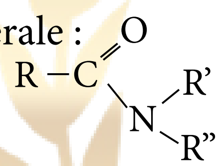
- Ammonolyse : Elle permet la synthèse des amides

VI- Les amides

1) Nomenclature et formule

a) Formule

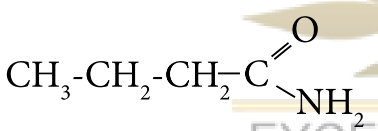
Formule générale :



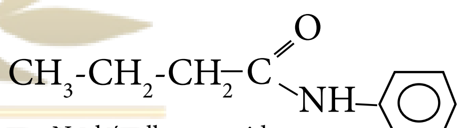
Si R' = R" = H : l'amide n'est pas substitué (RCONH2)
Si R' = H et R" ≠ H : l'amide est monosubstitué (RCONHR")
Si R' ≠ H et R" ≠ H : l'amide est disubstitué (RCONR'R")
Formule générale des alcanamides $C_nH_{2n+1}ON$

b) Nomenclature

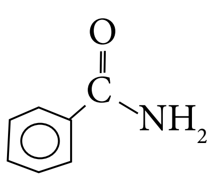
Le nom de l'amide non substitué est obtenu à partir du nom de l'acide carboxylique dont elle dérive en supprimant le mot «acide» et remplaçant la terminaison «ique» ou «oïque» par amide. Le nom de l'amide substitué est obtenu en faisant précéder le nom de l'amide non substitué par les noms des groupes substituant sur l'azote eux-mêmes précédés par la lettre N.

1 

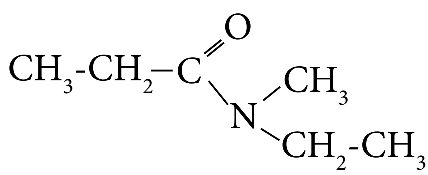
Butanamide

2 

N-phénylbutanamide

3 

Benzamide

4 

N-éthyl-N-méthylpropanamide

2) Préparation des amides

- Déshydratation d'un carboxylate d'ammonium

La réaction est lente et limitée. Il s'agit en fait de l'action de l'acide carboxylique sur l'ammoniac avec élimination d'une molécule d'eau par chauffage.

- Utilisation des anhydrides d'acides

$$(RCO)_2O + NH_3 \longrightarrow RCONH_2 + RCOOH$$
$$(RCO)_2O + R'NH_2 \longrightarrow RCONHR' + RCOOH$$

Réaction possible avec les amines secondaires mais impossible avec les amines tertiaires

- Utilisation d'un chlorure d'acyle

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow Cl\end{array} + NH_3 \longrightarrow R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + H^+ + Cl^-$$

Les ions H+ réagissent avec l'ammoniac et l'équation global devient :

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow Cl\end{array} + 2NH_3 \longrightarrow R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + NH_4^+ + Cl^-$$

La réaction est possible avec les amines

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow Cl\end{array} + 2R'NH_2 \longrightarrow R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH\text{-}R'\end{array} + R'NH_3^+ + Cl^-$$

Cette réaction est possible avec les amines secondaires (amides disubstitués) mais impossible avec les amines tertiaires

- Utilisation d'un ester

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow O\text{-}R'\end{array} + NH_3 \longrightarrow R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + R'OH$$

3) Réactions des amides

- Hydrolyse en eau pure

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + H_2O \rightleftharpoons R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow O^-\end{array} + NH_4^+$$

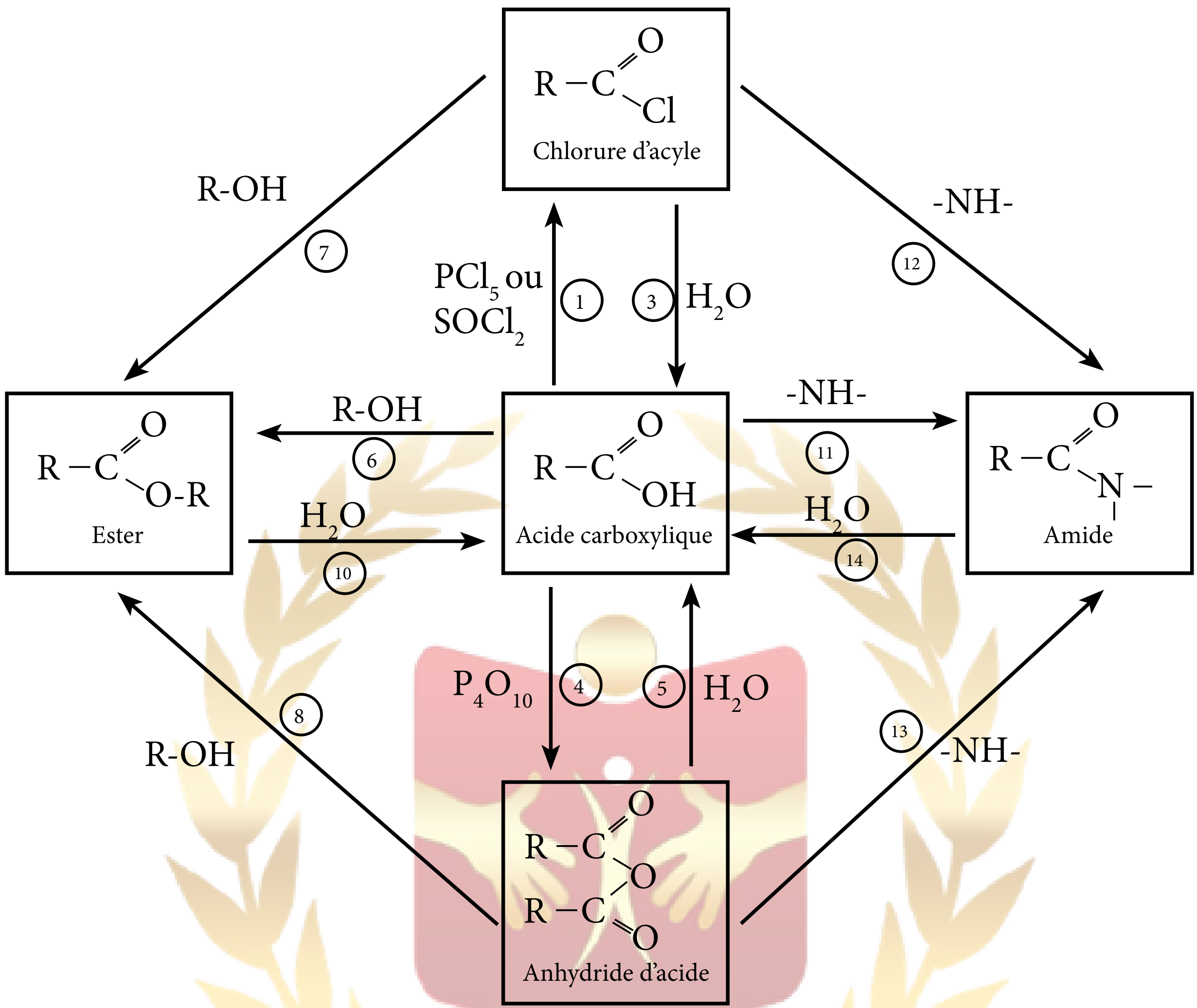
- Hydrolyse en milieu acide

$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + H_3O^+ \rightleftharpoons R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow OH\end{array} + NH_4^+$$

- Hydrolyse en milieu basique (appelé quelque fois saponification)

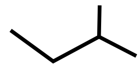
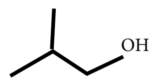
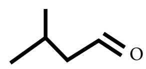
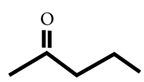
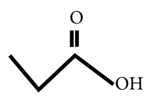
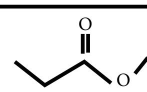
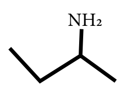
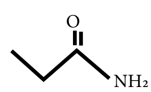
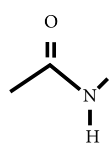
$$R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow NH_2\end{array} + OH^- \rightleftharpoons R-C\begin{array}{l}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow O^-\end{array} + NH_3$$

Principales réactions avec un acide carboxylique



-NH- Correspond à l'ammoniac, une amine primaire (I) ou une amine secondaire (II).

Tableau récapitulatif de quelques composés organiques

Fonction	Groupe caractéristique	Formule et nom génériques	Formule brute générale
Alcane	$-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-$	C_nH_{2n+2} alcane	$CH_3 - CH_2 - \overset{\overset{CH_3}{\vert}}{C}H - CH_3$ 2-méthylbutane 
Alcène	$>C=C<$	C_nH_{2n} alc-x-ène (éventuellement Z ou E)	$\underset{H}{\overset{H_5C_2}{}}\!\!>C=C<\!\!\underset{H}{\overset{CH_3}{}}$ 2(z)-pen-2-ène 
Alcool	$-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-OH$ Primaire RCH_2-OH Secondaire $RR'CH-OH$ Tertiaire $RR'R''C-OH$	R-OH alcan-x-ol	$CH_3 - \overset{\overset{CH_3}{\vert}}{C}H - CH_2 - OH$ 2-méthylpropan-1-ol 
Aldéhyde	$-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown H\end{smallmatrix}$	R-CHO alcanal	$CH_3 - \overset{\overset{CH_3}{\vert}}{C}H - CH_2 - C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown H\end{smallmatrix}$ 3-méthylbutanal 
Cétone	$C-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown C\end{smallmatrix}$	R-CO-R' alcan-x-one	$CH_3 - \overset{\overset{O}{\Vert}}{C} - CH_3 - CH_2 - CH_3$ pentan-2-one 
Acide carboxylique	$-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown OH\end{smallmatrix}$	R-COOH acide alcanoïque	$CH_3 - CH_2 - C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown OH\end{smallmatrix}$ acide propanoïque 
Ester	$-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown O-C\end{smallmatrix}$	R-COOR' alcanoate d'alkyle	$CH_3 - CH_2 - C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown O-CH_3\end{smallmatrix}$ propanoate de méthyle 
Amine	$-N<$	$R-NH_2$ alcan-x-amine RR'NH N-alkyl-alcan-x-amine RR'R"N N-alkyl-N-alkyl-alcan-x-amine	$CH_3 - CH_2 - \overset{\overset{NH_2}{\vert}}{C}H - CH_3$ butan-2-amine  $CH_3 - CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{C_2H_5}{\vert}}{N} - CH_3$ N-éthyl-N-méthyl-propan-1-amine 
Amide	$-C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown N<\end{smallmatrix}$	$R-CO-NH_2$ alcanamide R-CO-NHR' N-alkyl-alcanamide R-CO-NR'R" N-alkyl-N-alkyl-alcanamide	$CH_3 - CH_2 - C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown NH_2\end{smallmatrix}$ propanamide  $CH_3 - C\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown NH-CH_3\end{smallmatrix}$ N-méthyl-éthanamide 

EXERCICE 1

1. Recopie et complète les phrases ci-dessous avec les mots suivants : f***ermentation , tertiaire, endothermique, exothermique, faibles, dissymétrique***.

a) Un alcool .... est un alcool dont le carbone fonctionnel contient zéro atomes d'hydrogène.

b) Selon Markonikov, l'hydratation d'un alcène .... conduit de façon majoritaire à l'alcool dont la classe est plus élevée.

c) La réaction d'estérification directe est une réaction lente, limitée et ....

d) Les amines sont des bases .... du au doublet non liant de l'atome d'azote (N).

e) L'éthanol A obtenu par .... alcoolique à partir de jus sucrés ou à partir de produits contenant de l'amidon.

2. Recopie et associe par un trait les composés organiques suivants à leur formule brute générale.

Alcools •	• $C_nH_{2n-2}O_3$
Aldéhydes •	• $C_nH_{2n+3}N$
Cétones •	• $C_nH_{2n+1}OCl$
Acides carboxyliques •	• C_nH_2O
Ester •	• $C_nH_{2n+2}O$
Chlorures d'acyle•	• $C_nH_{2n+2}O$
Anhydrides d'acyle•	• $C_nH_{2n}O_2$
Amides •	• $C_nH_{2n}O$
Amines •	• $C_nH_{2n+1}ON$

3. Recopie et complète l'équation ci-dessous.

$$C_nH_{2n+2}O + \text{............}\ O_2 \longrightarrow \text{........}\ CO_2 + \text{...........}\ H_2O$$

EXERCICE 2

1. A est un alcène comportant 4 atomes de carbone. On effectue les réactions suivantes à partir de A

1.1. $A + H_2O \longrightarrow$ B produit unique de la réaction.

1.2. B + Solution de dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique $\longrightarrow$ C.
1.3. C + DNPH $\longrightarrow$ D solide cristallisé jaune.
C ne réagit pas sur la liqueur de Fehling ni sur l'ion diamminoargent, en milieu basique.
Déterminer la fonction chimique, la formule semi-développée et le nom des composées A, B, C.
2. A' est un isomère de A.
2.1. A' + H_2O $\longrightarrow$ $B_1 + B_2$
2.2. B1 solution de dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique.
Coloration jaune orangée : couleur de la solution de dichromate de potassium.
2.3. B2 + solution de dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique $\longrightarrow$ C'.
2.4. C' + DNPH $\longrightarrow$ D' solution cristallisé jaune.
C' réagit avec la liqueur de Fehling.
2.5. C' + $K_2Cr_2O_7$ $\longrightarrow$ E, qui jaunit le bleu de bromothymol en solution aqueuse.
2.6. B_2 + Na $\longrightarrow$ M + H2
Déterminer la réaction chimique, la formule semi-développée et le nom des composés A, B_1, B_2, C', E et M.
3. Passage de l'acide carboxylique à ses dérivées
3.1. E + PCl_5 $\longrightarrow$ F
3.2. 2E $\longrightarrow$ G
3.3. E + NH_3 $\longrightarrow$ H
3.4. F + NH_3 $\longrightarrow$ I
Déterminer la fonction chimique, la formule semi-développée et le nom des composés F, G, H et I.
4. Réaction d'estérification
4.1. E + éthanol J
4.2. F + éthanol J
4.3. G + éthanol J
4.4. J + NaOH K
Déterminer la fonction chimique, la formule semi-développée et le nom des composés J et K.
5. Equation bilan
5.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction 1.2
5.2. Ecrire l'équation bilan de la réaction 2.1, 2.5 et 2.6
5.3. Ecrire l'équation bilan de la réaction 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4
5.4. Ecrire l'équation bilan des réactions 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4 et donner leur caractéristique.

EXERCICE 3

Pour les propositions suivantes, réponds par V si la proposition est vrai ou F si elle est fausse.

1. La synthèse d'un chlorure d'acyle est une réaction totale et endothermique.
2. L'hydrolyse d'un chlorure d'acyle est une réaction violente, totale et exothermique.
3. L'hydrolyse d'un anhydride d'acide est une réaction rapide, totale et exothermique.
4. L'estérification directe est une réaction lente, réversible et athermique.
5. L'estérification indirecte est une réaction rapide, totale et exothermique.
6. La synthèse d'un anhydride d'acide est une réaction totale et exothermique.
7. La formule générale d'un chlorure d'acyle est $C_nH_{2n+1}OCI$.
8. La formule générale brute d'un amide est $C_nH_{2n-1}ON$.
9. La synthèse d'un amide via chlorure d'acyle est une réaction rapide, totale et exothermique.

EXERCICE 4

L'hydrolyse d'un ester (E) de formule $C_5H_{10}O_2$ conduit à la formation de l'acide éthanoïque et d'un composé (A).

1. A quelle famille appartient le composé (A) ?
2. Le composé (A) est oxydé par le permanganate de potassium en milieu acide. Il se forme un composé (B). (B) réagit avec la 2,4- DNPH et il est sans action sur la liqueur de Fehling.

2.1 A quelle famille appartient le composé (B) ?

2.2 Donner les formules semi-développées et les noms des composés (B) et (A).

3.

3.1 Donner la formule semi-développée et le nom de l'ester (E).

3.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse de l'ester (E) Donner les caractéristiques de cette réaction.

4. Ecrire une équation-bilan de la réaction permettant de passer de l'acide éthanoïque :

4.1 au chlorure d'éthanoyle ;

4.2 à l'anhydride éthanoïque.

EXERCICE 5

Un composé organique A de formule brute CxHyO contient en masse 66,67% de carbone, 11,11% d'hydrogène et 22,22% d'oxygène.
1. Quelle est sa formule brute ?
La chaîne carbonée est saturée, non cyclique et linéaire. En déduire les formules semi développées possibles et leurs noms.
2. 2.1 Sachant qu'une solution de A donne un test positif avec la 2,4 dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH) et réagit avec une solution de dichromate de potassium acidifiée, donner la fonction chimique de A.
2.2 Citer deux autres réactifs permettant de préciser la fonction de A après le test à la DNPH.
2.3 Quel produit B, A donne-t-il avec une solution de dichromate de potassium acidifiée ?
3. On fait réagir B sur du chlorure de thionyle (SOCl2).
3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
3.2 Donner le nom du composé organique C obtenu.
4. On fait réagir de l'éthanol sur B puis sur C.
4.1 Nommer et écrire les équations des réactions correspondantes. Préciser leurs caractéristiques respectives.
4.2 Quel est le nom du composé D obtenu dans les deux cas ?

EXERCICE 6

L'odeur de banane est due à un composé organique C. L'analyse élémentaire de ce composé a permis d'établir sa formule brute qui est C6H12O2. Afin de déterminer la formule semi développée de ce composé, on réalise les expériences suivantes :

1. L'hydrolyse de C donne un acide carboxylique A et un alcool B. L'acide carboxylique A réagit avec le pentachlorure de phosphore (PCl5) pour donner un composé X. Par action de l'ammoniac sur X, on obtient un composé organique D à chaîne carbonée saturée non ramifiée. La masse molaire moléculaire du composé D est égale à 59 $g.mol^{-1}$.
1.1 Préciser les fonctions chimiques de C, X et D.
1.2 On désigne par n le nombre d'atome de carbone contenu dans la molécule du composé organique D.
1.2.1 Exprimer en fonction de n la formule générale du composé D et donner son nom.

1.2.2 Déterminer la formule semi-développée de D et donner son nom.
1.3 Donner les formules semi-développées et les noms des composés x et A.
2. L'alcool B est un alcool non ramifié. Il est oxydé par une solution acidifiée de permanganate de potassium. Il se forme un composé organique E qui donne un précipité jaune avec la 2,4 dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH) et qui réagit avec la liqueur de Fehling.
2.1 Préciser la fonction chimique de E.
2.2 Donner :
2.2.1 La formule semi-développée et le nom de B.
2.2.2 La formule semi-développée et le nom de E.
2.2.3 La formule semi-développée et le nom de C.
3.
3.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction d'hydrolyse de C
3.2 Donner les caractéristiques de cette réaction.
Données : masses molaires en $g.mol^{-1}$.
C : 12 ; N : 14, H : 1 ; O : 16.

EXERCICE 7

* masse volumique de l'anhydride éthanoïque $\rho_1 = 1{,}08\ g.mL^{-1}$
* masse volumique de l'aniline $\rho_2 = 1{,}02\ g.mL^{-1}$

L'acétanilide est un principe actif qui a été utilisé pour lutter contre les douleurs et la fièvre sous le nom antifébrine, de formule semi-développée :

$$C_6H_5\text{-}NH\text{-}CO\text{-}CH_3$$

1) Retrouver les formules semi-développées et nommer l'acide carboxylique et l'amine dont il est issu.
2) Proposer une méthode de synthèse rapide et efficace de l'acétanilide et écrire l'équation correspondante (on envisagera deux possibilités).
3) Dans un réacteur on introduit V1 = 15 mL d'anhydride éthanoïque et un volume V2 = 10 mL d'aniline $C_6H_5NH_2$ et un solvant approprié.
Après expérience la masse d'acétanilide pur isolé est de m = 12,7 grammes.
3.1) Rappeler l'équation de sa synthèse.
3.2) Calculer les quantités de matière des réactifs et montrer que l'un de ces réactifs est en excès.
3.3) Déterminer le rendement de la synthèse par rapport au réactif limitant.

EXERCICE 8

On souhaite préparer un composé organique, la propanamide, en utilisant comme produit de départ le propan-1-ol. La propanamide sera par la suite appelée composé A et le propan-1-ol composé B.

1) Donner la formule semi-développée des deux composés A et B. A quelles familles appartiennent-ils ?

2) Plusieurs étapes sont nécessaires afin de réaliser la synthèse de A.

2.1) Tout d'abord, on réalise l'oxydation ménagée du composé B en le faisant réagir avec un excès de dichromate de potassium acidifié. Donner la formule semi-développée du composé C non réducteur obtenu à l'issue de cette réaction. Indiquer son nom et sa famille.

2.2) On fait ensuite réagir le composé C avec l'ammoniac. Un composé D, intermédiaire entre C et A, est alors obtenu.

Indiquer le nom de D. Ecrire l'équation-bilan correspondante. De quel type de réaction s'agit-il ?

3) Dans la pratique, il est possible d'utiliser, à la place du composé C, un dérivé E de ce dernier. E est obtenu par action du pentachlorure de phosphore (PCl_5) ou du chlorure de thionyle ($SOCl_2$) sur C. Donner la formule semi-développée et le nom de E.

EXERCICE 9

1. L'hydratation d'un alcène ramifié A donne un mélange de deux composés organiques B et C.

1.1. L'action d'une solution de dichromate de potassium acidifiée sur le composé B ne donne rien.

Donner la fonction chimique et le groupe fonctionnel de B.

1.2. L'action de la même solution de dichromate de potassium sur C donne un composé C_1 qui rosit le réactif de schiftt, puis un composé C_2 qui est un acide carboxylique.

Donne la fonction chimique et le groupe fonctionnel des composés C_1 et C_2.

2. La densité en phase gazeuse de A par rapport à l'air est d = 2,4.

Monter que la formule brute du composé est C_5H_{10}.

3. Donner la formule semi-développée et le nom des composés A, C_1 et C_2.

4. On fait agir C_2 sur de l'éthanol en présence d'acide sulfurique.

4.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

4.2. Donner les caractéristiques de la réaction.

EXERCICE 10

Un hydrocarbure non cyclique de formule brute CxHy possède une composition massique de 85,7% de carbone et 14,3% d'hydrogène.

1. Déterminer les valeurs de x et y sachant que la masse molaire du composé est M = 56 g.mol-1.

A quelle famille d'hydrocarbure appartient-il ?

2. On suppose que cet hydrocarbure a pour formule brute C4H8.Ecrire et nommer les formules semi-développées possibles de cet hydrocarbure.

3. L'hydratation du 2-méthylpropène conduit à deux produits A et B. Le produit A est majoritaire.

3.1 Ecrire les deux équations bilan de cette réaction d'hydratation.

3.2 Nommer les produits A et B.

3.3 Par oxydation ménagée de B avec une solution de dichromate de potassium en milieu acide, on obtient un composé B' qui réagit positivement avec la liqueur de Fehling. Donner la famille, la formule semi développée et le nom de B'.

3.4 On fait réagir le 2-méthylpropane -1-ol et le chlorure de propanoyle pour obtenir un produit C et du chlorure d'hydrogène.

3.4.1 Ecrire l'équation bilan de cette réaction.

3.4.2 Donner le nom de cette réaction et préciser ses caractéristiques.

On donne les masses molaires (en g/mol) : C : 12 ; H : 1.

EXERCICE 11

Un chimiste réalise deux séries d'expérience aboutissant chacune à la formation d'un composé non cyclique, de formule brute C_3H_7NO, dont la molécule contient deux atomes de carbone tétraédrique.

Partie A

Le produit C_3H_7NO final obtenu dans cette première partie est noté A. L'addition d'eau sur le propène conduit à une masse m = 240 g d'un mélange de deux alcools B et C, dont l'un, B, est primaire et représente 1% de la masse m.

1) Donner le noms et les formules de B et C, ainsi que la classe de C.

2) Après avoir séparés l'un de l'autre, les alcools B et C sont respectivement oxydés en D et E par un excès de solution acidifiée de dichromate de potassium. Donner la formule et le nom des composés organiques E et E.

3) En l'absence de dérivés chlorés, A se prépare en deux étapes à partir de la solution aqueuse de D.

3.1) Ecrire l'équation-bilan de chacune des deux étapes.
3.2) Nommer le produit intermédiaire F et le produit final A.
3.3) Calculer la masse maximale de A susceptible d'être obtenue.

Partie B

Un isomère A' de A peut se préparer en deux étapes.
4) L'acide éthanoïque est tout d'abord transformé en chlorure d'acyle G. Donner le nom et la formule semi-développée de G.
5) G réagit ensuite avec une amine primaire B pour donner A'.
5.1) Donner le nom et la formule semi-développée de B et de A' après avoir établi l'équation de la réaction.
5.2) Indiquer la propriété de l'atome d'azote de l'amine B mise en évidence au cours de la réaction réalisée.

EXERCICE 9

ANANGAMAN mélange 12 g d'un corps gras avec 20 cm^3 de soude de concentration molaire C = 2,5 mol.L^{-1}. Il chauffe suffisamment longtemps ce mélange et obtient un composé A. le corps gras est constitué d'un triester de formule

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COO - CH_2 \\ C_{17}H_{35}COO - CH \\ C_{17}H_{35}COO - CH_2 \end{array}$$

1. Comment appelle-t-on cette opération?
2.
2.1. Ecrire l'équation-bilan de cette réaction?
2.2. Indiquer sur l'équation les noms des produits formés.
3. Quelles sont les propriétés de cette réaction?
4. Rechercher le réactif en excès.
5. Déterminer la masse du composé A formé.
6. AKAFOU voudrait fabriquer le composé A. Il dispose d'un acide gras de formule $C_{17}H_{35}COOH$, du glycérol et de la soude.
Quelles sont les opérations qu'il aura à effectuer ?
Données :
masses molaires atomiques en gmol^{-1} : C:12; H:1; O:16; Na:23

EXERCICE 10

Dans tout l'exercice on prendra comme masse molaire atomique pour :
- le carbone M(C) = 12 $g.mol^{-1}$
- l'hydrogène M (H) = 1 $g.mol^{-1}$
- l'oxygène M (O) = 16 $g.mol^{-1}$

1. On fait agir de l'acide carboxylique A de formule brute CnH2nO2 ($n \in \mathbb{N}^*$), sur un composé D (propan-2-ol) en présence de catalyseurs adéquats. On obtient un composé dioxygène E et de l'eau.

1.1 Donner le nom de la réaction produite entre l'acide carboxylique et l'alcool.
1.2 Donner les caractéristiques de cette réaction.
1.3 Ecrire la formule semi-développée du groupe fonctionnel de E.

2. La masse de 0,5 mole de cet acide carboxylique est de 30 g.
2.1 Déterminer la valeur de l'entier naturel n.
2.2 Donner les formules semi-développées et les noms des produits A et E.

3. On réalise la chaîne de réactions ci-dessous avec les composés A et E définis ci-dessus. Les corps B et F sont des composés organiques.

$$A + PCl_5 \longrightarrow F$$
$$A \xrightarrow{P_4O_{10}} B$$
$$D + F \longrightarrow E \quad (1)$$

3.1 Sans écrire les équations, donner les formules semi-développées et les noms des corps B et F.
3.2 Donner le nom et les caractéristiques de la réaction marquée (1).

EXERCICE 11

Les parties I et II sont indépendantes.

I. Détermination de la formule brute.

Un composé organique A de formule brute CxHyO contient 64,86% en masse de carbone.

1. Déterminer sa formule brute, sachant que $M_A = 74\ g.mol^{-1}$
2. Ecrire toutes les formules semi-développées possibles sachant que A est un alcool. Nommer chaque isomère et préciser sa classe. MC = 12 $g.mol^{-1}$; MH = 1 $g.mol^{-1}$; MO = 16 $g.mol^{-1}$.

II. L'oxydation ménagée d'un composé A' de formule brute $C_4H_{10}O$ par une solution de dichromate de potassium acidifiée, conduit à un composé organique B à chaîne ramifiée et de brute C_4H_8O.

1. Ecrire la formule semi-développée de B et le nommer.

2. Ecrire la formule semi-développée de A'.
3. L'oxydation ménagée de B donne un composé organique C. On fait réagir C avec du chlorure de thionyle, on obtient un composé organique D.
4. On fait réagir de l'éthanol sur C.
4.1 Nommer cette réaction et préciser ses caractéristiques.
4.2 Ecrire l'équation-bilan de cette réaction et nommer le composé organique E.
4.3 A quelle famille appartient E ? Préciser son groupe, fonctionnel ou groupe caractéristique.

EXERCICE 12

A est un composé organique de formule brute $C_3H_60_2$.
1. A quelles familles le composé A peut-il appartenir?
2. Ecrire toutes les formules semi-développées possibles et les nommer.
3. La solution aqueuse du composé A conduit le courant électrique et jaunit le bleu de bromothymol.
Identifier le composé A.
4. Le composé A se transforme, en présence du pentachlorure de phosphore, en un composé B.
4.1 A quelle famille appartient B?
4.2 Préciser le groupe fonctionnel.
4.3 Donner la formule semi-développée et le nom de B.
5. On fait réagir B sur un alcool (R-OH).
5.1 Écrire l'équation-bilan et donner les caractéristiques de cette réaction.
5.2 La densité de la vapeur par rapport à l'air de l'ester formé est d = 3,51.
Quelles sont les formules semi-développées de l'ester et de l'alcool ? Donner leur nom et préciser la classe de l'alcool.
M_0 = 12 g/mol; M_H = 1 g/mol; M_0 = 16 g/mol.

EXERCICE 13

On veut établir la carte d'identité (nom, formule semi-développée, fonction chimique) d'un composé D de formule brute $C_6H_{12}O_2$. Pour cela, on réalise une série d'expériences.
1. Le corps D est obtenu par action chlorure d'acyle A sur un alcool B. Donner la formule et le nom de l'autre corps obtenu au cours de cette réaction. Donner les caractéristiques de cette réaction chimique.

2. Le corps D subit ensuite une hydrolyse qui donne deux composés E et F. E est un acide carboxylique contenant en élément oxygène 53,3% de sa masse molaire. Déterminer la formule semi-développée de E.
Donner le nom de E.
En déduire la formule brute de F.
3. On obtient un corps G par action de l'ion permanganate en milieu acide sur F. La solution de nitrate d'argent ammoniacal est sans action sur G.
Donner la formule semi-développée, le nom et la famille de F. En déduire la formule semi-développée et le nom de G.
Ecrire l'équation de la réaction de l'ion permanganate sur le corps F. Donner la formule semi-développée, la fonction chimique et le nom du composé D.

EXERCICE 14

Un alcool saturé A a pour densité de vapeur par rapport à l'air d = 2,07.
1. On désire déterminer sa formule semi-développée.
1.1. Donner la formule générale d'un alcool saturé dont la molécule renferme n atomes de carbone.
1.2. Déterminer la masse molaire moléculaire M_A de l'alcool A.
1.3. Montrer que la formule brute de l'alcool A est C_3H_8O.
1.4. Ecrire les formules semi-développées possibles de l'alcool A et les nommer.
2. L'oxydation ménagée de l'alcool A en milieu acide par les ions dichromates $Cr_2O_7^{2-}$ en défaut donne un composé B. Le composé B donne un précipité jaune avec la 2,4-D.N.P.H. et possède des propriétés réductrices.
2.1.Donner la fonction chimique du composé B.
2.2. En déduire les formules semi-développés et les noms des composés B et A.
2.3. Etablir l'équation-bilan de l'oxydation de A par les ions dichromates $Cr_2O_7^{2-}$ en milieu acide pour donner le composé B. On donne le couple $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$.
3. L'oxydation ménagée du composé B donne un composé C. Le composé C réagit avec l'éthanol pour donner un ester E.
3.1.Donner la formule semi-développée et le nom du composé C.
3.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre le composé C et l'éthanol.
3.3. Donner les caractéristiques de cette réaction.
3.4. Donner le nom de l'ester E.
On donne:
- C: 12g/mol;
- H: 1g/mol;
- O: 16 g/mol.

EXERCICE 15

Le propanoate d'éthyle et l'éthanoate de propyle sont deux (02) isomères d'un ester G de formule brute $C_5H_{10}0_2$. En séance de travaux pratiques, le professeur de sciences physiques se propose de préparer avec ses élèves, l'un de ces deux isomères.

1. Le professeur met à leur disposition trois (03) flacons (1), (2), (3) contenant respectivement:

(1) Alcool A, lepropan-2-ol

(2) Alcool B, le propan-1-ol

(3) Une solution aqueuse de dichromate de potassium acidifiée.

1.1. Ecrire les formules semi-développées des alcools A et B.

1.2. Les élèves font réagir en excès du dichromate de potassium sur les composés A et B.

Ils obtiennent les composés C et C'.

- Le composé C réagit positivement au test de la DNPH.
- Le composé C' réagit avec le bleu de Bromothymol (BBT) pour donner une coloration jaune.

1.2.1. Donner la famille des composés C et C'

1.2.2. Donner les formules semi-développées des composés C et C'.

2. En plus des composés C et C' précédents, le professeur leur donne deux (02) autres flacons contenant l'un de l'éthanol (E) et l'autre du chlorure de propanoyle (F). Une bonne combinaison des composés C, C', E et F permet de préparer l'ester G.

2.1. Ecrire les formules semi-développées des composés E et F.

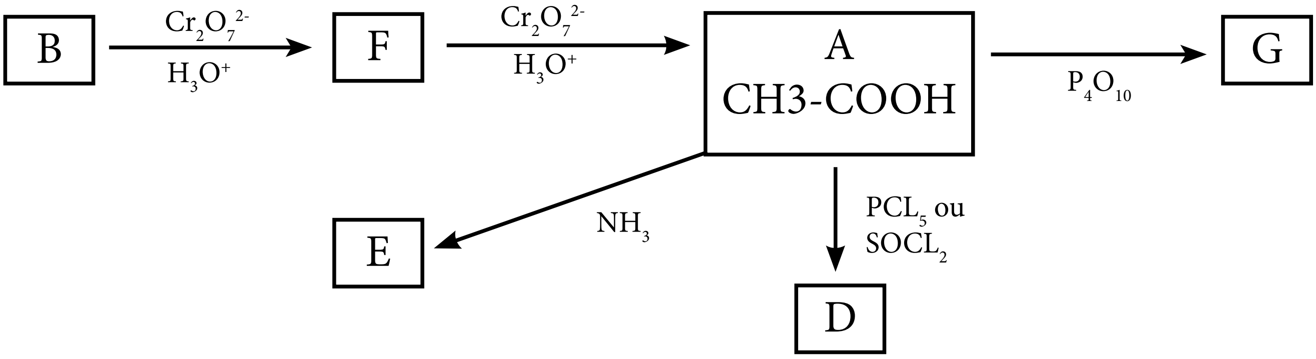
2.2. Donner les noms des composés que les élèves peuvent utiliser pour préparer l'ester G.

2.3.Ecrire les équations bilans des réactions qui donnent l'ester G, à partir des composés de la question 2.2.

EXERCICE 16

Cet exercice comporte deux parties indépendantes.

1ère partie: Dans cet organigramme, les réactifs utilisés sont notés sur les flèches. Les noms et les formules des composés organiques sont les seules informations demandées.



1. A partir de l'organigramme, reproduire le tableau suivant et le compléter.

Composés	Formule semi-développée	Nom	Groupe fonctionnel
B			
F			
G			
D			
E			

2. Pour obtenir le produit (B), il faut ajouter de l'eau à un alcène en milieu acide sulfurique.
2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction et nommer l'alcène.
2.2. Comment appelle-t-on la réaction chimique entre l'alcène et l'eau?
3. L'oxydation ménagée du composé B par une solution de dichromate de potassium en milieu acide conduit au composé F.
3.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique entre le composé B et l'ion dichromate ($Cr_2O_7^{2-}$).
3.2. Déterminer le volume V_0 de la solution oxydante de dichromate de potassium de concentration molaire volumique C_O = 1 mol.L^{-1} nécessaire pour oxyder une masse m = 0,20 g de B.
Données: Mc= 12g.mol^{-1} ; Mo = 16 g.mol^{-1} ; M_H = 1 g.mol^{-1}.

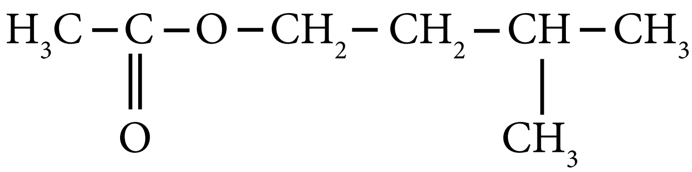
2ème Partie:

Un chimiste obtient un composé organique unique à partir de deux (2) réactions chimiques:
- l'acide éthanoïque sur l'éthanol;
- le chlorure d'éthanoyle sur l'éthanol.

1. Ecrire les deux équations-bilans et nommer le composé organique obtenu.
2. Donner le nom de la réaction chimique de l'acide éthanoïque sur l'éthanol et préciser ses caractéristiques.
3. Répondre aux mêmes questions pour la réaction du chlorure d'éthanoyle sur l'éthanol.

EXERCICE 17

La molécule E, représentée ci-après, possède une forte odeur de banane mûre. Un groupe d'élèves de la classe de terminale D dans un lycée de la place, se propose d'étudier la synthèse de ce composé organique. (E):



1. Etude de l'estérification directe.

1.1.Donner la fonction chimique et le nom de E.

1.2. Ecrire les formules semi-développées et les noms de l'acide carboxylique A et de l'alcool B qui permettent de synthétiser E.

1.3. Ecrire l'équation bilan de cette réaction.

1.4. Donner les caractéristiques de cette réaction.

2. Amélioration du rendement de la réaction

En vue d'améliorer le rendement de la réaction précédente, le groupe d'élèves se propose de réaliser la suite de réactions suivantes:

$$A \xrightarrow{SOCL_2} C \quad (1)$$
$$C + B \longrightarrow E \quad (2)$$

2.1. Préciser la formule semi-développée de C. Donner son nom.

2.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction (2).

2.3. Nommer cette réaction. Préciser ses caractéristiques

2.4. Pour le mélange initial, constitué de $n_C = 1$ mol de C et $n_B = 1$ mol de B, déterminer la composition du mélange en fin de réaction.

EXERCICE 18

1. La combustion complète d'une mole d'un composé organique A, de formule brute C_xH_yO fournit quatre moles de molécules de dioxyde de carbone et quatre moles de molécules d'eau. La molécule de A renferme un seul atome d'oxygène.

1.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.

1.2. Montrer que la formule brute du composé A est C_4H_8O.

1.3. Donner les formules semi-développées des différents isomères possibles de A.

2. Parmi ces différents isomères, un seul réagit avec la 2,4-D.N.P.H et donne un

test négatif en présence de liqueur de Fehling.
2.1. Préciser la fonction chimique de cet isomère.
2.2. Donner la formule semi-développée et le nom de cet isomère.

3. L'un des isomères de A, le butanal, est traité par une solution de permanganate de potassium acidifiée. Il donne un compose B.
3.1. Écrire la formule semi-développée et donner le nom du composé B.
3.2. Le produit B réagit avec le pentachlorure de phosphore (PCl_5) pour donner un composé organique C.
3.2.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
3.2.2. Donner le nom du composé C.

4. On fait réagir l'éthanol sur le composé C. On obtient entre autres un composé organique D.
4.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
4.2. Donner :
4.2.1. Le nom de cette réaction chimique ;
4.2.2. Les caractéristiques de cette réaction chimique ;
4.2.3. Le nom du composé organique D.
4.3. On fait réagir également l'éthanol sur le compose B. On obtient entre autres le même composé organique D.
4.3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
4.3.2. Donner le nom et les caractéristiques de cette réaction.

EXERCICE 19

Le propanoate d'éthyle et l'éthanoate de propyle sont deux (02) isomères d'un ester G de formule brute $C_5H_{10}O_2$. En séance de travaux pratiques, le professeur de physique-chimie se propose de préparer avec ses élèves, l'un de ces deux isomères.

1. Le professeur met à leur disposition trois (03) flacons ①, ②, ③ contenant respectivement :
① alcool A, le propan-2-ol ;
② alcool B, le propan-1-ol ;
③ une solution aqueuse de dichromate de potassium acidifiée.

1.1. Écrire les formules semi-développées des alcools A et B.
1.2. Les élèves font réagir en excès du dichromate de potassium sur les composés A et B. Ils obtiennent les composés C et C'.
Le composé C réagit positivement au test de la 2,4-dinitrophénylhydrazine

(2,4DNPH).
Le composé C' réagit avec le bleu de Bromothymol (BBT) pour donner une coloration jaune.
1.2.1. Donner la famille chimique de chacun des composés C et C'.
1.2.2. Donner les formules semi-développées et les noms des composés C et C'.
2. En plus des composés C et C' précédents, le professeur leur donne deux (02) autres flacons contenant l'un de l'éthanol (E) et l'autre du chlorure de propanoyle (F). L'ester G peut être préparé à partir des composées C, C', E et F.
2.1. Écrire les formules semi-développées des composés E et F.
2.2. Donner les noms des composés que les élèves peuvent utiliser pour préparer l'ester G.
2.3. Écrire les équations-bilans des réactions qui donnent l'ester G, à partir des composés de la question 2.2.

EXERCICE 20

1. Un chimiste veut déterminer la formule brute d'un alcool A de formule générale $C_nH_{2n+2}O$. Pour cela il réalise la combustion complète d'une masse m = 6 g de cet alcool dans le dioxygène. Il recueille 6,72 L de dioxyde de carbone (volume mesuré dans les conditions normales de température et de pression).
1.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
1.2. Montrer que la formule brute de l'alcool A est C_3H_8O.
1.3. Donner les formules semi-développées des isomères possibles de l'alcool A et les nommer,
2. Pour identifier le composé A, il réalise son oxydation ménagée par un oxydant en excès en milieu acide. Il obtient un composé B.
2.1. Donner les formules semi-développées possibles de B et les familles chimiques correspondantes.
2.2. Le composé B fait virer le bleu de bromothymol au jaune.
2.2.1. Identifier le composé B.
2.2.2. En déduire la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.
3. L'action du chlorure de thionyle sur l'acide propanoïque donne un composé C.
3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction.
3.2. Donner la formule semi-développée et le nom de C.
4. On fait réagir de l'ammoniac (NH_3) sur le composé C et on obtient un composé D.
4.1. Donner la formule semi-développée et le nom de D.

4.2. L'action du composé C sur l'alcool A conduit à un produit E.
4.2.1. Écrire l'équation-bilan de cette réaction.
4.2.2. Donner la formule semi-développée et le nom de E.
4.2.3. Donner les caractéristiques de cette réaction.
On donne : volume molaire V_0 = 22,4 L/mol ; M_C = 12 g/mol ; M_H = 1 g/mol ; M_O= 16 g/mol.

EXERCICE 21

Le composé organique responsable de l'odeur caractéristique de la banane mûre est un ester E de formule générale $C_nH_{2n}O_2$. Il contient en masse 27,6 % d'oxygène.
Afin de déterminer la formule semi-développée de cet ester, vous réalisez une série d'expériences.

Expérience 1
Par action de l'eau sur E, vous obtenez deux composés A et B.

Expérience 2
L'addition de quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT) fait virer au jaune la solution A.
L'action de P_4O_{10} sur A donne un composé A_1, l'anhydride éthanoïque.

Expérience 3
L'oxydation ménagée de B par le permanganate de potassium en milieu acide conduit à la formation d'un composé B_1.
Le composé B_1 est soumis à deux tests :
l'action de la 2,4 –DNPH sur B_1 donne un précipité jaune ;
l'action de la liqueur de Fehling sur B_1 ne provoque aucun changement de coloration du réactif.
1. Montrer que la formule de E est $C_6H_{12}O_2$.
2. Donner les fonctions chimiques des produits de la réaction de l'expérience 1.
3. Préciser les caractéristiques de cette réaction.
4. Identification de A.
4.1. Donner la fonction chimique de A ;
4.2. Écrire la formule semi-développée de A_1;
4.3. En déduire la formule et le nom de A.
5. Identification de B.
5.1. Donner la fonction chimique et la formule brute de B_1;
5.2. Donner la formule semi-développée et le nom de B.
5.3. Déduire de ce qui précède, le nom et la formule de l'Ester E.
Données : masse molaire atomique en g/mol : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16.

EXERCICE 22

Lors d'une séance de travaux pratiques, votre professeur demande à ton groupe d'identifier un composé organique X en vue de réaliser la synthèse de quelques composés organiques. Pour cela, ton groupe dispose du composé organique inconnu X, du sodium métallique, de la 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH), du réactif de Schiff, d'une solution acidifiée de dichromate de potassium dont le couple oxydant/réducteur est $Cr_2O_7^{2-}$)Cr_3^{+}, du chlorure de thionyle ($SOCl_2$), de l'ammoniaque NH_3 et de la verrerie nécessaire.
Le composé organique X peut être un alcool, un aldéhyde ou une cétone.
Le groupe réalise les expériences ci-dessous.

<u>Expérience 1</u>

	Action de la 2,4-DNPH sur X	Action du sodium sur 7,41 g de X
Résultat	Pas de réaction	Dégagement d'un volume V = 1,2 L du dihydrogène H_2

On donne l'équation-bilan de la réaction du sodium sur X:

$$C_nH_{2n+1}OH + Na \longrightarrow (C_nH_{2n+1}O^- + Na) + \frac{1}{2}H_2\uparrow$$

<u>Expérience 2</u>
L'oxydation ménagée de X par une solution acidifiée de dichromate de potassium par défaut donne un composé organique A.

<u>Expérience 3</u>

	Action de la 2,4-DNPH sur A	Action du réactif de Schiff sur A
Résultat	Précipité jaune	Coloration rose

1. Identification du composé X.
1.1. Précise la fonction chimique du composé X à partir de l'expérience
1.2. Montre que la formule brute de X est $C_4H_{10}O$.
1.3. Précise la fonction chimique et le groupe fonctionnel de A.
1.4. En déduis les formules semi-développées possibles de X.
1.5. Identifie les composés A et X (formules semi-développées et noms), sachant que X a une chaîne carbonée ramifiée.
2. Synthèses de quelques composés organiques à partir de X.
À partir d'un échantillon de X, le groupe réalise une suite de réactions chimiques (R_1, R_2, R_3) ci-dessous:

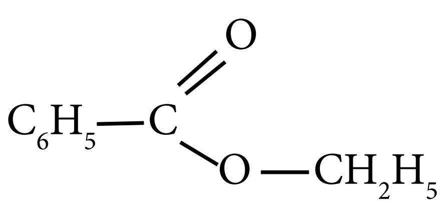
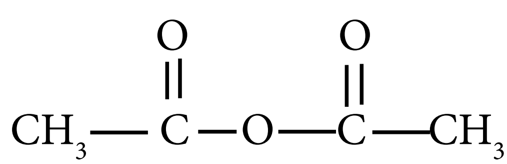
$$X \xrightarrow[(R_1)]{Cr_2O_7^{2-}\text{ en excès}} B \xrightarrow[(R_2)]{SOCl_2} D \xrightarrow[(R_3)]{NH_3} E$$

2.1. Donne la formule semi-développée et le nom de chacun des composés B, D et E.
2.2. Écris l'équation-bilan de la réaction (R_2).
Données: Masse molaire atomique en g/mol: M(H) = 1; M(C) = 12; M(O) = 16
Volume molaire : Vm = 24 L/mol.

EXERCICE 23

Avant d'embaucher Koné pour son job de vacances, le chef d'usine de chimie lui fait passer une série de tests pratique et théoriques.
- Pour le test pratique, Koné réalise la combustion complète d'une masse m d'un composé aromatique F de formule brute CxH(x+1)O. Il obtient un volume V = 7,84 L de dioxyde de carbone et une masse m0 = 3,6 g d'eau. Ensuite, on lui demande de faire agir le sodium métal sur le composé F. Ce qui donne un dégagement de dihydrogène. Pour terminer, il doit procéder à l'oxydation ménagée de F par un excès d'une solution de dichromate de potassium en milieu acide sulfurique. Il obtient alors un composé G.
- Pour le test théorique, on lui propose une série de réactions chimiques (voir ci-dessous) ayant des composés organiques à identifier.
Voulant bien réussir à ces tests, Koné demande quelques explications à son ami travaillant déja dans la même usine.
- Masse molaire atomique en g.mil-1 : M(H)=1 ; M(C)=12 ; M(O)=16
- Volume molaire gazeux: V_0 = 22,4 L/mol
- Couple oxydant/réducteur concerné: $Cr_2O_7^{2-}$ / Cr^{3+}
- Série de réactions chimiques:
(1) $D + H_2O$ $\qquad$ $G + I$
(2) $I \xrightarrow[\text{en excès}]{M_nO_4^{+}} J \xrightarrow[700°C]{P_4O_{10}} E$

(3) $J + NH_3$ $\qquad$ K $\qquad$ L
(4) $G \xrightarrow{PCL_5} G_0$
(5) $G_0 + I$ $\qquad$ D
(6) $D + (Na^+ + OH^-)$ $\qquad$ $D_0 + P$
- Les composés organiques D et E sont:

D:  E: 

Tâche : Tu es invité(e) à assister Koné pour qu'il réussisse à ses tests

1. Donner la fonction chimique et le nom de chacun des composés D et E.

2.

a) Ecrire en fonction de x, l'équation-bilan qui traduit la combustion complète de F.

b) Montrer que x = 7 ; déduis-en la formule brute de F et calculer la valeur de masse m.

c) Donner la fonction chimique de F, sa formule semi-développée et écrire l'équation-bilan de la réaction qui s'est produite avec le sodium métal.

d) Donner La formule semi-développée et le nom de G

- Ecrire les demi-équations électroniques et l'équation-bilan de la réaction d'oxydo-réduction,

3.

a) Identifier les composés organiques I, J, K, L et G_0 en complétant le tableau ci-dessous.

Composé	Formule semi-développée	Formule chimique	Nom
I			
J			
K			
L			
G_0			

- Ecrire les équations des réactions (1) et (6).
- Donner leur nom et leur caractéristiques.

EXERCICE 24

Ali et Sabine désirent synthétiser un composé organique E de deux façons.

Premièrement, ils mélangent une mole d'éthanol et une mole d'un acide carboxylique inconnu de formule générale $C_nH_{2n+1}COOH$. Ils observent que la réaction est lente.

Deuxièmement, ils utilisent un réactif autre que l'acide carboxylique et l'éthanol pour obtenir le même composé E. Ils observent que cette réaction est beaucoup plus rapide.

Par ailleurs, ils avaient préparé l'éthanol utilisé en dissolvant 6,8 g d'éthanoate de sodium dans 1L d'eau. Ensuite, ils ont prélevé 25 mL de cette solution, qu'ils ont dilué dans une fiole jaugée de 250 mL. Enfin, ils ont relevé le pH de cette dernière solution qui est 12.

Après toutes ces opérations, ils sont confrontés à deux interrogations de leur

professeur de PCT:
Comment écrire les équations des réactions de préparation du composé E et comment calculer les concentrations des espèces présentes dans la dernière solution préparée.

Support

- Le pourcentage en masse de carbone du composé E est % C = 58,82 %.
- Masse molaire atomique en g/mol : M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(Na) = 23 ; M(O) = 16.

Tâche : Tu es invité(e) à répondre aux interrogations du professeur.

1.
a) Ecrire 1'équation bilan de la réaction qui a lieu entre l'éthanol et L'acide carboxylique.
b) Ecrire la formule générale du composé organique E obtenu. Dire à quelle famille il appartient.

2.
a) Donner La formule semi-développée et le nom du composé organique E.
b) Donner le nom et la formule semi-développée de l'acide carboxylique.

3.
a) Définir la vitesse v de formation du composé E
b) Parmi les possibilités suivantes, choisir les actions qui permettent d'augmenter v. Justifier votre choix.
- Abaisser la température du mélange.
- Elever la température du mélange.
- Ajouter l'acide sulfurique.
-. Ajouter l'eau

4.
a) Citer un réactif possible (formule semi-développée et nom) à utiliser à la place de l'acide.
b) Ecrire l'équation bilan de sa réaction sur l'éthanol.

5.
a) Montrer que la solution d'éthanolate de sodium préparée est celle d'une base forte.
b) Ecrire l'équation bilan de la réaction acide-base correspondante. Citer les couples acide-base mis enjeu.
c) Calculer la concentration en mol.L^{-1} de toutes les espèces chimiques présentes dans la Solution.

EXERCICE 25

On se propose de réaliser un dosage acido-basique pour déterminer la concentr Kodjo et Akpévi disposent de quatre flacons contenant respectivement des composés organiques notés (A), (B), (C), (D). Ces composés sont soit un aldéhyde, soit une cétone, soit un acide carboxylique, soit un alcool. Ils ont réalisé des tests qui sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Lors d'une recherche documentaire, ils réalisent que (A) et (C) peuvent être obtenus par action du dichromate de potassium en milieu acide sur (B) et que ce dernier composé est un composé saturé dont la molécule contient 3 atomes de carbone.

Ils font réagir (A) sur (B). Ensuite, après avoir traité (A) par le pentachlorure de phosphore PCL_5, ou le chlorure de thionyle $SOCL_5$, ils obtiennent un composé (E) et le font réagir sur (B).

On leur demande de comparer les réactions (A) sur (B) et (E) sur (B).

Support

Tableau des tests réalisés

Réactifs \ Corps	A	B	C	D
Dichromate de potassium en milieu acide	Solution orange	Solution verte	Solution verte	Solution orange
D.N.P.H.	Solution jaune	Solution jaune	Précipité jaune	Précipité jaune
Réactif de SCHIFF	Solution incolore	Solution incolore	Solution rose	Solution incolore
Liqueur de FEHLING	Solution bleue	Solution bleue	Précipité rouge-brique	Solution bleue

Tâche : Aide Kodjo et Akpévi à faire la comparaison.

1. A l'aide du tableau, indiquer la fonction de (A), (B), (C), (D). Justifier votre réponse.
2. Donner les formules semi-développées et les noms de (A), (B), (C).
3.
- Ecrire l'équation de la réaction de (A) sur (B).
- Donner le nom des produits obtenus.
- Indiquer les caractéristiques de cette réaction.
- Donner la formule semi-développée et le nom de (E).

- Ecrire l'équation de la réaction de (E) sur (B).
- Comparer cette dernière réaction à celle de (A) sur (B).

EXERCICE 26

On utilisera les données du cours pour les formules des acides α -aminés.
1. Écrire la formule semi-développée de l'alanine ou acide 2-aminopropanoïque.
2. Qu'appelle-t-on acides aminés essentiels?
3. Donner la formule générale et le nom de l'ion dipolaire contenu dans les solutions aqueuses d'acide α -aminé.
4. Écrire les deux couples acide/base caractérisant cet ion dipolaire et préciser dans chaque cas, le rôle joué par celui-ci (acide ou base).
5. Écrire la formule de l'espèce chimique majoritaire de la glycine
H_2N-CH_2-COOH en solution aqueuse, dans les 3 cas suivants
• pH = 1,8; • pH = 8; • pH = 11
On donne:
pKa_1 = 2,3 pour le couple acide conjugué du zwitterion/ zwitterion;
pKa_2 = 9,7 pour le couple: zwitterion/base conjuguée du zwitterion
6. Écrire les formules semi-développées des deux dipeptides que l'on peut obtenir à partir des deux acides α -aminés

$$R_1-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH \quad \text{et} \quad R_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$$

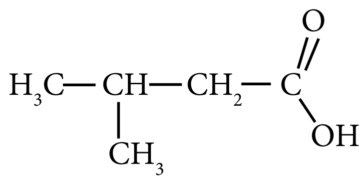
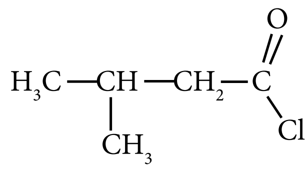
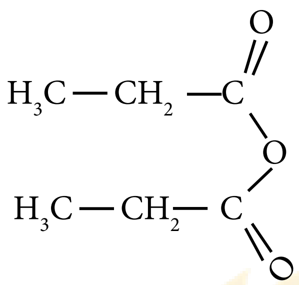
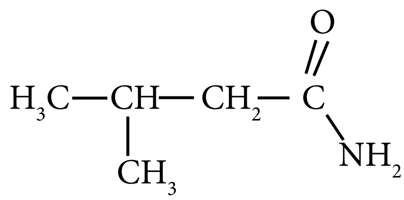
7. Qu'appelle-t-liaison peptidique ? Par quels groupes d'atomes est-elle présentée ? A quelle fonction chimique correspond-elle?
8. Écrire la formule semi-développée du dipeptide H-gly-ala-OH.
Comment doit-on procéder pour l'obtenir, à partir de la glycine et de l'alanine? Si l'on ne prend pas de précautions, quel autre dipeptide se forme ?

EXERCICE 27

Les parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A

1) Nommer les composés organique A, B, D, E dont les formules suivent et préciser la famille chimique de chaque composé.

(A) 	(B) 
(D) 	(E) 

2. Ecrire l'équation-bilan d'une réaction permet d'obtenir:
a) Le Composé B à partir du corps A;
b) Le composé D à partir de l'acide propanoïque;
c) le composé E par une réaction rapide et totale.

PARTIE B

Traditionnellement, dans nos campagnes africaines les femmes recyclaient les graisses et les huiles d'origine animale ou végétale pour en faire du savon. Le savon est également fabriqué en usine. On donne en g.mol-1: M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(Na) = 23.

3) Les graisses et les huiles sont des corps gras. Les corps gras sont pour la plupart des triglycérides. Rappeler ce qu'est un triglycéride.
4) Rappeler la formule Semi-développée du propan-1,2,3-triol ou glycérol.
5) L'acide palmitique ou hexadécanoïque a pour formule:
En faisant réagir le glycérol sur l'acide hexadécanoïque
on obtient un composé organique nommé palmitine.
5.1. Ecrire, à l'aide de formules semi-développées, l'équation-bilan de la réaction du glycérol sur l'acide hexadécanoïque. Donner les caractéristiques de cette réaction.
5.2. La palmitine est aussi présente dans l'huile de palme. Dans une usine de la place on fabrique du savon à partir de la palmitine provenant d'huile de palme. Pour cela, on y réalise la saponification de la palmitine contenue dans 1500 kg d'huile de palme renfermant, en masse, 47% de palmitine. La base forte utilisée est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
5.2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de la palmitine par l'hydroxyde de sodium et entourer la formule du produit qui correspond au savon.
5.2.2. Calculer la masse de savon obtenue si le rendement de la réaction est de 80%.

EXERCICE 28

Au cours d'une séance de T.P, Franck et Abel disposent de quatre composés A,B,D et E, d'autres produits et réactifs. Ils procèdent à une série de réactions chimiques comme l'exige le protocole expérimental.

-Ils font réagir une solution acidifiée S de dichromate de potassium sur le corps A. Ils obtiennent dans une première étape un composé F, puis dans une seconde un composé G.

-Ils font réagir ma même solution S sur le corps B et obtiennent un corps H.

-En présence d'un catalyseur, ils provoquent la réaction de B sur un monoacide carboxylique à chaîne saturée non cyclique I pour obtenir le corps J.

-A l'aide de l'oxyde de phosphore P_4O_{10} ils déshydratent le composé G pour obtenir le composé K.

-Enfin, ils procèdent à la décarboxylation de I.

-Après avoir réalisé les réactions ; ils doivent identifier les noms et formules des différents composés organiques.

Support

Les corps A,B,D et E

A: CH_3-CH_2-CH_2-OH; B : CH_3-CHOH-CH_3 ;

D: CH_3-CH_2-$COOCH_2$-CH_3; E: CH_3-CO-NH_2.

La densité de vapeur de l'acide I est voisine de 3.

1.Nommer les corps A, B, D et E et identifier le groupe fonctionnel caractéristiques de chacun d'eux.

2.

a) Ecrire l'équation bilan correspond à chacune des deux étapes de l'actions de S sur A.

b) Donner la formule semi-développée et le nom de H.

c) Indiquer la nature des composés F, G et H. Donner leurs noms.

-Citer un réactif permettant de distinguer F et H.

3)

a) Donner les formules semi-développées possibles pour I ainsi que les noms correspondants.

b) Ecrire l'équation bilan de la réaction de B sur l'isomère non ramifié de I. Donner le nom de Préciser les caractéristiques de cette réaction.

4)

a) Ecrire l'équation de la réaction de G sur le P_4O_{10} et nommer le produit K obtenu. Dire ce que donne l'hydroxyle du produit K.

b) Nommer le produit de décarboxylation de l'isomère non ramifié du composé I.

EXERCICE 29

On se propose d'étudier un ester E. On donne : pKA du couple $HCOOH/HCOO^-$ est égal à 3,8.

A. Détermination de l'ester E.

L'ester E provient de l'action d'un acide carboxylique A sur un monoalcool saturé B.

1)Identification de l'alcool B.

Une masse m_1= 3,7 g de B est obtenu par hydratation d'une masse m_2=2,8 g d'alcène.

1.1. En utilisant les formules générales brutes, écrire l'équation bilan de la réaction de préparation de B.

1.2. Montrer que $\frac{14n}{14n+18} = \frac{m_2}{m_1}$ et en déduire la formule brute de l'alcène et celle de B.

1.3. L'oxydation ménagée de l'alcool B donne un composé qui réagit avec la 2,4-DNPH et avec la liqueur de Fehling. Sachant que l'alcool B est à chaîne linéaire, déterminer sa formule semi-développée et son nom.

2) Identification et étude de l'acide A

2.1. Une solution aqueuse contient 402,5 mg de A. On dose cette solution avec de l'hydroxyde de sodium de concentration molaire Cb = 0,5 mol/L. On obtient l'équivalence acido-basique après avoir versé un volume Vb = 17,5 cm^3 de cette solution basique.

2.1.1. Déduire de cette expérience la masse molaire de l'acide A.

2.1.2. Déterminer la formule brute, la formule semi-développée et le nom de l'acide A.

2.2. On mélange un volume V_3 = 70 cm3 d'une solution de méthanoate de sodium, de concentration C_3 = 0,1 mol. L^{-1} et un volume Va de la solution d'acide A de concentration molaire Ca = 0,175 mol. L^{-1}. On obtient une solution S de pH égal à 3,5.

2.2.1. En négligeant les concentrations molaires de H_3O^+ et OH^- par rapport à celles des autres espèces chimiques dans ce mélange,

montrer que $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{C_3V_3}{CaVa}$

2.2.2. Calculer Va.

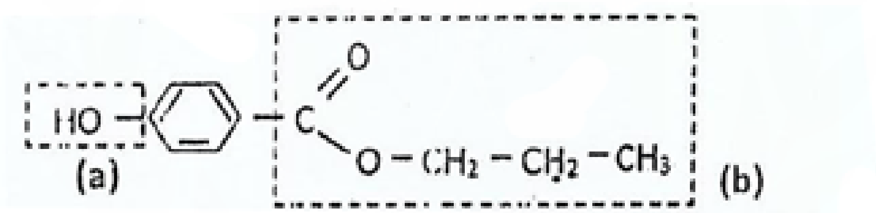
B. Etude de l'ester E.

Pour préparer l'ester E, On introduit 3,7 g de l'alcool B et 2,3 g de l'acide A dans un tube, puis on chauffe le mélange. Après quelques heures, on isole et on dose l'acide restant avec la solution de soude de concentration molaire C'b = 0,5 mol.

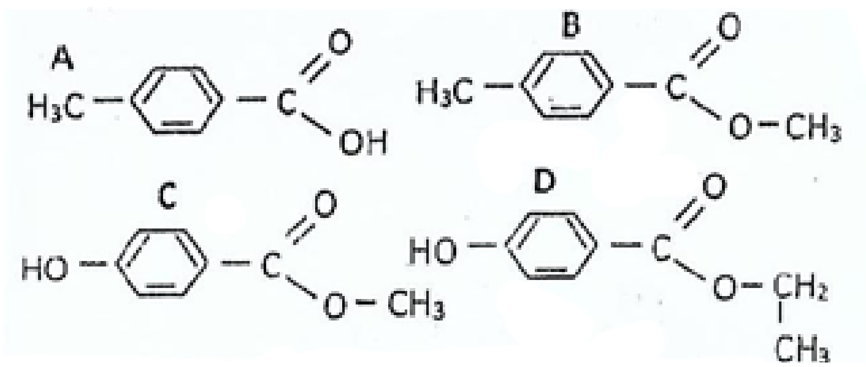
L^{-1}. L'équivalence acido-basique est obtenue après avoir versé un volume V'b = 40 cm^3 de la solution basique.
1) Nommer et donner les propriétés de la réaction de A avec B.
2) Ecrire l'équation bilan traduisant cette réaction. Donner le nom de l'ester E formé.
3) Montrer que le mélange initial introduit dans le tube est équimolaire.
4) Calculer le pourcentage d'alcool estérifié.
On donne : MH= 1 $g.mol^{-1}$; MO= 16 $g.mol^{-1}$;MC= 12 $g.mol^{-1}$

EXERCICE 30

Les parabènes sont des conservateurs utilisés dans l'industrie cosmétique pour empêcher la prolifération des bactéries et des champignons. On les trouves dans bon nombre de produits de beauté: shampoings, gels de douche, crèmes hydratantes... Les parabènes les plus courants sont: le méthylparaben, l'éthylparaben, le propylparaben et le butylparaben.
La formule semi-développée du propylparaben ou parahydroxybenzoate de propyle est:



1.1. Nommer les groupes caractéristiques (a) et (b) encadrés dans cette molécule.
Le propyparaben peut-être synthétisé à partir de deux réactifs, le réactif n°1 et le réactif n°2.
1.2. Le n°1 est l'acide para-hydroxybenzoïque. Ecrire sa formule semi-développée.
1.3. Quel est le nom et la formule semi-développée du réactif n°2?
1.4. Parmi les quatre molécules suivantes A, B, C et D, identifier le méthylparaben.



2. On introduit dans un ballon un certain volume d'alcool benzylique (phénylméthanol) correspondant à une quantité de matière n = $2,7.10^{-1}$ mol, et 11,4 mL de l'acide carboxylique A, 1mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. On chauffe à ébullition douce pendant une heure.
2.1. Ecrire, avec les formules semi-développées, l'équation de la réaction correspondant à la préparation de l'ester.
2.2. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction?
2.3. On obtient 3.10^{-2} mol d'ester. Calculer le rendement. On donne:

Composé	Acide A	Alcool	Ester	Eau
Masse Volumique ρ (g/cm^3)	1,05	1,04	1,06	1,00

EXERCICE 31

Pour leur examen final, le professeur de PC demande au binôme Amon et Ahui de synthétiser le 2-méthylpropanoate d'éthyle. La réaction devant se produire dans une ampoule scellée en présence d'un peu d'acide sulfurique à 100°C, l'enseignant leur impose les deux conditions ci-dessous de préparation. Il leur est demandé de déterminer la composition du mélange à l'équilibre.
Support
- Masse molaire atomique en g/mol : M(C)=12 ; M(H)=1 ; M(O)=16.
- Condition 1 de préparation : Le mélange initial comporte 0,15 mol d'acide et 0,15 mol d'alcool. La limite d'estérification est de 66%.
- Condition 2 de préparation : Le mélange initial comporte 0,15 mol d'acide et 0,45 mol d'alcool. La limite d'estérification est de 90%.

Tâche : Tu es invité(e) à déterminer la composition du mélange à 'équilibre.

1.Donner la formule semi-développée de cet ester à préparer.
2.Donner les formules semi-développées et les noms de l'alcool et l'acide qu'on doit utiliser pour l'obtenir. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
3.a) dire le rôle de l'acide sulfurique.
b) Donner la composition du mélange en masse d'ester et en masse d'alcool à l'équilibre pour la condition 1.
c) Calculer la masse d'ester formé à l'équilibre dans la condition 2.

EXERCICE 32

Dans le laboratoire de chimie d'un lycée, un professeur découvre un flacon sans étiquette contenant un composé organique liquide. On désigne par A le composé organique contenu dans le flacon. Le professeur décide d'identifier le composé A afin de l'utiliser éventuellement avec ses élèves en travaux pratiques. Pour cela, il réalise une série d'expériences.

Expérience 1 : Le professeur réalise l'hydrolyse du composé A. Il obtient deux composés B et C qu'il sépare par une technique appropriée.

Expérience 2 : Il verse quelques gouttes d'une solution aqueuse de B sur du papier ,celui-ci vire au rouge.

Expérience 3 : Il prélève 1,85 g du composé C qu'il fait réagir avec un excès de sodium. A la fin de la réaction. Il a recueilli un volume V = 0,28 L de dihydrogène. Il verse quelques gouttes de la solution obtenue dans de l'eau contenant de la phénolphtaléine. L'indicateur coloré vire au rose.

Expérience 4 : Il réalise enfin l'oxydation ménagée du composé C par une solution de dichromate de potassium ($Cr_2O_7^{2-}$; $2K^+$) acidifiée. Il obtient un composé D. Le composé D donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitro-phénylhydrazine (DNPH) et est sans action sur la liqueur de Fehling.

1. Déterminer la nature des composés A,B,C et D.
2. Le composé A contient en masse 27,58 % d'oxygène. Déterminer :
2.1. La masse molaire M_A du composé A.
2.2.la formule brute du composé A.
3
3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu dans l'expérience n°3 en utilisant la formule générale de C.
3.2. Montrer que le composé C a pour brute $C_4H_{10}O$.
4.
4.1. Ecrire la formule semi-développée des composés A, B, C, D et les nommer.
4.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse du composé A.
Donner les caractéristiques de cette réaction.
4.3. Le composé A peut être obtenu par l'action d'un composé E (contenant un atome de chlore) sur le composé C.
4.31. Ecrire la formule semi-développée du composé E.
4.3.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a eu lieu.
4.3.3. Donner le nom de cette réaction.

On donne :(en $g.mol^{-1}$) :M(C)=12 ; M(O)=16 ; M(H)=1 ;
Volume molaire :Vm = 22,4 $L.mol^{-1}$

EXERCICE 33

R étant une chaîne carbonée saturée, on considère l'anhydride d'acide de formule générale.

$$\begin{array}{ccccccccc} R & - & C & - & O & - & C & - & R \\ & & \| & & & & \| & & \\ & & O & & & & O & & \end{array}$$

1) Ecrire l'équation de sa réaction d'hydrolyse.
2) Partant d'une masse de 1,02 gramme de cet anhydride on obtient, à la fin de l'hydrolyse, un composé X intégralement recueilli dans un certain volume d'eau distillée. La solution obtenu est dosée en présence d'un indicateur coloré approprié. Il faut alors verser 20 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium de 1 mol.L-1 pour atteindre l'équivalence.
2.1) Donner la formule semi-développée de X, préciser sa fonction et le nommer.
2.2) En déduire la masse molaire de l'anhydride d'acide, précise sa formule développée et le nommer.

EXERCICE 34

Le paracétamol $HO\text{-}C_5H_4\text{-}NH\text{-}CO\text{-}CH_3$, principe actif du «Doliprane», est un médicament largement utilisé. Il concurrence l'aspirine comme antipyrétique et analgésique bien qu'il n'est pas de propriétés anti-inflammatoires et qu'il soit un moins bon antalgique. La synthèse du paracétamol se fait à partir de l'anhydride acétique et du paraminophénol. La réaction produit en outre de l'acide acétique.
1) Quels groupes fonctionnels reconnaît-on dans le paracétamol ?
2) Ecrire, à l'aide de formules semi-développées, l'équation de synthèse du paracétamol.
3) Pourquoi utilise-t-on comme réactif l'anhydride acétique plutôt que l'acide acétique pour synthétiser le paracétamol ?
4) Une boite de «Doliprane 500mg» pour adulte contient 15 comprimés dosés à 500 mg. Déterminer les quantités de matières (nombre de mole et les masses minimum) des deux réactifs à mettre en œuvre pour synthétiser la quantité de paracétamol contenue dans une boite.

EXERCICE 35

1) On chauffe un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'acide propanoïque avec de l'oxyde de phosphore P_4O_{10}.
La distribution fractionnée des produits de la réaction permet d'isoler trois composés organiques A, B et C. Tous réagissent vivement avec l'eau :
* A engendre l'acide éthanoïque ;
* B conduit à l'acide propanoïque;
* C donne naissance à un mélange équimolaire des acides éthanoïque et propanoïque.
1.1) Identifier les composés A et B. Donner leurs formules semi-développées et leurs noms. Ecrire les équations de leurs réactions de formation.
1.2) Identifier le corps C. Donner sa formule semi-développée. Ecrire l'équation de sa réaction de formation.
2) A réagit sur l'ammoniac pour donner un composé organique X et l'éthanoate d'ammonium Y. La déshydratation, par chauffage de Y donne le composé X.
2.1) Ecrire les équations traduisant la transformation de A en X et la transformation de Y en X.
2.2) Ecrire l'équation globale de la réaction, à chaud de A sur l'ammoniac. Donner les formules semi-développées et le nom de X. Quelle est sa fonction chimique ?
2.3) Sachant qu'on a obtenu une masse m = 35,4 g de X avec un rendement de 85%, quelle est la masse de composé A utilisée ?

EXERCICE 36

L'hydratation d'un alcène A dont la molécule contient 4 atomes de carbone donne deux composés B et B'.
L'oxydation ménagée de B donne un composé C qui donne un précipité jaune avec la 2,4-DNPH et réagit avec le réactif de Schiff. L'oxydation ménagée de B' par l'ion dichromate ($Cr_2O_7^{2-}$) en milieu acide n'est pas possible.
1) Ecrire et nommer toutes les formules semi-développées possibles de A.
2) Préciser les fonctions des composés B, B' et C ainsi que la classe de B et B'.
3) En déduire les formules semi-développées et les noms de B', A, B et C.
4) Si on poursuit l'oxydation de B par un excès de dichromate de potassium en milieu acide, on obtient un composé D.
4.1) Donner la fonction chimique, la formule semi-développée et le nom de D.
4.2) Etablir l'équation-bilan de la réaction d'oxydation de B en D par l'ion dichromate.

5) L'action du chlorure de thionyle sur D conduit à la formation d'un corps E. F réagit avec l'éthanol pou donner E.
5.1) Donner la fonction chimique, la formule semi-développe et le nom de F et E.
5.2) Ecrire les équations bilans des réactions qui se sont produites.
5.3) Nommer la réaction entre F et l'éthanol et donner ses caractéristiques.

EXERCICE 37

1) A est un acide carboxylique à chaîne carbonée saturée de formule brute $C_2H_4O_2$.
1.1) Ecrire la formule semi-développée de A.
1.2) Donner le nom du composé A.
2) B est un alcool de formule brute CH_4O.
2.1) Ecrire la formule semi-développée de B.
2.2) Donner le nom et la classe de l'alcool B.
3) On dispose d'une masse m_A =18 g de l'acide carboxylique A.
On en fait deux parts.
m'_A = 6 g de A réagit avec B. On obtient un corps organique C.
m''_A = 12 g de A est conservé.
3.1) Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu.
3.2) Donner :
3.2.1) Le nom du composé C
3.2.2) Les caractéristiques de la réaction.
3.3) Le rendement de la réaction est égal à 0,67. Calculer la masse m_C du composé C formé.
4) m''_A = 12 g de A réagit avec le pentachlorure de phosphore (PCl5). Il se forme un composé organique D.
4.1) Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu.
4.2) Donner le nom de D.
4.3) Calculer le volume de chlorure d'hydrogène formé.
4.4) On verse goutte à goutte le composé D dans une solution concentrée d'ammoniac. On obtient un composé E.
4.4.1) Ecrire la formule semi-développée du composé E.
4.4.2) Donner le nom de E.
On donne : Vm = $24 L.mol^{-1}$
Les masses molaires en $g.mol^{-1}$: H = 1 ; O = 16 ; C = 12

EXERCICE 38

Le lait

Le lait est un produit naturel complexe contenant de nombreuses substances organiques. Ces substances sont susceptibles d'évoluer en réagissant entre elles ou avec des réactifs extérieurs comme l'oxygène de l'air.

1. Du 2-hydroxypropanal à l'acide lactique.

Nous admettons que le corps de formule H3C-CHOH-CHO, 2-hydroxypropanal, est présent dans le lait frais.

1.1 Ecrire la formule développée de la molécule de ce corps.

1.2 Quels sont les groupements fonctionnels présents dans cette molécule ?

1.3 La fonction située en bout de chaîne (-CHO) est facilement oxydable. Au contact de l'oxygène de l'air, cette fonction réagit et ce corps se transforme en acide lactique. Ecrire l'équation bilan de cette oxydation.

2. De l'acide lactique à l'acide pyruvique.

L'acide lactique obtenu possède encore un groupement oxydable sur le carbone central. Ce groupement peut être oxydé au contact de l'air.

2.1 Quel est ce groupement ?

2.2 Ecrire l'équation bilan de cette oxydation.

2.3 Le produit obtenu s'appelle l'acide pyruvique. Quelles sont les deux fonctions présentes dans cette molécule ?

3. La lactone

Un autre produit du lait est l'acide 4-hydroxybutanoïque de formule CH2OH-CH2-CH2-COOH.

3.1 Ecrire sa formule développée.

3.2 Quelles sont les deux fonctions présentes dans cette molécule ?

3.3 Deux molécules d'acide 4-hydroxybutanoïque peuvent réagir ensembles par estérification.

Ecrire l'équation bilan de la réaction en utilisant les formules semi-développées des composés.

3.4 Cette molécule présente une possibilité intéressante de réaction. Les deux extrémités de la molécule peuvent réagir l'une avec l'autre. Il y a formation d'une molécule cyclique (lactose) Ecrire la formule du produit sous forme développée.

ACIDE α -AMINE

I. Définition

On appelle acide α -aminé tout composé portant, sur un même atome, une fonction acide carboxylique -COOH et une fonction amine $-NH_2$. La molécule d'un acide α -aminé contient l'élément fe structure :

$-\underset{|}{N}-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-COOH$ dans lequel l'atome d'azote appartient à une fonction amine.

cependant la plupart des acides α -aminés naturels ont pour formule :

$$NH_2-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-COOH$$

II. Les différents acides α -aminés

Certains acides α -aminés (Gly, Ala, ...) sont synthétisés par l'organisme ; d'autres (Phe, ...) doivent êtres apportés par l'alimentation : ils sont dits essentiels.
Il existe vingt principaux acides α -aminés.

III. Caractéristiques acido-basique des acides α -aminés

Les acides α -aminés ont des propriétés acides dues au groupement fonctionnel acide carboxylique -COOH et des propriétés basiques dues au groupe amine $-NH_2$: on dit qu'ils sont amphotères ou ampholytes.

IV. Nomenclature

Deux types de nomenclature sont utilisés :

- la nomenclature systématique en considérant que le groupe $-NH_2$ est un substituant appelé groupe amino ;
- la nomenclature avec les noms courants ou usuels.

Exemples :

Formule semi-développée	$H-\underset{\underset{NH_2}{\mid}}{CH}-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix}$	$H_3C-\overset{\overset{NH_2}{\mid}}{CH}-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix}$	$H_5C_6-CH_2-\overset{\overset{NH_2}{\mid}}{CH}-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix}$
Noms	acide 2-aminoéthanoïque ou glycine (Gly)	acide 2-aminopropa-noïque ou alanine (Ala)	acide 3-phényl-2aminopropanoïque ou phénylalamine (Phe)

V. Les différentes formes d'un acide α -aminé

- Dans l'eau pure, les acides α -aminés existent essentiellement sous la forme d'un un ion dipolaire électriquement neutre connu sous le nom de zwitterion ou amphion de formule $NH_3^+ - CHR - COO^-$.

$$R - \underset{\substack{|\\ NH_2}}{CH} - COOH \xrightarrow{H_2O} R - \underset{\substack{|\\ NH_3^+}}{CH} - COO^- \text{ (amphion ou zwitterion)}$$

- Dans un milieu acide, l'amphion se comporte comme une base

$$\underset{\text{base}}{R - \underset{\substack{|\\ NH_3^+}}{CH} - COO^-} + H_3O^+ \rightleftharpoons \underset{\text{cation A (doublement acide)}}{R - \underset{\substack{|\\ NH_3^+}}{CH} - COOH} + H_2O$$

On a le couple cation A/amphion

La forme prédominante dans un milieu acide est le cation $NH_3^+ - CHR - COOH$

- Dans un milieu basique, l'amphion se comporte comme un acide

$$\underset{\text{acide}}{R - \underset{\substack{|\\ NH_3^+}}{CH} - COO^-} + OH^- \rightleftharpoons \underset{\text{anion B (doublement basique)}}{R - \underset{\substack{|\\ NH_2}}{CH} - COO^-} + H_2O$$

On a le couple amphion/anion B.

La forme prédominante dans un milieu basique est l'anion $NH_2 - CHR - COO^-$.

VI. Synthèse des peptides

1. La liaison peptidique

Un dipeptide est un composé obtenu par l'élimination d'une molécule d'eau (réaction de condensation) entre le groupe amine d'un acide α -aminé et le groupement acide carboxylique d'un autre acide α -aminé.

$$N\text{-}NH\text{-}\underset{\substack{|\\ R'}}{CH}\text{-}C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix} + NH_2\text{-}\underset{\substack{|\\ R}}{CH}\text{-}C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix} \longrightarrow \underset{\text{dipeptide}}{NH_2\text{-}\underset{\substack{|\\ R}}{CH}\text{-}\underset{\substack{\|\\ O}}{C}\text{-}\underset{\substack{|\\ H}}{N}\text{-}\underset{\substack{|\\ R'}}{CH}\text{-}C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix}} + H_2O$$

La liaison peptidique correspond à la liaison C-N du groupe amide $-\underset{\substack{\|\\ O}}{C}-\underset{\substack{|\\ N}}{N}-$ formé lors de la réaction de condensation de deux acide α -aminés.

Dans certains ouvrages, le groupe -NH-CO- est appelé liaison peptidique.

2. Peptides et protéines

Un peptide est une molécule obtenue par condensation de plusieurs molécules d' acide α -aminé. On appelle polypeptide un composé dont la molécule est constituée d'un enchaînement d' acide α-aminé reliés par des liaisons peptidiques.

On appelle protéine, un polypeptide formé à partir de plus de 50 molécules d' acides α-aminés.

3. Nomenclature

On nomme les peptides avec les abréviations des noms usuels des acides α-aminés les constituants, cités dans l'ordre en commençant par l'extrémité portant le groupe amine.

$$\underset{\text{glycine (Gly)}}{NH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH} + \underset{\text{alamine (Ala)}}{NH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH} \longrightarrow H_2O + \underset{\text{Gly-Ala}}{\boxed{NH_2\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}\text{-}\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH}}$$

4. Hydrolyse d'un peptide

Les acides α-aminés proviennent de l'hydrolyse des protéines.

EXERCICE 1

1.La glycine et l'alanine ont pour formules respectives
$H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$ et $H_2N\text{-}CH(CH_3)\text{-}COOH$
Justifier le nom d'acide α -aminé donné à ces substances. Quel est leur nom en nomenclature officielle ?
2. Ecrire la formule des acides α -aminés suivants :
2.1. acide 2-amino 3-méthylbutanoïque
2.2. acide 2-amino 4-méthylpentanoïque
2.3. acide 2-amino 3-méthylpentanoïque

EXERCICE 2

On utilisera les données du cours pour les formules des acides α -aminés.
1) Ecrire la formule semi-développée de l'alanine ou l'acide 2-aminopropanoïque.
2) Qu'appelle-t-on acides aminés essentiels ?
3) Donner la formule générale et le nom de l'ion dipolaire contenu dans les solutions aqueuses d'acide α -aminé.
Ecrire les deux couples cide/base caractérisant cet ion dipolaire et préciser dans chaque cas, le rôle joué par celui-ci (acide ou base).
Ecrire la formule de l'espèce chimique majoritaire de la glycine $H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$ en solution aqueuse, dans les 3 cas suivants :
• pH = 1,8 ; • pH = 8 ; • pH = 11.
On donne :
pKa1 = 2,3 pour le couple : acide conjugué du zwitterion / zwitterion ;

pKa2 = 9,7 pour le couple : zwitterion / base conjuguée du zwitterion
7) Ecrire les formules semi-développées des deux dipeptides que l'on peut obtenir à partir des deux acides α -aminés :

$$\begin{array}{c} R_1 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{c} R_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH \end{array}$$

8) Qu'appelle-t-on liaison peptidique ? Par quels groupes d'atomes est-elle représentée ? A quelle fonction chimique correspond-elle ?
9) Ecrire la formule semi-développée du dipeptide H-gly-ala-OH.
Comment doit-on procéder pour l'obtenir, à partir de la glycine et de l'alanine ?
Si l'on ne prend pas de précautions, quel autre dipeptide se forme ?

EXERCICE 3

L'alanine est un acide α -aminé de formule moléculaire brute $C_3H_7O_2N$.
1) Donne sa formule développée et son nom.
2) La condensation d'une molécule d'alanine et d'une molécule de glycine (acide 2-amino-éthanoïque) conduit à un dipeptide.
2.1) Ecris l'équation de la condensation qui conduit au dipeptide dont le groupement carboxyle libre est celui de l'alanine.
2.2) Indique le type particulier de liaison dans ce dipeptide.

EXERCICE 4

On donne les masses molaires en $g.mol^{-1}$.
M(C) : 12 ; M(H) : 1 ; M(N) : 14 ; M(O) : 16 ; M(Na) : 23
Les protéines entrent dans la constitution des organismes vivants et participent à leur fonctionnement en intervenant dans un grand nombre de réactions biochimiques. Ce sont des macromolécules constituées par association d'acides aminés par liaison peptidique.
On se propose d'identifier un peptide noté D, résultant de la réaction entre deux acides aminés A et B.
1) Des méthodes d'analyse quantitative ont permis de déterminer les pourcentages massiques de carbone, d'hydrogène et d'azote du composé A ; soient :
%C = 40,45 %H = 7,87 %N = 15,72
1.1) Le composé A ne contenant qu'un atome d'azote par molécule, vérifier que sa formule brute s'écrit C3H7NO2.
1.2) Le composé A est précisément un acide α -aminé. Ecrire sa formule semi-développée et donne son nom dans la nomenclature officielle.
2) Par réaction de A avec un autre acide α -aminé B de formule

$$\begin{array}{c} H_2N\text{-}\underset{\displaystyle C_4H_9}{\underset{|}{CH}}\text{-}CO_2H \end{array}$$

on obtient le dipeptide D.

2.1) Ecrire la formule semi-développée de B sachant que sa molécule contient deux atomes de carbone liés chacun à quatre substituants et donner son nom dans la nomenclature officielle.
2.2) Ecrire, à l'aide de formules développées, l'équation-bilan traduisant la synthèse du dipeptide D sachant que A est l'acide α -aminé N-terminal.
Entourer la liaison peptidique.

EXERCICE 5

L'alanine a pour formule CH_3-$CH(NH_2)$-$COOH$.
1) Comment appelle-t-on les composés de formule générale
R-CH_2-(NH_2)-COOH ?
2)
2.1) Quels groupes fonctionnels ce possède-t-il ?
2.2) Montrer qu'en solution aqueuse, l'alanine peut se comporter comme un acide ou comme une base. Ecrire les équations-bilans des réactions chimiques correspondantes.
3) Les solutions aqueuses d'alanine contiennent un ion dipolaire.
Donner la formule de cet ion.
4) De quel anion et de quel cation l'ion dipolaire précédent est-il respectivement :
4.1) L'acide conjugué ;
4.2) La base conjuguée ?
5)
5.1) Ecrire la réaction de condensation mettant en jeu deux molécules d'alanine.
5.2) Quel type particulier de liaison trouve-t-on dans le composé obtenu ?
5.3) Où se trouve-t-elle dans la formule développée de ce composé ?

EXERCICE 6

La glytaninylalanine, dipeptide formé à partir de la glutamine et de l'alanine, est un produit de dégradation incomplète de la digestion des protéines. Il est connu pour avoir des effets physiologiques.
1) La molécule du dipeptide

La molécule de la glutaminylalanine est représentée par la formule ci-dessous :

$$H_2N-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH$$

1.1) Recopie la formule. Encadre les groupes fonctionnels et nomme-les.
1.2) Repère la liaison peptidique.
2. Etude de l'acide α-aminé N-terminal du dipeptide.
La glutamine, l'acide α-aminé N-terminal du dipeptide, est l'acide aminé le plus abondant dans le sang et dans les muscles. Le corps est capable de synthétiser lui-même la L-glutamine que l'on retrouve aussi dans la viande, le poisson, les produits laitiers, les céréales et les légumineuses. Parmi les rôles

de la L-glutamine, on peut citer l'amélioration des performances physiques, la réduction de la sensation de fatigue chez les joueurs de football...

2.1) Définis un acide α -aminé.

2.2) Ecris la formule semi-développée de la molécule de glutamine et donne son nom.

3) Etude de l'acide α -aminé C-terminal du dipeptide

L'alanine, l'acide α -aminé C-terminal de la glutaminylalanine, est aussi un acide aminé qui se retrouve dans les même sources alimentaires que la glutamine. Elle fait augmenter le taux de sucre dans le sang et contribue à la formation des globules blancs. Elle est donc indispensable au maintien d'une bonne santé.

2.1) Ecris la formule semi-développée de la molécule d'alanine et donne son nom.

2.2) En solution aqueuse la molécule d'alanine se présente sous la forme d'un ion dipolaire entre autre espèces chimiques. Donne la formule et le nom de cet ion.

2.3) Ecris l'équation-bilan de la réaction de l'ion dipolaire en milieu très acide puis en milieu très basique. Indique les couples acide-base auxquels participe l'ion dipolaire.

2.4) Les pKA des couples précédents valent 2,3 et 9,9. Propose un diagramme de prédominance des espèces d'une solution aqueuse d'alanine.

Chapitre 19

SOLUTION AQUEUSE ET PH

I. Solution aqueuse

• Un solvant est un liquide dans lequel on peut dissoudre des corps.
• Les solutés sont des corps dissous dans le solvant ; un soluté peut-être solide, liquide ou gazeux.
• Une solution est un mélange formé d'un solvant et d'un soluté (ou des soluté s'il y en a plusieurs). Une solution aqueuse est une solution dont le solvant est l'eau.

II. Concentration molaire ou molarité

La concentration molaire volumique ou molarité d'une solution en une espèce chimique A est le nombre de moles de l'espèce A par litre de solution.

$$\boxed{[A] = C = \frac{n}{V}}$$

n = nombre de moles de l'espèce X en moles (mol)
V = Volume de la solution en litre (L)
C = [A] = molarité de l'espèce X en mol/L

III. Concentration massique d'une espèce chimique X en solution

La concentration massique d'une espèce chimique X en solution est la masse de l'espèce chimique donnée par litre de solution.

$$\boxed{C_m = \frac{m}{V}}$$

m = masse de l'espèce X en grammes (g)
V = Volume de la solution en litre (L)
C_m = concentration massique en g/L

• Remarque : $\boxed{C_m = \frac{C_m}{M}}$

IV. Détermination du nombre de moles d'un soluté

1er cas: Si m est la masse du solité et M sa masse molaire, on a :
$M \longleftrightarrow 1$ mol
$m \longleftrightarrow n$ mol d'où $n = \frac{m}{M}$ On a alors : $\boxed{[A] = C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}}$

2eme cas: Si V est le volume du soluté gazeux et V_0 le volume molaire dans les conditions de l'expérience, on a:
$V_0 \longleftrightarrow 1$ mol
$V \longleftrightarrow n$ mol d'où $n = \frac{V}{V_0}$. On a alors : $\boxed{[A] = C = \frac{n}{V} = \frac{V}{VV_0}}$

V. Dissolution dans l'eau d'une substance

La dissolution totale dans l'eau d'un solide AB à structure ionique s'écrit:

$$AB \xrightarrow{eau} A^-(aq) + B^+(aq)$$

Pour des raisons de simplicité, on écrit A^- et B^+

La dissolution d'un composé ionique peut-être

- athermique: se fait à température constante
- exothermique: se fait avec une élévation de température
- endothermique: se fait avec une diminution de température.

VI. Solution commerciale

La concentration C d'une solution commerciale est donnée par :

$$\boxed{C = \frac{\% \times \rho}{M}}$$

- C : Concentration de la solution commerciale (en mol/L);
- % : Pourcentage massique de soluté;
- M : Masse molaire du soluté (en g/mol);
- $\rho = \frac{m}{V}$ ou $\rho = d \times \rho_{eau}$: masse volumique du soluté (en g/L)

avec masse m (en g) ; volume V (en L), densité d (sans unité) et $\rho_{eau} = 10^3$ g/L.

Remarque : Dans le cas où on donne la densité dans l'énoncé alors

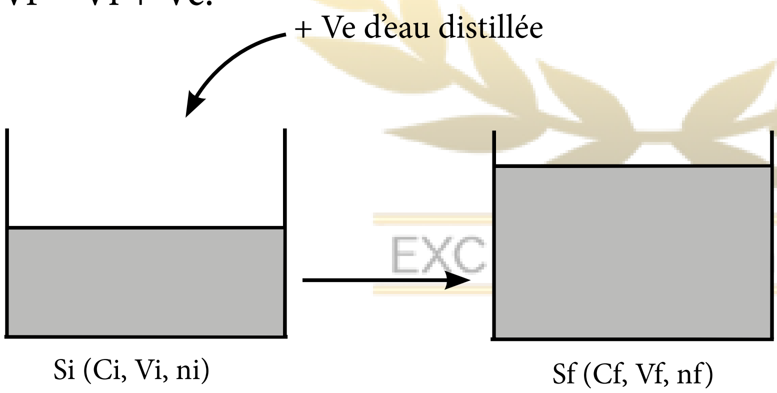
$$\boxed{C = \frac{1000\%d}{M}}$$

VII. Dilutions des solutions

La dilution est l'opération qui consiste à diminuer la concentration d'une espèce chimique dans une solution.

Soit S1 la solution initiale de concentration initiale Ci et de volume Vi.

Pour diluer cette solution, il suffit d'ajouter progressivement un volume Ve d'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une solution Sf de concentration Cf et de volume Vf = Vi + Ve.



On a :

$$\boxed{\begin{gathered} n_i = n_f \\ C_iV_i = C_fV_f \end{gathered}}$$

Remarque : Le facteur de dilution ou rapport ou coefficient de dissolution est :

$$\boxed{k = \frac{V_f}{V_i} = \frac{C_i}{C_f}}$$

VIII. L'autoprotolyse de l'eau

Deux molécules d'eau peuvent réagir entre elles selon l'équation-bilan suivante:

$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ou plus simplement $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Le produit ionique de l'eau

L'équation de l'autoprotolyse de l'eau est caractérisée par une constante Ke appelée *Produit ionique de l'eau* telle que : $Ke = [H_3O^+] \times [OH^-]$. Cette constante est sans unité.

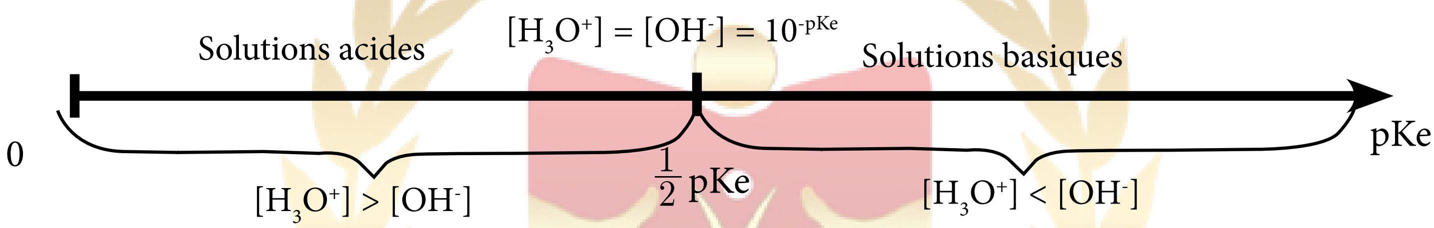
Remarque : Ke dépend de la température : par exemple à 25°C. $Ke = 10^{-14}$ et $PKe = -\log Ke$

PH d'une solution aqueuse

Le pH d'une solution aqueuse et sa concentration en ion hydronium [H3O+] sont liés par la relation : $pH = -\log[H_3O^+]$ ou $[H_3O^+] = 10^{-pH}$.

Remarque : 10^{-13} mol.L^{-1} < $[H_3O^+]$ < 10^{-1} mol.L^{-1}.

Echelle de pH



Remarque : $Ke = 10^{-pKe}$; $pKe = -\log Ke$

Le pH dépend de la température. Par exemple, à 25°C ($Ke = 10^{-14}$; $pKe = 14$):

- Si $[H_3O^+] > [OH^-]$ alors la solution est acide et pH < 7 ;
- Si $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/L alors la solution est neutre et pH = 7;
- Si $[H_3O^+] < [OH^-]$ alors la solution est basique et pH > 7.

Relation d'electroneutralité

La somme des molarités des cations est égale à la somme des molarités des anions, chaque molarité étant multipliée par la valeur absolue de la charge de l'ion correspondant.

$$[H_3O^+] + n[B^{n+}] = [OH^-] + m\,[A^{m-}]$$

EXERCICE 1

On dissous 2g d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) dans 5 L d'eau distillée.
1) Calculer la concentration massique de la solution obtenue.
2) Calculer la concentration molaire de la solution obtenue.
3) Quelle masse d'hydroxyde de sodium faut-il dissoudre dans l'eau distillée pour obtenir 1,5 L de solution de concentration molaire C = 0,04 mol/L ?
On donne les masses molaire atomiques en g/mol : M(H) = 1 ; M(O) = 16 M(Na) = 23.

EXERCICE 2

Les questions sont indépendantes.
1) Quel volume d'eau distillée doit-on ajouter à 40 cm^3 d'une solution de chlorure d'hydrogène de concentration 2.10^{-2} mol/L pour obtenir une solution de pH = 2,4 ?
2) On mélange 20 cm^3 d'une solution chlorhydrique de pH = 3,1 avec 10 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique de pH = 2,3.
Déterminer le pH du mélange obtenu.

EXERCICE 3

1) Qu'appelle-t-on concentration molaire et concentration massique ?
Etablir l'expression entre la concentration molaire et la concentration massique.
2)
a) Qu'est-ce-qu'une solution aqueuse ?
b) Comment peut-on montrer qu'une solution aqueuse est acide ?
c) Comment mettre en évidence qu'une solution aqueuse est ionique ?
3)
a) Quelle masse de chlorure de sodium $NaCl$ faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir 500 cm^3 d'une solution de concentration molaire 0,02 mol/L en $NaCl$?
b) Quelle est alors la concentration massique de la solution obtenue ?
c) A la solution précédente on ajoute Ve = 1,5 L d'eau.
Calculer la nouvelle concentration molaire.
On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(Cl) = 35,5 g/mol.

EXERCICE 4

La concentration massique d'une solution d'hydroxyde de sodium est égale à 2,5 g/L.

1) Déterminer la concentration molaire de cette solution.

2) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium nécessaire pour préparer 2,5 L de cette solution. En déduire le nombre de moles d'hydroxyde de sodium correspondant.

On donne : M(H) = 1 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(Na) = 23 g/mol.

EXERCICE 5

Sur l'étiquette d'une bouteille commerciale d'ammoniac, on peut lire :

NH_3	Masse molaire : 17 g/mol Masse volumique : 450 kg/m^3 Pourcentage massique : 33%

1) Quel volume V faut-il prélever pour préparer 500 mL d'une solution S de concentration C = 0,10 $mol.L^{-1}$?

2) Décrire le mode opératoire pour préparer les 500 mL de S.

3) La solution a un pH = 11,1 à 25°C. Calculer les concentrations et les quantités de matières des ions H_3O^+ et OH^- présents dans S.

EXERCICE 6

On donne Ke = $2,5.10^{-13}$ à 80°C.

1) Une solution aqueuse a, à cette température, un pH égal à 6,5. Détermine sa nature.

2) Un volume de 200 mL d'une solution aqueuse contient $1,0.10^{-4}$ mol d'ions hydroxyde. Calcul son pH à 80° C.

3) Le PH d'une solution aqueuse est 4,7 à 80°C. En déduire sa concentration en ions OH^-.

4) Ke augmente lorsque la température augmente.

Dans le corps humain, à 37°C, le sang a un pH d'environ 7,4 et pKe = 13,6.

4.1) Indique si le sang est un liquide neutre, acide ou basique.

4.2) En déduis l'échelle de pH à cette température.

EXERCICE 7

En solution aqueuse, l'acide nitrique (HNO_3) est totalement dissocié en ions hydronium H_3O^+ et en ions nitrate NO_3^- . Il en est de même de l'acide chlorhydrique (HCl) qui est dissocié en ions H_3O^+ et en ions Cl^-.
On donne : en g/mol : H = 1 ; O = 16 ; Cl = 35,5 ; N = 14 ; Ca = 40.
Dans une fiole jaugée de 250 mL, on introduit successivement les composés suivants :
- Une solution d'acide chlorhydrique de volume V1 = 40 mL et de concentration C1 = 0,3 mol/L ;
- Une solution d'acide nitrique de volume V2 = 25 mL et de concentration C2 = 0,4 mol/L ;
- Une masse m3 = 1 g de Chlorure de calcium solide ($CaCl_2$) ;
- Une masse m4 = 2 g de nitrate de calcium solide $Ca(NO_3)_2$.

On complète le tout à 250 mL avec de l'eau distillée.
1) Ecris les équations de dissolution des qutre (4) composés ci-dessus cités et celle de l'autoprotolyse de l'eau.
2) Fais le bilan des différentes espèces chimiques présentes dans la solution.
3) Déterminer la quantité de matière de chacun des ions présents dans cette solution sachant qu'aucune réaction chimique n'a lieu.
4) En déduis leur concentration.
5) Vérifier que les concentrations trouvées sont en accord avec l'équation d'électroneutralité.
6) Détermine le pH de la solution.

EXERCICE 8

Pour évaluer le pH d'une solution aqueuse (S), on effectue divers prélèvement à l'aide de béchers. On ajoute ensuite dans chacun des béchers un indicateur coloré. On obtient les résultats suivants :

	Hélianthine	Bleu de bromocrésol	Bleu de bromothymol	Rouge de méthyle
Couleur de la solution	Orange	Vert	Jaune	Orange

1) Evaluer le pH de la solution (S) en utilisant les résultats ci-dessus et le tableau suivant :

Indicateur	Teinte	Zone de virage	Teinte
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4	Jaune
Bleu de bromocréso	Jaune	3,8 - 5,4	Bleu
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 - 7,6	Bleu
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 - 6,2	Jaune

2) L'utilisation de l'un des indicateurs colorés est superflue.
Quel est cet indicateur ? Explique.
3) Après détermination du pH de la solution à l'aide d'un pH-mètre, on calcule la valeur de la concentration en ions hydroxydes.
On trouve $[OH^-] = 2.10^{-10}$ mol.L^{-1}.
Quelle est la valeur mesurée du pH de la solution (S) ? Cette valeur est-elle en accord avec le résultat obtenu à l'aide des indicateurs colorés ?

EXERCICE 9

Au cours d'une séance de travaux pratiques au laboratoire du Lycée, Clémence utilise une fiole jaugée de 500 mL pour préparer une solution S_0 d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire C_0 = 0,1 mol/L.
1) Calculer la masse m_0 de NaOH solide utilisée.
2) Elle prélève ensuite 25 mL de la solution S_0 qu'elle mélange à V1 = 50 mL de solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl) à C1 = 0,8 mol/L. Les ions présents dans le mélange S_1 obtenu ne réagissent pas entre eux.
2.1) Calculer à 25°C la concentration de chaque ion présents dans le mélange S_1.
2.2) En déduire le pH de cette solution S1.
3) Enfin, Clémence prélève un volume V2 du mélange S1 et y verse une solution aqueuse de sulfate de cuivre II ($CuSO_4$) utilisé en excès. Il se forme un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II ($Cu(OH)_2$). Ce précipité a une masse m = 96,7 mg.
3.1) Ecrire l'équation bilan de la réaction de formation du précipité.
3.2) Calculer le volume V2 de la solution S_1 prélevée.
On donne : Ke = 10^{-14} à 25°C Na : 23 ; O : 16 ; Cu : 63,5 ; H : 1 ; O : 35,5 (en g/mol).

EXERCICE 10

- On dissout une masse m de chlorure de sodium dans l'eau et on obtient $V1 = 100\ cm^3$ d'une solution A de concentration molaire $C1 = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.
- On prélève le quart (1/4) de cette solution qu'on place dans un bécher et on complète avec de l'eau distillée de façon à obtenir $V2 = 200\ cm^3$ d'une solution B de concentration C2.
- On prélève $V'2 = 10\ cm^3$ de la solution B qu'on dilue 20 fois ; on obtient une solution C de concentration C3. Calculer :

a) La masse m de chlorure de sodium utilisée.
b) La concentration molaire en ions Na^+ et CL^- de la solution A.
c) La concentration molaire C2 de la solution B.
d) La concentration molaire C3 de la solution C.
On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(C) = 35,5 g/mol.

Chapitre 20

ACIDE FORT-BASE FORTE

I. Acides forts

1. Cas de monoacide fort

Un monoacide fort est une espèce chimique qui réagit totalement avec l'eau en libérant une mole d'ion H_3O^+ par mole de soluté introduite.

Exemple:

Acide chlorhydrique : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

Acide bromhydrique : $HBr + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Br^-$

Acide iodhydrique : $Hl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + I^-$

Soit Ca la concentration molaire d'une solution d'acide fort.

$$\boxed{pH = -\log Ca} \qquad \boxed{Ca = 10^{-pH}}$$

$$10^{-6}\ mol/L \leq Ca \leq 10^{-1}\ mol/L$$

2. Cas de diacide fort

Un diacide fort est une espèce chimique qui réagit totalement avec l'eau en libe-rant 2 mol d'ions H_3O^+ par mole de soluté introduite.

Exemple :

Acide sulfurique : $H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$

Le pH d'un acide fort de concentration Ca est : pH = - log 2Ca.

II. Bases fortes

1. Cas d'une monobase forte

Une monobase forte est une espèce chimique qui, mise en solution aqueuse, libère une mole d'ion OH^- par mole de soluté.

Exemple :

Hydroxyde de sodium : $NaOH \xrightarrow{H_20} Na + OH^-$

Hydroxyde de potassium : $KOH \xrightarrow{H_20} K + OH^-$

Ion éthanoate : $C_2H_5O + H_2O \xrightarrow{H_20} C_2H_5OH + OH^-$

Cet ion est obtenu par une réaction total entre l'éthanol C2H5OH est le sodium Na selon l'équation-bilan :

$$C_2H_5OH + Na \longrightarrow C_2H_5O + Na^+ + \frac{1}{2}H_2.$$

Le pH d'une solution de monobase forte de concentration Cb est:

$$\boxed{pH = 14 + \log Cb} \qquad 10^{-6}\ mol/L \leq Cb \leq 10^{-1}\ mol/L$$

2. Cas d'une dibase forte

Une dibase forte est un espèce chimique qui libère 2 moles d'ions OH^- lors de la dissolution dans l'eau d'une mole de soluté.

Exemple:

Hydroxyde de calcium : $Ca(OH)_2 \xrightarrow{H_2 0} Ca^{2+} + 2OH^-$

Le pH d'une solution de dibase forte de concentration Cb

$$\boxed{pH = 14 + \log 2Cb}$$

EXERCICE 1

Une solution de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de concentration
C = 148 mg/L a un pH = 11,6 à 25°C.
a) Quelle est la molarité en ions OH- de cette solution ?
b) Montrer que le dihydroxyde de calcium est une dibase forte.
On donne : M(Ca) = 40 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1g/mol.

EXERCICE 2

On dissout m = 0,253 g d'acide perchlorique ($HClO_4$) dans un volume V = 2L d'eau. Le pH de la solution est égal à 2,9. On donne : H : 1 ; O : 16 ; Cl : 35,5.
1) Montre que l'acide perchlorique est un acide fort.
2) Ecris l'équation bilan de dissolution de $HClO_4$ dans l'eau.
3) Calcule le volume d'eau distillée qu'il faut ajouter à 40 mL d'une solution d'acide perchlorique de pH = 1,7 pour obtenir une solution de pH = 2,7.

EXERCICE 3

Une solution S_A d'acide nitrique a un pH = 5,9. L'acide nitrique est un acide fort.
1)
a) Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution S_A.
b) On prélève 10 cm^3 de la solution S_A et on ajoute 90 cm^3 d'eau pure.
Quelle est la nouvelle valeur du pH ?
2) On prépare une solution S_B en dissolvant une masse m d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ dans 500 cm^3 d'eau pure.
a) La concentration molaire de la solution SB étant CB = 4.10^{-6} mol/L, calculer la masse m d'hydroxyde de calcium utilisé.
b) Quels volume VA de S_A et VB de S_B doit-on mélanger pour avoir une solution de volume total V = 120 cm^3 et de pH = 7 ?

EXERCICE 4

Dans un bécher, on mélange les solutions suivantes :
- Acide chlorhydrique : V1 = 15 mL et C1 = 10^{-3} $mol.L^{-1}$;
- Acide nitrique : V2 = 7,5 mL et C2 = 10^{-4} $mol.L^{-1}$;
- Acide bromhydrique : V3 = 7,5 mL et C3 = 10-3 $mol.L^{-1}$;
- De l'eau distillée : V4 = 970 mL.

1) Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans la solution finale.
2) Calculer le pH de la solution finale.
3) Vérifier l'électroneutralité de cette solution.

EXERCICE 5

L'acide sulfurique H_2SO_4 peut être considéré, lorsque sa concentration est faible comme un diacide fort libérant en solution aqueuse des ions hydronium H_3O^+ et sulfate SO_4^{2-} .
1) Ecrire l'équation de la réaction de dissociation de H_2SO_4 dans l'eau pure.
2) On veut préparer 10 L d'une solution A de H_2SO_4de pH égal à 3,2. Pour cela, on part d'une solution commerciale de H_2SO_4 de densité (par rapport à l'eau) d = 1,815 et contenant 90% d'acide pur H_2SO_4 (pourcentage en masse). Quel volume de cette solution commerciale doit-on utiliser ?
3) On mélange 200 mL de cette solution A avec 550 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à 3.10^{-3} mol.L^{-1}.
Déterminer les quantités de matière des différentes espèces en solution ainsi que le pH de la solution finale.

EXERCICE 6

1) On considère un volume V = 30 mL d'une solution A dans laquelle on a mélangé des volumes égaux d'acide chlorhydrique, d'acide nitrique, d'acide bromhydrique, de concentration identique C. On ajoute à cette solution un volume V1 = 50 mL d'une solution de nitrate d'argent, de concentration
C1 = 0,01 mol.L^{-1}. Le nitrate d'argent est alors largement en excès.
On obtient un précipité blanc de masse m = 14,34 mg.
1.1) Déterminer la quantité de matière d'ions Cl^- présents dans la solution A.
1.2) Quelle était la concentration C des solutions d'acides avant le mélange ?
1.3) Quel est l pH de la solution A ?
2) On mélange un volume VA = 150 mL d'acide chlorhydrique de pH égal à 3 et un volume VB = 50 mL de chlorure de potassium de concentration CB = 2.10^{-3} mol.L^{-1}. On ajoute à cette solution 50 mL d'une solution de nitrate d'argent, de concentration C0 = 10^{-2} mol.L^{-1}.
Quelle est la quantité de matière de chlorure d'argent formé ainsi que le concentration de tous les ions restants en solution ?
En déduire le pH.

NB : Masses molaires en $g.mol^{-1}$: M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(N) = 14 ; M(O) = 16 ; M(S) = 32,1 ; M(Ag) = 107,9.

EXERCICE 7

On prépare une solution aqueuse S1 d'hydroxyde de sodium en dissolvant 20 mg de NAOH solide dans 500 mL d'eau à 25°C.
1) Calculer la concentration molaire de la solution S1.
2) Le pH de la solution est égal à 11.
2.1) A partir des calculs des concentrations molaires volumiques des espèces chimiques, montrer que NaOH est une base forte dans l'eau.
2.2) Ecrire l'équation-bilan de la dissolution de NAOH par l'eau.
2.3) Quel volume d'eau faut-il ajouter à V0 = 50 mL de la solution S1 pour avoir une solution de pH = 10,5 ?
3) On mélange V1 = 300 mL de la solution S1 à V2 = 400 mL d'une solution S2 à C2 = 5.10^{-3} mol/L d'hydroxyde de potassium (KOH) qui est une base forte.
3.1) Calculer les concentrations molaires des espèces présentes dans le mélange S1 + S2.
3.2) En déduire le pH du mélange.
Données en g/mol : Na : 23 ; O : 16 ; H : 1

EXERCICE 8

On considère les trois solutions suivantes :
- Solution S1 d'hydroxyde de sodium de molarité C1 = 8.10^{-3} $mol.L^{-1}$;
- Solution S2 de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de molarité C2 = 2.10^{-3} $mol.L^{-1}$.
- Solution S3 de chlorure de sodium NaCl de molarité C3 = 10^{-3} mol. L^{-1}..

1) Calculer le pH de chacune des solutions S1, S2 et S3.
2) Décrire deux expériences prouvant que la solution d'hydroxyde de sodium contient des ions OH- et des ions Na^+.
3) On obtient une solution A en mélangeant un volume V1 = 50 cm^3 de la solution S1, un volume V2 = 100 cm^3 de la solution S2 et un volume Ve = 100 cm^3 d'eau.
a) Calculer la concentration des espèces chimiques présents dans la solution A.
b) En déduire le pH_A de la solution A.
c) Dans la solution A, on ajoute 0,2 g d'hydroxyde de sodium en pastilles et on obtient une solution A'. Calculer la nouvelle concentration des ions Na^+ dans la solution A'.
4) On obtient une solution B en mélangeant V1 = 50 cm^3 de la solution S1, V2

$= 100\ cm^3$ de la solution S2 et V3 $= 100\ cm^3$ de la solution S3.
a) Calculer la concentration molaire des espèces chimiques présentes dans la solution B.
b) En déduire le pH_B de la solution B.
On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1 g/mol.

EXERCICE 9

1) Quelle masse d'acide nitrique HNO_3 faut-il mélanger à l'eau pure pour obtenir 1 L de solution S1 de concentration C1 = 10^{-2} mol/L ?
2) On obtient 1litre d'une solution S2 par dissolution de 960 mL de chlorure d'hydrogène HCl dans l'eau pure.
a) Ecrire l'équation bilan de la réaction.
b) Quel est le pH de la solution si dans les conditions de l'expérience le volume molaire des gaz est 24 L ?
3) On prépare 100 mL d'une solution S3 en mélangeant 40 mL de S1 et 60 mL de S2. Quel est le pH de S3 ?
4) On ajoute à 10 mL du mélange S3 un volume Vb de soude de concentration Cb = 2.10^{-2} mol/L.
Déterminer les volumes Vb1 et Vb2 pour obtenir respectivement :
- Une solution de pH1 = 7
- Une solution de pH2 = 10.
On donne : H : 1 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$; N : 14 $g.mol^{-1}$.

EXERCICE 10

On prépare une solution S en mélangeant une solution S1 d'acide chlorhydrique de volume V1 = 60 mL, de concentration C1 = 4.10^{-2} mol/L et une solution S2 d'acide nitrique de volume V2 = 40 mL, de concentration C2 = 10^{-2} mol/L.
1) Quel est le pH de la solution S ?
2) Déterminer la concentration molaire des espèces chimiques dans la solution S
3) Quel volume d'eau faut-il ajouter à la solution S pour avoir une solution S' de pH = 2 ?
4) A la solution S', on ajoute 50 mL d'une solution de soude (Hydroxyde de sodium) de concentration molaire 2.10^{-2} mol/L.
Quelle est la nature du mélange obtenu ? Justifier votre réponse.
Calculer son pH.

ACIDE FAIBLE - BASE FAIBLE CLASSIFICATION DES COUPLES ACIDE/BASE

I. Définition d'un acide et d'une base selon Brönsted et Lowry

Selon Brönsted,

• Un acide est une substance susceptible de ceder un ou plusieurs protons

$$\text{Acide} \rightleftharpoons \text{Base} + H^+$$

• Une base est une substance susceptible de capter un ou plusieurs protons

$$\text{Base} + H^+ \rightleftharpoons \text{Acide}$$

II. Acide faible

Une substance (AH ou BH^+) qui dans l'eau produit des ions H_3O^+ suivant une réaction limitée ou réversible (double flèche) est un acide faible.

$$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+ \quad \text{ou} \quad BH^+ + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$$

• Coefficient d'ionisation ou de dissociation α

Pour un acide faible AH de concentration Ca

Equation-bilan d'ionisation : $AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$

Coefficient $\alpha = \dfrac{[A^-]}{Ca} = \dfrac{[H_3O^+]}{Ca} = \dfrac{10^{-pH}}{Ca}$

III. Base faible

Une substance (A+ ou B) qui dans l'eau produit des ions OH- suivant une réaction limitée ou réversible (double flèche) est une base faible.

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons AH + OH^- \quad \text{ou} \quad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

• Coefficient d'ionisation ou de dissociation α

Pour une base faible B de concentration Cb

Equation-bilan d'ionisation : $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$

Coefficient d'ionisation $\alpha = \dfrac{[BH^+]}{Cb} = \dfrac{[OH^-]}{Cb} = \dfrac{10^{pH-ka}}{Cb}$

1. Constante d'acidité

L'équilibre chimique entre un acide et sa base conjuguée est caractérisée par une constante K_A appelée constante d'acidité: $K_A = \dfrac{[Base] \times [H_3O^+]}{[Acide]}$

On définit aussi le pK_A tel que : $pK_A = -\log K_A \implies K_A = 10^{-pK_A}$

$$pK_A = -\log\frac{[Base] \times [H_3O^+]}{[Acide]} = -\log\frac{[Base]}{[Acide]} - \log[H_3O^+] \Rightarrow pH = pK_A + \log\frac{[Base]}{[Acide]}$$

2. Domaine de prédominance

• Si $pH > pK_A$, $\log\dfrac{[B]}{[A]} > 0 \implies [B] > [A]$: la forme basique prédomine.

• Si $pH < pK_A$, $\log\frac{[B]}{[A]} < 0 \implies [A] > [B]$: la forme acide prédomine.

• Si $pH = pK_A$, $\log\frac{[B]}{[A]} = 0 \implies [A] = [B]$: les deux formes sont en quantités égales.

<u>Tableau récapitulatif</u>

$[A] > [B]$ $\qquad$ pK_A $\qquad$ $[B] > [A]$

Zone de prédominance de l'acide $\qquad$ $[A] = [B]$ $\qquad$ Zone de prédominance de la base

3. Indicateur coloré

Un indicateur coloré est une substance naturelle ou synthétique qui change de couleur selon la nature de la solution

<u>Quelques exemples d'indicateurs colorés et leurs zone de virage.</u>

Indicateur	Teinte acide	Zone de virage (Teinte sensible)	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4 (orange)	Jaune
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 - 6,2 (marron)	Jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 - 7,6 (vert)	Bleu
Phénolphtaléine	Incolore	8,2 - 10 (rose claire)	Rose

4. Couple acide/base

L'action d'un acide faible ou d'une base faible sur l'eau conduit à un équilibre chimique entre l'acide et la base. Ainsi acide et base constituent un couple acide/base.

• Acide faible sur l'eau : Acide + $H_2O \rightleftharpoons$ Base + H_3O^+
• Base faible sur l'eau : Base + $H_2O \rightleftharpoons$ Acide + OH^-

5. Force d'un acide ou d'une base

• Un acide est d'autant plus fort que son KA est grand ou que son pKA est petit.
• Une base est d'autant plus forte que son KA est petit ou que son pKA est grand.
• De deux acides faibles de même concentration, le plus fort a le pH le plus bas.
• De deux bases faibles de même concentration, le plus fort a le pH le plus grand.

6. Comment comparer la force de deux acides ou de deux bases ?
• Comparer les constantes pKA ou KA des couples si ces constantes sont données.
• Comparer les coefficients d'ionisation ou de dissociation α de chaque acide ou base si les solutions ont la même concentration.
• Comparer les pH des espèces si celles-ci ont la même concentration.
De deux acides (ou bases) de même concentration le plus fort (ou la plus forte) est celui (ou celle) qui a son coefficient d'ionisation élevé.

7. Comment appliquer la conservation de la quantité de matière à une solution ?
• Solution unique d'acide faible AH ou BH+ de concentration Ca.
$Ca = [AH] + [A^-]$ ou $Ca = [BH^+] + [B]$
<u>Exemples</u> :
• Solution d'acide ethanoïque CH_3COOH : $Ca = [CH_3COOH] + [CH_3COO^-]$
• Solution de chlorure d'ammonium NH_4Cl : $Ca = [NH_4^+] + [NH_3]$

• Solution unique de base faible A^- ou B de concentration Cb
$Cb = [AH] + [A^-]$ ou $Cb = [BH^+] + [B]$
<u>Exemples</u> :
• Solution methanoate de sodium HCOONa : $Cb = [HCOOH] + [HCOO^-]$
• Solution d'ammoniac NH_3 : $Cb = [NH_4^+] + [NH_3]$

<u>Cas de melange</u>

Melange	Concentration de la nature	Exemple
Acide faible AH ou BH+ (Ca et Va) avec une base forte de volume Vb.	$\frac{CaVa}{Va+Vb} = [AH]+[A^-]$ ou $\frac{CaVa}{Va+Vb} = [BH]+[B^-]$	Acide benzoïque C_6H_5COOH et l'hydroxyde de potassium (potasse) $\frac{CaVa}{Va+Vb} = [C_6H_5COOH] + [C_6H_5COO^-]$
Base faible (A' ou B) de (Cb et Vb) avec un acide fort de volume Va	$\frac{CbVb}{Va+Vb} = [AH]+[A^-]$ ou $\frac{CbVb}{Va+Vb} = [BH]+[B^-]$	melange de methylamique et de l'acide bronhydrique. $\frac{CbVb}{Va+Vb} = [CH_3NH_3^+] + [CH_3NH_2]$

Melange d'un acide AH ou BH+ de concentration Ca et de volume Va de solution de sa base conjugué A- ou B de concentration Cb et de volume Vb.	$\frac{CaVa}{Va + Vb} + \frac{CbVb}{Va + Vb} =$ [AH] + [A^-] ou $\frac{CaVa}{Va + Vb} + \frac{CbVb}{Va + Vb} =$ [BH] + [B]	Melange d'acide ethanoïque (CH_3COOH) et d'ethanoate de sodium (CH_3COONa) $\frac{CaVa}{Va + Vb} + \frac{CbVb}{Va + Vb} =$ [CH_3COOH] + [CH_3COO^-]

ACIDE FAIBLE - BASE FAIBLE

EXERCICE 1

On dispose d'une solution aqueuse S d'ammoniaque NH_3 de concentration molaire Cb = 10^{-2} mol.L^{-1} et de l'eau distillée.
La mesure du pH de la solution S effectuée à 25°C, donne pH = 10,6.
1) Vérifier si l'ammoniaque est une base forte ou faible.
2) Ecris l'équation-bilan de sa réaction avec l'eau.
3) Recence toutes les espèces chimiques présentes dans la solution S.
4) Calcule leur concentration molaire.
5) Calcule le coefficient d'ionisation α de l'ammoniaque dans l'eau et vérifie si le résultat est en accord avec la question 1).

EXERCICE 2

Sur l'étiquette d'une bouteille commerciale d'ammoniac, on peut lire :

NH_3	Masse molaire : M = 17 g/mol Masse volumique : ρ = 450 kg/m^3 Pourcentage massique : ρ = 33%

a) Calculer la concentration molaire de cette solution.
b) Quel volume de cette solution faut-il prélever pour préparer V1 = 500 mL d'une solution S de concentration C1 = 0,1 mol.L^{-1} ?
c) Décrire le mode opératoire pour préparer les 500 mL de S.
d) La solution S a une pH égal à 11,1 à 25°C
Calculer les concentrations molaires et les quantités de matières des ions H_3O^+ et OH^- présents dans la solution S.
e) Déterminer le pKa du couple ion ammonium/ammoniac à 25°C.

EXERCICE 3

1) Le benzoate de sodium de formule C5H5COOH est un composé ionique qui se dissocie totalement dans l'eau.
1.1) Ecrire l'équation de la dissolution de ce composé.

1.2) Comment faut-il montrer expérimentalement le caractère ionique de la solution obtenue ?
1.3) Comment mettre en évidence la présence des ions Na+ dans la solution ?
1.4) L'ajout du B.B.T. dans un échantillon de cette solution vire eu bleu. Conclure.
2) Une solution de benzoate de sodium, d'hydroxyde de sodium de même concentration C sont contenues dans deux flacons identiques dont les étiquettes ont été effacées accidentellement.
On les appelle désormais S1 et S2 de façon arbitraire. On mesure le pH initial de ces solutions, puis le pH des solutions obtenues après les avoir diluées 10 fois ($C' = \frac{C}{10}$). Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-après :

	S1	S2
pH initial	12,7	8,5
pH après dilution	11,7	8

2.1) Identifier les solutions S1 et S2.
2.2) Calculer la concentration commune C.
2.3) En déduire que la solution de benzoate de sodium est une base faible.
2.4) Justifier ce résultat en écrivant l'équation bilan de la réaction qui en est responsable.
3)
3.1) Calculer les concentrations molaires de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution S2 initial.
3.2) Classer ces espèces en espèces majoritaires, minoritaires et ultra-minoritaires.

EXERCICE 4

Cinq béchers contiennent chacun 50 mL d'une solution différente. Les cinq solutions, chacune de concentration molaire 0,01 mol.L^{-1}, sont les suivantes :
- Solution A : Solution de chlorure de sodium
- Solution B : Solution d'hydroxyde de sodium
- Solution C : Solution de chlorure d'hydrogène
- Solution D : Solution d'acide éthanoïque
- Solution E : Solution d'éthanoate de sodium

L'étiquette posée sur chaque bécher n'est plus lisible. Pour identifier les solutions, on mesure le pH de chacune d'entre elle.
1) Compléter le tableau suivant avec les lettres A, B, C, D et E.
Justifier votre choix.

N° du bécher	1	2	3	4	5
pH	12	8,4	2	3,4	7
Solutions					

2) Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans le bécher numéro 4.
Calculer le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque.
3) On mélange la solution du bécher N°5 avec celle du bécher N°4. On obtient ainsi 100 mL de solution. Le pH de la solution est égal à 3,6.
3.1) Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans le mélange.
3.2) En déduire le nouveau coefficient d'ionisation α' de l'acide éthanoïque.
4) Compare α et α'. Interpréter les résultats obtenus.

EXERCICE 5

On désigne par A1H l'acide éthanoïque CH_3COOH, par A_1^- sa base conjuguée ; par A_2H l'acide monochloroéthanoïque $CH_2ClCOOH$, A_2^- sa base conjuguée ; par A_3H, l'acide dichloroéthanoïque, $CHCl_2COOH$; par A_3^- sa base conjuguée ; par A_4H l'acide trichloroéthanoïque, CCl_3COOH ; par A_4^- sa base conjuguée.
a) Le pH d'une solution aqueuse de A_1H de concentration molaire 0,01 mol/L vaut 3,4 à 25°C.
b) Le pKa du couple A_2H/A_2^- est 2,9.
c) Dans une solution aqueuse de A_3H, de pH = 1,3 les concentrations molaires $[A_3H]$ et $[A_3^-]$ sont égales.
d) Dans une solution aqueuse de A_4H de pH = 1, le coefficient de dissociation de A_4H est $\alpha = 0,67$.
1) Montrer que l'acide éthanoïque est un acide faible.
2) Déterminer les constantes d'acidités et les pKa des 4 couples.
3) Dresser un tableau permettant de classer les 4 acides, les 4 bases conjuguées. Que remarque-t-on ?
4) Préciser l'influence sur les propriétés acides, du remplacement de 1, 2 ou 3 atomes d'hydrogène du groupe méthyle - CH3 par 1, 2 ou 3 atomes de chlore.
NB : On appelle coefficient de dissociation d'un acide AH, le rapport α de la quantité de molécules dissociées à la quantité totale de molécules mises en solution.

EXERCICE 6

Létiquette d'un flacon contient une solution S_0 d'acide méthanoïque de commerce porte les indications suivantes :

- Masse d'acide pur = 80%
- Densité de la solution : d = 1,18
- Masse-molaire moléculaire M = 46 $g.mol^{-1}$.
- Formule : HCOOH

1) Calculer la molarité C0 de la solution S0.

2) On prélève un volume V = 5 cm3 de S0 que l'on complète à l'eau distillée pour obtenir 1 Litre de solution S ; donner la molarité C de la solution S.

3) On mesure le pH de la solution S et on trouve 2,4. Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques de la solution S. En déduire le pKa du couple acide méthanoïque/ion méthanoate.

4) On verse dans la solution S quelque gouttes d'indicateur coloré HIn. Le couple HIn/In^- a un pKa égal à 5,1. La forme acide HIn de cet indicateur est rouge, la forme basique In^- est jaune. Une solution contenant quelques gouttes de cet indicateur coloré apparaît rouge si $[HIn] > 10[In^-]$ et jaune si $[In^-]>10[HIn]$.

a) Quelles sont les valeurs du pH délimitant la zone de virage de cet indicateur ?

b) Quelle couleur prend alors la solution S ?

CONSTANTE D'ACIDITÉ CLASSIFICATION

EXERCICE 1

Calcul du pH d'un acide faible à partir du pKa et de sa concentration Ca

Donnée : pKa(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,8
On considère une solution d'acide éthanoïque de concentration
Ca = 10^{-2} mol.L^{-1}.
1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.
2) Montrer que pH de cette solution peut se mettre sous la forme :
$pH = \frac{1}{2}(pKa - \log Ca)$. Calculer sa valeur.
On admettra que la solution d'acide n'est ni trop diluée ni trop concentrée.
3) Calculer le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque dans cette solution.

EXERCICE 2

Calcul du pH d'une base faible à partir du pKa et de sa concentration Cb

Donnée : pKa(NH_4^+/NH_3) = 9,2
On considère une solution d'ammoniac de concentration
Cb = 10^{-2} mol.L^{-1}.
1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.
2) Montrer que pH de cette solution peut se mettre sous la forme :
$pH = 7 + \frac{1}{2}(pKa + \log Cb)$. Calculer sa valeur.
On admettra que la solution d'ammoniac n'est ni trop diluée ni trop concentrée.
3) Calculer le coefficient d'ionisation β de l'ammoniac dans cette solution.

EXERCICE 3

1) Une solution d'acide benzoïque C_6H_5COOH de concentration molaire Ca = 0,1 mol/L a un pH = 2,6. Toutes les expériences se font à 25°C ; Ke = 10^{-14} ; pKa(NH_4^+/NH_3) = 9,2.
1.1) Détermine la masse d'acide benzoïque C_6H_5COOH que l'on doit dissoudre dans l'eau pure pour obtenir Va = 200 cm3 d'une solution de concentration
Ca = 0,1 mol/L.
On donne : M_H = 1 g/mol ; M_C = 12 g/mol ; M_O = 16 g/mol.
1.2) Dis si l'acide benzoïque est un acide fort ou faible. Justifier.

1.3) Ecris l'équation-bilan de la réaction avec l'eau.
1.4) Calcule les concentrations molaires des espèces chimiques dans la solution.
1.5) En déduis le coefficient de dissolution α de l'acide dans l'eau et conclure.
1.6) Calcule la constante d'acidité Ka du couple acide/acide et en déduis son pKa.
1.7) Compare la force de cet acide avec celui du couple NH_4^+/NH_3. Justifie.

Sur l'étiquette d'une bouteille de soda on peut lire entre autres : conservateur : benzoate de sodium (C_6H_5COONa). les mesures effectués sur la solution contenue dans cette bouteille donne : pH = 8 et Cb = $6{,}3.10^{-3}$ mol/L^{-1}.

2.1) Ecris les équations-bilan des réactions qui ont lieu.
2.2) Calcule les concentrations molaires des espèces chimiques dans la solution.
2.3) Retrouve la valeur du pKa calculée à la question 1.6)

EXERCICE 4

Les expériences sont faites à 25°C.
On donne en g/mol : $M_H = 1$; $M_C = 12$; $M_N = 14$.

1) On prépare une solution aqueuse en dissolvant m = 6,2 g de méthylamine CH_3NH par litre de solution. La mesure du pH donne la valeur 12.
1.1) Calcule la concentration molaire C de la solution obtenue.
1.2) Montre que la méthylamine est une base faible.
1.3) Ecris l'équation de sa réaction avec l'eau.
1.4) Fais l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution et détermine la concentration molaire de chacune.
1.5) En deduis le pKa du couple correspondant qu'on notera pKat.

2) A Va = 10 cm³ d'une solution d'acide éthanoïque CH3COOH de concentration molaire Ca = 0,5 mol/L, on ajoute Vb = 15 cm³ d'une solution d'éthanoate de sodium de concentration molaire Cb = 0,333 mol/L. Le pH du mélange obtenu est égal à 4,8.

2.1) Fais le bilan des espèces chimiques dans le mélange et calcul leur concentration..
2.2) Calcule le rapport $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$ et déduis le pKa du couple qu'on notera pKa2.

3) Entre la méthylamine et l'ion éthanoate, indique la base la plus forte. Justifie.

4) Place sur un axe gradué en unité pH, les domaines de prédominances des couples étudiées aux questions 1 et 2.

EXERCICE 5

Les solutions sont maintenues 25°C.

1) Une solution A d'acide benzoïque a un Ph = 3,1. On la dilue 100 fois et on obtient une solution B de pH = 4,1.

a) Comment procéderiez-vous pour obtenir, à partir de la solution A, 1L de solution diluée ?

b) En comparant les concentrations molaires en ions H_3O^+ dans la solution A et dans la solution B, dire si l'acide benzoïque est un acide fort ou faible.

c) Donner l'équation-bilan de la réaction de cet acide sur l'eau.

d) Sachant que la solution A a une concentration C = 10^{-2} mol.L-1, calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans cette solution. En déduire la valeur du pKA du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$.

2) On ajoute une quantité n1 (en mole) d'acide benzoïque à une solution S2 de benzoate de sodium dans l'eau. S2 contient une quantité n2 de benzoate et sa concentration inconnue, est assez voisine de 0,01 mol.L^{-1}. Le mélange obtenu est appelé S3.

Si le pH de S3 est égal au pKA du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$:

a) Montrer que les concentrations de S3 en espèces C_6H_5COOH et $C_6H_5COO^-$ sont égales ; en utilisant les approximations permises par les conditions de l'énoncé, en déduire n1 $\simeq$ n2.

b) Montrer que l'addition d'une quantité modérée d'eau à S3 ne modifierait pas sensiblement son pH.

EXERCICE 6 — Etude d'un indicateur coloré

Un indicateur coloré est un acide faible ou une base faible d'un couple acide-base dont les formes acide et base conjuguées ont des couleurs ou teintes différentes. L'hélianthine est, en solution aqueuse, un indicateur coloré qui peut être considéré comme un acide faible dont le couple acide/base sera noté en abrégé HIn/In^- et a un pKa égal à 3,8.

1) Donner l'équation chmique traduisant la réaction de l'hélianthine avec l'eau.

2) Définir la constante Ka et le pKa de cet indicateur.

3) La couleur d'une solution contenant quelques gouttes d'hélianthine apparaît :

- Rouge, couleur de sa forme acide, si [HIn] > 10 [In]
- Jaune, couleur de sa forme basique, si [HIn] < 10 [In].

Quelles sont les valeurs du pH qui délimitent la zone de virage de l'indicateur

coloré ?
4) Dans quel type de dosage l'utilisation de cet indicateur est-elle la plus appropriée :
- Dosage d'une solution d'acide faible par une solution de base forte ?
- Dosage d'une solution de base faible par une solution d'acide fort ?
Justifier la réponse à l'aide d'un exemple.
5) Pourquoi, lors d'un dosage acide/base colorimétrique, utilise-t-on seulement quelques gouttes d'indicateur coloré ?

EXERCICE 7

On mélange V1 = 20 mL d'une solution S1 d'acide méthanoïque de concentration C1 = 0,1 $mol.L^{-1}$ et V2 = 30 mL d'une solution S2 d'acide benzoïque de concentration molaire initiale inconnue C2.

On donne à 25°C
$$\begin{cases} \text{pH du mélange} = 2{,}25 \\ \text{pKa1 } (HCOOH/HCOO^-) \\ \text{pKa2 } (C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) \\ Ke = 10\text{-}^{14} \end{cases}$$

1) Comparer les forces des deux acides faibles en présence.
2) Quels sont des couples, les espèces chimiques prédominantes dans le mélange ?
3) Ecrire les équations bilans des réactions d'ionisation des deux acides faibles par l'eau. Faire l'inventaire des espèces chimiques dans le mélange.
4) Calculer les concentrations molaires des espèces HCOOH et $HCOO^-$ d'une part et C_6H_5COOH, $C_6H_5COO^-$ d'autre part, présentes dans le mélange. En déduire la concentration molaire C2.

EXERCICE 8

Toutes les solutions sont considérées à 25°C.
Dans le but de déterminer la nature d'un acide noté AH, un groupe d'élèves se propose de déterminer le pKa du couple AH/A^- correspondant par deux méthodes différentes lors d'une séance de travaux pratiques.
1) Le groupe prépare une solution S de cet acide de concentration Ca = 10-2 mol/L et de pH = 3,1.
1.1) Montrer que S est une solution d'acide faible.
1.2) Ecrire l'équation bilan de cet acide avec l'eau.
1.3) Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans S.
1.4) En déduire la constante d'acidité Ka et le pKa du couple AH/A^-.
Identifier, à partir du tableau 2, cet acide et le couple acide/base correspondant.

2) Afin d'affiner la valeur du pKa trouvée, ce groupe prépare différentes solutions aqueuses en mélangeant à chaque opération, une solution de (AH) de concentration Ca = C et de volume Va et une solution (ANa) de concentration molaire volumique Cb = 2C et de volume Vb.
Les valeurs des pH de ces solutions pour différents volumes Va et Vb sont indiquées dans le tableau 1 ci-après :

Tableau 1

Si	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Va (mL)	5	10	10	10	10	20	50	100
Vb (mL)	25	25	15	10	5	5	5	5
pH	5,2	4,9	4,7	4,5	4,2	3,9	3,5	3,2
logX								

2.1) En considérant la solution S6 de pH = 3,9, montrer que le rapport
$X = \dfrac{[A^-]}{[AH]} = \dfrac{2Vb}{Va}$. On suppose que ce rapport est valable pour toutes les autres solutions.
2.2) Compléter le tableau 1 ci-dessus et représenter le graphe pH = f(logX).
Echelle : en abscisse : 10 cm pour 0,1 unité ,en ordonnée : 2 cm pour 1 unité de pH.
2.3) Déterminer l'équation de la courbe obtenu. En déduire le pKa du couple AH/A^-. Conclure.
3) Pour les différentes solutions réalisées ci-dessus (voir tableau 1), indiquer la forme prédominante du couple AH/A^- dans S1 (pH = 5,2) ; (pH = 4,2) ; Sg(pH = 3,2).
4) Par ailleurs, on donne la pKa de quelques couples acide/base à 25°C.
Tableau 2 :

NH_4^+/NH_3	$HCOOH/HCOO^-$	CH_3COOH/CH_3COO^-	$C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$
pKa1 = 9,2	pKa2 = 3,8	pKa3 = 4,8	pKa4 = 4,2

Classer en justifiant :
4.1) Les acides faibles NH_4^+ , HCOOH , CH_3COOH, C_6H_5COOH, par acidité constante.
4.2) Les bases faibles NH_3, $HCOO^-$, CH_3COO^-, $C_6H_5COO^-$ par basicité croissante.

EXERCICE 9

Le couple acide monochloroéthanoïque $CH_2CLCOOH$/ion monochloroéthanoate est caractérisé par la constante d'acidité Ka = $1,1.10^{-3}$ à 25°C.

1) On prélevé dans un produit pur du commerce une masse m d'acide monchloroéthanoïque pour préparer un litre de solution aqueuse S de cet acide. La mesure du pH de la solution donne pH = 2 à 25°C.

1.1) Qu'appelle-t-on constante d'acidité d'un couple acido-basique ?

1.2) Recenser les différentes espèces chimiques présentes dans S puis calculer leurs concentrations molaire.

1.3) En déduire la concentration initiale d'acide et la masse m qui a été pesée pour préparer la solution S.

On donne en g.mol-1 les masses molaires atomiques : H = 1 ; C = 12 ; O = 16 ; Cl = 35,5.

2)

2.1) Donner la définition du coefficient Ka en fonction de α.

2.3) Le couple $CH_3COOH/CH3COO^-$ a pour constante d'acidité Ka = $1,7.10^{-5}$ à 25°C. En utilisant la relation précédente, en déduire, à même concentration, lequel des acides éthanoïque et monochloroéthanoïque est le plus fort ?

2.4) Quelle interprétation proposez-vous ?

EXERCICE 10

La mesure du pH à 25°C d'une solution aqueuse So d'ammoniac de concentration molaire C = 0,1 mol.L-1 donne pH = 11,1.

1) Déterminer les concentration molaires des espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire la constante d'acidité Ka du couple NH_4^+/NH_3.

2) A un litre de cette solution, on ajoute des cristaux de chlorure d'ammonium pour obtenir la solution S1. On admet que le volume reste constant.

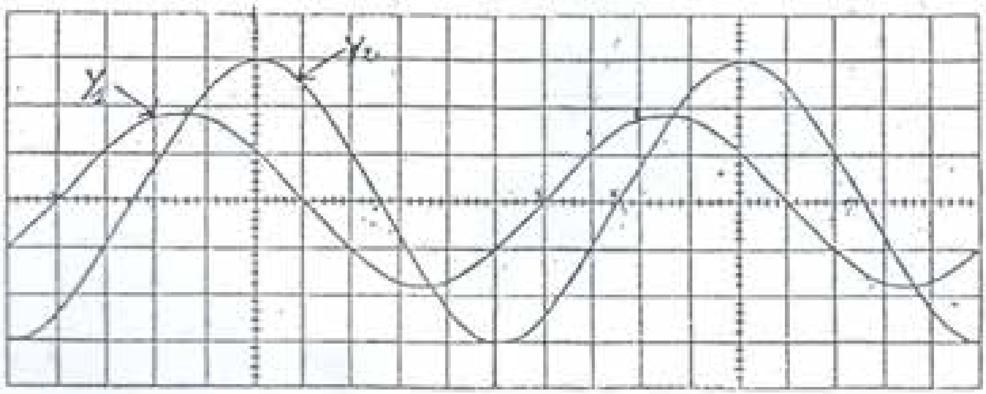
a) Montrer que le pH de la solution S1 est inférieur à celui de la solution So.

b) Déterminer la quantité de chlorure d'ammonium introduit sachant que le pH varie de 1,3.

RÉACTION ACIDO-BASIQUE

I. Réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium

1. Mise en évidence de la réaction



le mélange entre une solution aqueuse d'acide chlorydrique et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium s'accompagne d'une élévation de température. Il se produit donc d'une réaction chimique et cette réaction est exothermique.

2. Equation de la réaction

$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

C'est la réaction inverse de l'autoprotolyse de l'eau.

Remarque :

$(H_3O^+ + Cl^-) + (Na^+ + OH^-) \longrightarrow (Na^+ + Cl^-) + 2H_2O$

Les ions Na^+ et Cl^- ne réagissent pas : ce sont des ions spectateurs ou ions indifférents.

3. Généralisation

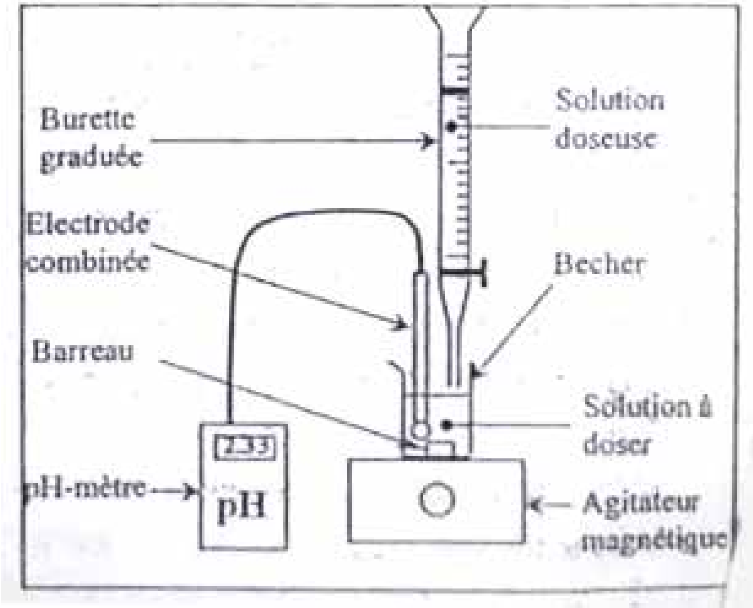
L'équation-bilan de toute réaction chimique entre un acide fort et une base forte est :

$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

Il y a transfert de protons H^+ de l'ion $H3O^+$ à l'ion OH^-

II. Courbe d'évolution du pH au cours de la réaction : Action d'une base forte sur un acide fort.

1. Dispositif expérimental

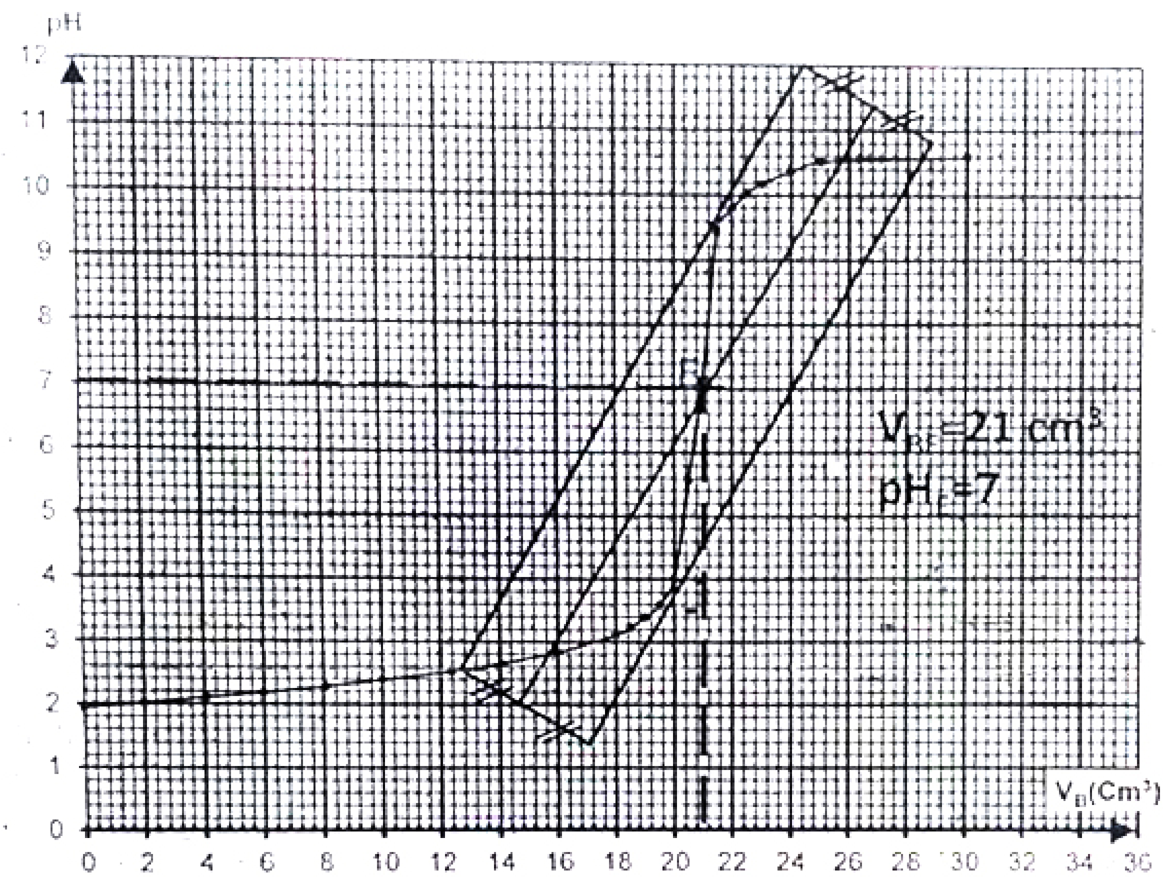


2. Tableau des résultats

$V_B(cm^3)$	0	2	4,1	6	8,1	10	12,4	14,1	16	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	24	25	30
pH	1,94	2,02	2,11	2,19	2,29	2,39	2,53	2,66	2,84	3,12	3,24	3,40	3,60	4,01	5,57	7,14	9,48	9,79	10,03	10,18	10,37	10,52	10,60

3. Courbe d'évolution du pH

Réaction d'une base forte sur un acide fort



4. Allure de la courbe pH = f(VB)

La courbe en forme de S présente trois parties distinctes :

• $0 \leq V_B \leq 18$ mL : Le pH varie légèrement de façon pratiquement linéaire. Le milieu est acide.

• 18 mL $\leq V_B \leq$ 24 mL : On observe un saut du pH et la courbe change de sens (de concavité) en présentant un point d'inflexion.

• $V_B >$ 24 mL : Le pH varie de nouveau très peu et la courbe tend vers une asymptote horizontale. Le milieu est basique.

5. Détermination du point d'équivalence

a) Définition

On dit qu'il ya équivalence acido-basique lorsque la quantité n_A d'ions hydronium H_3O^+ apportée par la solution acide est égale à la quantité n_B d'ions hydroxyde OH^- apportée par la solution basique.

A l'équivalence acido-basique, on a :

$$n(H_3O^+) = n(OH^-) \Longrightarrow n_A = n_B \Longrightarrow C_A V_A = C_B V_B$$

C_A : Concentration de la solution acide ;

V_A : Volumes de la solution acide ;

C_B : Concentration de la solution basique ;

V_B : Volumes de la solution basique.

b) Détermination graphique du point d'équivalence E

On détermine le point équivalent E par la méthode des tangentes parallèles : le point équivalent E correspond au point d'inflexion de la courbe.

Par détermination graphique

E (V_B = 21 mL ; pH = 7) $\Longrightarrow$ V_{BE} = 21 mL et pH_E = 7

6. Détermination de la composition du mélange et de son pH à l'équivalence

Espèces chimiques présentes : Na^+, Cl^-, H_3O^+, OH^- et H_2O

$$[Na^+]_E = \frac{C_B V_{BE}}{V} \; ; \; [Cl^-]_E = \frac{C_A V_A}{V}$$

or $C_A V_A = C_B V_B \Longrightarrow [Na^+]_E = [Cl^-]_E$

Electroneutralité du mélange :

$$[Na^+]_E + [H_3O^+] = [Cl^-]_E + [OH^-] \Longrightarrow [H_3O^+] = [OH^-]$$

Or $Ke = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$

$\Longrightarrow [H_3O^+] = \sqrt{Ke} = 10^{-7}$ mol/L   d'où   pH = 7 (à 25°C)

A l'équivalence, la solution est une solution neutre de chlorure de sodium (Na^+ + Cl^-) de concentration : $C = \frac{C_A V_A}{V} = \frac{C_B V_{BE}}{V}$

<u>Conclusion</u> : A l'équivalence d'une réaction acide fort - base forte, la solution obtenue est neutre, c'est une solution de sel.
(en chimie, un sel est un cristal assemblant deux types d'ions, l'un métallique, l'autre non-métallique)

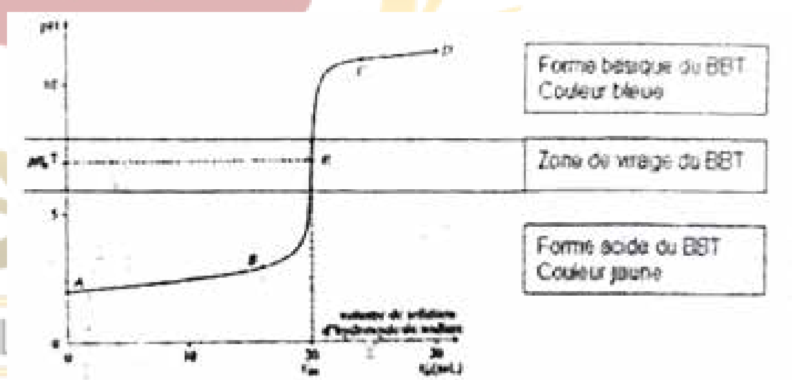
7. Dosage

a) Définition

Le dosage consiste à déterminer expérimentalement la concentration d'une solution dont on connaît les constituants. Il s'agit en pratique de déterminer le point d'équivalence.

b) Détermination expérimentale de l'équivalence

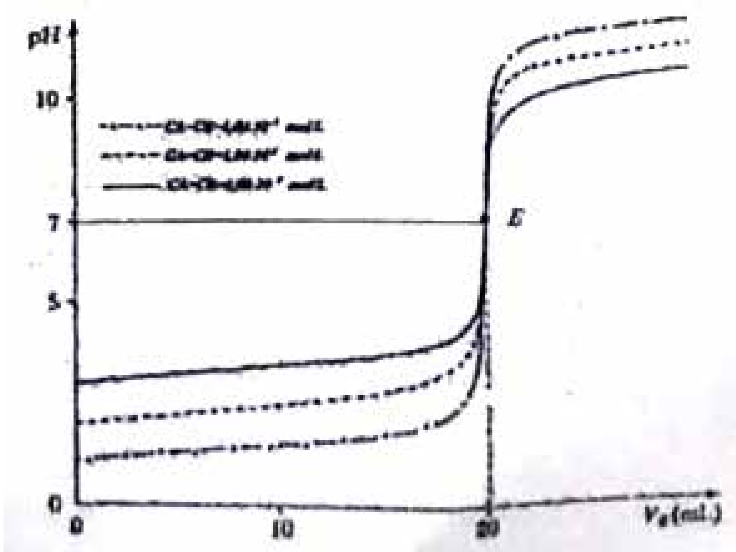
<u>i- Utilisation du pH-mètre</u>
On trace la courbe pH = f(V_B) et à l'aide de la méthode des tangentes parallèles on détermine E.
<u>ii- Emploi d'un indicateur coloré</u>
Un indicateur coloré est une substance dont la couleur varie selon le pH de la solution aqueuse dans laquelle des gouttes d'indicateur ont été ajoutées. Les indicateurs colorés permettent de déterminer le point d'équivalence. L'indicateur coloré convenable est choisi de sorte que le pH du point équivalent soit compris dans sa zone de virage.
la zone de virage d'un indicateur coloré est le domaine de pH sur lequel on observe le changement de teinte.
Pour le dosage d'un acide fort par une base forte, on utilise le BBT (Bleu de Bromothymol) car pH_E à la zone de virage [6 ; 7,6].



8. Influence de la concentration

La courbe a les propriétés suivantes :
- pHE = 7
- Elle possède trois (3) parties
- Elle est croissante
- Elle a un (1) point d'inflexion (E)
- Le pH initial est le pH de l'acide fort
- Le pH final tend vers le pH de la base forte

Le saut de pH est d'autant moins important que les concentrations molaires des solutions d'acide et de base sont plus faibles.



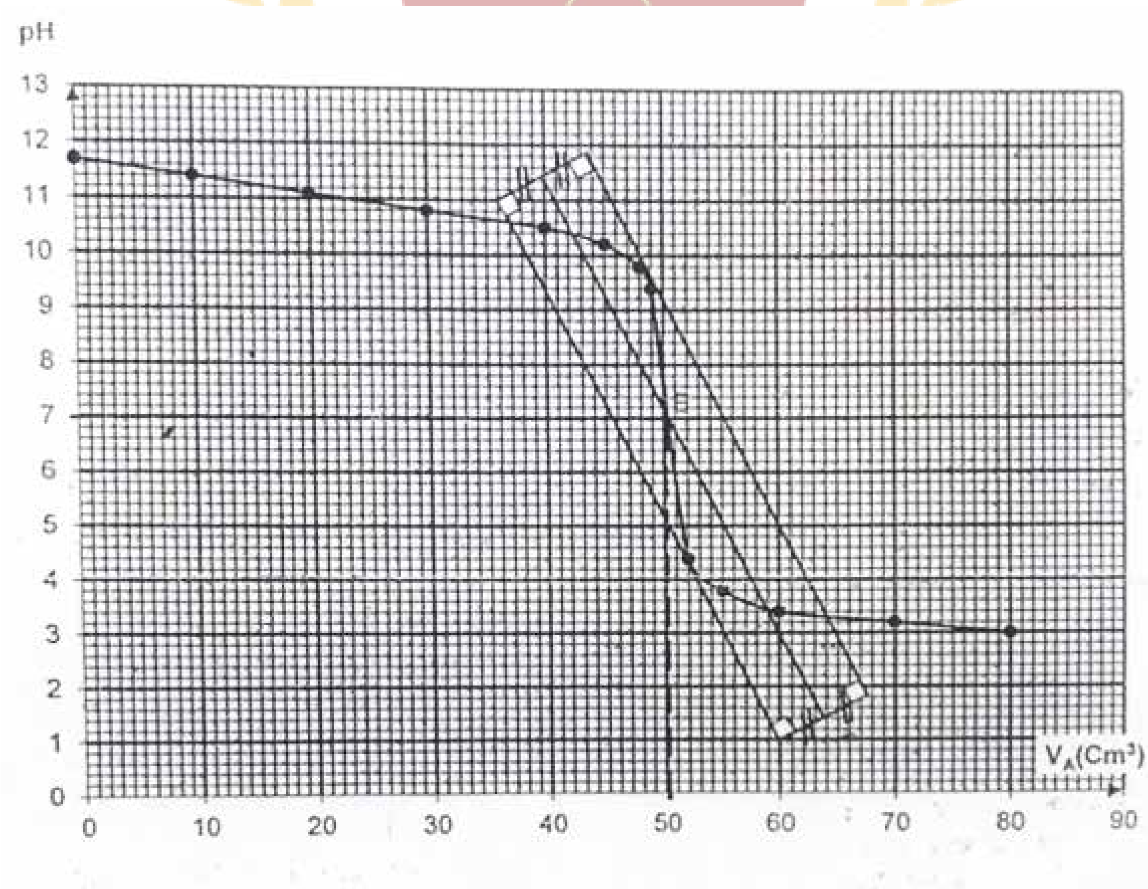
III. Action d'un acide fort sur une base forte

1. Tableau des mesures

VA(cm³)	0	10	20	30	40	45	48	49	52	55	60	70	80
pH	11,70	11,40	11,10	11,80	10,50	10,20	9,80	9,40	4,40	3,60	3,40	3,20	3,00

2. Courbe dévolution du pH

Réaction d'acide fort sur une base forte

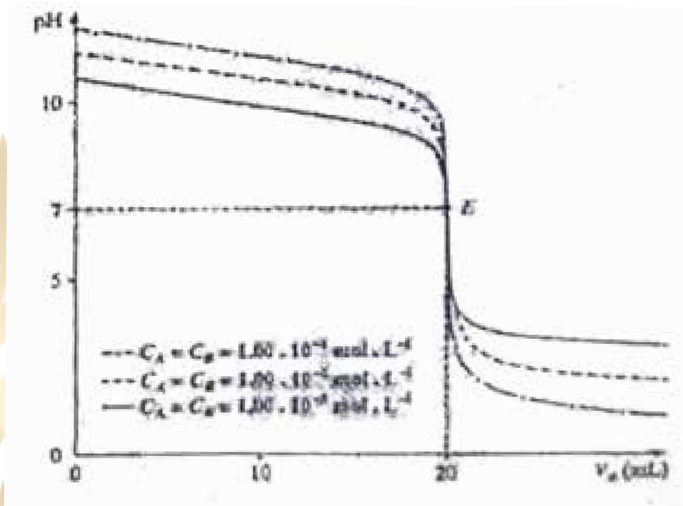


3. Influence des concentrations

La courbe a les propriétés suivantes :

- pHE = 7
- Elle possède trois (3) parties
- Elle est décroissante
- Elle a un (1) point d'inflexion (E)
- Le pH initial est le pH de la base forte
- Le pH final tend vers le pH de l'acide fort.

Le saut de pH est d'autant moins important que les concentrations molaires des solutions d'acide et de base sont plus faibles.



IV. Réaction entre un acide faible et une base forte

• Equation bilan

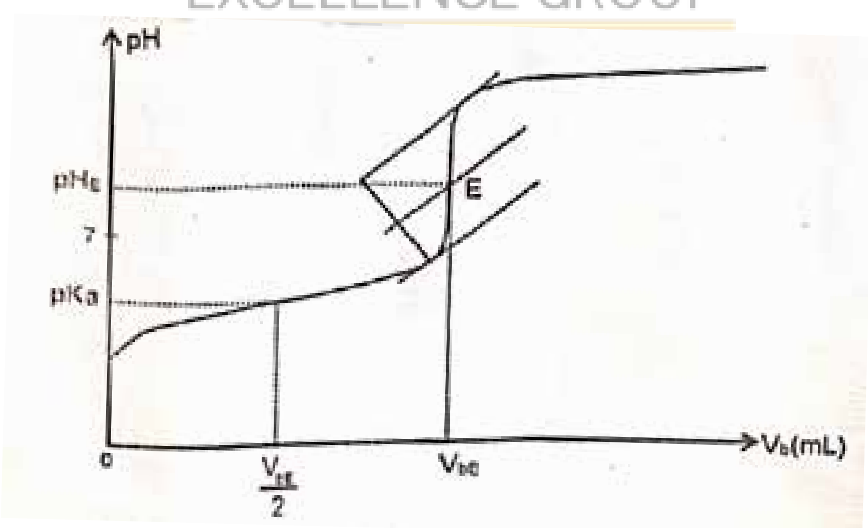
$AH + OH^- \longrightarrow A^- + H_2O$

ou

$BH^+ + OH^- \longrightarrow B + H_2O$

Acide faible (AH ou BH^-) , la base étant forte dans l'équation-bilan on aura (OH^-).

• Allure de la courbe



• pH à l'équivalence

Le pH à l'équivalence et supérieur à 7 ($pH_E > 7$).

• Relation d'équivalence

A l'équivalence : $n_{acide} = n_{base}$

$$CaVa = CbVbE$$

• Demi-équivalence

A la demi-équivalence, le volume de base versé est :

$$Vbase = \frac{Vb_E}{2} \quad \text{et} \quad pH = pKA$$

V. Réaction entre une base faible et un acide fort

• Equation-bilan

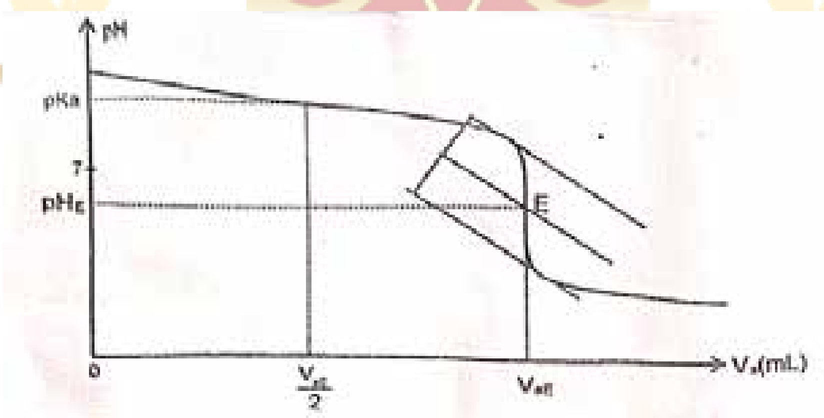
$$A^- + H_3O^+ \longrightarrow AH + H_2O$$

ou

$$B + H_3O^+ \longrightarrow BH^+ + H_2O$$

Base faible (A^-, B) l'acide étant fort dans l'équation bilan on aura (H_3O^+)

• Allure de la courbe



• pH à l'équivalence

Le pH à l'équivalence et inférieur à 7 (pHE < 7)

• Relation d'équivalence

A l'équivalence : $n_{acide} = n_{base}$

$$CaVaE = CbVb$$

• Demi-équivalence

A la demi-équivalence, le volume d'acide versé est

$$Vacide = \frac{Va_E}{2} \quad \text{et} \quad pH = pKA$$

VI. Solutions tampons

Une solutions est constituée d'un mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base conjuguée. Son pH est égal au pKA du couple correspondant.

- **Les propriétés**

Une solution tampon est une solution dont :

- Le pH varie peu quand on lui ajoute des quantités modérées d'acide ou de base ;
- Le pH reste invariable sous l'effet d'une dillution modérée.

- **Méthodes de préparation**

<u>Mélange équimolaire d'acide faible et de sa base conjugué:</u>

$$n_{\text{acide faible}} = n_{\text{base faible}} \quad \Longleftrightarrow \quad CaVa = CbVb$$

<u>Mélange d'un acide faible et d'une base forte</u>

A un volume d'acide faible, on ajoute la quantité de base forte pour atteindre la demi-équivalence : $n_{\text{base forte}} = \frac{n_{\text{acide faible}}}{2} \quad \Longleftrightarrow \quad CbVb = \frac{CaVa}{2}$

<u>Mélange d'un acide fort et d'une base faible</u>

A une quantité donnée de base faible on ajoute la quantité d'acide fort pour atteindre la demi-équivalence : $n_{\text{acide fort}} = \frac{n_{\text{base faible}}}{2} \quad \Longleftrightarrow \quad CaVa = \frac{CbVb}{2}$

EXERCICE 1

1. La réaction entre un acide fort quelconque et une base faible quelconque est une réaction .... et ....
LA courbe pH = V () de cette réaction admet .... parties, ... points d'inflexion et .... concavités.
Le point E (point équivalent) de la courbe est déterminé par la méthode de ....
A .... d'une telle réaction la quantité de matières de l'acide fort est .... à la quantité de matière de la base faible. Le pH du mélange à l'équivalence est .... à 7.
A la 1/2 équivalence le pH .... au pKa du couple considéré.

2. Recopie la proposition suivie de la lettre V si elle est vraie ou F si elle est fausse.
a) L'équation bilan de al réaction entre un acide fort quelconque et une base forte est :
$H_3O^+ + OH^- \rightleftarrows H_2O$
b) $pKa = pH - \log\frac{[Base]}{[Acide]}$
c) $pH = -\log Ka$
d) La réaction entre une base faible et un acide fort est une réaction totale et exothermique.
e) A la 1/2 équivalence on a : pH = pKa.
f) Une solution tampon est un mélange d'acide fort et d'une base faible.
g) Le pH d'une solution tampon est variable sous l'effet d'une dilution modérée.
h) L'équation bilan de la réaction entre un acide fort quelconque et une base faible B est :
$H_3O^+ + B \longrightarrow BH^+ + H_2O$
i) Le dosage consiste à déterminer expérimentalement la concentration d'une solution dont on connait les constituants.
k) A l'équivalence d'une réaction acide fort $\longrightarrow$ base fort, la solution obtenue est neutre, c'est une solution de sel.

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants qui conviennent :
l'équivalence ; volume ; la demi-équivalence ; quasi-total ; croissante ; pH ;

deux points d'inflexion ; basique.

La solution d'acide éthanoïque réagit avec la solution d'hydroxyde de sodium. Cette réaction est .... La courbe de variation du .... de la solution d'acide éthanoïque en fonction du .... de solution d'hydroxyde de sodium versé est .... et présente ....

A .... acido-basique, le mélange est .... Le pKa du couple CH_3COOH/CH_3COO^- est égal au pH à .... Le mélange à la demi-équivalence constitue une solution tampon.

EXERCICE 3

On verse progressivement un volume Va d'un solution d'acide chlorhydrique de concentration Ca = 10^{-2} mol.L^{-1} dans Vb = 20 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration inconnue.

La valeur du pH mesuré en fonction de Va est donné dans le tableau suivant :

Vb(mL)	0	2	4	6	8	8,4	8,8	9,2	9,4	9,6	10	11	12	13	14
pH	11,6	11,5	11,3	11,2	10,9	10,7	10,4	4	3,5	3,2	3	2,5	2,3	2,2	2,1

1. Fais le schéma annoté du montage expérimental.
2. Trace sur une feuille de papier millimétré la courbe pH = f(Va).
Echelle : 1 cm pour 1 mL et 1 cm pour une unité de pH.
3. Ecris l'équation bilan de la réaction.
4. Détermine graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.
Précise la nature de la solution de l'équivalence. Justifie ta réponse en donnant le nom de la solution obtenue à l'équivalence.
5. Détermine la concentration molaire Cb de la solution d'hydroxyde de sodium.
6. Détermine les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution lorsqu'on a ajouté Va = 6 mL de la solution acide.
7. Détermine la valeur vers laquelle va tendre le pH, si on continuait d'ajouter la solution acide au-delà de Va = 14 mL.

EXERCICE 4

On mélange 100 mL d'acide chlorhydrique à 10^{-2} mol/L et 100 mL d'acide bromhydrique HBr de concentration inconnue C. Le pH de la solution obtenue est égal à 1,8. Les acides HCl et HBr sont des acides forts et le restent même quand on mélange.

1. Quelles sont les concentrations des ions H_3O^+, Cl^-, Br^- et OH^- dans le mélange ?
2. Quelle est la concentration C de la solution bromhydrique initiale ?
3. Quel volume de soude à 0,2 mol/L faut-il ajouter au mélange précédent pour obtenir l'équivalence acido-basique ?

EXERCICE 5

Un volume V = 100 cm^3 d'acide chlorhydrique à 5.10^{-2} mol/L est obtenu en dissolvant un volume V0 de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau. La dissolution est faite sans variation de volume.

1. Calculer le volume V0 de gaz chlorure d'hydrogène utilisé (le volume molaire est 22,4 L dans les conditions de l'expérience).

L'acide chlorhydrique ainsi préparé est ajouté progressivement à 20 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium. On constate que l'équivalence acido-basique est atteinte par un volume Va d'acide versé égal à 40 cm^3.

2. Que représente l'équivalence acido-basique ?
3. Expliquer, en quelques lignes, la façon dont il faut procéder pour faire le dosage. Représenter le dispositif nécessaire.
4. Calculer la concentration molaire de la solution d'hydroxyde de sodium.
5. Quelle masse d'hydroxyde de sodium faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir V' = 1 litre de solution ayant cette concentration ?

On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1 g/mol.

EXERCICE 6

Dans un bécher contenant un volume Va = 10 cm^3 d'acide chlorhydrique, on verse à l'aide d'une burette, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,4 $g.L^{-1}$.

Le tableau ci-dessous indique pour différentes valeurs du volume Vb de la solution de base versée, les valeurs correspondantes du pH.

Vb(mL)	0	2	4	6	8	9	9,4	9,8	10,2	10,4	10,6	11	12	13	14	15
pH	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,1	3,4	4,6	9,1	9,7	10	10,4	10,7	10,9	11	11,1

1. Proposer un schéma du dispositif permettant d'effectuer ce dosage.
2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit au cours de ce dosage.
3. a) Construire le graphique pH = f(Vb) sur papier millimétré.

Echelles : en abscisse 1 cm pour 1 cm^3.
en ordonnée 1 cm pour une unité de pH.

b) A l'aide du graphique obtenu, déterminer le point d'équivalence E ; en déduire la concentration Cb en mol.L-1 de la solution d'acide chlorhydrique utilisée.

c) Quelle est la nature de la solution obtenue à l'équivalence ?

4. Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans la solution lorsqu'on a versé un volume Vb = 3 cm^3 d'hydroxyde de sodium.

5. Si on évaporait l'eau de la solution obtenue à l'équivalence, on obtiendrait un solide blanc.

Quel est son nom ?

Calculer sa masse.

6. On dispose des trois indicateurs colorés suivants :

Hélianthine : zone de virage de pH = 3,1 à pH = 4,4

Phénolphtaléine : zone de virage de pH = 8 à pH = 10

Bleu de bromothymol : zone de virage de pH = 6 à pH = 7,6

a) Choisir en le justifiant l'indicateur coloré le plus indiqué pour ce dosage.

b) Comment serait repéré le volume équivalent ?

On donne : M(H) = 1 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(Na) = 23 g/mol.

EXERCICE 7

1) On obtient une solution S en mélangeant un volume V1 = 20 mL d'une solution d'acide sulfurique de concentration C1 = 2.10^{-2} $mol.L^{-1}$ avec un volume V2 = 40 mL d'une solution d'hydroxyde de potassium de concentration C2 = 5.10^{-2} $mol.L^{-1}$.

L'acide sulfurique est un diacide fort.

2) Le mélange précédent est dilué par l'eau distillée et son volume est porté à 100 mL. On obtient une solution S'.

Calculer le pH de la solution S'.

3) Répondre aux questions suivantes:

a) Quel volume Va d'acide chlorhydrique centimolaire faut-il ajouter dans la solution S' pour que son pH devienne égal à 7 ?

b) Quel volume V de chlorure d'hydrogène gazeux faut-il dissoudre dans la solution S' pour que son pH soit égal à 7 ?

Le volume molaire dans les conditions de l'expérience est V_M = 22,4 L/mol.

EXERCICE 8

On considère un monoacide fort de masse molaire M. On en verse différentes masses dans un volume noté V de 1 L d'eau et on mesure à chaque fois le pH. Les résultats obtenus sont les suivants :

m(g)	0,032	0,13	0,5	1,6
pH	3,3	2,7	2,1	1,6

1. Ecrire la relation entre m et pH.
2. Tracer le graphe pH = f(log m). En déduire que le pH peut s'écrire sous la forme pH = a + b.log m.
Donner les valeurs de a et b.
3. Que représente a ? En déduire la masse molaire M et identifier l'acide parmi la liste d'acides forts suivants : HCl ; HNO_3 ; H_2SO_4 ; $HClO_3$
4. La solution d'acide présente de pH = 2,1 de volume V1 = 20 mL est mélangé à un volume V2 d'une solution aqueuse d'acide sulfurique de pH = 3
a) Calculer le volume V2 si le pH du mélange est 2,5.
b) Un volume VB = 10 mL du mélange précédent (pH = 2,5) est dosé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration 5.10^{-2} $mol.L^{-1}$.
a) Calculer le volume de solution de soude à l'équivalence.
b) Donner l'allure de la courbe pH = f(Vb) où Vb est le volume de solution de soude versé.
On donne : H : 1 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$; S : 32 $g.mol^{-1}$; N : 14 $g.mol^{-1}$; Cl : 35,5 $g.mol^{-1}$.

EXERCICE 9

Dans un bécher contenant Va = 20 cm^3 d'une solution de dihydroxyde de magnésium.

$V_A(cm^3)$	0	2	3	4	5	6	7	8
pH	11,7	11,55	11,5	11,4	11,3	11,2	11,0	10,85

9	9,5	9,9	10	10,1	10,5	11	12	13	14
10,55	10,2	9,5	7,0	4,5	3,8	3,5	3,2	3,0	2,9

Le dihydroxyde de magnésium est une base forte.
1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les solutions de l'acide HA et de base utilisée.
2. Calculer C_B à partir de la valeur du pH de la solution initiale de base (VA = 0).
3. Tracer sur papier millimétré la courbe de la variation du pH en fonction du volume VA d'acide versé.
Échelles abscisse : 1cm pour 1 cm^3 ; ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH
4. Déterminer les coordonnées du point équivalent E. En déduire une valeur approchée de la concentration CB. Comparer cette valeur à celle trouvée en 2.)
5. Le mélange obtenu à l'équivalence est complètement déshydraté. Le composé

obtenu a une masse m = 7,4 mg.
a) Déterminer la masse molaire moléculaire de l'acide utilisé.
b) Donner le nom de cet acide à partir du tableau suivant :

Acides	Acide chlorhydrique (HCl)	Acide sulfurique (H_2SO_4)	Acide nitrique (HNO_3)
Masse molaire moléculaire (g/mol)	36,50	98	63

6) Le dosage précédent peut-être suivi à l'aide d'un indicateur coloré. Lequel des indicateurs colorés suivants est approprié pour ce dosage ? On indiquera la raison :
pH de la zone de virage
Hélianthine : 3,1 $\longrightarrow$ 4,4
Bleu de bromothymol : 6,0 $\longrightarrow$ 7,6
Phénolphtaléine : 8 $\longrightarrow$ 10

EXERCICE 10

On considère les cinq solutions suivantes :
- Solution A d'acide chlorhydrique (HCl) de concentration molaire $C_1 = 1,2.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$
- Solution B d'acide sulfurique (H2SO4) de concentration molaire $C_2 = 1,5.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$
- Solution C d'acide bromhydrique (HBr) de concentration massique 0,8 g/L
- Solution D d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) de concentration molaire $C_4 = 1,3.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$
- Solution E d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration massique 0,7 g/L

1. Calculer le pH de chaque solution à 25°C.
2. On réalise une solution S constituée de V1 = 10 cm³ de A, de V2 = 6 cm³ de B, de V3 = 13 cm³ de C, de V4 = 18 cm³ de D et de V5 = 13 cm³ E.
a) La solution S est-elle acide ou basique ? Justifier la réponse.
b) Laquelle des deux solutions précédentes d'acide sulfurique ou de soude doit-on verser dans une solution S pour obtenir une solution S' de pH égale à 7 à 25°C ?
c) Ecrire l'équation d'électroneutralité dans la solution S'. En déduire le volume de S' et le volume de la solution ajoutée à la solution S.

EXERCICE 11

On verse dans Va = 200 mL d'acide chlorhydrique une solution de soude (Cb = 0,5 mol/L). On mesure le pH en fonction du volume Vb de soude versé.

Vb(mL)	0	1,0	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	4,9	5,0	5,1	5,5	6,0	7,0	10,0	12,0
pH	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,6	2,9	3,6	5,1	10,3	11,0	11,3	11,6	11,8	11,9

1. Fais le schéma annoté du montage.
2. Tracer la courbe pH = f(Vb). Échelle : 1cm pour 1 unité pH et 1 cm pour 1 mL
3. Détermine le point d'équivalence par la méthode des tangentes et en déduis le pH à l'équivalence.
4. Calculer la concentration molaire Ca de la solution d'acide.
5. Calcule les diverses concentrations pour Vb = 3 mL

EXERCICE 12

Toutes les expériences sont réalisées à 25°C.
On dispose d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de concentration C = 0,1mol.L^{-1} et le pH est égal à 2,4.

1.

1.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de cet acide avec l'eau.

1.2 Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans cette solution.

2. Dans un bécher contenant 25 mL de cet acide, on ajoute progressivement un volume Vb d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration Cb = 0,2 mol.L^{-1}.

2.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

2.2 Calculer le volume Vbe d'hydroxyde de sodium à verser pour atteindre l'équivalence.

2.3 A l'équivalence, le pH = 8,3. Expliquer pourquoi le mélange est basique.

2.4 Le pH vaut 3,8 quand on a versé un volume d'hydroxyde de sodium dans V = 6,25 mL. Montrer que cette valeur du pH correspond à celle du pKa du couple HCOOH / $HCOO^-$.

2.5 Vers quelle limite tend la valeur du pH de la solution finale quand on ajoutera une très quantité de solution d'hydroxyde de sodium ?

2.6 En tenant compte des points remarquables, tracer l'allure de la courbe de variation du pH en fonction du Vb de la solution d'hydroxyde de sodium versée.

EXERCICE 13

Dans cet exercice toutes les expériences sont faites à 25°C.
On mesure le pH d'une aqueuse d'acide éthanoïque de concentration
Ca = 10^{-2}mol.L-1.
1. On trouve pH = 3,4.
1.1 Montrer que l'acide éthanoïque (CH_3COOH) est un acide faible.
1.2 Ecrire son équation de dissolution dans l'eau.
2. Dans un volume V_1 = 50cm3 de la solution précédente d'acide éthanoïque, on ajoute un volume V_2 d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH, de concentration Cb = Ca = 10^{-2} mol.L^{-1}.
Le mélange obtenu constitue une solution S de pH = 4,8.
Données : La constante d'acidité de l'acide éthanoïque à 25°C est Ka = $1{,}58.10^{-5}$.
2.1 Ecrire l'équation de la réaction produite dans S.
2.2 De l'expression de la constante d'acidité Ka du couple acide /base présent dans le mélange :
- donner la valeur du rapport $\left[\frac{B}{A}\right]$ de la forme de l'espèce basique sur la forme de l'espèce acide du couple.
- conclure.
2.3 A l'aide des résultats ci-dessus, établir une relation entre les volumes V_1 et V_2 puis calculer V_2.
3. On prépare 100 cm^3 de la solution S de pH = 4,8 à partir de V'_2 = 80 cm^3 d'une solution d'éthanoate de sodium (CH3COONa) de concentration C_2 = 10^{-1} mol.L^{-1} et d'un volume V'_1 d'une solution de chlorure d'hydrogène de C_i inconnue.
3.1 Calculer le volume V'_1.
3.2 Déterminer la concentration C1

EXERCICE 14

On dispose d'une solution d'hydroxyde de sodium notée Sb. Une goutte de cette solution sur un papier pH indique son pH est voisin de 13.
1. En déduire la concentration molaire Cb de cette solution.
2. Pour affiner la valeur de la concentration Cb, on dose Vb = 10cm^3 de Sb par une solution d'acide chlorhydrique notée S_a de concentration molaire volumique Ca = 8.10^{-2}mol.L^{-1}.
2.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui lieu.
2.2 L'équivalence acido-basique est obtenue pour VaE = 12cm3. En déduire la

valeur de la concentration Cb de la solution Sb.
2.3 Donner l'allure de la courbe pH = f (Va) en faisant apparaître les points caractéristiques suivants : pH à Va = 10 cm^3 ; VaE et pHE à l'équivalence.
3. Cette solution de soude est utilisée pour doser un vinaigre (solution d'acide éthanoïque) de concentration Cd inconnue. Un échantillon de vinaigre est dilué 10 fois (solution e). On prélève Ve = 10cm^3 de cette solution que l'on dose en présence d'un indicateur coloré. L'équivalence acido-basique est obtenue pour Vb = 10,5cm3 de soude versée.
3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
3.2 Calculer la concentration Ce du vinaigre ainsi dilué.
3.3 En déduire la concentration Cd du vinaigre.
3.4 Le pKa du couple acide éthanoïque / ion éthanoate est 4,8. Tracer l'allure de la courbe pH = f (Vb) en y indiquant le pH à la démi-équivalence.

EXERCICE 15

Toutes les solutions sont à supposées à la température de 25°C.
1. Une solution S1 d'hydroxyde de sodium (soude) a un pH=12.
Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes en solution.
Calculer la concentration molaire volumique des différentes espèces chimiques en solution.

2. Une solution S2 de chlorure d'ammonium (NH4Cl) a un pH égal à 5,6 pour une concentration molaire volumique de C= 10^{-2} $mol.L^{-1}$.
2.1 Préciser le couple acide /base introduit dans cette solution par le chlorure d'ammonium.
2.2 Faire l'inventaire des espèces chimiques en solution et calculer leurs concentrations molaires volumiques.
2.3 Déterminer le pKa du couple dont l'acide est l'ion ammonium. (On supposera que la concentration en ammoniac NH3 est $2{,}5.10^{-6}$ $mol.L^{-1}$).
3. On ajoute 10 cm^3 de la solution S1 d'hydroxyde de sodium à 20cm^3 de la solution S2 de chlorure d'ammonium.
3.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit lors du mélange.
3.2 Calculer les concentrations molaires volumiques :
- en ion ammonium restant
- et en base conjuguée
3.3 En déduire le pH du mélange.
3.4 Quelles sont les propriétés du mélange ainsi réalisé ?

EXERCICE 16

On prépare une solution A en versant dans un récipient 9,2 g d'acide méthanoïque HCOOH et la quantité d'eau distillée nécessaire pour que le volume total de la solution soit égal à 2 litres.
Le pH de A est égal à 2,4.
1. Ecrire l'équation d'ionisation de l'acide méthanoïque dans l'eau.
2.
2.1. Montrer que la concentration molaire de la solution A vaut : $C_A=0{,}1\ molL^{-1}$.
2.2. L'acide méthanoïque est-il un acide fort ou un acide faible ?
Justifier la réponse.
3. On dispose d'une solution B de soude qu'il faut ajouter à $V_A=0{,}5$ litre de la solution A pour arriver à l'équivalence acido-basique.
4. On prépare une solution C en versant dans $V_1=500\ cm^3$ de la solution A un volume $V_2=25\ cm^3$ de la solution B. Le pH de C est égal à 3,8.
Calculer :
4.1. Les concentrations molaires des diverses espèces chimiques présentes dans la solution C.
4.2. Le pK_a de l'acide méthanoïque.
4.3. Quelles sont les propriétés de ce mélange ?
$M(H)=1g.mol^{-1}$ $M(C)=12g.mol^{-1}$
$M(N_a)=23g.mol^{-1}$ $M(0)=16g.mol^{-1}$

EXERCICE 17

Dans cet exercice les parties A et B sont indépendantes

Partie A.
Deux flacons sans étiquettes contiennent deux solutions acides A_1 et A_2. L'une est de l'acide méthanoïque et l'autre de l'acide chlorhydrique. Pour identifier les solutions A1 et A2, le professeur fournit à ses élèves les données suivantes :
La mesure du pH de chaque solution est :
Pour A1 : pH=2,7 ;
Pour A2 : pH=2
Le dosage d'un volume Va =50mL de chaque solution acide, par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $Cb=5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$
donne à l'équivalence :
Pour A1 : Vb1=25mL ;

Pour A2 :Vb2 =10mL.
1. Calculer les concentrations initiales des solutions A1 et A2.
2. Identifier les solutions A1et A2. Justifier votre réponse.
3. Ecrire l'équation-bilan de la réaction pour chaque solution acide pendant le dosage.

Partie B

On dispose d'une solution d'acide HA de concentration molaire Ca =2,5.10^{-2} mol.L^{-1} dont le pH est égal à 2,7.
1. Ecrire l'équation de dissociation de cet acide dans l'eau.
2. Recenser et calculer les concentrations des espèces chimiques contenues dans cette solution.
3. En déduire le pKa du couple HA/A-.
4.
4.1 Calculer le volume de solution d'hydroxyde de sodium de concentration Cb=5.10^{-2} mol.L^{-1} à verser dans 20mL de la solution acide HA pour atteindre la demi-équivalence.
4.2 Donner pour la solution ainsi obtenue :
4.2.1 Le pH.
4.2.2Le nom et les propriétés.

EXERCICE 18

On dispose de cinq flacons contenant des solutions aqueuses différentes, mais de même concentration C = 10^{-2} mol.L^{-1}:
- l'acide éthanoïque
- l'acide chlorhydrique
- le chlorure de potassium
- l'hydroxyde de potassium
- l'ammoniaque.

Les étiquettes A, B, C, D et E de ces flacons ont été mélangées lors d'un rangement. Les pH sont mesurés à 25° C.

1. **Identification des solutions**

Le pH de la solution de B est égal à 12. Le dosage de B par C donne un pH égal à 7 à l'équivalence.
1.1. Identifier B et C.
1.2. Au cours du dosage de D par B, le pH à l'équivalence est égal à 8,2. Identifier D.
1.3. Le pH de la solution A est égal à 7. Identifier A.
1.4. Déduire des questions précédentes, la nature de la solution E.

2. **Détermination du pKa du couple ion ammonium/ammoniac**

On désire déterminer le pKa du couple ammonium/ammoniac. Le pH de la solution d'ammoniaque est 10,6.

2.1. Ecrire équation-bilan de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.

2.2. Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution.

2.3. Calculer le pKa du couple ammonium/ammoniac.

3. **Préparation de solution tampon**

On veut préparer une solution tampon à partir de la solution d'ammoniac et de l'acide chlorhydrique.

3.1. Calculer le volume V_A d'acide chlorhydrique à ajouter à $V_B = 25\ cm^3$ de la solution d'ammoniac
pour obtenir la solution tampon.

3.2. Citer les propriétés du mélange obtenu.

EXERCICE 19

Un groupe d'élève décide de déterminer la constance d'acidité du couple acide benzoïque/ion benzoate.

On dose 10 cm3 de solution d'acide benzoïque C6H5-COOH de concentration inconnue par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration $10^{-1} mol.L^{-1}$. Les variations du pH en fonction du volume V de soude versée sont :

V (cm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
pH	2,6	3,2	3,6	3,8	4,2	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,2	8,5	10,7	11,7	12	12,4	12,7

1.

1.1 Tracer la courbe pH = f (V). On prendra pour échelle : 1 cm correspond à 1 cm3 (en abscisse). 1cm correspond à 1 unité de pH (en ordonnée).

1.2 Déterminer graphiquement le point d'équivalence.

2.

2.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

2.2 Calculer la concentration de la solution d'acide benzoïque.

3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante pKa du couple C6H5-COOH / C6H5-COO.

En déduire la constante d'acidité Ka du couple.

4. On dispose de deux indicateurs colorés :

- l'hélianthine (zone de virage 3,2 - 4,4)
- la Phénolphtaléine (zone de virage 8 – 10)

Reporter ces zones de virage sur le graphe pH = f (V).
Lequel de ces deux indicateurs colorés utiliseriez- vous pour effectuer ce dosage ?
Justifier votre réponse.

EXERCICE 20

Votre professeur de sciences physiques vous propose de faire l'étude d'un produit commercial qui, selon le fabriquant, contient essentiellement de l'ammoniac.
1. Il prélève 10mL de ce produit de concentration inconnue CB qu'il dose par pH-métrie avec une solution d'acide chlorhydrique 10^{-1}mol.L^{-1}. Les mesures sont consignées dans le tableau ci-dessous.

V_A (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	7,5	8	8,5	9,5	10	13	16	18
pH	11,0	11,0	9,7	9,4	9,2	9,0	8,7	8,4	8,0	5,3	2,5	2,1	2,0	1,7	1,5	1,4

1.1 Faire un schéma annoté du dispositif expérimental.
1.2 Tracer la courbe pH = f (VA)
Echelle : 1cm ↔ 1mL ; 1,5 cm ↔ 1 unité de pH
1.3 A partir de la courbe, montrer que l'ammoniac est une base faible.
2. Exploitation de la courbe pH = f (VA).
2.1 Déterminer le point d'équivalence E.
2.2 En déduire la valeur de la concentration molaire volumique de l'ammoniac CB.
2.3 Déterminer la demi-équivalence et le pKa du couple $NH4^+$ / NH3.
2.4 Quelle est la nature du mélange à l'équivalence ? Justifier.
3. Calculer la concentration massique volumique en ammoniac en g/L en vue d'étiqueter le produit.

MH = 1 g.mol^{-1} ; MN = 14 g.mol^{-1}.

EXERCICE 21

Dans cet exercice, les solutions sont prises à 25C° et le produit ionique de l'eau à cette température Ke = 10^{-14}.
1. La solution d'acide bromhydrique (HBr)
Une solution A d'acide bromhydrique centimolaire (10^{-2} mol/L) a un pH = 2.
1.1 Montrer que l'acide bromhydrique est un acide fort.

1.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction avec l'eau.
1.3 Citer un autre exemple d'acide tort.
2. La solution de méthylamine (CH_3NH_2)
On dispose de 5mL d'une solution B de méthylamine de concentration molaire volumique C_B = 8,2.10^{-2} mol/L. de pH 11,8.
2.1 Écrire l'équation-bilan de la réaction de la méthylamine avec l'eau.
2.2 Faire l'inventaire des espèces chimiques et calculer leur concentration.
2.3 Calculer le pKa du couple CH_3NH_3 /CH_3NH_2.
3. Mélange de solutions
On mélange les deux solutions précédentes.
3.1 Écrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu entre l'acide bromhydrique et la méthylamine.
3.2 Quel volume V de solution A d'acide bromhydrique faut-il verser dans 5 mL de la solution B de
méthylamine pour atteindre l'équivalence acido-basique?
3.3 Quelle est la nature du mélange à l'équivalence? Justifier.
3.4 On mélange un volume VA 20,5 mL de solution A à un volume V 5 mL de la solution 8.
Donner le pH, le nom et les propriétés de ce mélange.
3.5 Donner l'allure de la courbe de dosage B par A (préciser les points caractéristiques).

EXERCICE 22

On dose 10 mL d'une solution d'acide benzoïque C_6H_5 COOH de concentration Ca inconnue par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) décimolaire (0,1 mol/L). On note les résultats suivant :

V_b(mL)	0	1	2	3	5	6	8	9	9,5	9,8	9,9	10	10,1	11	12	14	16
pH	2,6	3,2	3,6	3,8	4,2	4,4	4,8	5,1	5,5	5,9	6,2	8,4	10,7	11,7	12	12,4	12,7

1. Schématiser et annoter le dispositif expérimental.
2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de dosage.
3. Construire la courbe pH = f(Vb) échelle : 1cm pour 1mL
1cm pour 1 unité de pH
4.
4.1 A l'aide de la courbe, déterminer le point d'équivalence E et le point de demi- équivalence E'. 4.2 En déduire la concentration molaire volumique Ca de la solution d'acide benzoïque ainsi que la valeur du pKa du couple A/B.
5. Pour Vb = 3 mL de soude versée, faire l'inventaire des espèces et calculer

leur concentration molaire volumique. Retrouver la valeur du pKa.

6. On dispose des indicateurs colorés suivants :

Indicateur	Zone de virage
Alpha-naphtolphtaléine	7,5 – 8,6
Phénolphtaléine	8,2 – 10,0

6.1 Montrer que ces deux indicateurs colorés conviennent au dosage précédent.

6.2 Lequel est le plus précis ? Justifier votre réponse.

EXERCICE 23

Sali, une élève de terminale D reçoit un flacon contenant une solution limpide S_O. Son professeur de sciences physiques lui demande d'identifier cette solution. Elle procède aux tests suivants :

Test 1 : elle fait tomber une goutte de solution S_O sur une flamme de bec bunsen : la flamme devient jaune.

Test 2 : elle verse quelques gouttes de sulfate de cuivre II dans un échantillon de S_O ; elle observe la formation d'un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II.

1.

1.1. Analyser les résultats du test 1 et du test 2.

1.2. En déduire la nature de la solution So.

2. Koffi, un autre élève de la même classe prélève V_O = 5 mL de solution So. Il la dilue cent(100) fois pour obtenir une solution Si de concentration molaire volumique Ci. Il mesure le pH de S_1 et trouve la valeur 12.

2.1. A partir de la liste de matériel ci-dessous, indiquer la liste des matériels nécessaires à Koffi pour préparer la solution S_1.

Matériel mis à la disposition de Koffi	
Agitateur magnétique	Eprouvettes graduées
Béchers : 100 mL ; 200 mL	Pipettes :5 mL ; 10 mL ; 20 mL
Verres à pied	Pissette + eau distillée
Fioles jaugées : 100 mL ; 250 mL ; 500 mL	

2.2. Proposer un mode opératoire à Koffi lui permettant de préparer la solution S_1.

2.3. S_1 est une solution de base forte.

2.3.1. Calculer la concentration molaire volumique C_1 de S_1.

2.3.2. En déduire la concentration molaire volumique C_0 de So.

3. Dans le but de déterminer la concentration, C_2 d'une solution S_2 d'acide

méthanoïque, Koffi dose un volume V_2 = 10 mL de S_2, additionnée de quelques gouttes de phénolphtaléine, par une solution S de soude de concentration C = 10^{-2} mol.L^1.

Quand l'indicateur coloré vire au rose, Koffi a versé un volume V_B = 20 mL de soude S.

3.1. La valeur du pH à l'équivalence montre que le mélange est basique.
Expliquer pourquoi le mélange est basique.

3.2. Déterminer la concentration molaire volumique C_2.

4. Sali propose d'étudier la solution d'acide méthanoïque avant le dosage.
Soit la solution initiale constituée uniquement d'acide méthanoïque de concentration C' = 10^{-2} mol.L^{-1} et de pH = 2,9.

4.1. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans cette solution.

4.2. Calculer la concentration molaire volumique de chaque espèce.

4.3. Déterminer le pKa du couple acide/base HCO_2H/HCO_2^-.

EXERCICE 24

Afin d'identifier un acide carboxylique A, on le dose par une solution aqueuse B d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire C_B = 0,1 mol/L. On prépare 1 L de solution de A en introduisant une masse m_A = 4,6 g dans une fiole jaugée. On prélève dans un bécher un volume V_A = 30 mL de solution A que l'on dose par la solution de soude B. Les variations du pH en fonction du volume V_B de soude versée sont données dans le tableau ci-dessous.

V_B(mL)	0	5	10	15	20	24	28	30	32	34	36	40
pH	2,4	3,4	3,6	3,7	3,9	4,3	5	5,5	10,9	11,4	11,5	11,6

1- Tracer la courbe pH f(Va)

Echelles: 1 cm 5 mL en abscisse
1 cm 1 unité de pH en ordonnée

2- Déterminer graphiquement le point d'équivalence E et donner ses coordonnées.

3-

3.1. Déterminer la valeur de la concentration C_A de la solution A d'acide.

3.2.

3.2.1. La formule générale brute de l'acide carboxylique A en fonction du nombre n d'atomes de carbone est $C_nH_{2n}O_2$.
Déterminer la masse molaire et la formule brute de l'acide carboxylique.

3.2.2. Donner la formule semi-développée et le nom de l'acide.

3.3. Déterminer graphiquement le pKa du couple acide carboxylique/ion carboxylate considéré.
4. On considère le mélange pour lequel V_B = 15 mL et pH = 3,7.
4.1. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans le mélange et calculer leurs concentrations.
4.2. En déduire le pKa du couple acide carboxylique/ion carboxylate.
4.3. Donner:
4.3.1. La nature du mélange.
4.3.2. Les propriétés du mélange.
Données : C:12 g/mol H : 1g/mol O : 16g/mol

EXERCICE 25

Dans cet exercice, toutes les solutions sont prises à 25°C.
Dans le laboratoire de chimie du lycée, votre professeur constate qu'une bouteille contenant une solution aqueuse d'une base B, a perdu son étiquette. Afin de ranger la bouteille dans le bon casier, le professeur vous demande de déterminer le nom et la concentration de cette base. Pour cela, il réalise un dosage pH-métrique d'un volume V_b = 10 mL de la solution précédente, par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique Ca = 10.1 mol/L. Les résultats obtenus lors du dosage figurent dans le tableau:

V_a(mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	11,9	11,5	11,2	11,0	10,9	10,8	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9

V_a(mL)	11	11,5	12	12,5	13	14	15	18	20
pH	9,5	9,2	5,9	2,7	2,3	2,1	1,9	1,6	1,5

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre la base et l'acide chlorhydrique (le candidat notera l'acide conjugué de la base B : BH^+).
2. Tracer, sur le papier millimétré, la courbe pH = f(V_a).
Echelles: 1 cm pour 2 mL et 1 cm pour 1 unité de pH.
3. Déterminer graphiquement le point d'équivalence E (V_{aE} ; pH_E).
4. En déduire que B est une base faible en justifiant votre réponse.
5. Calculer la concentration molaire volumique C_b de la solution aqueuse basique.
6.
6.1. Déterminer graphiquement le pKa du couple acide-base BH^+/H.
6.2. En déduire le Ka.

6.3. Identifier la base B en utilisant le tableau suivant:

Base	Diméthylamine	Ethylamine	Méthylamine
Ka	10^{-11}	$1,6.10^{-11}$	2.10^{-11}

6.4. Quelles indications doit-on porter sur l'étiquette de la solution de base B?
6.5. Donner le nom et la formule de l'acide conjugué de la base B.
6.6. Pour Va = 5 mL d'acide versé
6.6.1. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans le mélange;
6.6.2. Calculer les concentrations molaires volumiques de ces espèces chimiques et retrouver la valeur du pKa déterminé graphiquement.

EXERCICE 26

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, un professeur de Physique-Chimie demande à un groupe d'élève de déterminer:
— La concentration molaire volumique Ca d'une solution aqueuse d'éthylamine;
— Le pKa du couple acide/base, $C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$, par deux méthodes différentes.

1. Détermination expérimentale de la concentration molaire volumique C_B et du pKa

Dans un bêcher, le groupe introduit un volume V_B = 30 cm³ d'une solution aqueuse d'éthylamine de concentration molaire C_B inconnue dans laquelle il verse progressivement une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration C_A= 0,10 mol.L⁻¹ contenue dans une burette.
Les résultats du dosage pH-métrique obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

V_A(cm³)	0	5	9	15	16	17	18	19	20	21	25	30
pH	11,8	11,2	10,8	10,1	9,9	9,5	6,1	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7

1.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de dosage.
1.2. Tracer la courbe de variation du pH en fonction du volume V_A d'acide versé (pH = f(VA)).
Echelles: 1 cm pour 2 cm³ et 1 cm pour 1 unité de pH.
1.3. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
1.4.En déduire la concentration molaire C_B de la base.
1.5. Déterminer graphiquement les coordonnées du point de demi-équivalence F.
1.6. Donner le nom de la solution obtenue en ce point et préciser ses propriétés.
1.7. En déduire le pKa du couple acide/base $C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$.

2. Détermination théorique du pKa

La solution initiale d'éthylamine ($C_2H_5NH_2$) de concentration molaire volumique $C_B = 6.10^{-2}$ moL.L^{-1} a pour pH = 11,8.

2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'éthylamine avec l'eau.

2.2. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution.

2.3. Calculer la concentration molaire volumique de chacune des espèces.

2.4. En déduire le pKa du couple acide/base.

3. Comparaison des deux valeurs de pKa

3.1 .Comparer la valeur expérimentale du pKa et la valeur théorique calculée.

3.2. Conclure

EXERCICE 27

Toutes les solutions sont à 25°C et le produit ionique de l'eau est Ke = 10^{-14}.

Un groupe d'élèves de Terminale D désire préparer puis doser une solution décide éthanoïque.

1. **<u>Préparation de la solution d'acide éthanoïque</u>**

Le groupe d'élèves dispose d'une solution mère (S_1) d'acide éthanoïque de concentration C_1 = 0,1 mol/L et d'eau distillée.

À partir de la solution mère, le groupe souhaite préparer un volume V_2 = 100 mL d'une solution (S_2) de cet acide de concentration $C_2 = 10^{-2}$ mol/L. Pour cela il dispose :

- de deux pipettes (10 mL et 5 mL) ;
- d'une fiole jaugée de 100 mL ;
- d'un bécher ;

d'une pissette contenant de l'eau distillée.

1.1. Vérifier que le volume de (S_1) à prélever est V_0 = 10 mL.

1.2. Décrire le mode opératoire de la préparation de la solution (S_2).

1.3. Le pH de la solution (S_2) est pH = 3,4.

1.3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau.

1.3.2. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans cette solution.

1.3.3. Déterminer la concentration molaire volumique de chaque espèce chimique.

1.3.4. Calculer la constante d'acidité K_A du couple acide éthanoïque / ion éthanoate.

1.3.5. Vérifier que le pKA du couple est égal à 4,8.

2. **<u>Dosage de la solution (S_2) d'acide éthanoïque</u>**

Le groupe dose un volume V_A = 20 mL de solution (S_2) par une solution B

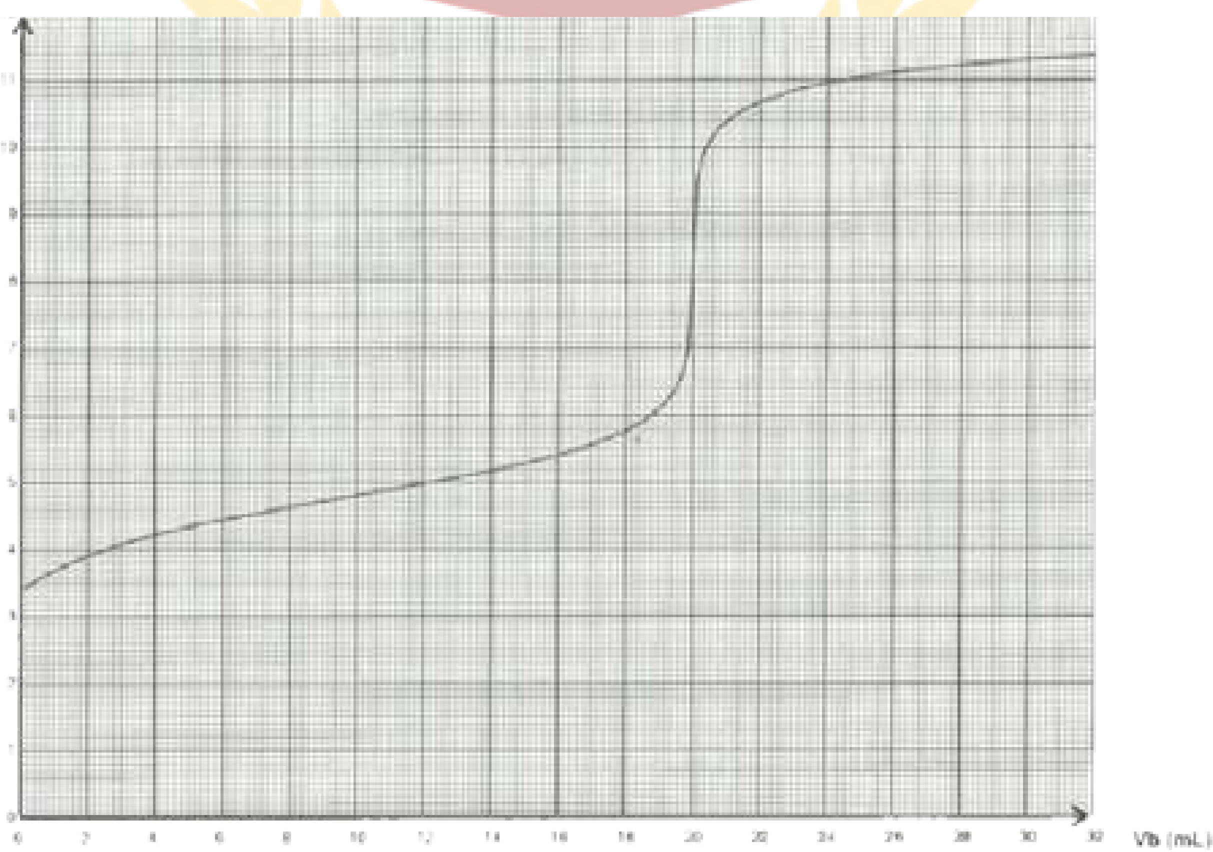
d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 10^{-2}$ mol/L.
Le pH du mélange est mesuré au fur et à mesure que l'on verse la solution de soude.
Le graphe pH = f(V_B) est donné sur ***la feuille annexe***.

2.1. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
2.2. Retrouver la valeur de C_2.
2.3. Donner la nature (acide ou basique) du mélange obtenu à l'équivalence. Justifier la réponse.
2.4. Retrouver graphiquement la valeur du pKA.
2.5. Choisir parmi les indicateurs colorés ci-dessous celui qui convient à ce dosage.
Justifier la réponse.

Indicateurs colorés	Hélianthine	Bleu de bromothymol (BBT)	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 – 4,4	6,0 – 7,6	8,2 – 10

Feuille annexe à rendre avec la copie

échelle : abscisse :1 cm pour 2 mL
ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH.



EXERCICE 28

Un groupe d'élèves en classe de terminale scientifique dispose d'une solution aqueuse S_a d'un acide AH. AH est un acide faible dont la base conjuguée est notée $\boldsymbol{A}^-$.

Le groupe se propose d'identifier l'acide AH et de déterminer le pKa du couple AH/$\boldsymbol{A}^-$ auquel il appartient.

1. **Préparation de la solution S_b d'hydroxyde de potassium**

Le groupe prépare une solution S_b d'hydroxyde de potassium, en dissolvant une masse m_1 = 56 mg d'hydroxyde de potassium (KOH) solide dans un volume V_1 = 100 mL d'eau pure à 25°C.

1.1. Vérifier que la concentration molaire C_b de la solution S_b vaut 10^{-2} mol.L^{-1}.

1.2. Le pH de la solution S_b vaut 12.

Montrer que l'hydroxyde de potassium est une base forte.

2. **Dosage de la solution d'acide AH**

Le groupe prélève un volume V_a = 20 mL de la solution S_a qu'il dose avec la solution S_b d'hydroxyde de potassium préparée ci-dessus. La courbe de variation du pH des différents mélanges effectués est donnée sur papier millimétré en annexe.

2.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction acido-basique qui a eu lieu entre l'acide faible AH et la base forte (KOH).

2.2. Déterminer graphiquement les coordonnées du point E à l'équivalence.

2.3. Calculer la concentration molaire volumique C_a de la solution S_a.

2.4. Déterminer à partir de la courbe pH = f (V_b), la valeur du pKa du couple AH/$\boldsymbol{A}^-$.

3. Identification de l'acide AH

La solution S_a de concentration C = 10^{-2} mol.L^{-1} a été préparée en dissolvant une masse m = 0,6 g de l'acide AH dans un volume V = 1 L d'eau pure. L'acide AH est un acide carboxylique de formule générale $C_nH_{2n}O_2$.

3.1. Déterminer la formule brute de l'acide AH.

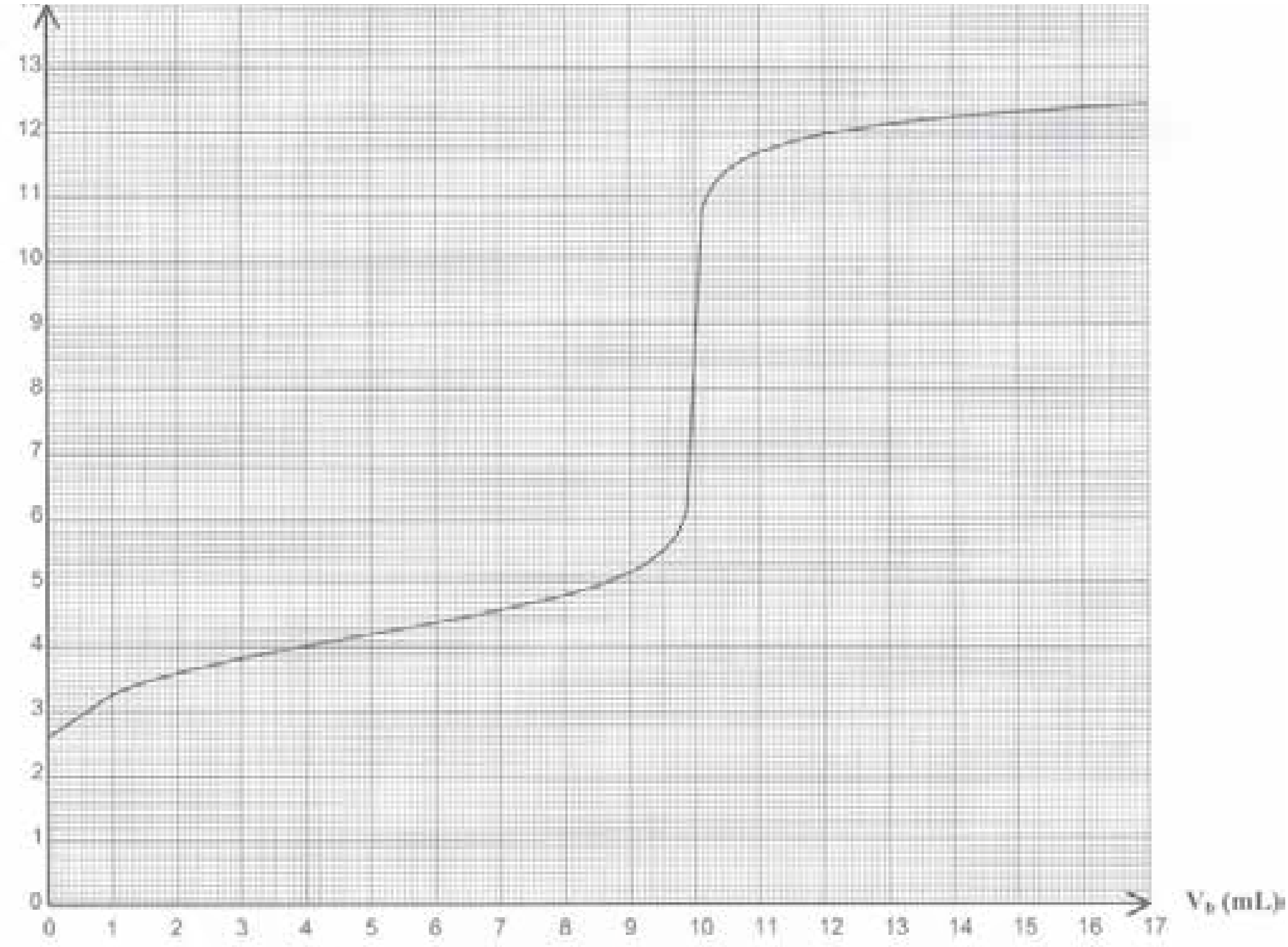
3.2. Donner la formule semi-développée et le nom de l'acide AH.

3.3. Préciser le couple acide-base correspondant.

On donne en g.mol^{-1} : C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; K = 39.

Echelle: abscisse : 1 cm pour 2 mL

ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH



EXERCICE 29

Lors d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves doit déterminer le pKa du couple CH_3COOH/CH_3COO^-. Pour ce faire, le groupe prélève un volume V_A = 10 mL de cet acide qu'il dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 10^{-2}$ mol/L. Il mesure le pH de la solution en fonction du volume V_B de la solution d'hydroxyde de sodium versée.

1. La courbe pH = f(V_B) donne les points caractéristiques suivants :

Demi-équivalence E' $\begin{cases} V_{E'} = 5\ mL \\ pH_{E'} = 4{,}8 \end{cases}$

Équivalence E $\begin{cases} V_E = 10\ mL \\ pH_E = 8{,}6 \end{cases}$

1.1. Donner l'allure de la courbe pH = f(V_B) en indiquant les points caractéristiques E' et E.

On donne : pour $V_B = 0$, pH = 3,4.

1.2. Montrer que l'acide éthanoïque est un acide faible.

1.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction du dosage.

1.4. Calculer la concentration molaire C_A de la solution AH.

1.5. Nommer le mélange obtenu à la demi-équivalence et donner ses caractéristiques.

1.6. Donner le pKA du couple acide-base considéré.

2. On dispose de trois indicateurs colorés.

	Zone de virage
Hélianthine	3,1 - 4,4
Bleu de bromothymol	6 - 7,6
Phénolphtaléine	8,2 - 10

Pour le dosage, le groupe a utilisé la phénolphtaléine. Justifier ce choix.

3. Par ailleurs à partir de la solution initiale d'acide éthanoïque de pH = 3,4 et de concentration molaire volumique $C_A = 10^{-2}$ mol.L^{-1}, le groupe désire retrouver la valeur du pKA.

3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique entre l'acide éthanoïque et l'eau.

3.2. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution.

3.3. Calculer la concentration molaire volumique de chacune des espèces chimiques.

3.4. Retrouver la valeur du pK_A.

EXERCICE 30

Votre professeur de physique-chimie veut vous faire déterminer, le pKa du couple acide éthanoïque / ion éthanoate par deux méthodes.

Il met à votre disposition un volume $V_a = 20\ cm^3$ d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $C_a = 10^{-2} mol/L$ et de $pH = 3,4$.

Toutes les solutions sont prises à 25° C et $K_e = 10^{-14}$.

1. Étude de la solution d'acide éthanoïque

1.1. Montrer que l'acide éthanoïque est un acide faible.

1.2. Écrire l'équation-bilan de l'ionisation de l'acide éthanoïque dans l'eau.

1.3. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution.

1.4. Déterminer :

1.4.1. les concentrations molaires volumiques de ces espèces chimiques ;

1.4.2. la valeur du pKa du couple acide éthanoïque / ion éthanoate.

2. Étude de la réaction entre la solution d'acide éthanoïque et la solution d'hydroxyde de sodium

Les élèves versent progressivement, dans un volume $V_a = 20\ cm^3$ de la solution d'acide éthanoïque précédente, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_b.

Les variations du pH du mélange en fonction du volume V_b d'hydroxyde de sodium versé sont consignées dans le tableau suivant :

$V_b(cm^3)$	0	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28
pH	3.4	3,6	4	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,6	6,1	10,9	11,2	11,3	11,5

2.1. Faire le schéma annoté du dispositif expérimental.

2.2. Tracer la courbe donnant l'évolution du pH en fonction du volume de base V_b versé : $pH = f(V_b)$.

Échelles : 1 cm pour 1 unité de pH

1 cm pour 2 cm^3

2.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction acido-basique entre l'acide éthanoïque et l'hydroxyde de sodium.

2.4.1. Les coordonnées du point E à l'équivalence ;

2.4.2. La valeur du pKa du couple acide éthanoïque / ion éthanoate.

EXERCICE 31

Au laboratoire de chimie d'un lycée, la solution tampon destinée à l'étalonnage du pH-mètre est rendue inutilisable par de mauvaises manipulations. Le professeur demande à un groupe d'élèves de préparer une autre solution tampon. Pour cela, il met à leur disposition trois flacons contenant, l'un une solution de base forte, l'autre une solution de base faible et le dernier une solution d'acide chlorhydrique. Malheureusement, les solutions de bases ont perdu leurs étiquettes. À l'aide de la solution d'acide chlorhydrique de concentration Ca = 0,01 mol/L, le groupe a effectué le dosage pH-métrique de 10 mL de chacune des deux solutions de bases et a tracé les courbes de variation du pH en fonction du volume d'acide versé (voir feuille annexe).

<u>1. Identification des courbes de dosages</u>

1.1. Donne les différentes parties de chaque courbe.

1.2. Identifie à partir de ces différentes parties, la courbe correspondant au dosage de la base faible.

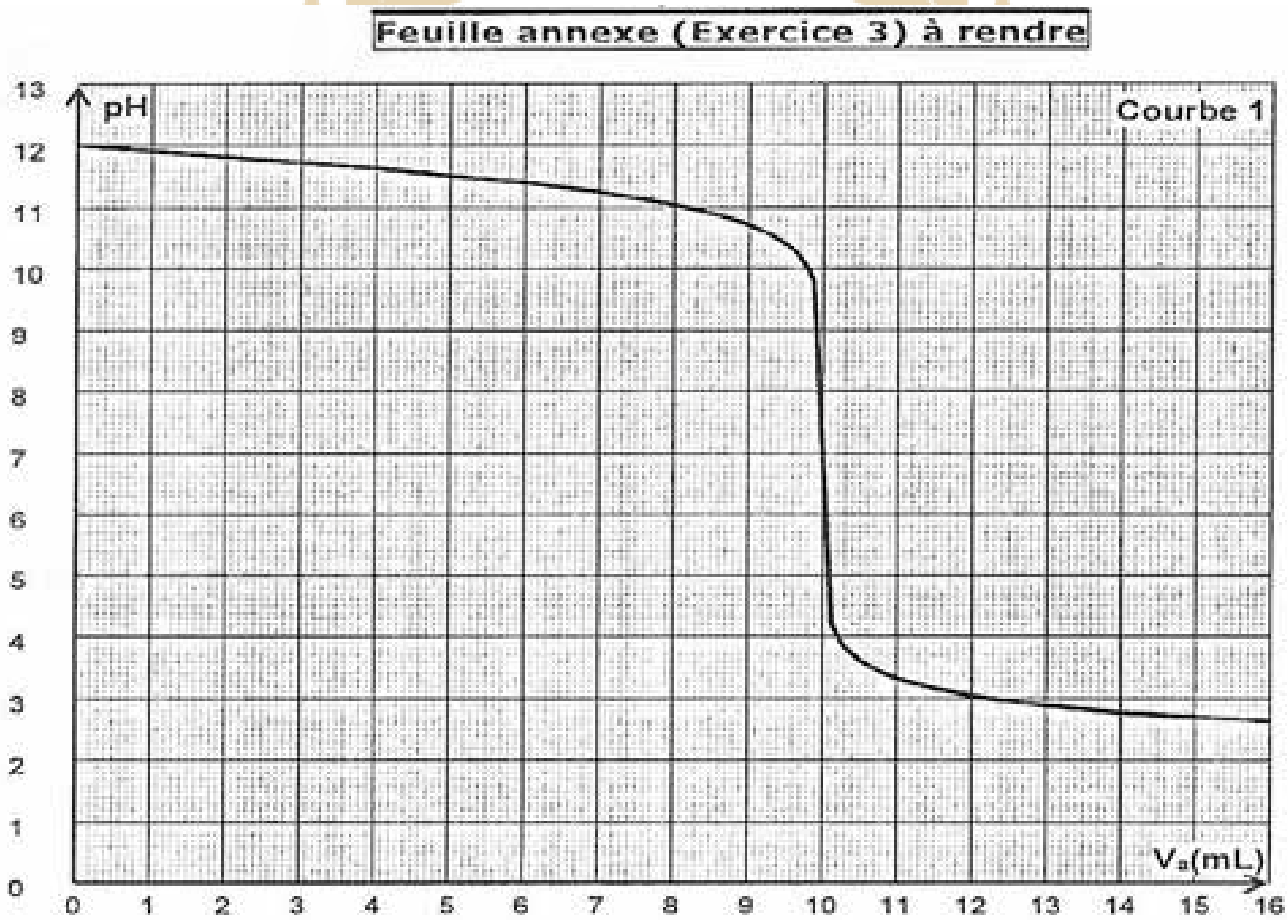
<u>2. Identification de la base faible</u>

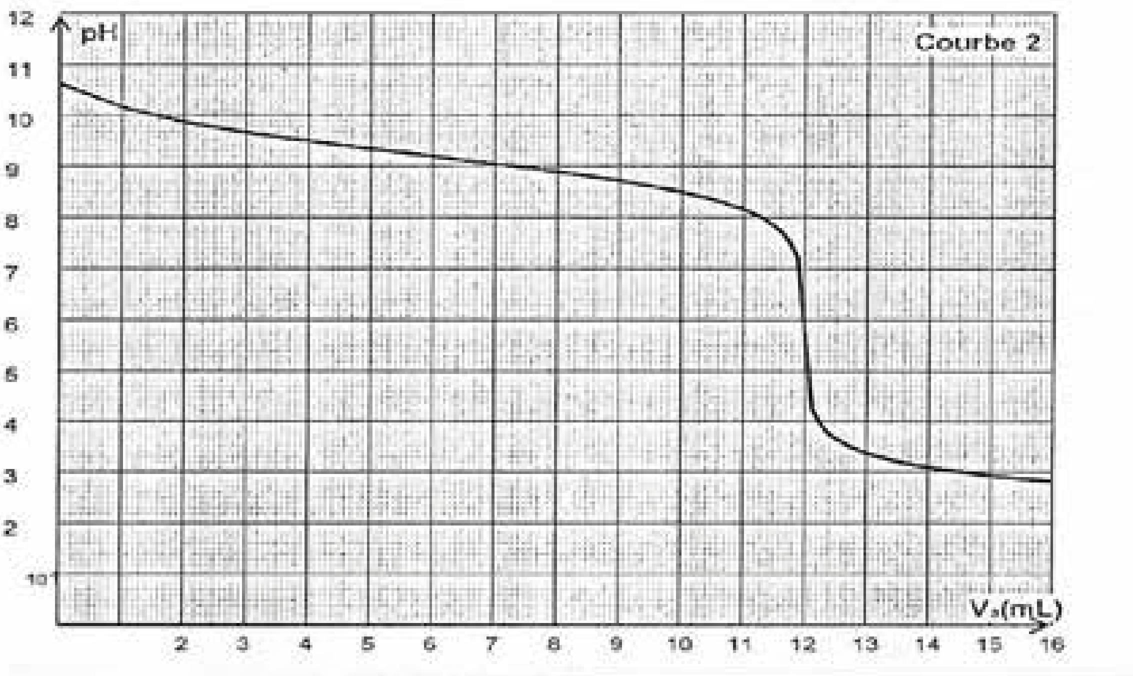
2.1. Détermine à partir de la courbe 2 de la feuille annexe :

2.1.1. Les coordonnées du point d'équivalence E
2.1.2. Le pKa du couple acide/base correspondant
2.1.3. La concentration molaire volumique Cb de la base faible.
2. 2. Identifie la base faible correspondante en utilisant le tableau ci-dessous :

Base	Diméthylamine	Ethylamine	Méthylamine	Amoniaque
pKa	11	10,8	10,7	9,2

3. Préparation de la solution tampon
3.1. Donne les propriétés d'une solution tampon.
3.2. Détermine les volumes Va de l'acide chlorhydrique et Vb de la base faible pour obtenir 96 mL de solution tampon.





EXERCICE 32

On veut préparer une solution tampon à partir d'une solution commerciale d'acide éthanoïque (CH_3CO_2H) et d'une solution d'éthanoate de sodium (CH_3O_2Na).

1. On dispose d'une bouteille commerciale d'acide éthanoïque sur laquelle on lit les indications suivantes

- Masse molaire 60 g/mol
- Masse volumique: $\rho = 1050$ kg/m^3
- Pureté = 99%.

1.1. Déterminer le volume V_0, de la solution commercial qu'il faut prélever pour préparer un volume Va = 1 L de solution d'acide éthanoïque de concentration Ca = 0,1 mol/L.

1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.

2. On dispose également d'un flacon d'éthanoate de sodium en poudre portant l'indication suivante: Masse molaire : 82 g/mol

2.1 Déterminer la masse mb d'éthanoate de sodium qu'il faut peser pour préparer un volume Vb = 500 mL de solution d'éthanoate de sodium de concentration Cb = 0,3 mol/L.

2.2 Écrire l'équation de la dissolution de l'éthanoate de sodium dans l'eau.

2.3 Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'ion éthanoate et l'eau.

3. Préparation de la solution tampon.

3.1 Donner les propriétés d'une solution tampon.

3.2 Donner l'expression de la constante d'acidité Ka du couple acide éthanoïque

/ ion éthanoate et en déduire la relation entre pH et pKa.
3.3. A quelle condition pH = pKa?
3.4 On veut préparer un volume V = 100 mL d'une solution tampon à partir des solutions d'acide méthanoïque et d'éthanoate de sodium précédentes.
Déterminer les volumes d'acice éthanoïque et d'éthanoate de sodium A utiliser.
4. Détermination expérimentale du pKa couple acide éthanoïque / ion éthanoate.
On introduit dans un bêcher Vb = 20 mL de la solution aqueuse d'acide éthanoïque. On verse progressivement dans le bêcher une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire Cb = 0,1 mol/L. On relève au fur et à mesure la valeur du pH et on obtient le tableau ci-dessous

Vb (mL)	0	2	4	6	8	12	14	16	18	19	19,4	19,8	20	20,4
pH	2,9	3,8	4,3	4,5	4,6	4,8	5	5,3	5,7	6	6,4	6,8	8,8	10,5

Vb (mL)	21	22	24	26	30
pH	11	11,3	11,6	11,8	12

4.1. Tracer la courbe pH = f(Vb)
Echelle: 1 cm pour 1 unité de pH et 1 cm pour 2 mL.
4.2. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
4.3. Retrouver la valeur de la concentration molaire Ca de la solution d'acide éthanoïque.
4.4. Déduire de la courbe la valeur du pKa du couple CH_3CO_2H / $CH_3CO_2^-$

EXERCICE 33

On dispose d'un bêcher 30 cm³ d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH. On neutralise progressivement cette solution par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration 10^{-1} mol.l^{-1}.
On obtient le tableau suivant:

V_B (cm³)	0	5	10	15	20	24	28	30	32	34	36	40
pH	2,4	2,9	3,4	3,7	4,0	4,4	5,0	5,5	10,9	11,4	11,5	11,7

1. Tracer sur papier millimétré, la courbe pH = f(V_B).
Echelle: 1 cm pour 2 cm³ et 1 cm pour 1 unité de pH.
2. Justifier la force de l'acide méthanoïque à partir du graphe.
Ecrire l'équation-bilan du dosage.
3. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence E. En déduire la concentration molaire initiale de la solution d'acide méthanoïque.
4. Déduire de la courbe le pKa du couple acide méthanoïque / ion méthanoate.
5. A partir du calcul des concentration des espèces présentes dans la solution

d'acide pour $V_B = 10\ cm^3$ déterminer:
5.1. Le coefficient de dissociation. Conclure.
5.2. La valeur du pKa du couple acide méthanoïque / ion méthanoate. La comparer à celle de la question 4.
6. On donne la valeur du pKa du couple $NH_4^+ / NH_3 = 9,2$
Comparer la force de l'ammoniac à celle de l'ion méthanoate.
7. On veut préparer une solution tampon de pH = pKa à partir d'une solution d'acide méthanoate de concentration $C = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.
7.1. **1ère méthode**: On ajoute de la soude caustique à l'état solide. Calculer la masse de soude caustique à ajouter à 1L de cette solution acide.
7.2. **2ème méthode:** On ajoute du méthanoate de sodium à l'état solide. Calculer la masse de méthanoate de sodium à ajouter à 1L de cette solution acide.
N.B: On suppose dans les deux cas 7.1 et 7.2 que l'addition d'une petite quantité d'un solide ne modifie pas le volume de la solution.
On donne en g.mol-1: C = 12   O = 16   H = 1   Na = 23

EXERCICE 34

On se propose de réaliser un dosage acido-basique pour déterminer la concentration C_B d'une solution aqueuse d'ammoniac. Pour cela, on prépare deux solutions S_1 et S_2.
1- S1 est une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène de concentration molaire $C_A = 0,10\ mol.L^{-1}$.
Elle est obtenue à partir d'une solution S_0 de chlorure d'hydrogène de concentration $C_0 = 1$ mol.L-1.
1.1. Donner le nom de l'opération à effectuer pour préparer la solution S_1 à partir de S_0.
1.2. Déterminer le volume V_0 de la solution S_0 à prélever pour obtenir un volume $V_1 = 100$ mL de la solution.
1.3. Décrire la préparation de la solution S_1
2. S_2 est une solution d'ammoniac. Elle est préparée en faisant dissoudre une masse m d'ammoniac dans de l'eau distillée pour obtenir 1L de solution.
On dose un volume $V_B = 20$ mL de la solution de la solution S_2 par la solution S_1.
Le virage de l'indicateur coloré est obtenu lorsqu'on a versé un volume de 18,5 mL de solution S_1.
2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction du dosage.
2.2. Déterminer la concentration molaire volumique C_B de S_2.
2.3. Calculer la masse m d'ammoniac dissoute.
2.4. Une solution particulière est obtenue au cours du dosage quand on a versé

9,25 mL de solution acide.

2.4.1. Donner le nom de cette solution

2.4.2. Donner la relation liant le pH au pKa pour cette solution.

3. On veut déterminer la valeur du pKa du couple ion ammonium / ammoniac. Pour cela, on étudie la solution S_2 de concentration Ca = $9{,}25.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et pH = 11,1 à 25°C.

3.1. Ecrire l'équation-bilan de la mise en solution de l'ammoniac dans l'eau.

3.2. Recenser les espèces chimiques présentes dans la solution S_2.

3.3. Calculer:

3.3.1 Les concentrations molaires volumiques de ces espèces.

3.3.2 Le pKa du couple ammonium/ammoniac.

Données: masses molaires atomiques en $g.mol.L^{-1}$ C:12 O:16 H:1 N:14

EXERCICE 35

Les expériences sont réalisées à 25°c. On donne en g/mol ; M(N) = 14 ; M(C) = 12 ; M(H) = 1

l- Détermination de la formule brute d'une amine

Une amine saturée de formule brute CxHyN contient en masse 23,73% d'azote et 61,01%de carbone.

1.1.Déterminer sa masse molaire moléculaire M puis en déduire sa formule brute.

1.2. Ecrire et nommer toutes les formules semi-développées possibles de cette amine.

1.3. Préciser le caractère particulier de cette amine et écrire l'équation de sa réaction avec l'eau,

2. Etude du dosage de la solution de N,N-diméthylmethylamine $(CH_3)_3N$ par une solution d'acide chlorhydrique.

A un volume V_B = 20mL d'une solution aqueuse de N,N-diméthylmethylamine de concentration molaire inconnue C_B, on ajoute progressivement une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_A = 0,1 mol/L.

Pour chaque volume V_A d'acide ajouté, on mesure le pH et on obtient les résultats consignés dans le tableau ci-dessous:

V_A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	11	10,8	10,5	10,3	10,1	9,9	9,8	9,7	9,5	9,3

V_A	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	22
pH	9,1	8,8	5,6	2,5	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6

2. 1. Faire le schéma du dispositif expérimental.
2.2. Ecrire l'équaton bilan de la réaction acido-basiquc qui a lieu lors du dosage, .
2.3. Tracer la courbe pH = $f(V_A)$ sur une feuille de papier millimétré.
Echelle: 1 cm ⟶ mL et 1 cm ⟶ 1 unité de pH.
2.4. Déterminer:
2.4.a. Les coordonnées du point d'équivalence E par la méthode des tangentes parallèles.
2.4.b. Le pKa_A du couple A/B étudié
2.4.c. La valeur de sa constante d'acidité Ka
2.5. Calculer la concentration molaire C_B de la solution dosée.
2.6. Donner le nom et les propriétés du mélange au cours du dosage pour pH = pKa
3. Vérification du pKa par le calcul, pour V_A = 4 mL ;
3.1. Recenser les espèces chimiques présentes dans le mélange.
3.2. Calculer leur concentration molaire volumique
3.3. Déterminer le pKa du couple A/B étudié, le comparer à celui trouvé à la question 2.4.b).

EXERCICE 36

On dose 10 mL d'une solution d'acide carboxylique R-COOH de concentration molaire Ca par une solution B d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique Cb = 0,1 mol/L. On note au fur et à mesure, en fonction du volume Vb de la solution B versé, le pH de la solution obtenue. On obtient les valeurs suivantes:

1. Représenter la courbe donnant les variations du pH en fonction de Vb.
Echelle: en abscisse 1 cm ⟶ 1 mL
en ordonnée 1 cm ⟶ 1 unité de pH

2. Déterminer avec une bonne précision, les coordonnées du point d'équivalence E.
3. L'allure de la courbe indique-t-elle la présence d'un acide fort ou d'un acide faible? Justifier la réponse.
4. Déterminer graphiquement le pKa du couple présent sans le mélange. Justifier sur le graphe.
5. On donne:

$HCOOH/HCOO^-$: Ka = $1{,}6.10^{-4}$
$CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH/CH_3\text{-}CH_2\text{-}COO^-$: Ka = $1{,}410^{-5}$
$CH_3\text{-}COOH/CH_3\text{-}COO^-$: Ka = $1{,}8.10^{-5}$
$C_6H_5\text{-}COOH/C_6H_5\text{-}COO$-: Ka = $6{,}3.10^{-5}$

Identifier l'acide dosé

6. Calculer la concentration Ca de la solution d'acide.

7. Parmi les indicateurs colorés ci-dessous, choisir le plus approprié à ce dosage. Justifier le choix.

	Zone de virage
Phénolphtaléine	8,0 - 9,9
Rouge de méthyle	4,2 - 6,2
Hélianchine	3,1 - 4,4

EXERCICE 37

L'un des constituants du lait peut se transformer en acide sous l'effet de facteurs naturels. Lorsque la concentration massique d'acide devient supérieure à 5 $g.L^{-1}$, on dit que le lait est caillé. Il se divise alors en fraction solide (la caséine) et en fraction liquide (le sérum) dans laquelle se concentre l'acide.

Le dosage de cet acide permet de contrôler la qualité (caillé ou non) du lait .

Afin de vérifier la qualité d'un lait, on prélève 40 mL de ce lait que l'on dose par une solution d'hydroxyde de potassium de concentration molaire volumique $Cb = 5.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$.

Les variations du en fonction du volume de base versé sont consignés dans le tableau ci-dessous. On notera AH l'acide dosé.

Vb(mL)	0	2	4	6	8	10	11	11,5	12	12,5	13	14	16
pH	2,6	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,9	8	10,7	11	11,3	11,5

1.Faire le schéma du dispositif de dosage.

2.Ecrire l'équation-bilan de la réaction de dosage.

3.Courbe de dosage :

3.1. Tracer la courbe $pH = f(V_b)$ Echelle: 1 mL $\leftrightarrow$ 1cm ; 1 unité de pH $\leftrightarrow$ 1cm

3.2. Justifier à partir de la courbe que l'acide AH est faible.

3.3. Déterminer graphiquement les coordonnées :

3.3.1. Du point d'équivalence E ;

3.3.2. Du point de demi-équivalence E'

3.4. Identifier la formule semi-développée de l'acide AH.

3.5. Déterminer la concentration molaire volumique Ca de l'acide.

4.On se propose de vérifier la qualité du lait.

4.1. Calculer la concentration massique Cm de AH.

4.2. En déduire la qualité du lait.

Données : $pka(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,7$

$pKa(CH_3CHOHCOOH/CH_3CHOHCOO^-) = 3,9$

$pKa(C_6H_5CHOHCOOH/CH_3CHOHCOO^-) = 4,2$

Masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$: C :12 ; O :16 ; H :1

EXERCICE 38

La monoéthylamine ($C_2H_5NH_2$) est une base faible dans l'eau.

1. On considère une solution aqueuse de monoéthylamine de concentration volumique x (mol/L). Son pH est 11,4.

1.1. Ecrire l'équation de la réaction de la monoethylamine avec l'eau.

1.2. Calculer la concentration molaire volumique des diverses espèces chimiques présentes dans la solution, sachant que le pka du couple $C_2H_5NH_3^+ /C_2H_5NH_2$ vaut 10,8, à la température de l'expérience. Le produit ionique de l'eau vaut 10^{-14}

1.3. Calculer x.

2.On place v= 50 cm^3 de la solution de monoéthylamine précédente dans un bécher et l'on verse, à l'aide d'une burette, d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C= 0,020 mol/dm^3.Après chacune addition d'acide, on mesure le pH de la solution contenue dans le bécher. On obtient les valeurs contenues dans le tableau ci-dessous :

V(cm^3)	0	4	8	12	16	20	24	26	27	28	29
pH	11,40	11,20	11,05	10,90	10,75	10,55	10,30	10,15	10,05	9,95	9,85

V(cm^3)	30	31	32	32,2	32,5	32,7	33	34	35	36	38	40	44
pH	9,65	9,45	8,95	8,75	6,45	4,30	3,90	3,45	3,20	3,10	2,90	2,80	2,60

3. Tracer la courbe pH = f(V) avec les échelles suivantes :

Abscisses : 1cm pour 2 cm^3

Ordonnées : 1 cm pour 1 unité de pH

3.1. Déterminer graphiquement le point d'équivalence E.

3.2. Donner ses coordonnées.

4.1. Déduire du dosage, la concentration x de la solution de monoéthylamine. Comparer avec le résultat de la question

4.2. Préciser le résultat qui inspire le plus de confiance.

5.On dispose de trois indicateurs colorés dont on donne la zone de virage :

-Hélianthine : (3,2 - 4,4) ; Bleu de bromothymol :(6,0 - 7,5) ;

Phénophataléine : (8,2 - 10,0)

Préciser ceux qui pourraient être utilisés pour le dosage précédent. Donner, en utilisant la courbe, le sens de l'erreur systématique causée par l'emploi de chacun d'eux.

EXERCICE 39

On introduit 8,4 g d'un acide carboxylique ($C_nH_{2n}O_2$) dans de l'eau pour obtenir un litre de solution. On dispose dans un bêcher un volume V_1 = 50 mL de cette solution, additionnée de quelques gouttes d'un indicateur coloré. On neutralise progressivement la solution acide par une solution aqueuse décimolaire d'hydroxyde de sodium. Le tableau ci-dessous donne le pH de la solution en fonction du volume V en mL de soude versé.

pH	2,8	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,8	6,2	6,4	8,7
V_B (mL)	0	5	10	20	30	50	60	65	68	69	70

pH	10,9	11,2	11,6	11,9	12,1
V_B (mL)	71	72	75	80	90

1. Représenter graphiquement la courbe pH = f(V_B)
Echelle: Abscisse: 2 cm pour un volume de 10 mL
Ordonnée: 1cm pour une unité de pH
2. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence E.
3. Donner l'indicateur coloré que l'on peut utiliser pour ce dosage.
4. Déduire de la courbe
4.1. La concentration initiale de l'acide
4.2. Le pKa de l'acide carboxylique considéré.
5. Pour V_B = 28 mL, calculer les moralités des différentes espaces chimiques présentes dans le bêcher.
6.
6.1. Déterminer le volume de soude à ajouter au mélange précédent pour avoir une solution de pH = 4,8
6.2. Donner le nom et les propriétés de cette solution.
6.3. Citer deux applications de ce type de solutions.
7. Déterminer la formule chimique et le nom de l'acide.

EXERCICE 40

Partie A

1. Qu'est-ce que l'équivalence acido-basique ?
2. On dispose d'une solution S_0 acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire C_0 = 0,1 mol.L^{-1} et un pH = 2,4.
2.1. Déterminer la concentration de la solution en ion H_3O^+.
En déduire la force de l'acide méthanoïque.

2.2. Calculer la valeur du pKA du couple ($HCOOH/HCOO^-$).
2.3. On mélange 10 cm^3 de la solution S_0 précédente avec un volume V d'une solution de méthanoate de sodium de concentration $C_B = 0{,}1$ $mol.L^{-1}$. Le pH du mélange obtenu est égal au pKA précédent.
2.3.1. Déterminer, sans calculer, la valeur du volume V
2.3.2. Comment appelle-t-on une telle solution ?
Donner une propriété importante de cette solution.
2.4. On ajoute progressivement une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration C'B = 0,25 $mol.L^{-1}$ à 20 mL de S_0 d'acide méthanoïque précédente.
2.4.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit.
2.4.2. Quel est le volume de la solution d'hydroxyde de sodium à l'équivalence.

Partie B
On dispose de cinq flacons contenant des solutions aqueuses différentes, mais de même concentration $C = 10^{-2}$ $mol.L^{-1}$:
- l'acide éthanoïque
- l'acide chlorhydrique
- le chlorure de potassium
- l'hydroxyde de potassium
- l'ammoniaque.

Les étiquettes A, B, C, D et E de ces flacons ont été mélangées lors d'un rangement. Les pH sont mesurés à 25° C.
1. **<u>Identification des solutions</u>**
Le pH de la solution de B est égal à 12. Le dosage de B par C donne un pH égal à 7 à l'équivalence.
1.1. Identifier B et C.
1.2. Au cours du dosage de D par B, le pH à l'équivalence est égal à 8,2. Identifier D.
1.3. Le pH de la solution A est égal à 7. Identifier A.
1.4. Déduire des questions précédentes, la nature de la solution E.
2. **<u>Détermination du pKa du couple ion ammonium/ammoniac</u>**
On désire déterminer le pKa du couple ammonium/ammoniac. Le pH de la solution d'ammoniaque est 10,6.
2.1. Ecrire équation-bilan de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.
2.2. Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution.
2.3. Calculer le pKa du couple ammonium/ammoniac.
3. **<u>Préparation de solution tampon</u>**
On veut préparer une solution tampon à partir de la solution d'ammoniac et de l'acide chlorhydrique.

3.1. Calculer le volume V_A d'acide chlorhydrique à ajouter à $V_B = 25\ cm^3$ de la solution d'ammoniac
pour obtenir la solution tampon.
3.2. Citer les propriétés du mélange obtenu.

EXERCICE 41

Dans le laboratoire de chimie d'un lycée, un professeur découvre un flacon sans étiquette contenant un composé organique liquide. On désigne par A le composé organique contenu dans le flacon. Le professeur décide d'identifier le composé A afin de l'utiliser éventuellement avec ses élèves en travaux pratiques. Pour cela, il réalise une série d'expériences.

Expérience 1 : Le professeur réalise l'hydrolyse du composé A. Il obtient deux composés B et C qu'il sépare par une technique appropriée.

Expérience 2 : Il verse quelques gouttes d'une solution aqueuse de B sur du papier ,celui-ci vire au rouge.

Expérience 3 : Il prélève 1,85 g du composé C qu'il fait réagir avec un excès de sodium. A la fin de la réaction. Il a recueilli un volume V = 0,28 L de dihydrogène. Il verse quelques gouttes de la solution obtenue dans de l'eau contenant de la phénolphtaléine. L'indicateur coloré vire au rose.

Expérience 4 : Il réalise enfin l'oxydation ménagée du composé C par une solution de dichromate de potassium ($Cr_2O_7^{2-}$; $2K^+$) acidifiée. Il obtient un composé D. Le composé D donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitro-phénylhydrazine (DNPH) et est sans action sur la liqueur de Fehling.

1. Déterminer la nature des composés A,B,C et D.
2. Le composé A contient en masse 27,58 % d'oxygène. Déterminer :
2.1. La masse molaire M_A du composé A.
2.2.la formule brute du composé A.
3
3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu dans l'expérience n°3 en utilisant la formule générale de C.
3.2. Montrer que le composé C a pour brute $C_4H_{10}O$.
4.
4.1. Ecrire la formule semi-développée des composés A, B, C, D et les nommer.
4.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse du composé A.
Donner les caractéristiques de cette réaction.
4.3. Le composé A peut être obtenu par l'action d'un composé E (contenant un atome de chlore) sur le composé C.
4.31. Ecrire la formule semi-développée du composé E.

4.3.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a eu lieu.
4.3.3. Donner le nom de cette réaction.
On donne :(en $g.mol^{-1}$) :M(C)=12 ; M(O)=16 ; M(H)=1 ;
Volume molaire :Vm = 22,4 $L.mol^{-1}$

EXERCICE 42

On veut préparer une solution tampon à partir d'une solution commerciale d'acide éthanoïque (CH_3CO_2H) et d'une solution d'éthanoate de sodium (CH_3CO_2Na).

1. On dispose d'une bouteille commerciale d'acide éthanoïque sur laquelle on lit les indications suivantes
- Masse molaire 60 g/mol
- Masse volumique : ρ = 1050 kg/m3
- Pureté = 99 %

1.1- Déterminer le volume V0 de la solution commerciale qu'il faut prélever pour preparer un volume
Va = 1 L de solution d'acide éthanoïque de concentration Ca = 0,1 mol/L.
1.2- Décrire le mode opératoire de cette opération.
1.3- Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.
1.4. Identifier le couple acido-basique en présence.

2. On dispose également d'un flacon d'éthanoate de sodium en poudre portant l'indication suivante : Masse molaire : 82 g/mol.
2.1- Détermine la masse mb d'éthanoate de sodium qu'il faut peser pour préparer un volume Vb = 500 mL de solution d'éthanoate de sodium de concentration Cb = 0,3 mol/L.
2.2- Ecrire l'équation de la dissolution de l'éthanoate de sodium dans l'eau.
2.3- Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'ion éthanoate et l'eau.

3. Préparation de la solution tampon.
3.1- Définir une solution tampon.
3.2- Donner les propriétés d'une solution tampon.
3.3. Donner l'expression de la constante d'acidité Ka du couple acide éthanoïque / ion éthanoate et en déduire la relation entre pH et pKa.
3.4- A quelle condition pH = pKa ?
3.5- On veut préparer un volume V = 100 mL d'une solution tampon à partir des solutions d'acide éthanoïque et d'éthanoate de sodium précédentes.
Déterminer les volumes d'acide éthanoïque et d'éthanoate de sodium à utiliser.

4. Détermination expérimentale du pKa couple acide éthanoïque / ion éthanoate. On introduit dans un bêcher Va = 20 mL de la solution aqueuse d'acide éthanoïque.

On verse progressivement dans le bêcher une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire Cb = 0,1 mol/L. On relève au fur et à mesure la valeur du pH et on obtient le tableau ci-dessous :

Vb (mL)	0	2	4	6	8	12	14	16	18	19	19,4	19,8	20	20,4	21	22	24	26	30
pH	2,9	3,8	4,3	4,5	4,6	4,8	5	5,3	5,7	6	6,4	6,8	8,8	10,5	11	11,3	11,6	11,8	12

4.1- Faire le dispositif expérimental du dosage.
4.2- Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
4.3- Donner les caractéristiques de la réaction
4.4- 1) Tracer la courbe pH = f(Vb).

Echelle : 1 cm $\longrightarrow$ 1 unité de pH

1 cm $\longrightarrow$ 2 mL

4.4-2) Analyser la courbe.
4.4-3) Donner une interprétation
4.5- Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
4.6- Montrer par deux méthodes que la solution obtenu à l'équivalence est basique.
4.7- Retrouver la valeur de la concentration molaire Ca de la solution d'acide éthanoïque.
4.8- Calculer la concentration des espèces chimiques ainsi que le pKa et le Ka dans les deux cas :
4.8.1) Pour Vb = 12 mL.
4.8.2) Pour Vb = 0 mL (Solution initiale d'acide).
4.9. Détermine graphiquement le pKa du couple mis en évidence.
4.10. On dispose des indicateurs colorés suivants :
- Helianthine (3,2 - 4,4)
- Bleu de bromothymol (6,0 - 7,5)
- Phenolphtaléine (8,2 - 10,6)