

République Islamique de Mauritanie
Honneur - Fraternité - Justice
Ministère de l'Education Nationale
Direction de l'Enseignement Secondaire
Projet d'Autonomisation des Femmes et
Dividende Démographique au Sahel(SWEDD)

الجمهورية الإسلامية الموريتانية
شرف - إخاء - عدل
وزارة التهذيب الوطني
إدارة التعليم الثانوي
مشروع تمكين المرأة والعائد الديموغرافي
في الساحل (م.ت.م.ع.د.س)

Ennevis en Physique-Chimie 7^{ème} D

Réalisé par:

- Nema KHALED , Professeur de Physique -Chimie
- Med ANNE, Professeur Physique -Chimie

Sous la supervision de:

- Mohamed OULD CKEIKH , Inspecteur de Physique -Chimie
- Sid Elemine OULD MOHAMED, Inspecteur de Physique -Chimie

Institut Pedagogique National

AVANT- PROPOS

Le Ministère de l'Education Nationale en collaboration avec le projet SWEDD a le plaisir de mettre à la disposition des filles des classes de 7^{ème}D des Wilayas ciblées par le projet SWEDD un recueil d'Exercices avec rappel de cours de physique-chimie. Ce recueil est conforme aux nouveaux programmes de la réforme de 1999 ;

La méthodologie adoptée pour l'élaboration du recueil est la suivante :

- Rappel de cours
- Exercices corrigés
- Sujets de synthèse

Nous espérons que ce recueil permettra aux filles en classe d'examen dans les wilayas ciblées de bien préparer le Baccalauréat.

Nous remercions le projet SWEDD et en particulier le coordinateur du projet **M^r Med Melanine O Eyih** et l'ensemble du personnel de l'UGP pour leur entière collaboration dans la réalisation de ce recueil.

Nos remerciements vont également à **Madame Ba Fatimata**, membre du comité du pilotage et de **M^r Mohamed O Bréye** point focal du projet de leur étroite collaboration au cours de la réalisation du présent recueil.

Nous remercions également tous les inspecteurs et auteurs qui ont participé à son élaboration.

Issa OULD BEIBATT

Institut Pedagogique National

Remerciements

Afin d'améliorer les conditions socioéconomiques de la femme, la Mauritanie, à l'instar des cinq autres pays du Sahel (Burkina-Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger et Tchad), a entamé en 2013, en collaboration avec la Banque Mondiale et l'UNFPA, le processus de mise en place du projet « *Autonomisation des Femmes et du Dividende Démographique* » (SWEDD) sur la base d'indicateurs démographique, d'éducation et de santé. La Mauritanie a décidé d'orienter l'intervention de ce projet sur 4 wilayas (le Hodh El Chargui, le Hodh El Gharbi, l'Assaba et le Guidimagma).

Dans ce cadre et en collaboration avec le Ministère de l'Education Nationale, la composante du projet SWEDD dénommée : « *Amélioration de l'Accès et de la Rétention des Filles au Secondaire* » a prévu une activité dénommée « **Supports Pédagogiques** » relative à l'élaboration, la reprographie et la distribution de 7 brochures dans les disciplines suivantes : Mathématiques, physique-chimie, Sciences Naturelles, arabe et français (4 pour la 4^{ème} AS et 3 pour la 7^{ème} D). La présente brochure concerne la discipline de physique-chimie en 7^{ème} D. Elle comprend un rappel de cours, des exercices d'application, de perfectionnement et des sujets d'entraînement au BAC suivis de leurs corrigés.

Au terme de ce travail, et bien qu'il soit difficile d'apprécier, à leur juste valeur, les contributions que les uns et les autres ont apportées à la production de l'ouvrage, nous tenons à remercier la Direction de l'Enseignement Secondaire, en particulier Messieurs : **Issa OULD BEIBATT** et **Med OULD LEVDAL**. Nos remerciements vont également à Messieurs : **Sidina OULD HENOUNE** (IGEN), **Cheikh Ahmedou** (D.I.P.N.) et **Tandia Dahaba** (IGES) pour leurs conseils et leur participation active. Nos remerciements vont aussi aux inspecteurs qui ont veillé au suivi et à la validation de ce document.

Enfin, que les producteurs trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude pour les efforts louables qu'ils ont déployés pour l'élaboration de ce fascicule.

Qu'il nous soit permis ici d'adresser nos vifs remerciements à la Banque Mondiale, l'UNFPA et les autres partenaires du SWEDD pour leurs appréciables appuis Techniques et Financiers.

Med OULD BREYE

Point focal du SWEDD-MEN

Institut Pedagogique National

Table de Matière

Avant-propos.....	3
Remercîments.....	5
Table de matières.....	7

PARTIE CHIMIE

I - CINETIQUE CHIMIQUE.....	9
II-CHIMIE DES SOLUTIONS	27
III-CHIMIE ORGANIQUE.....	41
LES DERIVES D'ACIDES CARBOXYLIQUES.....	51

PARTIE : PHYSIQUE

I-REPERAGE D'UN MOUVEMENT D'UN POINT.....	69
II- DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL	73
RELATION FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE	75
I-CHAMP MAGNETIQUE.....	93
II-MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME.....	97
III-ACTION D'UN CHAMP MAGNETQUE SUR UNE PORTION DE CIRCUIT PARCOURU PAR UN COURANT : FORCE DE LAPLACE.....	99
IV-INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE.....	100
MOUVEMENT VIBRATOIRES ET CORPUSCULAIRES	
I-VIBRATIONS ET PROPAGATIONS.....	117
II-INTERFERENCES MECANIKES.....	121
III-INTERFERENCES LUMINEUSES.....	123
IV- EFFET PHOTOELECTRIQUE	135
V- NIVEAU D'ENERGIE.....	137
VI - PHYSIQUE NUCLEAIRE (RADIOACTIVITE).....	138
SUJETS DE SYNTHESE.....	149

Institut Pedagogique National

PARTIE I :

CINETIQUE CHIMIQUE

➤ *Classification cinétique des réactions naturelles.*

a) Réaction instantanée

Une réaction est dite instantanée lorsque l'évolution du système est si rapide qu'à nos yeux la réaction semble achevée à l'instant où les réactifs entrent en contact. Exemple: les réactions de précipitation.

b) Réaction lente

Une réaction est dite lente lorsque son déroulement dure de quelques secondes à plusieurs minutes, voire plusieurs dizaines de minutes. Exemple: action des ions MnO_4^- sur l'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

c) Réaction très lente

- Une réaction est dite très lente lorsqu'elle ne s'achève qu'au bout de plusieurs heures voire plusieurs jours. Exemple: les réactions d'estérification directe.
- **Le réactif limitant** : c'est le réactif qui disparaît totalement à la fin de la réaction : réaction totale.

(c'est le réactif qui provoque l'arrêt de la réaction : équilibre chimique).

Pour déterminer le réactif limitant :

-On calcule les concentrations initiales ou quantités initiales des réactifs dans le mélange.

-On divise chaque concentration ou quantité par son coefficient stœchiométrique.

-On compare les résultats obtenus après la division, le résultat le plus petit correspond au réactif limitant.

➤ **Temps de demi-réaction :**

On appelle temps de demi-réaction :

- a- le temps au bout duquel la moitié de l'avancement maximal est atteinte.
- b- la durée nécessaire pour consommer la moitié du réactif limitant.

$$t = t_{1/2} \text{ lorsque } [R(\text{limitant})]_{1/2} = \frac{[R(\text{limitant})]_0}{2}$$

- c- le temps au bout duquel s'est formée la moitié de la quantité maximale du produit attendu. $t = t_{1/2}$ lorsque $[P]_{1/2} = \frac{[P_{max}]_{\infty}}{2}$

➤ **VITESSE DE REACTION**

a) Vitesse instantanée de formation d'un produit

La vitesse instantanée de formation d'un produit P, est égale à **la dérivée** de la concentration ou du nombre de moles par rapport au temps.

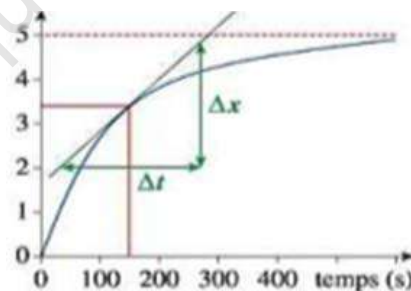
$$V_t = \frac{d[P]}{dt} \text{ (mol/L. unité du temps) ou}$$

$$V_t = \frac{dn_P}{dt} \text{ (mol/ unité du temps)}$$

Sa valeur est égale au coefficient directeur de **la tangente** à la courbe

$[P] = f(t)$ au point d'abscisse t.

$$V_t = \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ou} \quad V_t = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



b) Vitesse instantanée de disparition d'un réactif

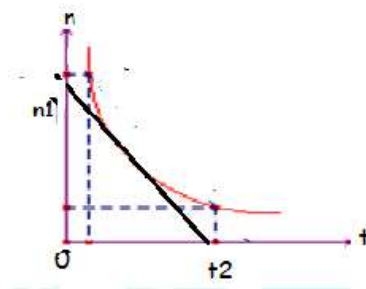
La vitesse instantanée de disparition d'un réactif R, est égale à **la dérivée** de la concentration ou du nombre de moles par rapport au temps.

$$V_t = - \frac{d[R]}{dt} \text{ (mol/L. unité du temps) ou}$$

$$V_t = - \frac{dn_R}{dt} \text{ (mol/L. unité du temps)}$$

Sa valeur est égale à l'**opposé** du coefficient

directeur de **la tangente** à la courbe $[R] = f(t)$ au point d'abscisse t.



$$V_t = -\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ou} \quad V_t = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

c) Vitesse moyenne de formation d'un produit

La vitesse moyenne de formation du corps P, est égale à **la variation** de la concentration ou du nombre de moles par rapport au temps.

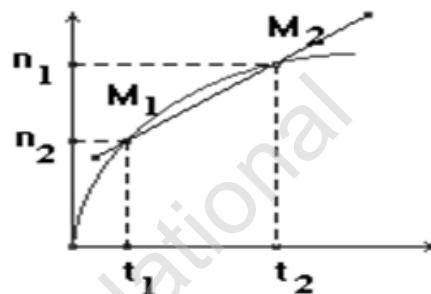
$$V_{moy} = \frac{\Delta[P]}{dt} \text{ (mol/L. unité du temps) ou}$$

$$V_{moy} = \frac{\Delta n_P}{dt} \text{ (mol/ unité du temps)}$$

Sa valeur est égale au coefficient directeur de **la droite** passant par les deux points de la courbe

$[P] = f(t)$ aux points d'abscisses t_1 et t_2 .

$$V_{moy} = \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ou} \quad V_{moy} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



d) Vitesse moyenne de disparition d'un réactif

La vitesse moyenne de disparition du corps R, est égale à **la variation** de la concentration ou du nombre de moles par rapport au temps.

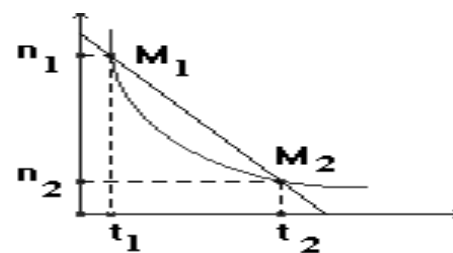
$$V_{moy} = -\frac{\Delta[R]}{dt} \text{ (mol/L. unité du temps) ou}$$

$$V_{moy} = -\frac{\Delta n_R}{dt} \text{ (mol/ unité du temps)}$$

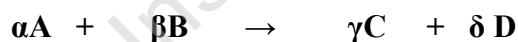
Sa valeur est égale à l'**opposé** du coefficient directeur de **la droite** passant par les deux points de la courbe

$[R] = f(t)$ aux points d'abscisses t_1 et t_2 .

$$V_{moy} = -\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ou} \quad V_{moy} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



➤ **Relation entre les vitesses : soit la réaction d'équation suivante :**



$$\frac{V_d(A)}{\alpha} = \frac{V_d(B)}{\beta} = \frac{V_f(C)}{\gamma} = \frac{V_f(D)}{\delta}$$

➤ **Les facteurs cinétiques**

L'évolution d'un système chimique dépend de plusieurs paramètres. D'abord, il faut se demander si la réaction envisagée peut effectivement avoir lieu et, dans l'affirmative, préciser si elle est totale ou pas.

Dans le cas où les données thermodynamiques montrent que la réaction est possible, on peut alors rechercher les facteurs qui permettent d'agir sur la vitesse de la réaction. Ces facteurs sont appelés **facteurs cinétiques**.

a. La concentration :

La vitesse d'évolution d'une réaction chimique se déroulant en solution de volume constant croît avec la concentration initiale de ses réactifs, et est indépendante de la concentration de ces produits.

b. La température :

En général, la vitesse d'évolution d'une réaction chimique croît avec la température. Une réaction est donc d'autant plus rapide que la température est plus élevée.

c. Le Catalyseur :

Un catalyseur est une substance qui accélère une réaction sans intervenir dans le bilan réactionnel.

Catalyser une réaction, c'est augmenter sa vitesse par ajout d'un catalyseur.

La catalyse est dite hétérogène lorsque le catalyseur et le mélange réactionnel forment deux phases distinctes, elle est homogène lorsque le catalyseur et le mélange constituent une seule phase.

Un catalyseur ne permet pas à une réaction impossible de se produire. Un système cinétiquement inerte peut évoluer rapidement en présence d'un catalyseur

EXERCICES

EXERCICE I

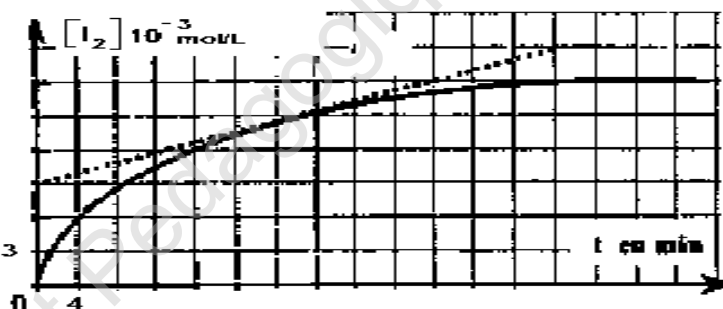
On prépare 200 ml d'une solution S en mélangeant à $t=0$ s un volume $V_1=100\text{mL}$ d'une solution d'iodure de potassium de concentration $C_1=0,4\text{mol/L}$ et un volume $V_2=100\text{mL}$ d'une solution de peroxydisulfate de concentration $C_2=0,036\text{mol/L}$.

1) Écrire les demi-équations et en déduire l'équation-bilan de la réaction. Les couples oxydant/réduction sont : $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ et I_2/I^-

2)a) Calculer les concentrations initiales des ions iodure et peroxydisulfate dans la solution S.

b) Quel est le réactif limitant ?

3) Le diiode formé à différents instants est mis en solution et dosé par un volume V_1 d'une solution S' de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire C_1 . On opère des prélèvements de volume V de la solution S à différents instants. La réaction de formation de diiode dans le prélèvement est arrêtée par refroidissement de l'eau glacée. On trace la courbe $[I_2]=f(t)$.



a) Écrire l'équation du dosage

b) Montrer que la concentration de diiode formée à la date t est donnée par la relation $C = \frac{C_1 V_1}{2V}$.

4)a) Définir et déterminer la vitesse de formation du diiode au temps $t=28\text{min}$.

b) Définir et déterminer la vitesse moyenne de formation du diiode entre les instants $t_0=0\text{mn}$ et $t_2=36\text{mn}$.

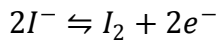
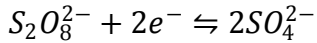
5) Vérifier qu'à 52min la réaction est pratiquement terminée.

6) Déterminer l'instant où la concentration restante des ions peroxydisulfate est le triple de celle du diiode formé.

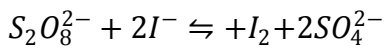
7) Définir puis déterminer le temps de demi-réaction

Corrigé

1) Les demi-équations du dosage :



Équation bilan de la réaction :



2) a-Concentrations initiales :

$$[I^-]_0 = \frac{C_1 V_1}{V_T} = \frac{0,4 \times 100}{200} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_2 V_2}{V_T} = \frac{0,036 \times 100}{200} = 18 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

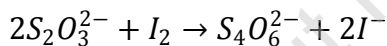
b) Réactif limitant

$$\frac{[I^-]_0}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$\frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{1} = \frac{18 \times 10^{-3}}{1} = 18 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\frac{[I^-]_0}{2} > \frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{1} \text{ donc } S_2O_8^{2-} \text{ est le réactif limitant.}$$

3) a-Équation du dosage



b) Montrons que $C = \frac{C_1 V_1}{2V}$

$$\text{A l'équivalence : } \frac{n(S_2O_8^{2-})_{\text{versé}}}{2} = \frac{n(I_2)_{\text{formé}}}{1} \Rightarrow \frac{C_1 V_1}{2} = c \cdot v \Rightarrow C = \frac{C_1 V_1}{2V}$$

4) a-Vitesse de formation du diiode à $t = 28 \text{ mn}$

Définition : C'est la dérivée de la concentration du diiode par rapport au temps $V_{I_2} =$

$$\frac{d[I_2]}{dt}$$

Détermination : A(0 ; 9×10^{-3}) ; B(40 ; 18×10^{-3})

$$V_{I_2} = \frac{(18 - 9) \times 10^{-3}}{40} = 2,25 \times 10^{-4} \text{ mol/l/min}$$

b) Vitesse moyenne de formation du diiode

Définition : C'est le rapport de la variation de la concentration du diiode par le temps mis.

$$V_{moy} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$$

Calcul de cette vitesse entre $t_1=0\text{min}$ et $t_2=36\text{min}$: A(0 ; 0) ; B(36 ; $17,5 \times 10^{-3}$)

$$V_{moy} = \frac{(17,5-0) \times 10^{-3}}{36-0} = 4,68 \times 10^{-4} \text{ mol/l/min}$$

5) Vérifions qu'à l'instant $t=52\text{mn}$ la réaction est pratiquement terminée.

$$[S_2O_8^{2-}]_r = [S_2O_8^{2-}]_0 - [S_2O_8^{2-}]_d \text{ d'après l'équation-bilan } [S_2O_8^{2-}]_d = [I_2]_{formé}$$

$$[S_2O_8^{2-}]_r = [S_2O_8^{2-}]_0 - [I_2]_{formé}$$

D'après la courbe $[I_2]_f = 18 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[S_2O_8^{2-}]_r = 18 \times 10^{-3} - 18 \times 10^{-3} = 0$$

A $t = 52\text{mn}$ le réactif limitant disparaît totalement.

6) Instant où $[S_2O_8^{2-}]_r = 3[I_2]$

$$[S_2O_8^{2-}]_r = [S_2O_8^{2-}]_0 - [S_2O_8^{2-}]_d \text{ or } [S_2O_8^{2-}]_d = [I_2] \Rightarrow [S_2O_8^{2-}]_r = [S_2O_8^{2-}]_0 - [I_2]$$

$$3[I_2] = [S_2O_8^{2-}]_0 - [I_2] \Rightarrow 4[I_2] = [S_2O_8^{2-}]_0 \Rightarrow [I_2] = \frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{4} = \frac{18 \times 10^{-3}}{4} = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

D'après la courbe $t = 2\text{mn}$.

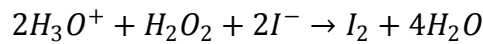
7) Temps de demi-réaction

Définition : C'est le temps au bout duquel la moitié de la quantité de matière initiale du

réactif limitant a disparu ($t_{1/2} \rightarrow \frac{[I_2]_{\infty}}{2}$) ($t_{1/2} \rightarrow 9 \times 10^{-3}$) $\Rightarrow t_{1/2} \approx 8\text{min}$

EXERCICE II

On étudie la cinétique chimique de la réaction supposée totale et dont l'équation bilan est :



A l'instant $t=0$, on mélange à $25^\circ C$, dans un bécher :

* $V_1=50\text{mL}$ d'une solution aqueuse d'eau oxygénée H_2O_2 de concentration molaire $C_1=4,5 \cdot 10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$

* $V_2=50\text{mL}$ d'une solution aqueuse d'iodure de potassium KI de concentration molaire $C_2 = 6 \cdot 10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$

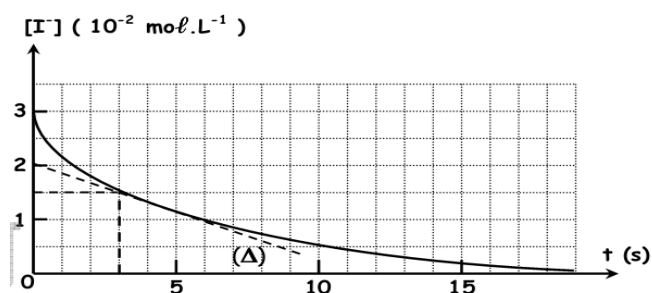
*Un excès d'une solution aqueuse d'acide sulfurique ($2H_3O^+ + SO_4^{2-}$).

1°) a°) Vérifier que les quantités de matières initiales $n_0(H_2O_2)$ de l'eau oxygénée H_2O_2 et $n_0(I^-)$ des ions iodures I^- dans le mélange, à l'instant $t = 0$, sont respectivement $2,25 \cdot 10^{-3}\text{mol}$ et $3 \cdot 10^{-3}\text{mol}$.

b°) Montrer que dans ce mélange, l'ion I^- constitue le réactif limitant (en défaut).

c°) Dresser le tableau descriptif relatif à ce système et déduire la quantité de matière maximale de diiode $n(I_2)_{\text{max}}$ formé à la fin de la réaction.

2°) Pour doser le diiode I_2 formé, on prélève, à différents instants de date t , un volume V du mélange réactionnel que l'on verse dans un erlenmeyer et que l'on place immédiatement dans un bain d'eau glacée, puis on dose rapidement le diiode formé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration connue C . Ceci permet de tracer la courbe



correspondant à la concentration en ions iodure restant $[I^-]$ en fonction du temps.

Par la suite, on trace la courbe de la figure4: Où la droite (Δ) en pointillé représente la tangente à la courbe au point d'abscisse et t_1 .

a°) Pourquoi a-t-on placé l'erlenmeyer dans le bain d'eau glacée?

b°) Définir la vitesse instantanée d'une réaction chimique et la calculer à $t_1 = 3s$.

c°) Cette vitesse va-t-elle diminuer ou augmenter à un instant t_2 tel que $t_2 > t_1$? Justifier la réponse à partir de l'allure de la courbe.

3°) Indiquer deux facteurs cinétiques pouvant augmenter la vitesse initiale de la réaction.

Corrigé

1)-a- Les quantités de matières de l'eau oxygénée et des ions iodures

$$n_0(H_2O_2) = C_1 V_1 = 4,5 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 2,25 \times 10^{-3} mol$$

$$n_0(I^-) = C_2 V_2 = 6 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} mol$$

b- Montrons que I^- est le réactif limitant

$$\frac{n_0(H_2O_2)}{1} = 2,25 \times 10^{-3} mol$$

$$\frac{n_0(I^-)}{2} = 1,5 \times 10^{-3} mol$$

$$\frac{n_0(I^-)}{2} < \frac{n_0(H_2O_2)}{1} \text{ donc } I^- \text{ est le réactif limitant}$$

c) Le tableau d'avancement

Equation		$2H_3O^+$	+	H_2O_2	+	$2I^-$
			\rightarrow	I_2	+	$4H_2O$
t = 0	Excès	$2,25 \times 10^{-3}$		3×10^{-3}		0
t qlq	Excès	$2,25 \times 10^{-3}$ $- X$		$3 \times 10^{-3} - 2X$		X
t final	Excès	$2,25 \times 10^{-3}$ $- X_f$		3×10^{-3} $- 2X_f$		X_f

Déduction de la quantité de diiode formé à la fin de la réaction, ce qui correspond à la disparition du réactif limitant

$$3 \times 10^{-3} - 2X_f = 0 \Rightarrow X_f = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_f(I_2) = X_f = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

2)-a-On place l'erenmeyer dans le bain d'eau glacée c'est pour bloquer la réaction.

b-Définition de la vitesse instantanée : C'est l'opposé de la dérivée de la concentration de I^- par rapport au temps .

$V(I^-) = -\frac{d[I^-]}{dt}$ ce qui correspond à l'opposé du coefficient directeur (pente) de la tangente à la courbe au point d'abscisse t. Soit $t_1 = 3\text{s}$

Détermination de la vitesse :

$$V(I^-) = -\frac{[I^-]_B - [I^-]_A}{t_B - t_A}$$

$$B(8,75 ; 0,5 \cdot 10^{-2}) ; A(0 ; 3 \cdot 10^{-2})$$

$$V(I^-) = -\frac{(0,5 - 3) \times 10^{-2}}{0,75 - 0} = 2,86 \times 10^{-3} \text{ mol/L/s}$$

c-A un instant $t_2 > t_1$ la vitesse va diminuer car la courbe admet une tangente horizontale nulle. La réaction est totale, I^- étant le réactif limitant.

3) Deux facteurs cinétiques pouvant augmenter la vitesse initiale de la réaction :

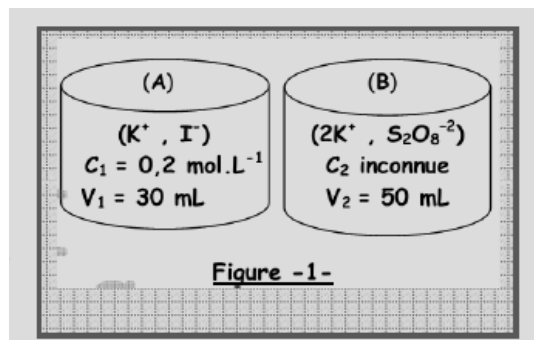
- Catalyseur
- Température

EXERCICE III

On dispose de deux béchers (A) et (B) correspondant à la description de la figure 1.

A une date $t=0$, on mélange les contenus des deux béchers portés à la température θ_1 .

Le mélange réactionnel prend une coloration jaune brunâtre qui devient de plus en plus foncée au cours du temps.



1°) a°) Préciser les deux couples redox mis en jeu.

b°) Écrire les demi-équations et en déduire l'équation bilan de la réaction qui se produit.

2°) La figure 2 représente les variations $[S_2O_8^{2-}]$ dans le mélange au cours du temps.

Déduire le nombre initial n_0 ($S_2O_8^{2-}$) dans le mélange et calculer C_2 .

3°) a°) Dresser le tableau descriptif d'avancement de la réaction étudiée.

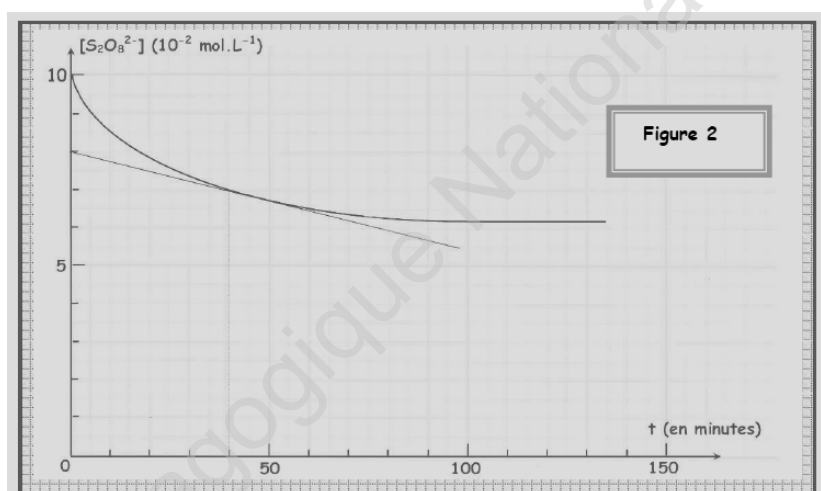
b°) Déduire le réactif limitant. Vérifier ce résultat à partir du graphe.

c°) Déterminer l'avancement final x_f .

4°) a°) Définir la vitesse volumique instantanée de $S_2O_8^{2-}$. La calculer à la date $t_1 = 40\text{min}$.

b°) Comment varie cette vitesse au cours du temps ? Préciser le facteur responsable de cette variation.

5°) L'expérience précédente est refaite dans les mêmes conditions expérimentales, mais à une température $\theta_2 < \theta_1$. Tracer



approximativement la nouvelle allure de la courbe $[S_2O_8^{2-}]$ en fonction du temps sur le même graphique de la figure 2.

Corrigé

1)-a-Les couples mis en jeu : I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$

b) Les demi-équations et l'équation-bilan de la réaction : $S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$

$2I^- \rightleftharpoons I_2 + 2e^-$ $S_2O_8^{2-} + 2I^- \rightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$

2) Déduction de $n_0(S_2O_8^{2-})$:

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = [S_2O_8^{2-}]_0 \times V = 10^{-2} \times 80 \cdot 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Calcul de la concentration C_2 : $V = V_1 + V_2$

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow C_2 = \frac{[S_2O_8^{2-}]_0 \times V}{V_2} = \frac{10 \times 10^{-2} \times 80}{50} = 16 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

3) -a- Le tableau d'avancement

Equation	$S_2O_8^{2-}$	+	$2I^-$	
		\rightarrow	I_2	+ $2SO_4^{2-}$
t=0	$8 \cdot 10^{-3}$		$6 \cdot 10^{-3}$	0
t > 0	$8 \cdot 10^{-3} - X$		$6 \cdot 10^{-3} - 2X$	X
t_f	$8 \cdot 10^{-3} - X_f$		$6 \cdot 10^{-3} - 2X_f$	X_f

b) Le réactif limitant

$$n_0(S_2O_8^{2-}) = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0(I^-) = C_1 \times V_1 = 0,2 \times 30 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{1} = \frac{8 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\frac{n_0(I^-)}{2} < \frac{n_0(S_2O_8^{2-})}{1} \text{ donc le réactif limitant est } I^-$$

Vérification : La courbe montre qu' à un temps infini le réactif $S_2O_8^{2-}$ n'est pas consommé totalement donc $S_2O_8^{2-}$ est en excès ; ce qui entraîne que I^- est le réactif limitant.

c) L'avancement final :

$$\text{Le réactif limitant disparaît : } 6 \times 10^{-3} - X_f = 0 \text{ donc } X_f = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4) -a- Définition:

$V(S_2O_8^{2-}) = -\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$ ce qui correspond à l'opposé de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.

Soit $t_1=40\text{mn}$

Détermination :

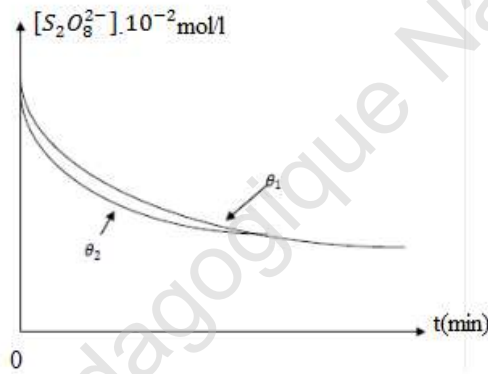
$$V(S_2O_8^{2-}) = - \frac{[S_2O_8^{2-}]_B - [S_2O_8^{2-}]_A}{t_B - t_A}$$

$$B(95 ; 5,5 \cdot 10^{-2}) \quad A(0 ; 8 \cdot 10^{-2})$$

$$V(S_2O_8^{2-}) = - \frac{(5,5 - 8) \cdot 10^{-2}}{95 - 0} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L/mn}$$

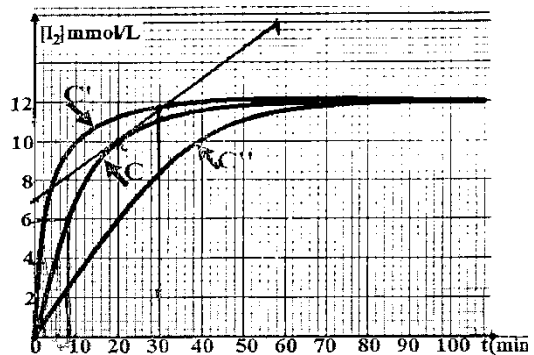
b-Cette vitesse diminue au cours du temps car la concentration des réactifs diminue.
Le facteur responsable : la concentration

5) L'allure de la courbe



EXERCICE IV

1. A la température $\theta_1=25^\circ\text{C}$, on oxyde à la date $t=0$ un volume $V_1=100\text{mL}$ d'une solution d'iodure de potassium KI de concentration $C_1=4,8 \cdot 10^{-2}\text{mol/L}$ par un volume $V_2=100\text{mL}$ d'une solution d'eau oxygénée de concentration $C_2=4 \cdot 10^{-2}\text{mol/L}$. On ajoute à ce mélange un volume négligeable d'acide sulfurique très concentré.



1.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction.

1.2. Calculer à la date $t=0$ la concentration de I^- et celle de H_2O_2 dans le mélange puis déterminer le réactif en excès.

1.3. On détermine à différents instants la concentration du diiode formé, on obtient la courbe C ci-contre.

1.3.1. Calculer la vitesse moyenne de formation du diiode entre les instants $t_1=5\text{min}$ et $t_2=20\text{min}$.

1.3.2. Définir la vitesse instantanée de formation du diiode et la calculer à l'instant $t=20\text{min}$. En déduire la vitesse de disparition de I^- à cette date. Comment évoluent ces vitesses en fonction du temps. Quel est le facteur cinétique responsable.

1.3.3. Calculer la concentration des ions I^- et de H_2O_2 présents dans le mélange réactionnel à l'instant $t=30\text{min}$.

1.4. Déterminer le temps de demi-réaction.

2. On réalise cette réaction dans d'autres conditions expérimentales.

-D'abord à une température de 25°C , mais avec une solution d'eau oxygénée moins concentrée.

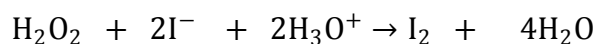
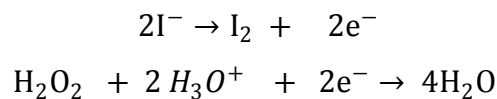
-Avec les mêmes concentrations des réactifs mais à une température de 35°C .

Les courbes relatives à ces expériences sont données par les courbes C' et C''.

Attribuer à chaque expérience la courbe correspondante. Justifier votre réponse.

Corrigé

1.1.équation bilan de la réaction



1.2. Les concentrations : les volumes V_1 et V_2 sont égaux.

$$[I^-]_0 = \frac{C_1 \times V_1}{V_1 + V_2} = \frac{C_1 \times V_1}{2V_1} = \frac{C_1}{2} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1 + V_2} = \frac{C_2 \times V_2}{2V_2} = \frac{C_2}{2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Le réactif en excès

$$\frac{[\text{I}^-]_0}{2} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \text{ et } \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_0}{1} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\frac{[\text{I}^-]_0}{2} > \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_0}{1} \text{ alors le } \text{I}^- \text{ est le réactif en excès.}$$

1.3.2. La vitesse moyenne de I_2

$$V = \frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t} \text{ à } t_1=5\text{min } [\text{I}_2]_1 = 3\text{mmol/L} \quad \text{et à } t_2=20\text{min } [\text{I}_2]_2 = 10\text{mmol/L}$$

$$V = \frac{[\text{I}_2]_2 - [\text{I}_2]_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 3}{20 - 5} = \frac{7}{15} = 0,466 \text{ mmol/L/min}$$

1.3.2. La vitesse instantanée à $t=20\text{min}$

$$V = \frac{d[\text{I}_2]}{dt}, \text{ à } t_1=0\text{min } [\text{I}_2]_1 = 7\text{mmol/L} \quad \text{et à } t_2=30\text{min } [\text{I}_2]_2 = 11,8 \text{ mmol/L}$$

$$V = \frac{[\text{I}_2]_2 - [\text{I}_2]_1}{t_2 - t_1} = \frac{11,8 - 7}{30 - 0} = \frac{4,8}{30} = 0,133 \text{ mmol/L/min}$$

La vitesse de disparition des ions iodures. $V_d(\text{I}^-) = 2V_F(\text{I}_2) = 0,266 \text{ mmol/L/min}$

La vitesse diminue au cours du temps car la concentration des réactifs diminue. Le facteur cinétique est la concentration des réactifs.

1.3.3 La composition du mélange à l'instant $t=30\text{min}$

Graphiquement $[\text{I}_2] = 11\text{mmol/L}$; d'après l'équation-bilan :

$$[\text{I}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_d = \frac{[\text{I}^-]_d}{2}$$

Conservation de la matière :

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_r = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 - [\text{I}_2] = 20 - 11 = 9\text{mmol/L}$$

$$[\text{I}^-]_r = [\text{I}^-]_0 - 2[\text{I}_2] = 24 - 22 = 2 \text{ mmol/L}$$

1.4. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$

$$[\text{I}_2]_\infty = 12\text{mmol/L}, \quad \frac{[\text{I}_2]_\infty}{2} = 6 \text{ mmol/L} \quad \text{le } t_{1/2} = 8 \text{ min}$$

2. La courbe C' correspond à l'expérience 2, c'est -à -dire que lorsqu'on conserve les mêmes concentrations mais qu'on augmente la température, la vitesse de la réaction augmente au cours du temps.

La courbe C'' représente celle de l'expérience 1, avec une diminution de la température du milieu réactionnel donc la vitesse de la réaction diminue.

EXERCICE V

1. l'eau oxygénée est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 .

Le peroxyde d'hydrogène peut se décomposer suivant une réaction appelée dismutation qui est lente à la température ambiante. L'ion ferrique Fe^{3+} catalyse cette réaction de décomposition.

1.1 Ecrire la réaction de dismutation de l'eau oxygénée.

1.2 En écrivant les équations, indiquer pourquoi Fe^{3+} catalyse cette réaction.

2. Le H_2O_2 se comportant comme un réducteur, peut être oxydé par l'ion permanganate MnO_4^- cette réaction est rapide aux températures ordinaires.

2.1. Ecrire l'équation bilan.

2.2. Toutes les 5 minutes, on prélève un volume $V_0=10\text{mL}$ du milieu réactionnel auquel on ajoute de l'eau glacée et on dose le H_2O_2 restant par une solution de $KMnO_4$ en milieu acide. On obtient l'équivalence lorsqu'on ajoute un volume V de $KMnO_4$ de concentration $C=2.10^{-2}\text{mol/L}$

a. Pourquoi a-t-on ajouté de l'eau glacée avant le dosage.

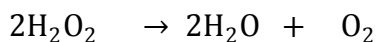
b. Montrer que la concentration de H_2O_2 est donnée par la relation

$[H_2O_2] = \frac{5CV}{2V_0}$, C est la concentration de $KMnO_4$, V son volume et V_0 le volume de H_2O_2

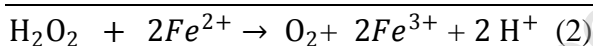
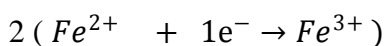
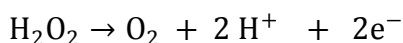
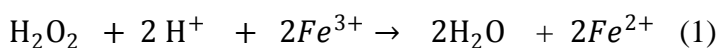
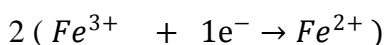
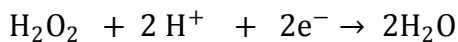
Couple	E°
H_2O_2/H_2O	1,77V
O_2/H_2O_2	0,69V
MnO_4^-/Mn^{2+}	1,51V
Fe^{3+}/Fe^{2+}	0,77V

Corrigé

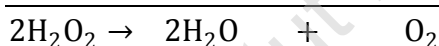
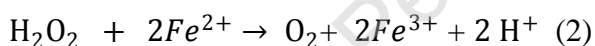
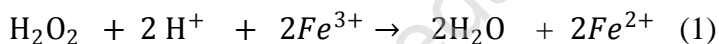
1.1. Equation de la décomposition de l'eau oxygénée



1.2. Les équations de la réaction



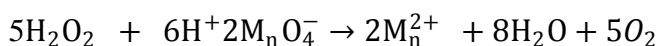
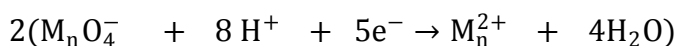
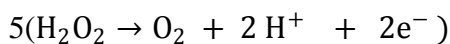
On additionne les deux équations : (1) et (2) on obtient l'équation de la décomposition de l'eau oxygénée



Les ions Fer (III) n'apparaissent pas dans l'équation-bilan : l'ion Fe^{3+} catalyse la réaction.

2.

2.1. L'équation bilan de la réaction.



2.2

- a. On refroidit les prélèvements pour stopper la réaction.
- b. L'expression de la concentration de l'eau oxygénée.

D'après l'équation bilan de la réaction

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O}_2)}{5} = \frac{n(\text{MnO}_4^-)}{2} \Rightarrow \frac{[\text{H}_2\text{O}_2] \times V_0}{5} = \frac{C \cdot V}{2} \Rightarrow [\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{5C \cdot V}{2V_0}$$

Institut Pédagogique National

PARTIE II :

CHIMIE DES SOLUTIONS

I-Solution aqueuse

1) Solution = solvant + soluté

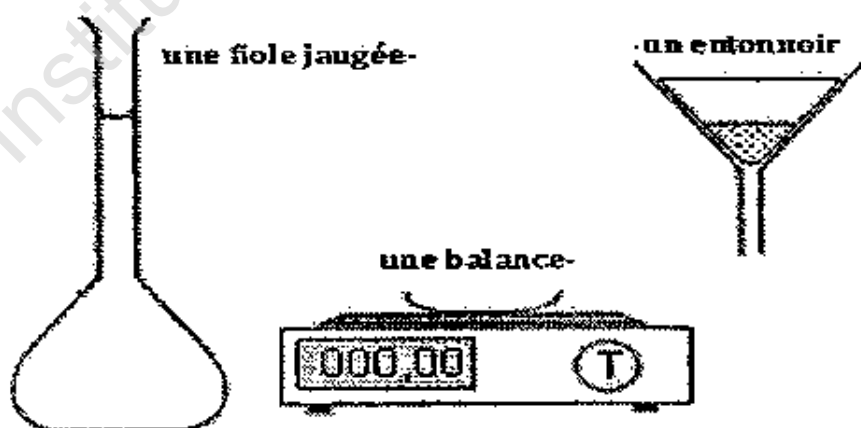
2) Concentration :

- Molaire $C = \frac{n}{v}$ (mol/L)
- Massique : $C_m = \frac{m}{v}$ (g/L). Quantité de matière. $n = \frac{m}{M}$, $n = \frac{Vg}{Vm}$
- Concentration commerciale : $C = \frac{P\% \cdot d \cdot \rho_{eau}}{M}$; $C = \frac{P\% \cdot \rho}{M}$

3) Dissolution : Dissoudre un solide dans l'eau pour préparer une solution.

Matériels : une balance- une fiole jaugée- un entonnoir- pissette de l'eau distillée.

Procédure :



- On pèse une masse du soluté à l'aide d'une balance
- On introduit la masse pesée dans la fiole en utilisant un entonnoir.
- On ajoute de l'eau distillée dans la fiole jusqu'à 3/4 et on agite.
- On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

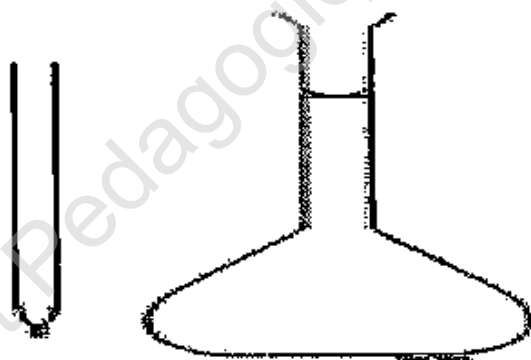
4) Une solution est dite aqueuse si le solvant est l'eau. L'eau pure n'est pas constituée uniquement de molécules. Les chocs entre molécules d'eau produisent des ions, ces ions de signes opposés s'attirent et redonnent rapidement des molécules d'eau, d'où l'équation d'ionisation de l'eau ou l'autoprotolyse de l'eau pure :



5) Dilution : c'est ajouter de l'eau sur une solution pour diminuer sa concentration.

Verrerie :

Pipette jaugée - fiole jaugée



- On prélève un volume V_0 de la solution mère à l'aide d'une pipette jaugée que l'on verse dans la fiole jaugée.
- On ajoute de l'eau distillée dans la fiole jusqu'à 3/4 et on agite.
- On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

-Relation de dilution : $C_1V_1 = C_2V_2$

-Coefficient de dilution : $n = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$

-Autres relations : $C_2 = \frac{C_1}{n}$ et $V_2 = nV_1$

II-Acides forts et bases fortes

1) Un acide fort est une espèce chimique qui réagit totalement dans l'eau en produisant des ions hydronium H_3O^+

- ✓ $C = [H_3O^+]$
- ✓ $pH = -\log C$
- ✓ mélange de 2 monoacides forts : $pH = -\log\left(\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}\right)$
- ✓ Dilution d'un acide fort $pH = pH_0 + \log n$

2) Une base forte est une espèce chimique qui réagit totalement dans l'eau en produisant des ions hydroxyde OH^-

- ✓ $C = [OH^-]$
- ✓ $pH = 14 + \log C$
- ✓ Mélange de 2 monobases fortes : $pH = 14 + \log\left(\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2}\right)$
- ✓ Dilution d'une base forte : $pH = pH_0 - \log n$

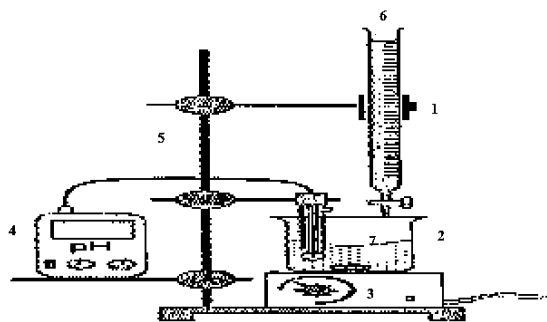
3) Mélange d'un monoacide fort et une monobase forte : $n_a = C_a V_a$; $n_b = C_b V_b$

- ✓ $n_a > n_b$: le mélange est acide $pH = -\log \frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b}$
- ✓ $n_b > n_a$: le mélange est basique $pH = 14 + \log \frac{C_b V_b - C_a V_a}{V_a + V_b}$
- ✓ $n_a = n_b$: le mélange est neutre : $pH = 7$

III-Dosage acide- base

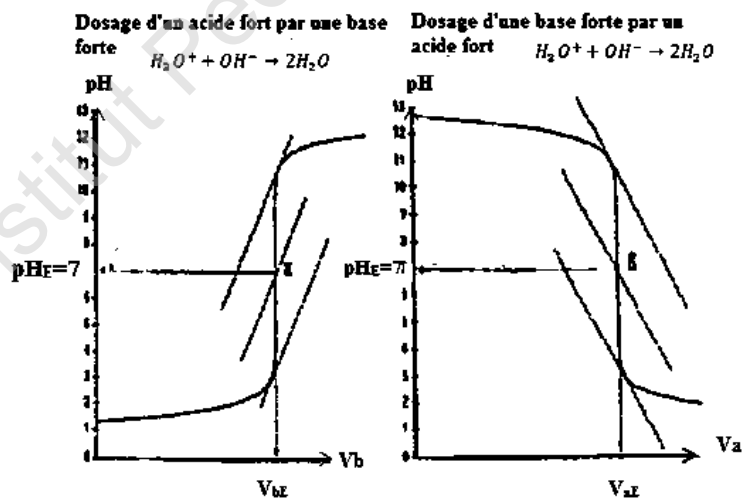
1) **Définition** : doser c'est ajouter une solution progressivement (goutte à goutte) sur une autre pour déterminer sa concentration (dosage colorimétrique) ou pour tracer la courbe de dosage (dosage pH-métrique).

2) Dispositif expérimental

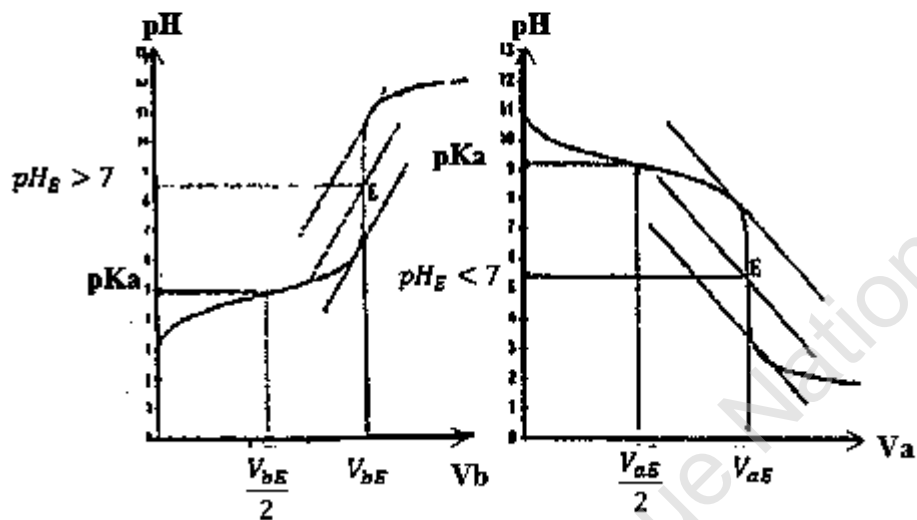
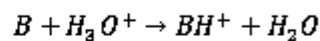
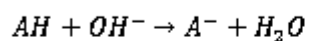


- 1-burette graduée
- 2-bécher
- 3-agitateur magnétique
- 4-pH-mètre
- 5-support
- 6-solution dosante
- 7-solution dosée

2) Courbes et équations de dosage



Dosage d'un acide faible par une base forte **Dosage d'une base faible par un acide fort**



IV-Acides et bases faibles

- 1) Coefficient d'ionisation : $\alpha = \frac{[A^-]}{C}$
- 2) Constante d'acidité : $Ka = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}$
- 3) Relation d'Henderson : $pH = pKa + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$
- 4) Acide faible : $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log C)$
- 5) Base faible : $pH = \frac{1}{2}(pKa + 14 + \log C)$

V-Solutions tampons

1) Une solution est tampon si $\text{pH} = \text{pK}_a \Leftrightarrow [\text{AH}] = [\text{A}^-]$

2) Propriétés d'une solution tampon :

Le pH est constant :

- après ajout de H_3O^+ en faible quantité
- après ajout de OH^- en faible quantité
- après dilution

3) Obtention d'une solution tampon

3.1) Mélange d'un acide faible et d'une base forte dans les proportions :

$$n_{a(\text{faible})} = 2n_{b(\text{forte})}$$

3.2) Mélange d'une base faible et d'un acide fort dans les proportions :

$$n_{b(\text{faible})} = 2n_{a(\text{fort})}$$

3.3) Mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base conjuguée:

$$n_{a(\text{faible})} = n_{b(\text{faible})}$$

EXERCICES

EXERCICE I

On dispose des solutions aqueuses S_1 et S_2 de deux acides notés respectivement HA_1 et HA_2 . Les pH des deux solutions ont la même valeur $\text{pH} = 3$. L'un des acides est faible et l'autre est fort.

1-Calculer le nombre de moles n_{01} et n_{02} d'ions H_3O^+ , contenues dans 10cm^3 de chaque solution.

2-On dilue 10cm^3 de chaque solution avec de l'eau distillée jusqu'à obtenir 200cm^3 de solution.

La dilution de S_1 donne une solution S'_1 de $\text{pH}_1 = 3,7$ et celle de S_2 donne une solution S'_2 de $\text{pH}_2 = 4,3$.

a- Calculer les quantités n'_1 et n'_2 d'ions H_3O^+ contenues respectivement dans les solutions S'_1 et S'_2 .

b- Identifier la solution initiale qui correspond à l'acide fort. Justifier la réponse.

c- Calculer la concentration molaire de la solution initiale de l'acide fort.

3- La solution initiale de l'acide faible a une concentration molaire égale à $5,75 \cdot 10^{-2} \text{mol/L}$.

A- L'acide peut-il être faiblement ionisé ?

b- Etablir, l'expression du pH de l'acide faible en fonction de son pK_a et de sa concentration initiale C_1 .

c- Déduire le pK_a du couple (acide-base) correspondant.

Corrigé

1. Les acides A_1H et A_2H ont le même pH.

$$n_0(H_3O^+) = [H_3O^+] \cdot V = 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 10^{-5} \text{mol}$$

2.a. La dilution de la solution S_1 conduit à une solution S'_1 de $\text{pH}_1 = 3,7$.

La quantité de matière des ions H_3O^+ dans $V' = 200\text{cm}^3$ de cette solution est :

$$n'_1 = [H_3O^+] \cdot V' = 10^{-3,7} \cdot 0,2 = 3,99 \cdot 10^{-5} \text{mol}$$

La dilution de la solution S_2 conduit à une solution S'_2 de $pH_2=4,3$. La quantité de matière des ions H_3O^+

dans $V'=200\text{cm}^3$ de cette solution est :

$$n'_2=[H_3O^+].V' = 10^{-4,3} .0,2 = 10^{-5}\text{mol}$$

b. La dilution de (S_2) n'a pas modifié le nombre de moles de H_3O^+ ce qui signifie que l'ionisation de l'acide A_2H est totale. A_2H est alors un acide fort.

c. La concentration molaire de la solution initiale de l'acide.

$$C_2 = 10^{-pH} = 10^{-3}\text{mol/L}^*$$

$$3. a-C_1=[A_1H] + [A_1^-] \Rightarrow [A_1H] = C_1 - [A_1^-], \text{ or } [A_1^-] = [H_3O^+]$$

$[A_1H] = 5,75 \cdot 10^{-2} - 10^{-4,3} = 5,74 \cdot 10^{-2}\text{mol/L}$; $C_1 \approx [A_1H]$ donc l'acide est faiblement ionisé

$$b-pH = pKa + \log \frac{[A_1^-]}{[A_1H]} \text{ or } [A_1^-] = [H_3O^+] \text{ et } [A_1H] = C_1 ; pH = pKa + \log[H_3O^+] - \log C_1$$

$$pKa = 2pH - \log C_1 ; pKa = 2.3 - \log(5,75 \cdot 10^{-2}) = 4,75$$

EXERCICE II

A la température de 25°C et par dissolution de deux acides A_1H et A_2H séparément dans l'eau, on prépare deux solutions (S_1) et (S_2) de même concentration $C_1 = C_2$ de pH respectivement $pH_1=2,9$ et $pH_2=2$.

On prélève 50cm^3 de chacune des deux solutions (S_1) et (S_2) et on lui ajoute 450cm^3 d'eau distillée

Les pH des nouvelles solutions sont respectivement $pH_1' = 3,4$ et $pH_2' = 3$.

1°) a) Etablir l'expression du pH d'une solution aqueuse d'un monoacide fort en fonction de la concentration C de la solution,

b) En déduire la variation du pH qui accompagne la dilution 10 fois d'une solution de monoacide fort.

2°) a) Comparer les forces relatives des acides A_1H et A_2H et déduire que l'un est fort

et l'autre est faible

Calculer la valeur commune à C_1 et C_2 .

3°) On considère la solution de l'acide faible.

a- Etablir l'expression du pH de la solution d'acide faible en supposant que ce dernier est faiblement dissocié,

b- Calculer le pKa de l'acide.

c- A 20mL de la solution de cet acide on ajoute un volume d'eau V_e , on remarque que le pH varie de 0,2.

c-1- Dire si cette variation est une augmentation ou une diminution. Justifier votre réponse.

c-2- calculer V_e .

Corrigé

1.a. Le pH d'un monoacide fort est: $pH = -\text{Log}[H_3O^+]$; $C = [H_3O^+]$ alors $pH = -\text{Log} C$

b. Après une dilution 10 fois.

$$C' = \frac{C}{10} \Rightarrow pH' = -\text{Log} \frac{C}{10} = -\text{Log} C + \text{Log} 10 = pH + 1 \text{ donc } \Delta pH = 1$$

2.a. Suite à la dilution 10 fois de l'acide A_1H : $\Delta pH_1 = pH_1' - pH_1 = 3,4 - 2,9 = 0,5 \neq 1$: l'acide A_1H est un acide faible.

Pour l'acide A_2H la variation de pH est : $\Delta pH_2 = pH_2' - pH_2 = 3 - 2 = 1$.

A_2H est un acide fort.

b. Les concentrations des deux acides sont identiques.

$$pH_2 = -\text{Log} C \text{ alors } C = 10^{-pH_2} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$C_1 = C_2 = C = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

3.a. Le pH de la solution de l'acide faible est : $pH = \frac{1}{2} (pKa - \text{Log} C)$

b. Le pKa du couple de cet acide : $pKa = 2pH + \text{Log} C = 2 \cdot 2,9 + \text{Log} 10^{-2} = 3,8$

c. la dilution entraîne une diminution de la concentration. $pH = \frac{1}{2} (pKa - \text{Log} C)$

Si la concentration C diminue, $-\text{Log } C$ augmente le pH augmente donc la variation est une augmentation.

c-1) Le pH varie de 0,2 alors $\text{pH}' = 2,9 + 0,2 = 3,1$

c-2) $\text{Log } C' = -2\text{pH}' + \text{pK}_a = 3,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$, or $C'(V + V_e) = C \cdot V$

$$\Rightarrow V_e = \frac{CV}{C'} - V = \frac{10^{-2} \cdot 20}{3,98 \cdot 10^{-3}} - 20 = 30,25 \text{ mL}$$

EXERCICE III

On dissout 9 g d'une amine de formule générale $C_n H_{2n+1} NH_2$ dans l'eau pour obtenir 2L de solution S_B . On dose un volume $V_B = 40 \text{ cm}^3$ de S_B à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration

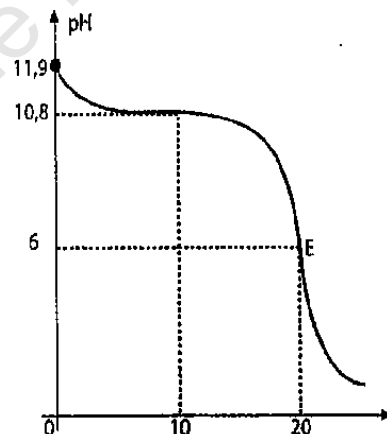
$C_A = 0.2 \text{ mol/L}$ et on suit la variation du pH au cours du dosage. On obtient la courbe ci-contre.

E désigne le point d'équivalence.

1) D'après l'allure de la courbe, l'amine utilisée est-elle une base faible ou forte ? Justifier la réponse.

2)-a- Déterminer la concentration C_B de la solution S_B .

b - Déduire la formule brute de l'amine utilisée.



3)-a- Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'amine et l'acide chlorhydrique

b - Calculer la concentration des différentes espèces chimiques présentes dans la solution initiale d'amine.

c - Déduire la valeur du pK_a du couple acide - base correspondant à l'amine.

d - Retrouver la valeur du pK_a à partir du graphe. Justifier la réponse.

On donne : $M(C) = 12 \text{ g/mol}$. ; $M(H) = 1 \text{ g/mol}$; $M(N) = 14 \text{ g/mol}$

Corrigé

1.a. La courbe de la figure présente deux points d'inflexion, la valeur de pH à l'équivalence est inférieure à 7, la base est donc une base faible.

2.a. La concentration molaire volumique de la base. Au point d'équivalence acido-basique : $C_B V_B = C_A V_{AE}$, $\Rightarrow C_B = \frac{C_A V_{AE}}{V_B} \Rightarrow C_B = \frac{0,2 \times 20}{40} = 0,1 \text{ mol/L}$

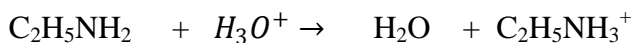
b. La formule brute de l'amine : la loi générale des amines est $C_n H_{2n+3} N$

La masse molaire moléculaire de l'amine : $M = 12n + 2n + 3 + 14 = 14n + 17$

$$C_B = \frac{n}{v} = \frac{m}{M \times v} \Rightarrow M = \frac{m}{C_B v} = \frac{9}{0,1 \times 2} = 45 \text{ g/mol}$$

$14n + 17 = 45 \Rightarrow n = 2$, la formule brute de l'amine est : C_2H_7N

3.a. L'équation bilan de la réaction entre l'amine et l'acide :



b. Les concentrations des espèces en solution.

➤ **Bilan des espèces :**

La solution renferme les espèces suivantes : $C_2H_5NH_2, C_2H_5NH_3^+$, H_3O^+ et OH^-

➤ $[H_3O^+] = 10^{-11,9} = 1,26 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$,

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{1,26 \times 10^{-12}} = 7,94 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

➤ **La neutralité électrique :** $[H_3O^+] + [C_2H_5NH_3^+] = [OH^-]$. la concentration des ions hydronium H_3O^+ est négligeable devant celle des ions hydroxyde OH^-

$$[C_2H_5NH_3^+] = [OH^-] = 7,94 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

➤ **Conservation de la matière.**

➤ $C_B = [C_2H_5NH_2] + [C_2H_5NH_3^+] \Rightarrow [C_2H_5NH_2] = C_B - [C_2H_5NH_3^+] = 9,2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

c. La constante K_a :

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \times [C_2H_5NH_2]}{[C_2H_5NH_3^+]} = 1,459 \times 10^{-11} \Rightarrow pK_a = -\text{Log } K_a = 10,83.$$

d. Graphiquement $pK_a = 10,8$ (c'est le pH à la demi-équivalence)

EXERCICE IV

On a tracé les courbes représentatives $\text{pH} = f(V_b)$ obtenues en mesurant le pH au cours de l'addition progressive d'un volume V_b d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 0,10 \text{ mol/L}$

- à 10 cm^3 d'une solution aqueuse d'un acide noté HA_1 ; courbe (1)

- à 10 cm^3 d'une solution aqueuse d'un acide noté HA_2 ; courbe (2)

1) L'observation de ces deux courbes permet-elle de prévoir sans calcul la force relative de ces acides étudiés ? Justifier brièvement votre réponse.

2) A l'aide du graphe déterminer les concentrations molaires initiales C_1 et C_2 des acides HA_1 et HA_2 et les concentrations molaires initiales de toutes les espèces présentes dans les deux solutions acides.

En déduire que l'un des acides est faible et que l'autre est fort.

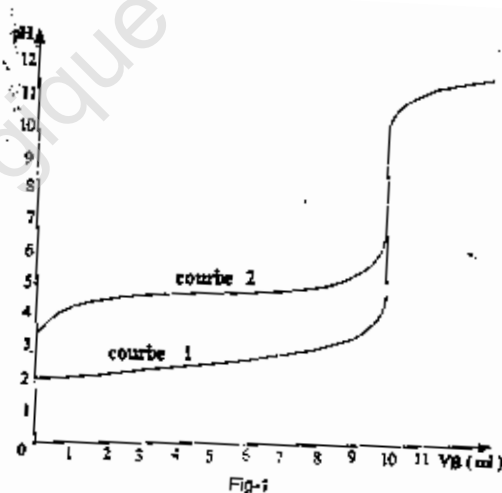
Calculer le pK_a de l'acide faible et comparer le résultat obtenu avec la valeur déduite de la courbe.

3/ Les deux courbes de dosage sont pratiquement au-delà de l'équivalence.

Pourquoi ?

4) Le tableau donne pour trois indicateurs colorés la zone de virage et

le changement de teinte observé lors de l'augmentation du pH. Quel indicateur coloré paraît le plus approprié à chaque dosage ? Justifier votre réponse.



Indicateur coloré	Zone de virage	Changement de teinte
Rouge de phénol	6,8 - 8,4	Jaune - Rouge
Phénolphthaléine	8,2 - 10	Incolore - pourpre
Jaune d'alizarine	10,1 - 12,1	Jaune - lilas

Corrigé

1. La force relative des acides:

Dans la courbe 1 on n'observe pas un point d'inflexion à la demi-équivalence. En plus, le point d'équivalence correspond à un pH-mètre, il s'agit du dosage d'un acide fort par une base forte : l'acide A_1H est un acide fort.

Dans la courbe 2, on observe un point d'inflexion à la demi-équivalence. Le point d'équivalence correspond à un pH supérieur à 7 ; il s'agit d'un dosage d'acide faible par une base forte. A_2H est donc un acide faible.

2. Calcul des concentrations C_1 et C_2 .

- Pour l'acide A_1H : $C_1V_1 = C_bV_{bE}$ d'après la courbe $V_{bE} = 10\text{Cm}^3$

$$\text{D'où la concentration } C_1 = \frac{C_bV_{bE}}{V_1} = \frac{10^{-2} \times 10}{10} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

La concentration des espèces en solution.

$$[H_3O^+] = 10^{-2} \text{ mol/L et } [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ mol/L}$$

- La neutralité : $[H_3O^+] = [OH^-] + [A_1^-]$

$$[A_1^-] = [H_3O^+] - [OH^-] = 10^{-2} - 10^{-12} = 10^{-2} \text{ mol/L,}$$

car les ions hydroxydes sont en défaut.

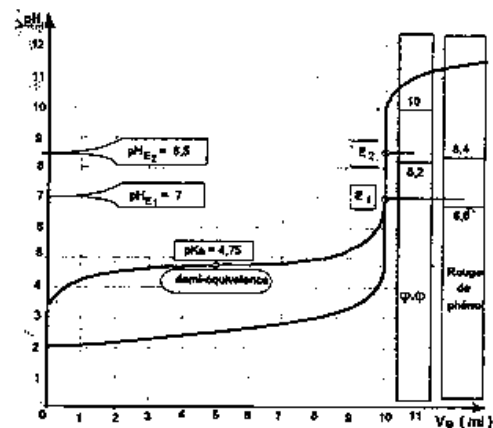
- Conservation de la matière.**

$$C_1 = [A_1H] + [A_1^-], \Rightarrow [A_1H] = C_1 - [A_1^-] = 10^{-2} - 10^{-2} = 0$$

L'acide A_1H est totalement dissocié : c'est un acide fort.

- Pour l'acide A_2H : $C_2V_2 = C_bV_{bE}$ avec $V_{bE} = 10\text{Cm}^3$ d'où $C_2 = \frac{C_bV_{bE}}{V_2} = 10^{-2} \text{ mol/L}$

Les concentrations des espèces en solution :



$$[H_3O^+] = 10^{-3,4} \frac{mol}{L} , [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-3,4}} = 10^{-10,6} mol/L$$

- La neutralité électrique : $[H_3O^+] = [OH^-] + [A_2^-]$
 $[A_2^-] = [H_3O^+] - [OH^-] = 10^{-3,4} mol/L$

- **Conservation de la matière.**

$$C_2 = [A_2H] + [A_2^-] \Rightarrow [A_2H] = C_2 - [A_2^-] = 9,6 \cdot 10^{-3} mol/L$$

- Le coefficient d'ionisation de A_2H

$$\alpha = \frac{[A_2^-]}{C_2} = \frac{10^{-3,4}}{10^{-2}} = 4\%$$

L'acide A_2H n'est pas totalement dissocié, il est donc faible. De plus on remarque que

$[H_3O^+] < C_2$, ce qui signifie la dissociation partielle de cet acide.

- Le pKa du couple de l'acide A_2H

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A_2^-]}{[A_2H]} = 1,65 \cdot 10^{-5} , \text{ puis } pK_a = -\text{Log} K_a = 4,78$$

On peut déterminer le pKa de l'acide A_2H à partir de la courbe : c'est la valeur du pH à la demi-équivalence.

Sur la courbe pour $V_b = V_{bE} = 5 \text{ mL}$; on lit $pK_a = 4,75$, la valeur du pKa déterminée graphiquement et numériquement est identique.

3. Au-delà de l'équivalence, la solution est basique. Au fur et à mesure que l'on verse la soude, le pH augmente et tend vers une base forte.

$$pH = 14 + \text{Log} C_b ; pH = 14 + \text{Log} 10^{-2} = 12$$

4. Pour chaque dosage, il faut choisir un indicateur coloré, de façon que le point à l'équivalence se rapproche le maximum possible du milieu de la zone de virage de l'indicateur.

Pour l'acide A_1H on peut choisir le rouge de phénol : $pH = 7$

Pour l'acide A_2H on peut choisir le phénolphtaléine : $pH = 9$

PARTIE III :

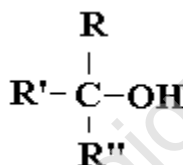
CHIMIE ORGANIQUE LES FONCTIONS OXYGENEES ET AZOTEES

1) Les alcools

a) Définition

Un alcool est un composé dont la molécule comporte le **groupe hydroxyde -OH** lié à un atome de carbone ne formant que des liaisons simples avec des atomes de carbone ou d'hydrogène.

Formule générale:



R, R' et R'' sont des groupes alkyles ou des atomes d'hydrogène.

Formule brute: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

b) Nomenclature:

Le nom d'un alcool est obtenu à partir de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le suffixe -e de l'alcane par le suffixe -ol.

Exemple: méthanol $\text{CH}_3\text{-OH}$; éthanol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

c) Classes des alcools

- Il existe trois classes d'alcools: les alcools primaires, les alcools secondaires et les alcools tertiaires.

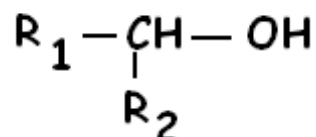
a. Alcool primaire

Un alcool est dit primaire lorsque le carbone porteur du groupement -OH n'est lié qu'à un seul atome de carbone au plus. La formule générale des alcools primaires est **R-CH₂-OH** ou **R** est un groupe alkyle ou hydrogène.

Exemple : $CH_3 - OH$ méthanol $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ propan-1-ol

b. Alcool secondaire

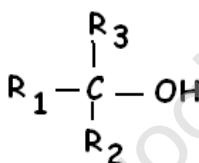
Un alcool est dit secondaire lorsque le carbone porteur du groupement $-OH$ est lié à deux atomes de carbone. La formule générale des alcools secondaires est:



Exemple : $CH_3 - CH(OH) - CH_3$ propan-2-ol

c. Alcool tertiaire

Un alcool est dit tertiaire lorsque le carbone porteur du groupement $-OH$ est lié à trois atomes de carbone. La formule générale des alcools tertiaires est:

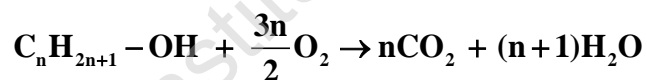


Exemple : $CH_3 - (CH_3)C(OH) - CH_3$ méthylpropan-2-ol

B) Réactivité des alcools

1) Combustion des alcools

La combustion complète des alcools donne du dioxyde de carbone et de l'eau.

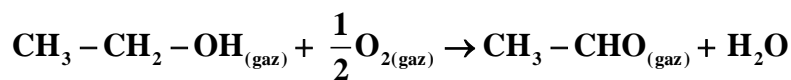


2) Oxydation ménagée des alcools

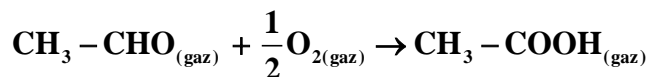
2.1) Oxydation ménagée des alcools primaires

L'oxydation ménagée des alcools primaires peut se faire en deux étapes. L'alcool est d'abord transformé en aldéhyde qui à son tour est oxydé en acide carboxylique.

Équation : Oxydation de l'éthanol en éthanal.

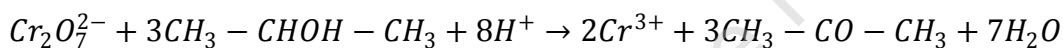
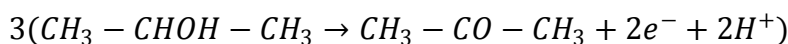


Oxydation de l'éthanal en acide éthanoïque.



2.2) Oxydation ménagée des alcools secondaires

L'oxydation ménagée des alcools secondaires par le dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu acide se fait en une seule étape et conduit à une cétone.

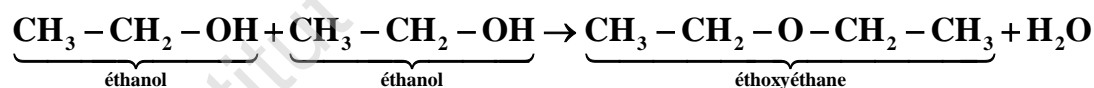


Remarque: Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée.

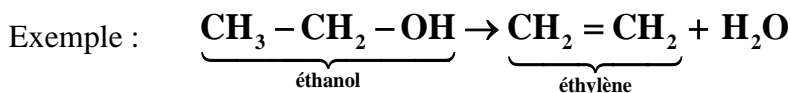
3) Déshydratation des alcools

- La déshydratation intermoléculaire de deux alcools conduit à un éther et de l'eau.

Exemple :



- La déshydratation intramoléculaire d'un alcool conduit à un alcène et de l'eau.

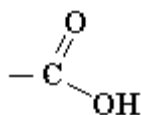


4) Tests d'identification des aldéhydes et des cétones

REACTIFS	EXPERIENCES	Resultats du test	
		CETONE	ALDEHYDES
DNPH	-Preparer deux tubes à essai contenant respectivement environ 1mL de DNPH. -Ajouter dans le premier tube quelques gouttes de la solution d'éthanal. -Ajouter dans le second tube quelques gouttes de propanone. -Observer.	Précipité Jaune orangé	Précipité jaune orangé
réactif de Schiff	-Preparer deux tubes à essai contenant respectivement environ 1mL de réactif de Schiff. -Ajouter dans le premier tube quelques gouttes de la solution d'éthanal. -Ajouter dans le second tube quelques gouttes de propanone. -Observer.	-	La solution devient rose violacée
liqueur de Fehling	-Dans un tube à essai, verser environ 2mL de liqueur de Fehling. Ajouter environ 1mL de la solution d'éthanal. -Tiédir légèrement à la flamme du bec Bunsen en maintenant le tube avec une pince en bois. -Observer.	-	Formation d'un précipité rouge brique
Réactif de Tollens	Ajouter environ 1mL de la solution d'éthanal dans le tube contenant le réactif de Tollens et placer au bain marie une dizaine de minutes.	-	Dépôt d'argent sur les parois du tube: miroir d'argent

2) Les acides carboxyliques:

Le terme **acide carboxylique** désigne une **molécule** comprenant un **groupement carboxyle** :



Ce groupe est composé d'un **atome de carbone**, lié par une **double liaison** à un atome **d'oxygène** et lié par une liaison simple à un groupe **hydroxyde**.

- **Formule générale :**

R-COOH	R : groupe alkyle ou hydrogène
---------------	--------------------------------

- **Formule brute:** $C_nH_{2n}O_2$

- **Nomenclature**

- **Systématique:** Le nom de l'acide est obtenu à partir de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le suffixe -e de l'alcane par le suffixe « -oïque », et en le faisant précéder de "acide".

Exemple : CH_3COOH acide éthanoïque ; $CH_3 - CH(CH_3)COOH$ acide méthylpropanoïque

3) Les aldéhydes

Un aldéhyde est un composé organique, faisant partie de la famille des composés carbonylés, dont l'un des atomes de carbone primaire (relié au plus à 1 atome de carbone) de la chaîne carbonée porte un groupement carbonyle : C=O

Formule générale:

$\begin{array}{c} H - C = O \\ \\ R \end{array}$	R : Un groupe alkyle ou hydrogène
--	-----------------------------------

Groupement fonctionnel: H-C=O

Formule brute : $C_nH_{2n}O$

Nomenclature :

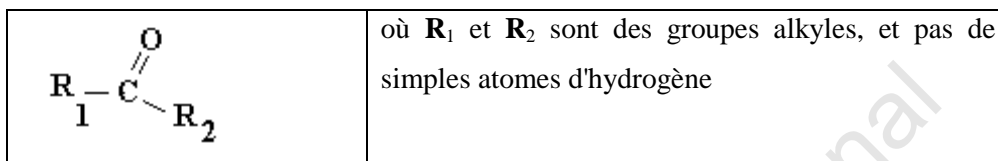
Le nom de l'aldéhyde est obtenu à partir de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le suffixe -e de l'alcane par le suffixe "al". (Jamais de numéro, car le groupement fonctionnel est toujours en bout de chaîne).

Exemple : CH_3CHO éthanal ; $CH_3 - CH(CH_3)CHO$ méthylpropanal

4) Les cétones

Une **cétone** est un composé organique, faisant partie de la famille des composés **carbonylés**, dont l'un des carbones porte un groupement carbonyle.

Formule générale :



Formule brute: $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$

Nomenclature

Le nom de la cétone s'obtient en remplaçant le suffixe -e de l'alcane correspondant ($n \geq 3$) par le suffixe

-one, en précisant la place de la liaison carbonyle dans la chaîne carbonée

Exemple : $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$ propanone ; $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ 4-méthylpentan-2-one

6) éther- oxydes

Les **éther-oxydes**, appelés aussi plus simplement **éthers**, sont des substances chimiques, de la forme

R-O-R', où **R** et **R'** sont deux groupes alkyles.

Formule brute: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

Nomenclature

En ce qui concerne les éthers non cycliques : par rapport à l'oxygène central, la chaîne alkyle la plus longue est utilisée en suffixe et l'autre chaîne en préfixe.

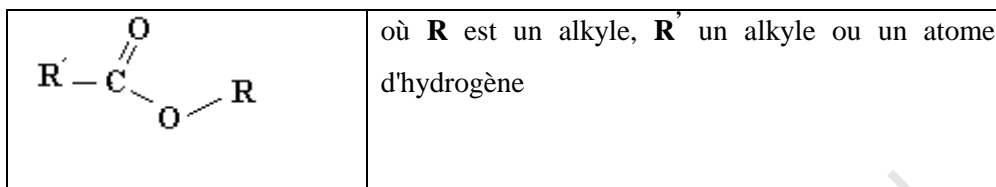
Exemple : $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ méthoxyéthane ; $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 1-éthoxypropane

7) Ester

La fonction **ester** désigne un groupement d'atomes formé d'un atome de **carbone** lié

simultanément à un atome d'**oxygène** par une double liaison, à un groupement **O-R** et à un atome H ou groupement R'.

-Formule générale :



Formule brute: $C_nH_{2n}O_2$

Nomenclature

Le nom d'un ester comporte deux termes :

1. le premier, qui se termine en *-oate*, désigne la chaîne principale qui provient de l'acide carboxylique. Elle est liée au carbone et est numérotée quand c'est nécessaire à partir de celui-ci.
2. le second, qui se termine en *-yle*, est le nom du groupe alkyle provenant de l'alcool. Cette chaîne est numérotée à partir de l'atome de carbone lié à l'atome d'oxygène de la fonction ester.

Exemple : $HCOO - CH_3$ méthanoate de méthyle ; $CH_3 - COO - CH(CH_3) - CH_3$ éthanoate de méthyléthyle

8) Isomérisation

En chimie organique, on parle d'isomérisation lorsque deux molécules possèdent la même formule brute mais ont des formules semi - développées ou des formules développées différentes.

On distingue différentes isomérisations, principalement l'isomérisation de constitution et la stéréo-isomérisation (isomérisation de configuration et isomérisation de conformation).

8.1. L'isomérisation de constitution

Elle comprend :

a. L'isomérisation de chaîne(ou de squelette)

L'isomérisation de chaîne désigne les isomères qui **diffèrent par leur chaîne carbonée** (squelette).

Exemple : C_5H_{12} $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ pentane

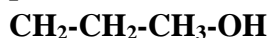
$CH_3 - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$ 2-méthylbutane

b. L'isomérisation de position

Les isomères de position sont des isomères de constitution qui ont la même chaîne carbonée, mais diffèrent par l'implantation, le long de cette chaîne, d'un même groupe fonctionnel.

Exemple : C_3H_7OH

propan-1-ol



propan-2-ol



c. L'isomérisation de fonction

Les isomères de fonction sont des isomères de constitution qui diffèrent par la nature du groupe fonctionnel présent dans leur molécule.

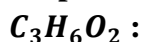
Exemples :



éthanol (Alcool)



Propanal (aldéhyde)



Acide propanoïque (acide carboxylique)

Ethanoate de méthyle (ester)

méthoxyméthane (éthers-oxyde)



Propanone (cétone)

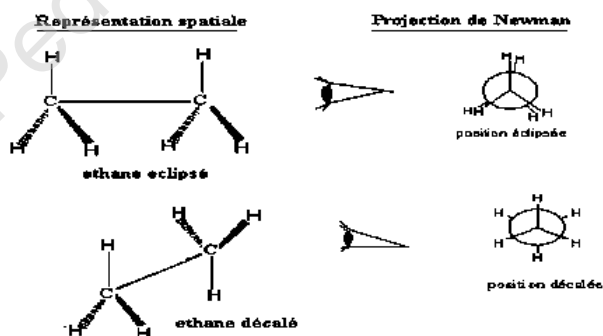
8.2. La stéréo-isomérisation

Deux corps sont stéréo-isomères lorsqu'ils ont la même formule plane, mais des structures spatiales différentes.

a. Stéréo- isomérisation de conformation :

On appelle conformation d'une molécule, les différentes structures spatiales qu'elle peut prendre par suite de rotation autour de ses liaisons simples.

Deux molécules identiques dans des conformations différentes sont appelées stéréo-



isomères de conformation.

b. Stéréo- isomérisation de configuration :

Si la disposition spatiale des atomes est fixe, un isomère ne peut pas se transformer spontanément en un autre. On peut isoler les isomères. On distingue :

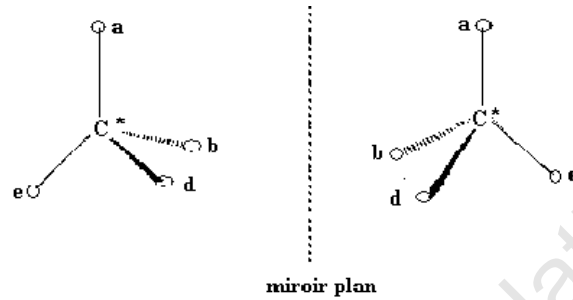
b-1 L'énantiomère :

Des **énantiomères** sont des molécules isomères images l'une de l'autre dans un miroir,

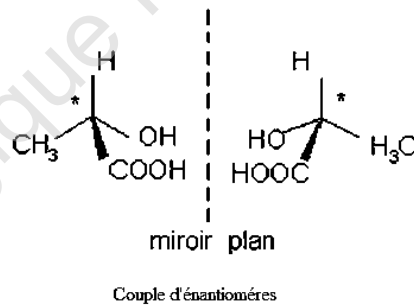
mais **non superposables**.

Une molécule ayant deux énantiomères est dite **chirale**. La chiralité est due à la présence d'un atome de carbone asymétrique.

Un atome de carbone asymétrique, est un atome de carbone tétraédrique portant quatre atomes ou quatre groupes d'atomes tous différents. On le repère habituellement avec un astérisque C*.



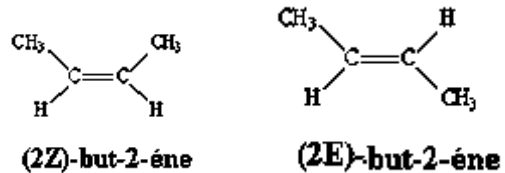
Exemple: $\text{CH}_3\text{-C}^*\text{H(OH)-COOH}$ acide lactique



b-2 Diastéréoisomérisation de configurations *Z* et *E*

Lorsque, sur chacun des deux côtés d'une **double liaison**, on trouve deux groupes différents, on distingue deux configurations : *Z* et *E*. La libre rotation autour de la double liaison n'est pas possible, du fait de la présence d'une **liaison π** : il en résulte une molécule plane ayant deux configurations possibles.

La configuration *Z* La configuration *E*



9) Les Amines

On appelle amines les composés obtenus à partir de la molécule d'ammoniac NH_3 , par substitution d'un, de deux ou de trois groupes alkyles à un, deux ou trois atomes d'hydrogène.

Formule générale : $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$

Classes d'amine :

- **Amine primaire :** Une amine est dite primaire si l'atome d'azote est lié au plus à un seul atome de carbone (R-NH_2).

Nomenclature

Le nom de l'amine primaire dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison -e par amine

Exemple : $\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ méthanimine (méthylamine) ; $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_3$ propan-2-amine

- **Amine secondaire :**

Une amine est dite secondaire si l'atome d'azote est lié à deux atomes de carbone ($\text{R-NH-R}'$).

Nomenclature :

La chaîne la plus longue contenant le groupe -NH donne le nom de l'amine primaire correspondante, ce nom est précédé du nom du groupement alkyle correspondant à la chaîne la plus courte, ce nom est précédé de la lettre N.

Exemple : $\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ N-méthyléthanimine
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ N-éthyléthanimine

- **Amine tertiaire :**

Une amine est dite tertiaire si l'atome d'azote est lié à trois atomes de carbone ($\text{N(R}'\text{)-R}''$).

Nomenclature :

Lorsqu'une amine tertiaire a deux substituants identiques, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amine du nom d'un substituant, précédé du préfixe N,N- di et suivi d'un tiret. Si les substituants sont différents, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amine du nom des substituants, précédé de l'indice N- cités dans l'ordre alphabétique, séparés par un espace, le dernier étant suivi d'un tiret.

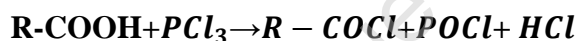
Exemple : $\text{CH}_3 - \text{N}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{C}_3\text{H}_7$ N-éthyl-N-méthylpropanamine
 $\text{CH}_3 - \text{N}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ N,N-diméthylméthanimine

LES DERIVES D'ACIDES CARBOXYLIQUES

➤ Les chlorures d'acyles :

Obtention :

On peut les obtenir par l'action sur un acide carboxylique de :



Nomenclature :

Le nom du chlorure d'acide est le nom de l'acide dont il dérive dans lequel on remplace la terminaison «**oïque**» par la terminaison «**oyle**» et le mot «**acide**» par le mot «**chlorure**».



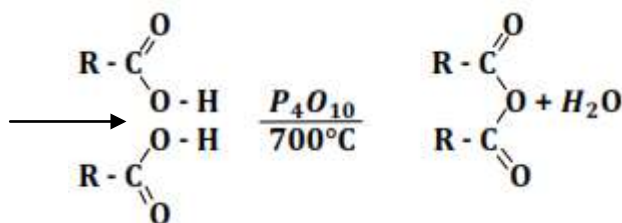
Acide éthanoïque

chlorure d'éthanoyle

➤ L'anhydride d'acide :

Obtention :

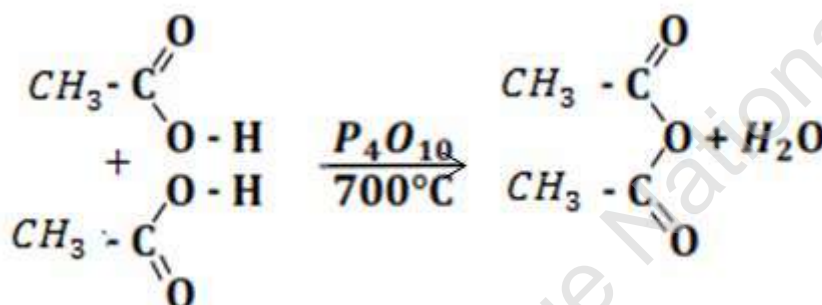
Ils proviennent de la déshydratation intermoléculaire de deux molécules d'acide carboxylique.



Nomenclature :

- Si les deux molécules d'acides sont identiques, le nom de l'anhydride est le nom de l'acide dans lequel le mot « **acide** » est remplacé par le mot « **anhydride** ».
- Si les deux molécules d'acides sont différentes, le nom de l'anhydride est de la forme : « **anhydride alcanoïque alcanoïque** »

Exemple :



Acide éthanoïque

Anhydride éthanoïque

➤ Amides

Définition et classes : Les amides sont des dérivés d'acides carboxyliques obtenus en remplaçant le groupement hydroxyde $-OH$ par un groupement amine.

Les amides primaires peuvent être :

- non substitués de formule semi-développée : RCONH_2
- monosubstitués de formule semi-développée : RCONHR_1
- disubstitués de formule semi-développée : RCONR_1R_2
- Nomenclature :

Le nom des amides primaires non substitués est celui de l'acide carboxylique dont ils dérivent dans lequel on remplace la terminaison « **oïque** » par la terminaison « **amide** » et on supprime le mot « **acide** ».

Exemple : $\text{CH}_3\text{COONH}_2$ éthanamide

Les amides primaires monosubstitués sont nommés en faisant précéder le nom de l'amide de la lettre N suivie du nom du groupe substituant.

$CH_3 - CH_2 - COONH(CH_3)$ N-méthylpropanamide

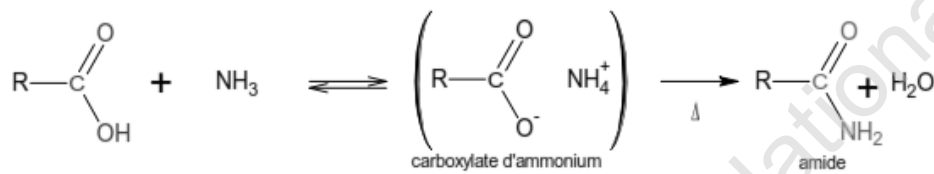
Exemples de nomenclatures d'amides disubstitués :

$CH_3 - CH_2 - COON(C_2H_5)(CH_3)$ N-éthyl-N-méthylpropanamide

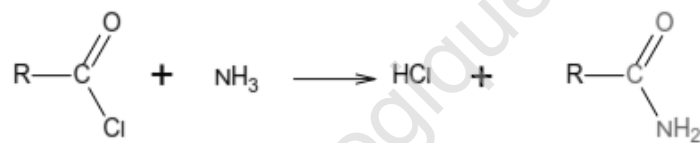
$CH_3 - CH_2 - COON(CH_3)(CH_3)$ N,N-méthylpropanamide

➤ Préparation

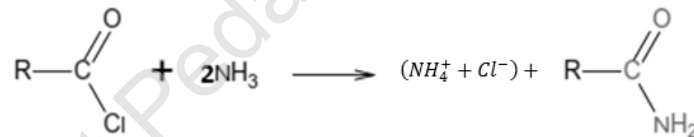
- A partir d'un acide carboxylique



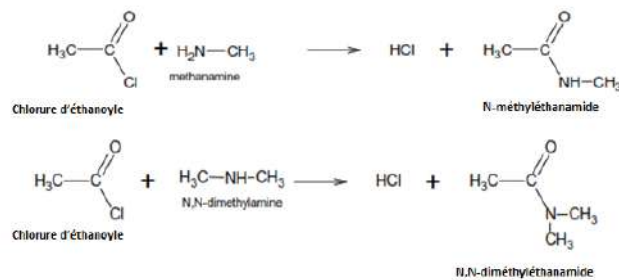
-A partir d'un chlorure d'acyle



Si le HCl ne se dégage pas :



-Pour obtenir un amide substitué on utilise à la place de l'ammoniac une amine primaire ou secondaire.



-Action de l'ammoniac sur un anhydride d'acide

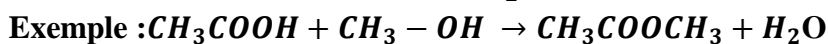
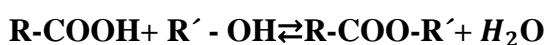


➤ Estérification et hydrolyse de l'ester :

Estérification :

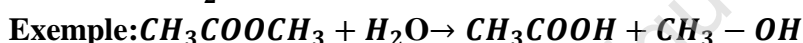
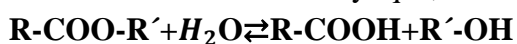
L'estérification est la réaction entre un acide carboxylique R-COOH et un alcool R'-OH .

Cette réaction conduit à un ester R-COO-R' et de l'eau H_2O suivant l'équation :



Hydrolyse de l'ester :

La réaction inverse entre l'ester et l'eau se produit simultanément et conduit à un alcool et à un acide carboxylique, elle est appelée hydrolyse de l'ester.



L'estérification et l'hydrolyse sont des réactions lentes, limitées et athermiques

➤ Influence de certains facteurs sur les réactions d'estérification et d'hydrolyse des esters :

Ces facteurs peuvent modifier la vitesse de réaction ou la composition du milieu réactionnel à l'équilibre.

Une élévation de la température du milieu réactionnel augmente la vitesse de réaction.

L'équilibre est atteint plus rapidement sans que la composition finale à l'équilibre soit modifiée.

- Influence d'un catalyseur :

Les ions oxonium (H_3O^+ ou plus simplement H^+) catalysent aussi bien la réaction d'estérification que la réaction inverse. Ils sont fréquemment introduits dans le milieu réactionnel par l'acide sulfurique.

Ce catalyseur permet d'atteindre plus rapidement l'état d'équilibre sans changer la composition du milieu réactionnel à l'équilibre.

- Influence de la concentration : (composition initiale)

La composition finale d'un système à l'équilibre dépend de la composition initiale de ce système. On observe que, plus la quantité de matière de l'un des réactifs est importante plus la quantité d'ester formé est grande. Même chose pour la réaction d'hydrolyse de l'ester.

- Influence de la nature des réactifs :

Le rendement de l'estérification ne dépend pratiquement pas de la nature de l'acide carboxylique utilisé mais dépend fortement de la classe de l'alcool utilisé. Ainsi pour des mélanges initiaux équimolaires en acide carboxylique et alcool, le rendement de l'estérification est de :

$\rho = 67\%$	Pour un alcool primaire
$\rho = 60\%$	Pour un alcool secondaire
$\rho = 10\%$	Pour un alcool tertiaire

Pour des mélanges initiaux équimolaires en ester et eau, le rendement d'hydrolyse est de :

$\rho = 33\%$	Pour un alcool primaire
$\rho = 40\%$	Pour un alcool secondaire
$\rho = 90\%$	Pour un alcool tertiaire

- Calcul du rendement ρ :

- Pour l'estérification :

$$\rho = \frac{n_{(ester)_{\acute{e}q}}}{n_{(acide)_0}}$$

- Pour l'hydrolyse :

$$\rho = \frac{n_{(acide)_{\acute{e}q}}}{n_{(ester)_0}}$$

- Déplacement de l'équilibre chimique :

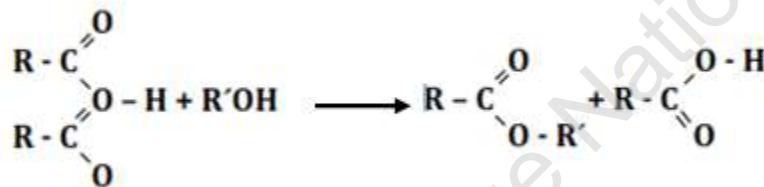
Pour déplacer l'équilibre chimique dans le sens d'un meilleur rendement en ester, on peut :

- Introduire l'un des réactifs en excès.
- Extraire l'ester ou l'eau au furet à mesure de leur formation.

- **Remplacer l'acide par l'un de ces dérivés :** le chlorure d'acyle ou l'anhydride d'acide.
- **Estérification d'un alcool par un dérivé d'acide (estérification indirecte) :**
 - **Par un chlorure d'acyle :** Les chlorures d'acyle réagissent avec les alcools de façon rapide, totale et très exothermique, pour donner un ester et du chlorure d'hydrogène.



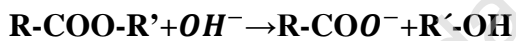
- **Par un anhydride d'acide :** Les anhydrides d'acide sont moins réactifs que les chlorures d'acyle, mais nettement plus que les acides avec les alcools pour former un ester et l'acide dont ils dérivent, suivant la réaction totale d'équation



➤ Saponification :

- Avec un ester :

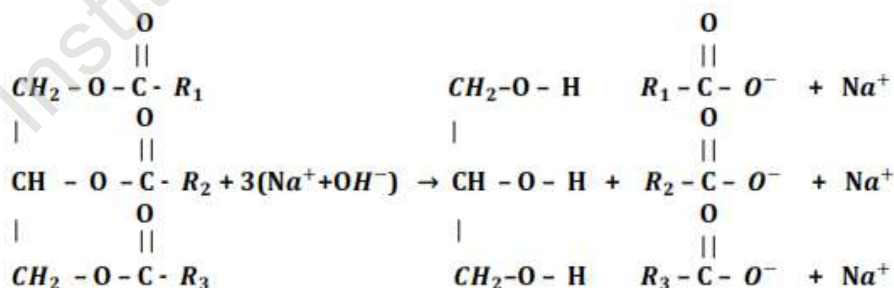
La saponification d'un ester résulte de l'action des ions hydroxyde OH^- (**base forte**) sur cet ester ; elle donne un alcool et un ion carboxylate selon l'équation-bilan.



- Avec un triester.

Les corps gras liquides (**huiles**) ou solides (**graisses**) sont constitués essentiellement de triesters du glycol.

La saponification d'un triester du glycol donne du glycérol et trois ions carboxylates selon l'équation-bilan :



EXERCICES

EXERCICE I

On dispose de deux monoalcools saturés A et B de masse molaire $M = 74 \text{ g/mol}$. Par oxydation ménagée au dichromate de potassium en milieu acide, A donne un produit A' et B donne un produit B'.

A' et B' donne des cristaux jaunes avec la 2,4 - DNPH. Seul A' réagit avec la liqueur de fehling.

- 1) Donner la formule brute des alcools A et B.
- 2) Donner les noms et les formules semi - développées possibles pour A', B', A et B.
3. Donner le nom et la formule semi - développée de l'alcool ayant la même formule brute que A et B mais ne pouvant pas subir d'oxydation ménagée.
4. L'alcool A par oxydation ménagée avec le dichromate de potassium en excès donne A'' qui est l'acide 2-méthylpropanoïque.
 - 4.1 Donner le nom de l'alcool A.
 - 4.2 Ecrire les équations - bilans permettant de passer de A à A', puis de A' à A''.
5. L'alcool A a été préparé par hydratation du méthylpropène en présence d'acide sulfurique.
 - 5.1 Ecrire l'équation - bilan de cette réaction.
 - 5.2 En plus de A, donner la formule semi - développée et le nom de l'alcool qui peut se former.

On donne la masse molaire atomique en g/mol : C : 12 ; H : 1 ; O : 16

Corrigé

1) La formule brute de A et B

Formule générale des alcools : $C_n H_{2n+2} O$

$$M = 12n + (2n + 2) + 16 = 14n + 18 = 74$$

$$14n = 74 - 18$$

$$n = \frac{74 - 18}{14} = 4$$

Formule brute de A et B : $C_4H_{10}O$

2) Les noms et formules semi-développées possibles A' ,B' ,A et B.

A' et B' réagissent avec la 2,4 DNPH. A' et B' possèdent une fonction carbonyle



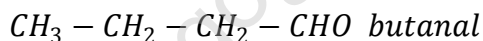
A' réagit avec la liqueur de Fehling tandis que B' ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.

A' est un aldéhyde.

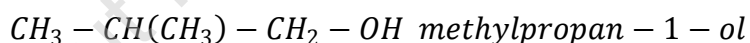
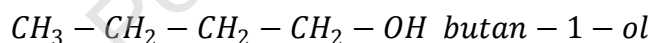
B' est une cétone.

A' provient de l'oxydation d'un alcool primaire.

Les formules semi-développées de A' :



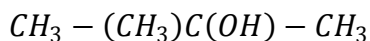
Les formules semi-développées de A :



B' provient de l'oxydation d'un alcool secondaire



3) Formule semi-développée de l'alcool ayant la même formule brute que A et B mais ne pouvant pas subir l'oxydation ménagée est un alcool tertiaire



Methylpropan -2-ol

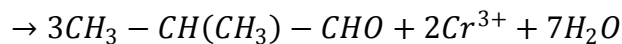
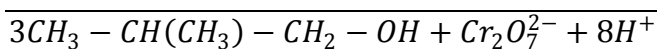
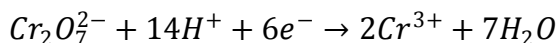
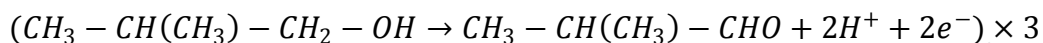
4) 4.1- $A' \xrightarrow{\text{Oxydation}} A''$ (l'acide 2 - methylpropanoïque)

A : alcool primaire

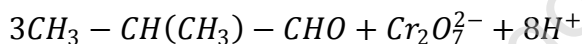
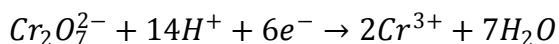
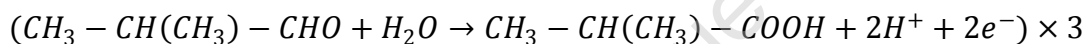
A est le methylpropan-1-ol

4.2-Les équations bilans

➤ Le passage de A à A'

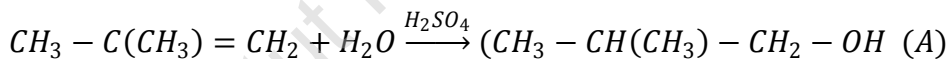


➤ Le passage de A' et A''

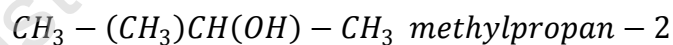


5)

5.1) L'équation-bilan



5.2) En plus de A on a :



- ol selon la règle de MARKOVNIKOV

EXERCICE II

A- Un ester E provient de l'action d'un acide carboxylique saturé A sur un monoalcool saturé B.

1- B peut être obtenu par hydratation d'un alcène. L'hydratation de 2,8g d'alcène produit 3,7 g de monoalcool.

Montrer que la formule brute de B est $C_4H_{10}O$, puis déterminer les formules semi-développées possibles de B. Les nommer.

2- L'oxydation ménagée de B donne un composé qui réagit avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH) mais qui ne réagit pas avec la liqueur de Fehling. Quelle est la formule semi-développée de B?

3- On dose un volume $v = 10$ mL d'une solution contenant 0,40 g de l'acide A avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C = 0,500$ mol/L. Il faut verser 17,5 mL de cette solution pour obtenir l'équivalence.

En déduire la formule semi-développée et le nom de A.

4- Écrire l'équation-bilan de la réaction entre A et B. Donner la formule semi-développée et le nom de E.

B- Afin d'étudier quelques propriétés chimiques de l'acide méthanoïque, on procède aux expériences suivantes.

1 .On fait réagir sur l'acide méthanoïque un agent chlorurant PCl_5 .

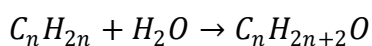
Écrire l'équation-bilan de la réaction et nommer le composé organique obtenu.

2- On fait agir sur l'acide méthanoïque un déshydratant puissant, le P_4O_{10} . Écrire l'équation-bilan de la réaction et nommer le composé organique obtenu.

3- On fait agir sur l'acide méthanoïque l'ammoniac. Le composé obtenu est ensuite déshydraté par un chauffage prolongé. Écrire l'équation-bilan de la réaction et nommer le composé organique obtenu.

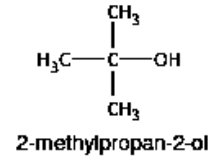
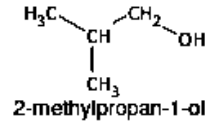
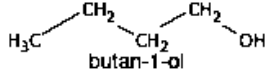
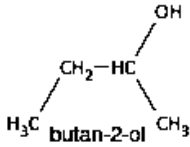
Corrigé

A-1) Montrons que la formule brute de B est $C_4H_{10}O$



$$n_1(C_nH_{2n}) = n_2(C_nH_{2n+2}O) \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow \frac{2,8}{14n} = \frac{3,7}{14n + 18} \Rightarrow n = 4$$

Les isomères de B :



2) La formule semi-développée de B

B est le butan-2-ol (voir ci-dessus)

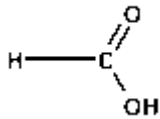
3) Formule semi-développée et le nom de A :

A est un acide carboxylique de formule brute $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ et de masse molaire $M_A = 14n + 32$

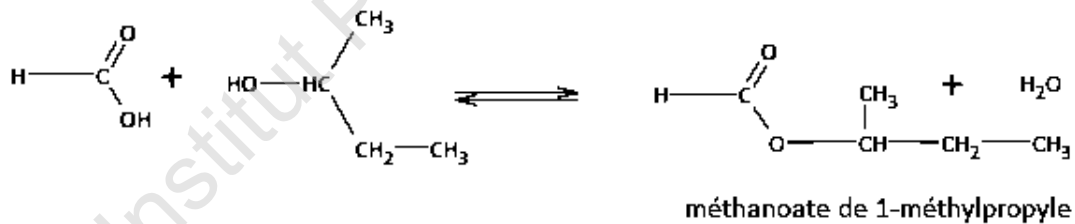
A l'équivalence : $n_A = n_B$

$$\frac{m_A}{M_A} = CV \Rightarrow \frac{0,4}{14n + 2} = 0,5 \times 17,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow n = 1$$

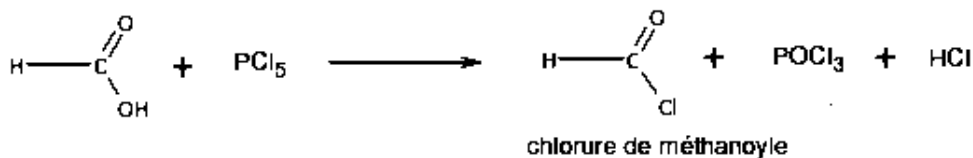
D'où $A \Leftrightarrow \text{HCOOH}$, donc A est l'acide méthanoïque de formule semi-développée :



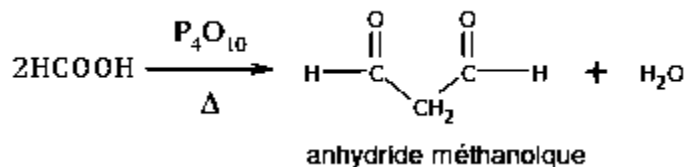
4) Équation-bilan de la réaction entre A et B et la formule semi-développée et le nom de E



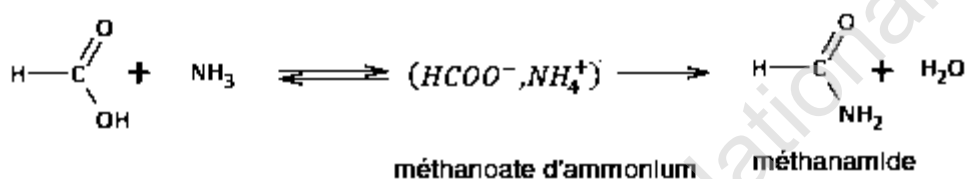
B-1) Action de PCl_5 sur l'acide méthanoïque et le nom du composé obtenu:



2) Réaction entre l'acide méthanoïque et le P_4O_{10} et le nom du composé obtenu :



3) Réaction entre l'acide méthanoïque et l'ammoniac et le nom du composé obtenu :



EXERCICE III

Un alcool saturé A, à chaîne-carbonée linéaire, a pour formule brute $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.

- 1) Quels sont les isomères possibles (en se limitant aux alcools à chaîne carbonée linéaire) ? Donner leurs formules semi-développées et leurs noms.
- 2) On oxyde de façon ménagée une masse $m = 0,80$ g de A par une solution acidifiée de permanganate de potassium de concentration $0,50$ mol/L. On obtient un composé organique B qui réagit à chaud avec la liqueur de Fehling pour donner, en particulier, un précipité rouge brique.
 - a) Quels sont la formule et le nom du composé organique B ?
 - b) Préciser la fonction chimique et le nom de A.
 - c) Écrire l'équation bilan de l'oxydation ménagée de A en B par la solution acidifiée de permanganate de potassium.
 - d) Quel volume minimal de solution oxydante de concentration $0,50$ mol/L a-t-on utilisé pour oxyder une masse $m = 0,80$ g de A ? Données : $M(\text{C})=12\text{g/mol}$; $M(\text{H})$

=1g/mol; M(O) = 16g/mol

3) Cette question peut être traitée sans que la formule de l'alcool soit connue.

On notera cette formule R-OH.

On introduit $2 \cdot 10^{-2}$ mol de A ainsi que 0,92 g d'acide méthanoïque dans un tube scellé qui est dans une étuve. Après 20 minutes, on dose l'acide méthanoïque restant à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 1mol/L.

L'équivalence est obtenue après addition de 12mL de la solution d'hydroxyde de sodium.

a) Écrire l'équation bilan de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'alcool A.

Nommer le corps organique formé.

b) Déterminer le pourcentage de l'alcool A qui a réagi avec l'acide méthanoïque au bout de 20 minutes. Conclure.

Corrigé

1) Les formules semi-développées des isomères de A

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ Pentan-1-ol
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$ Pentan-2-ol
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Pentan-3-ol

2) a) Le corps B donne un test positif avec la liqueur de Fehling, le composé B est alors un aldéhyde de formule semi-développée et de nom :

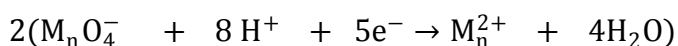
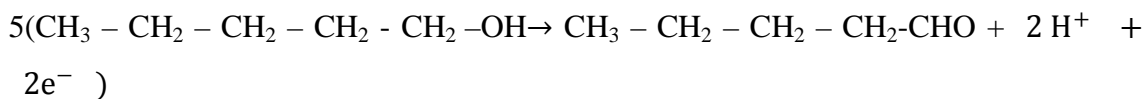
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ le pentanal.

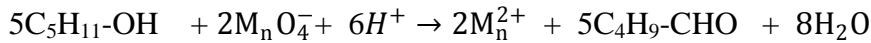
b) L'alcool A dont l'oxydation ménagée conduit à la formation de B est :

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ pentan-1-ol

Fonction: alcool

c) les demi-équations électroniques et l'équation bilan de l'oxydation de A :





d) Le volume de permanganate de potassium utilisé pour oxyder la masse m

D'après l'équation bilan :

$$\frac{n(\text{MnO}_4^-)}{2} = \frac{n(\text{A})}{5} \Rightarrow \frac{C \cdot V}{2} = \frac{m}{5M_A} \Rightarrow V = \frac{2m}{5CM_A} = 7,27 \cdot 10^{-3} \text{L}$$

3)a) La réaction d'estérification



Le corps obtenu est le méthanoate de pentyle

b) Le pourcentage de l'alcool A.

$$\rho = \frac{n(\text{al})_r}{n(\text{al})_0} = \frac{n(\text{ac})_r}{n(\text{al})_0} = \frac{n(\text{ac})_0 - C_B V_{bE}}{n(\text{al})_0} = \frac{\frac{m}{M} - C_B V_{bE}}{n(\text{al})_0} = 40\%$$

EXERCICE IV

1) Un monoalcool saturé A, a pour masse molaire $M(\text{A}) = 74 \text{ g/mol}$.

a) Quelle est sa formule brute ?

b) L'oxydation ménagée de A par une solution de dichromate de potassium en milieu acide conduit à un composé B qui réagit avec la 2,4-DNPH mais sans action sur la liqueur de Fehling et sur le nitrate d'argent. En déduire la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.

c) Montrer que A possède deux énantiomères. Les représenter.

d) Écrire l'équation bilan de l'oxydation ménagée de A par le dichromate de potassium en milieu acide. Donner le nom de B.

2) L'action d'un monoacide carboxylique saturé R-COOH sur l'alcool A conduit à un corps E de formule brute $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$.

- a) De quel type de réaction s'agit-il ? Quelles sont ses caractéristiques ? Quel serait l'effet d'une élévation de température sur cette réaction ?
- b) Ecrire l'équation-bilan générale de cette réaction.
- c) En déduire la formule développée et le nom de l'acide utilisé.
- d) Donner le nom et la formule semi-développée du corps E formé.

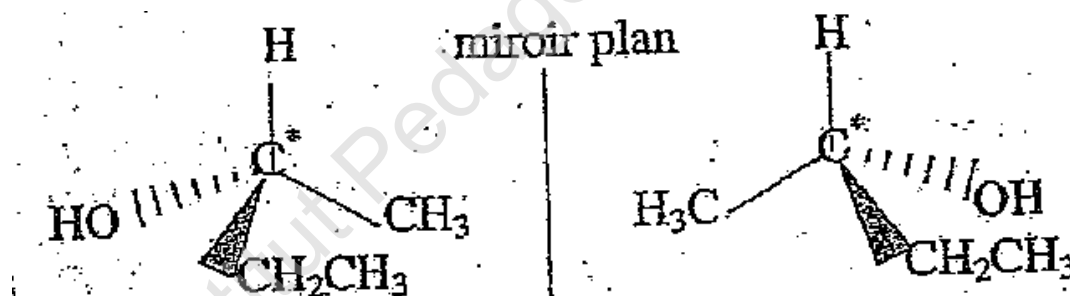
Corrigé

1.a. La formule brute de l'alcool. $C_nH_{2n+2}O$

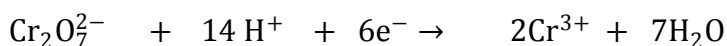
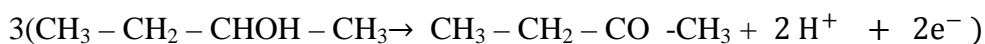
$$14n + 18 = 74 \quad , \quad 14n = 74 - 18 \Rightarrow n = 4 \text{ d'où la formule brute est } C_4H_{10}O$$

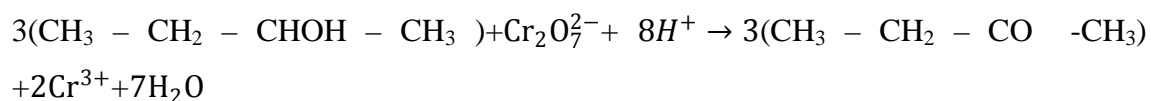
b. l'alcool A dont l'oxydation ménagée conduit à une cétone c'est donc un alcool secondaire de formule semi-développée : $CH_3 - CH_2 - CHOH - CH_3$, butan-2-ol

c. A possède un carbone asymétrique, il est donc dédoublable en deux énantiomères de formules spatiales.



D. L'équation bilan de l'oxydation ménagée est





Le corps B qui résulte de cette oxydation est le **butanone**

2. a. Il s'agit d'une réaction d'estérification ; elle est lente, limitée et athermique.

L'élévation de la température accélère la réaction.

b. L'équation de la réaction est :



c. l'acide utilisé est l'acide méthanoïque de formule : HCOOH

d. le nom du corps E est : Méthanoate de 1-méthyléthyle dont la formule semi-développée :



PARTIE PHYSIQUE

Institut Pedagogique National

I - REPERAGE D'UN MOUVEMENT D'UN POINT

1- L'étude d'un mouvement : elle nécessite la désignation d'un **référentiel** c'est -à- dire, un repère d'espace

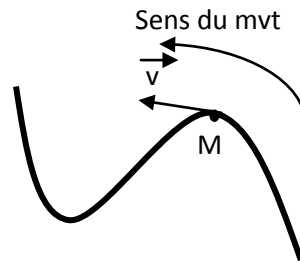
Et un repère de temps.

2- Le vecteur position : $OM = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$; $x(t)$ et $y(t)$ sont les coordonnées du mobile dans le repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) $x=f(t)$ et $y=g(t)$ sont les équations (ou lois) horaires du mouvement.

3- Equation de la trajectoire : L'équation qui donne y en fonction de x , s'appelle équation de la trajectoire.

4- Le vecteur vitesse d'un mobile :

$$\vec{v} = \frac{d(OM)}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$$



Direction : La tangente à la trajectoire au point considéré.

Sens : celui du mouvement.

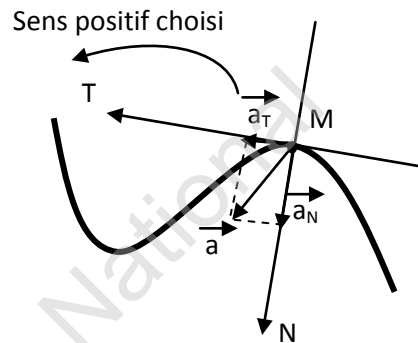
Valeur : $\|\vec{v}\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

4- Le vecteur accélération : $\vec{a} = \frac{d(\vec{v})}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \cdot \vec{j} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j}$

Coordonnées du vecteur accélération dans le repère de Frenet

$\vec{a} = a_T \cdot \vec{T} + a_N \cdot \vec{N}$ avec $a_T = \frac{dv}{dt}$ et $a_N = \frac{v^2}{R_C}$

R_C rayon de courbure de la trajectoire au point M.



5- Le mouvement rectiligne uniforme

- Un mouvement est dit rectiligne si sa trajectoire relativement à un repère donné est un segment de droite.
- Un mouvement rectiligne est dit uniforme si sa vitesse est constante.
- L'accélération $a=0$ et la vitesse $v = v_0 = \text{constante}$ et l'abscisse $x = v_0t + x_0$ avec x_0 abscisse du mobile à $t = 0s$.

6- Le mouvement rectiligne uniformément varié :

- Un mouvement rectiligne est dit uniformément varié si son accélération a est constante.
- L'accélération $a=\text{constante}$ et la vitesse $v = a \cdot t + v_0$ avec v_0 vitesse initiale du mouvement et l'abscisse $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0t + x_0$ avec x_0 abscisse initiale du mobile.

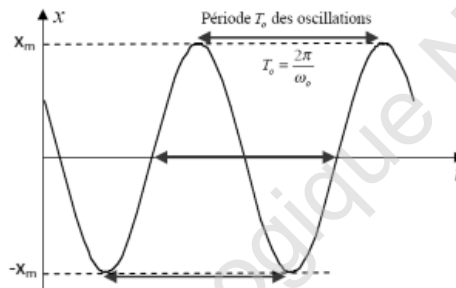
- Relation indépendante du temps entre la vitesse et l'abscisse :

$$V_B^2 - V_A^2 = 2a(x_B - x_A)$$

7-Le mouvement rectiligne sinusoïdal

-La trajectoire est un segment

-Son abscisse est une fonction sinusoïdale $X = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ tel que X_m est l'amplitude (m), ω est la pulsation (rd/s), φ est la phase initiale (rd) et t est le temps (s)



-La période : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ et la fréquence : $f = \frac{1}{T}$

-L'expression de la vitesse :

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{d(x_m \cos(\omega t + \varphi))}{dt} \text{ soit } V = -\omega x_m \sin(\omega t + \varphi)$$

-L'expression de l'accélération

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{d(-\omega x_m \sin(\omega t + \varphi))}{dt} \text{ soit } a = -\omega^2 x_m \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x_m$$

-Relation indépendante du temps

$$\begin{cases} x = x_m \cos(\omega t + \varphi) \\ V = -\omega x_m \sin(\omega t + \varphi) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x^2 = x_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ V^2 = \omega^2 x_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \end{cases}$$
$$\Rightarrow \begin{cases} x^2 = x_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi) & (1) \\ \frac{V^2}{\omega^2} = x_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi) & (2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{V^2}{\omega^2} + x^2 = x_m^2 \Leftrightarrow V^2 = \omega^2(x_m^2 - x^2) \quad (3)$$

-Mouvement circulaire uniforme

Le mouvement d'un point M est circulaire uniforme, si ce point se déplace sur un cercle avec une vitesse constante en module.

-Équation horaire $\theta = \dot{\theta}t + \theta_0$ avec $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \omega$

Autres relations : $S = R\theta$; $V = R\dot{\theta}$; $a = R\dot{\theta}^2 = \frac{V^2}{R}$

II-DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL

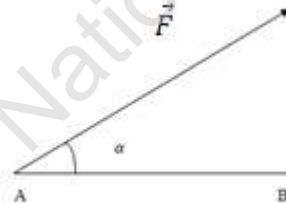
Rappel sur les énergies:

1. Le travail d'une force constante

a. Déplacement rectiligne : $W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$:

$$W(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos\alpha$$

Le travail dépend de l'angle α entre la force \vec{F} et le déplacement \vec{AB}



Pour $\alpha=0$ la force et le déplacement sont colinéaires et de même sens

$$W(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos 0 = 1 \text{ letravailestditmoteur}$$

Pour $\alpha=180^\circ$ la force et le déplacement sont colinéaires et de sens opposés :

$$W(\vec{F}) = -F \cdot AB \cdot \cos 180 = -1 \text{ letravailestditrésistant}$$

Pour $\alpha=90^\circ$ la force est perpendiculaire au déplacement.

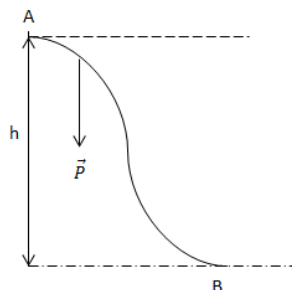
$$W(\vec{F}) = 0 \text{ car } \cos 90 = 0 \quad W(\vec{F}) = 0 \text{ letravailestnul}$$

2. Travail du poids

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = mgh$$

$$W_{B \rightarrow A}(\vec{P}) = -mgh$$

3. Energie cinétique :



a. D'un point matériel : $E_C = \frac{1}{2}MV^2$

Enoncé : Théorème de la variation de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique entre deux instants est la somme algébrique des travaux des forces extérieures et intérieures appliquées sur le système entre ces deux instants.

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{int}) + \sum W(\vec{F}_{ext})$$

4. Energie potentielle

a. Energie potentielle de pesanteur :

$$E_{pp} = MgZ + E_{pp0}$$

b. Energie potentielle élastique d'un ressort de raideur

K. : $E_{pe} = \frac{1}{2}KX^2$

La variation de E_p est : $\Delta E_p = -\sum W(\vec{F}_{int})$

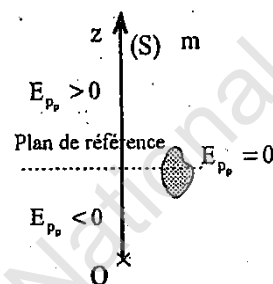
5. Energie mécanique :

$$E_m = E_C + E_p$$

Enoncé : Théorème de la variation de l'énergie mécanique

La variation de l'énergie mécanique entre deux instants est la somme algébrique des travaux des forces extérieures et intérieures dissipatives qui s'exercent sur le système entre ces deux instants.

$$\Delta E_m = \sum W(\vec{F}_{int})_{dissipatives} + \sum W(\vec{F}_{ext})$$



RELATION FONDAMENTALE DE LA DYNAMIQUE

- Un système est un ensemble de points matériels.
- Un système peut être déformable ou indéformable.
- Une force intérieure est une force exercée par une partie du système sur une autre partie de ce système.
- Une force extérieure est une force exercée par l'extérieur sur le système.
- L'ensemble des forces appliquées à un point matériel de masse m provoque une variation de sa vitesse :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$, la relation est appelée relation fondamentale de la dynamique.

1. Chute libre d'un objet abandonné sans vitesse.

Le mouvement de chute libre est un mouvement d'un objet sous l'action de son poids et sans vitesse initiale.

Il est caractérisé par :

- La trajectoire est rectiligne et verticale
- Le sens du haut vers le bas
- L'accélération du mouvement est l'accélération de pesanteur :
 $a = -g$

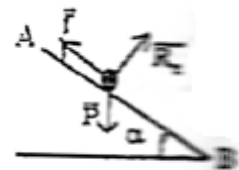
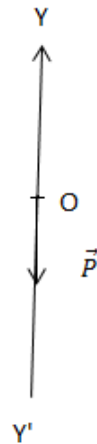
Le mouvement de chute libre est un mouvement rectiligne uniformément varié accéléré.

Les équations du mouvement de chute libre sont :

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 \quad , \quad V = -gt \quad , \quad V^2 = -2gy$$

2. Cas d'un solide qui glisse avec frottement sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale :

-Nature du mouvement: $a = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$ (m.r.u.v).



-Expression de R: $R = \sqrt{(mg \cos \alpha)^2 + f^2}$

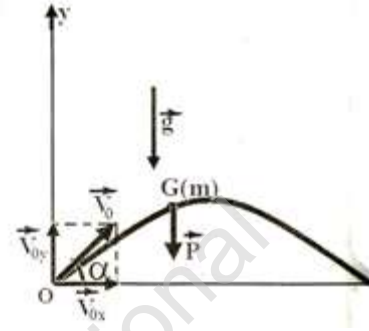
-Si $f = 0$: $a = g \sin \alpha$ et $R = mg \cos \alpha$

3. Cas d'un projectile :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \cos \alpha \\ V_y = -gt + V_0 \sin \alpha \end{cases} \vec{OG} \begin{cases} x = V_0 \cos \alpha t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin \alpha t \end{cases}$$

Équation de la trajectoire:

$$Y = -\frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} + xtg \alpha$$



La portée : C'est la distance entre le point de tir O du projectile et son point de chute P sur le plan horizontal.

$$x_p = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

La flèche : Elle correspond à la hauteur maximale atteinte par le projectile au-dessus du plan horizontal (ordonnée du sommet S de la trajectoire).

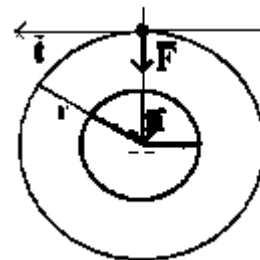
$$Y_s = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

➤ Mouvement d'un satellite au tour de la terre :

Expression de g en fonction de l'altitude: $g = \frac{GM}{r^2}$

Au niveau du sol: $g_0 = \frac{GM}{R^2}$

Relation entre g et g_0 : $g = \frac{g_0 R^2}{r^2} = \frac{g_0 R^2}{(R+h)^2}$



Nature du mouvement: $\begin{cases} a_t = 0 \Leftrightarrow V = cte : m.u \\ r = \frac{GM}{V^2} = cte : m.c \end{cases} \Leftrightarrow m.c.u$

Expression de V: $V = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ou bien $V = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}$

Expression de T: $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ou bien $T = \frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{r^3}{g_0}}$

-Satellite géostationnaire: c'est un satellite qui évolue dans le plan de l'équateur terrestre et dans le même sens de rotation de la terre ;la période du satellite géostationnaire est égale à celle de la terre .

Énergie mécanique d'un satellite :

Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2}mV^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{GmM}{2r}$

Énergie potentielle de pesanteur:

* Si l'origine est choisie à l'infini : $E_p = -\frac{GmM}{r}$

* Si l'origine est choisie à la surface de la terre : $E_p = -\frac{GmM}{r} + \frac{GmM}{R}$

Expression de l'énergie mécanique : $E_m = -\frac{GmM}{2r}$ ou bien $E_m = -\frac{GmM}{2r} + \frac{GmM}{R}$

➤ **Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme**

Équation de la trajectoire : $Y = \frac{qEx^2}{2mV_0^2}$

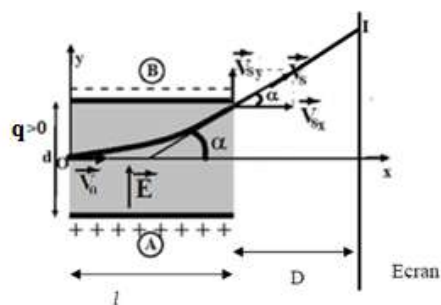
Coordonnées du point de sortie S: $x_s = l$;

$Y_s = \frac{qEl^2}{2mV_0^2}$

Expression de V_s :

$V_s = \sqrt{\left(\frac{qEl}{mV_0}\right)^2 + V_0^2}$

Déviation angulaire électrique: $tg \alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_s \Leftrightarrow tg \alpha = \frac{qEl}{mV_0^2}$



Nature du mouvement à la sortie du champ : $\sum \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \vec{a} = 0 \\ \vec{V} = cte \end{cases} \Leftrightarrow m.r.u$

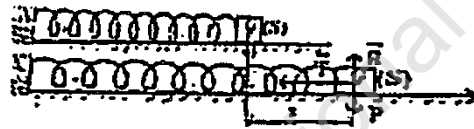
Coordonnées du point d'impact I sur

l'écran:
$$\begin{cases} x_I = l + D \\ Y_I = \frac{qE}{mV_0^2} (D + \frac{l}{2}) \end{cases}$$

➤ **Oscillateur mécanique:**

➤ **Le pendule élastique horizontal:**

* Équation différentielle:



$$a + \frac{Kx}{m} = 0 \Leftrightarrow a + \omega^2 x = 0 : m.r.s$$

* équation horaire: $x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$

* Période du mouvement: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ or $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

* Energie mécanique: $E_m = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} Kx^2 \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} Kx_m^2$

➤ **Le pendule élastique vertical:**

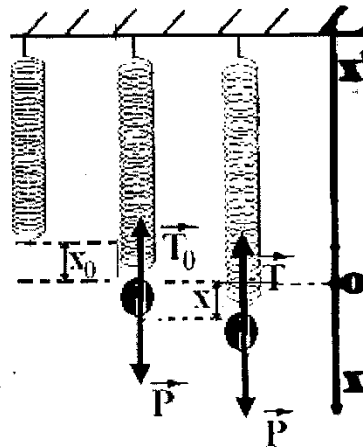
* Condition d'équilibre : $mg = Kx_0$

* Équation différentielle:

$$a + \frac{Kx}{m} = 0 \Leftrightarrow a + \omega^2 x = 0 : m.r.s$$

* Énergie mécanique:

$$E_m = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} K(x_0 + x)^2 - mgx \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} Kx_m^2 + \frac{1}{2} Kx_0$$



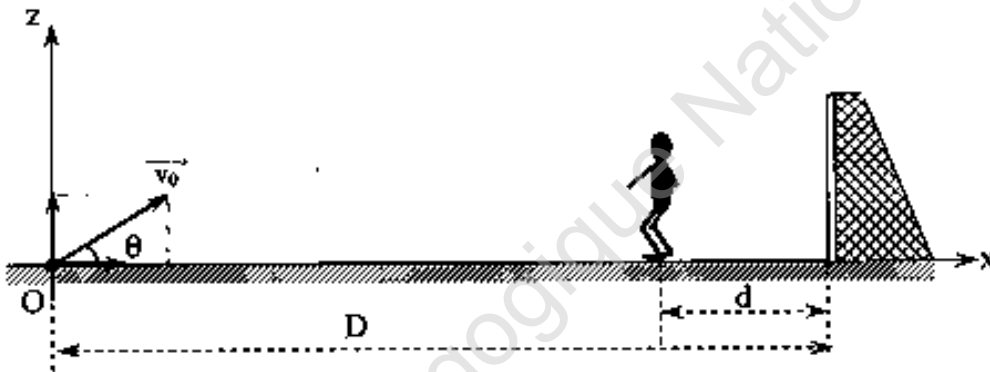
EXERCICES

EXERCICE I

Les forces de frottement dues à l'air sont négligées et le ballon est assimilé à un point matériel de masse m .

Au cours d'une phase de jeu de football, Bassam, 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.



Bassam communique au ballon placé au point O, à une distance $D = 35$ m 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 Bassam frappe le ballon et comme origine des espaces le point O.

- 1) Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ en fonction de v_0 , g et θ du mouvement du centre d'inertie G du ballon dans le repère
- 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 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 Bassam 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 $a = 3 \text{ m.s}^{-2}$. 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 ? Justifiez votre réponse.

Données : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $\theta = 30^\circ$; $v_0 = 21 \text{ m.s}^{-1}$; $D = 35 \text{ m}$; $d = 5 \text{ m}$

Corrigé

1) Équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j})

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique : $\vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{g} = \vec{a}$

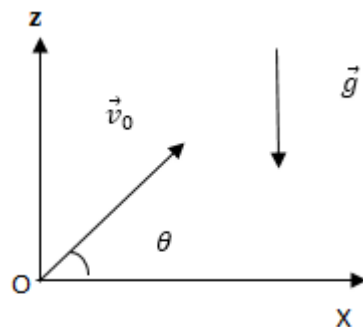
Par projection : $a_x = 0$ et $a_z = -g$; a constante et différente de 0 donc le mouvement est uniformément varié.

$$\overrightarrow{OG} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v}_0t + \overrightarrow{OG}_0$$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \overrightarrow{OG} \begin{cases} x_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cos \theta \\ v_z = v_0 \sin \theta \end{cases}$$

$$\overrightarrow{OG} = \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \theta)t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \theta)t \end{cases}$$

2) Application numérique



$$\begin{cases} x(t) = 18,186t \\ z(t) = -5t^2 + 10,5t \end{cases}$$

3) Équation cartésienne et nature du mouvement

$$t = \frac{x}{18,186} \Rightarrow z = -5 \left(\frac{x}{18,186} \right)^2 + 10,5 \left(\frac{x}{18,186} \right) = -1,51 \cdot 10^{-2} x^2 + 0,577x$$

Nature du mouvement : trajectoire parabolique

4)

4.1) Calcul de t_1

$$x(t_1) = D \Rightarrow D = 18,186t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{35}{18,186} = 1,92s$$

4.2) Calcul de h

$$h = z(t_1) = -5t_1^2 + 10,5t_1 = -5(1,92)^2 + 10,5 \times 1,92 = 1,72m$$

5)-5.1) Équation horaire du mouvement du défenseur

L'accélération est constante et la trajectoire est une droite donc le mouvement rectiligne

uniformément varié : $\overrightarrow{OM} = \frac{1}{2} \vec{a}t^2 + \vec{v}_0t + \overrightarrow{OM}_0$

Suivant l'axe (ox) :

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \text{ avec } a_x = 3m \cdot s^{-2}; v_{0x} = 0 \text{ et } x_0 = D - d = 30m$$

$$\text{donc } x(t) = 1,5t^2 + 30$$

5.2) Déterminons la date t_2 à laquelle le défenseur arrive sur la ligne de but

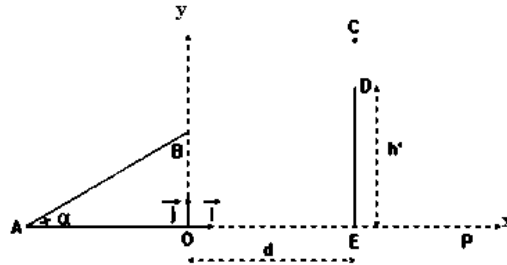
$$x(t_2) = D = 1,5t_2^2 + 30 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{D - 30}{1,5}} = \sqrt{\frac{35 - 30}{1,5}} = 1,82s$$

5.3) Le but n'est pas marqué car le défenseur arrive sur la ligne avant le ballon ($t_2 < t_1$)

EXERCICE II

Un petit jouet assimilable à un point matériel de masse $m = 500$ g, est lancé à la vitesse initiale V_0 à partir d'un point A le long de la ligne de plus grande pente de longueur $\ell =$

AB = 15 m d'un plan incliné. Ce plan fait avec l'horizontale Ox un angle $\alpha = 30^\circ$ comme l'indique la figure ci-dessous.



Les frottements développent une force d'intensité 10 N en sens contraire du vecteur vitesse.

On prendra $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. Calculer la vitesse initiale de lancement V_0 au point A, nécessaire pour que le palet parvienne en B à la vitesse $V_1 = 10 \text{ m/s}$.
2. Établir les équations horaires du mouvement du projectile dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) . On prendra l'origine des temps à l'instant où le jouet passe en B avec la vitesse V_1 .
3. Établir l'équation cartésienne de la trajectoire du projectile. Quelle est sa nature ?
4. Un mur de hauteur $h' = 5 \text{ m}$ est disposé à la distance $d = 3,5 \text{ m}$ du point d'origine O. Soit C le point de passage du projectile au-dessus du mur. Calculer la distance CD séparant le sommet D du mur au point C.
5. Calculer l'abscisse du point d'impact P du jouet sur le sol.

Corrigé

1. Calcul de V_0

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au jouet entre A et B :

$$\begin{aligned} \Delta E_c &= E_c(B) - E_c(A) = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{f}) \Rightarrow \frac{1}{2} m V_1^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 \\ &= -mgl \sin \alpha - fl \end{aligned}$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{V_1^2 + 2l \left(g \sin \alpha + \frac{f}{m} \right)} = \sqrt{100 + 2 \times 15 \left(10 \times 0,5 + \frac{10}{0,5} \right)} = 27,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. Equations horaires

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g} \Rightarrow a = -g$$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V} \begin{cases} V_x = V_1 \cos \alpha \\ V_y = -gt + V_1 \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{OM} \begin{cases} x = (V_1 \cos \alpha)t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_1 \sin \alpha)t + l \sin \alpha \end{cases}$$

3. Equation cartésienne

$$y = -\frac{g}{V_1^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha + l \sin \alpha \Rightarrow y = -0,067x^2 + 0,58x + 7,5$$

Nature de la trajectoire : parabolique

4. Calcul de la distance CD

$$CD = y_c - h'avec y_c = -0,067d^2 + 0,58d + 7,5 \Rightarrow y_c = 8,71 \text{ m} \Rightarrow CD = 3,71 \text{ m}$$

5. Calcul de la portée x_p

$$\text{Au point P : } y_c = 0 \Rightarrow -0,067x^2 + 0,58x + 7,5 = 0$$

En résolvant cette équation du second degré :

$$\Delta = b^2 - 4ac = (0,58)^2 - 4 \times (-0,67) \times 7,5 = 2,34$$

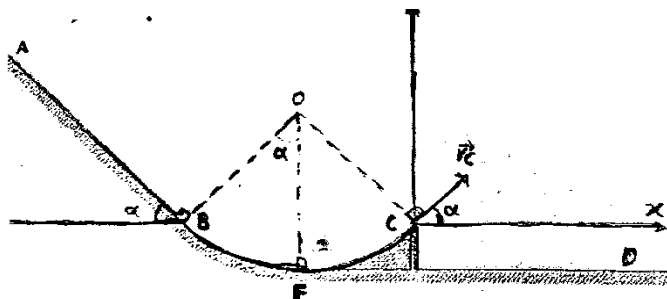
$$x_p = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-0,58 - 1,52}{-0,134} = 15,67 \text{ m}$$

on trouve deux solutions : l'une positive et l'autre négative or $x_p > 0 \Rightarrow x_p = 15,67 \text{ m}$

EXERCICE III

On étudie le mouvement d'un solide de masse m assimilable à un point matériel qui glisse sur une partie

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 centre O et de rayon r .

Les deux parties sont raccordées au point B. Les frottements sont négligés.

Données : $m = 250\text{g}$, $g=9,8\text{m/S}^2$, $\alpha=45^\circ$, $L=2\text{m}$ et $r=1,5\text{m}$

1. Le solide est abandonné sans vitesse initiale au point A, il arrive en B avec une vitesse V_B .

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

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

b. Exprimer la vitesse du solide en B en fonction de L , et g .

c. Calculer V_B .

2. Dans la suite de l'exercice, on prendra $V_B=5,3\text{m/s}$

2.1. Déterminer la vitesse du solide au point F.

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

2.3.a. Exprimer la réaction de la piste sur le solide (S) au point B en fonction de m , g , r , V_B et α .

b. Calculer R .

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

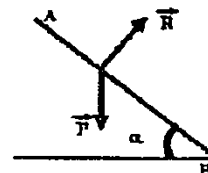
3.1. Déterminer dans le repère (C_x , C_y), L'équation de la trajectoire.

3.2. Déterminer les coordonnées du point de chute D.

Corrigé

1.1. Le solide (S) est soumis à l'action de deux forces : Le poids du corps \vec{P} et la réaction du plan \vec{R}

1.2.a. En appliquant la relation fondamentale de la dynamique (R.F.D)



$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, par projection suivant l'axe du mouvement : $mg \sin \alpha = ma$.

$$\Rightarrow a = g \sin \alpha = 9,8 \times 0,7 \Rightarrow a = 6,86 \text{ m/s}^2$$

Tapez une équation icib. Expression de V_B en fonction de L et g

$$V_B^2 - V_A^2 = 2 \cdot a \cdot L ; V_A^2 = 0, AB=L, V_B^2 = 2 g \sin \alpha L \Rightarrow V_B = \sqrt{2g L \sin \alpha}$$

c. Calcul de V_B

$$V_B = \sqrt{2 \times 6,86 \times 2} = 5,23 \text{ m/s}$$

2. $V_B = 5,3 \text{ m/s}$

2.1. La Vitesse V_F

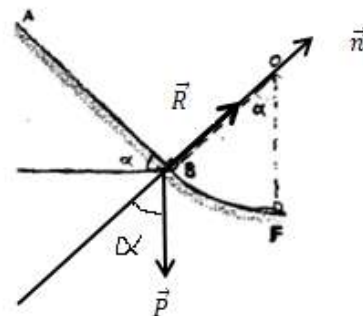
$$\frac{1}{2} m V_F^2 - \frac{1}{2} m V_B^2 = mgh ; h = r(1 - \cos \alpha), V_F = \sqrt{V_B^2 + 2gr(1 - \cos \alpha)}$$

$$V_F = \sqrt{28,09 + 2 \times 9,8 \times 1,5 \times (1 - 0,7)} = 6,07 \text{ m/s}$$

2.2. L'énergie accusée par le solide lors de sa descente de B vers F est consommée lors de sa montée de B vers C.

$$\begin{cases} \frac{1}{2} m V_F^2 - \frac{1}{2} m V_B^2 = mgh \\ + \frac{1}{2} m V_C^2 - \frac{1}{2} m V_F^2 = -mgh \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} m V_B^2 = \frac{1}{2} m V_C^2$$

$$= \frac{1}{2} m V_C^2 \Rightarrow V_B = V_C$$



2.3.a. La réaction \vec{R} du plan au point B.

$$-mg \cos \alpha + R = ma_n$$

$$-mg \cos \alpha + R = m \frac{V_B^2}{r} \Rightarrow R = m \frac{V_B^2}{r} + mg \cos \alpha$$

b. $R = 4,68 + 0,25 \times 9,8 \times 0,7 = 6,39 \text{ N}$

3.

3.1. Etude du mouvement du solide (S) après C.

Sur l'axe Cx :

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_x, 0 = m a_x \Rightarrow m \neq 0, \text{ alors } a_x = 0, \text{ le mouvement est donc r. u}$$

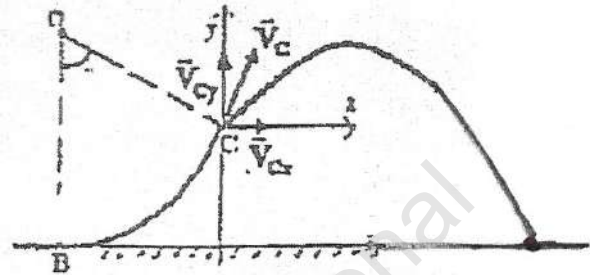
L'équation horaire $x(t) = V_{Cx} t \Rightarrow x(t) = V_C \cos \alpha t$, $x(t) = 4,5t$

Sur Cy : $\sum \vec{F} = m\vec{a}_y$ $-P = ma_y \Rightarrow -mg = ma_y$, par projection: $a_x = 0$ et $a_y = -g$ le mouvement est r.u.v

L'équation horaire du mouvement est :

$$y(t) = -0,5gt^2 + V_{Cy}t$$

$$y(t) = -0,5gt^2 + V_C \sin \alpha t \Rightarrow y = -5t^2 + 4,5t$$



L'équation de la trajectoire est :

$$t = \frac{x}{4,5} \text{ on remplace en } y$$

$$y = -\frac{5x^2}{20,25} + 4,5 \left(\frac{x}{4,5} \right)$$

3.2. Les coordonnées du point de chute D.

Au point D. $y = -h = r(1 - \cos \alpha) = 0,45m$

$$-0,24x^2 + x + 0,45 = 0 \quad \Delta = 1,43 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 1,19$$

$$\text{Alors } X_D = \frac{-1 - 1,19}{-0,48} = 4,56m$$

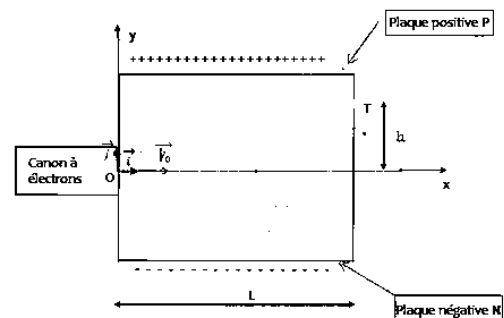
EXERCICE IV

Le montage ci-dessous comprend un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques chargées P et N. On mesure la déviation verticale, noté h, du faisceau lors de la traversée des plaques sur une longueur L, afin de déterminer le rapport $\frac{e}{m}$, appelé charge massique.

Les électrons sortent du canon avec une vitesse \vec{V}_0 . Le poids des électrons est négligeable devant la force électrostatique.

Données :

$$E = 15.10^3 V.m^{-1}; L = 8,85cm; V_0 = 2,27.10^7 m.s^{-1}; e = 1,6.10^{-19}C.$$



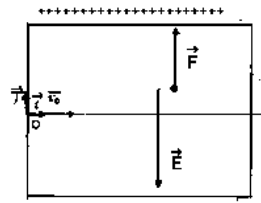
- 1) Représenter le vecteur champ électrostatique \vec{E} ainsi que la force \vec{F} que subit un électron entre les plaques
- 2) Justifier que les électrons sont chargés négativement.
- 3) Écrire la relation entre force électrostatique \vec{F} et le vecteur champ électrostatique \vec{E} . Justifier que le sens de déviation des électrons est cohérent avec le sens de \vec{F}
- 4) Équation cartésienne de la trajectoire de l'électron
 - 4.1) Dans le repère de la figure, déterminer les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} .
 - 4.2) Établir l'équation cartésienne de la trajectoire d'un électron entre P et N. Donner sa nature.
- 5) Utilisation de l'équation cartésienne

A la sortie des plaques, au point T, la déviation verticale des électrons est h.

 - 5.1) Établir l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de la verticale des électrons de E,L,h et V_0 .
 - 5.2) Calculer sa valeur.
 - 5.3) Sachant que la masse de l'électron est $m = 9,1.10^{-31}$ Kg, déterminer sa charge q

Corrigé

- 1) Représentation de \vec{E} et \vec{F}



- 2) Justification des charges négatives des électrons

Les électrons sont déviés vers la plaque positive; de plus des charges de signe contraires' attirent.

Les électrons portent donc une charge négative.

- 3) Relation entre \vec{F} et \vec{E}

$$\vec{F} = q\vec{E} \text{ avec } q = -e \Rightarrow \vec{F} = -e\vec{E}$$

Les électrons sont soumis à la seule force électrostatique ; celle-ci est verticale vers le haut.

Les électrons seront bien déviés vers la plaque supérieure positive.

4) Équation cartésienne de la trajectoire de l'électron

4.1) Les coordonnées du vecteur accélération

D'après la relation fondamentale de la dynamique $\vec{a} = -\frac{e\vec{E}}{m} \Rightarrow \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{eE}{m} \end{cases}$

4.2) Équation cartésienne de la trajectoire

$$\text{A } t = 0, \vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases} \overrightarrow{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$$

$$\text{A } t > 0 \quad \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = \frac{eE}{m}t \end{cases} \overrightarrow{OG} \begin{cases} x = V_0t \\ y = \frac{eE}{2m}t^2 \end{cases}$$

$$x = V_0t \Rightarrow t = \frac{x}{V_0} \text{ soit } y = \frac{eE}{2mV_0^2}x^2.$$

La trajectoire de l'électron entre P et N est parabolique.

5) Utilisation de l'équation cartésienne

5.1) Expression du rapport $\frac{e}{m}$:

$$T \begin{cases} x_T = L \\ y = h \end{cases} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2V_0^2 h}{EL^2}$$

5.2) La valeur du rapport $\frac{e}{m}$

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{Kg}^{-1}$$

5.3) Détermination de la valeur de la charge q :

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \Rightarrow e = 1,76 \cdot 10^{11} \times 9,1 \cdot 10^{-31} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \text{ or } q < 0 \text{ donc } q$$

$$= -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

EXERCICE V

On suppose que la terre est un corps sphérique, homogène de rayon R et de masse M . On désigne par G la constante de gravitation universelle.

1. On rappelle que l'action attractive d'un corps de masse M à symétrie sphérique sur un objet de masse m placé à une distance $r \geq R$ de son centre est équivalente à celle exercée par une masse ponctuelle M qui serait placée au centre O du corps.

1.1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée par la terre sur l'objet de masse m situé à la distance r de son centre C .

1.2. En déduire les caractéristiques du champ de gravitation g en ce point.

1.3. Retrouver la valeur g_0 de g au sol.

AN : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI ; $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg ; $R = 6400$ km.

2. Le référentiel géocentrique est considéré comme galiléen; il a son origine au centre O de la terre, et ses axes sont dirigés vers des étoiles fixes.

2.1. On considère un satellite ayant par rapport au référentiel géocentrique, une trajectoire circulaire.

Montrer que le mouvement est uniforme.

2.2. Établir l'expression de la période de révolution T du satellite. Montrer que $\frac{T^2}{r^3} =$ constante.

2.3. Calculer T lorsque le satellite gravite à l'altitude $h = 300$ km.

3. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de gravitation est $E_p = -G \frac{M \cdot m}{r}$

3.1. Où a-t-on choisi la référence de l'énergie potentielle ?

3.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique totale du satellite dans le champ de gravitation.

Corrigé

1)

1.1) Les caractéristiques de la force de gravitation

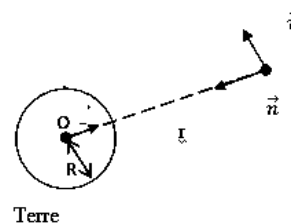
$$\vec{F} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{r^2} \vec{u}$$

- Direction : normale

- Sens : centripète

- Intensité : $F = \frac{G \cdot m \cdot M}{r^2}$

1.2) Les caractéristiques du champ de gravitation g en ce point



Expression de $\vec{g} : \vec{g} = -\frac{G.M}{r^2} \vec{u}$

$$\vec{g} \begin{cases} \text{Direction: normale} \\ \text{Sens: centripète} \\ \text{Intensité: } g = \frac{G.M}{r^2} \end{cases}$$

1.3) La valeur g_0 de g au sol.

$$R = rg = \frac{G.M}{r^2}$$

$$\text{A.N: } g_0 = \frac{6,67 \times 10^{11} \times 6 \times 10^{24}}{(6400000)^2} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

2)

2.1) Montrons que le mouvement est circulaire

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique :

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

Projection sur $\vec{t} : 0 = m \cdot a_t a_t = 0 \Rightarrow a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow$

$$V = cte$$

Projection sur $\vec{n} : F = \frac{G.m.M}{r^2} = ma_n = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{GM}{v^2} = cte$

Donc le mouvement est circulaire uniforme

2.2) **Expression** de la période de révolution T du satellite avec $r = R + h$

Période : C'est le temps mis par le satellite pour effectuer un tour

Distance parcourue : $d = 2\pi(R + h)$ or $d = V \cdot T$

$$T = \frac{d}{V} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{(R + h)^3}{GM}}$$

Montrons que $\frac{T^2}{r^3} = \text{constante} : T^2 = 4\pi^2 \times \frac{r^3}{GM} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$

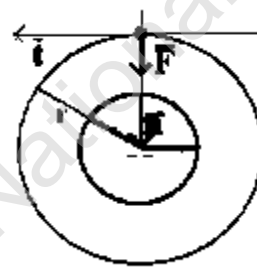
2.3) Calcul de la période

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R + h)^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{(6400000 + 300000)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6 \cdot 10^{24}}} = 5444,19 \text{ s}$$

3)

3.1) La référence de E_p :

$$E_p = -\frac{GMm}{r} = cte \text{ le choix se fait à l'infini}$$



$$E_{P_\infty} = 0 \Rightarrow cte = 0 \text{ d'où } E_p = -\frac{GMm}{r}$$

3.2) Expression de l'énergie mécanique totale du satellite :

$$E_M = E_C + E_p \text{ avec } E_C = \frac{1}{2}mv^2 \text{ or } v^2 = \frac{GM}{r} \Rightarrow E_C = \frac{GmM}{2r}$$

$$E_M = \frac{GmM}{2r} - \frac{GmM}{r} = -\frac{GmM}{2r}$$

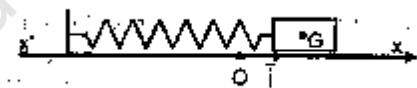
EXERCICE VI

Un ressort de suspension de voiture de raideur k et à spires non jointives est fixé avec une extrémité sur un banc d'essai. Un solide S , de masse m , fixé à l'autre extrémité du ressort peut glisser sans frottement sur une tige rigide horizontale $x'x$. L'abscisse du centre d'inertie G de S est repérée par rapport à la position O de G au repos. On écarte S de sa position d'équilibre et on le lâche, sans vitesse initiale, à l'instant $t = 0$. Son abscisse est alors $x = x_m$

On donne :

$k = 4000 \text{ N/m}$, $m = 100 \text{ kg}$ et $x_m = 5 \text{ cm}$.

a) Faire le bilan des forces appliquées au solide S et les représenter.



b) Établir l'équation différentielle du mouvement.

c) En déduire l'équation horaire du mouvement de S .

d) Calculer la période pour les mêmes données numériques.

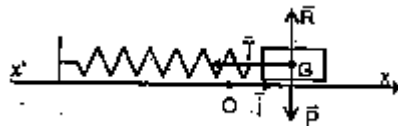
e) Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur est constante et peut se mettre sous la forme :

$$E_m = \frac{1}{2}mv_m^2 \text{ où } v_m \text{ est la vitesse maximale.}$$

e) Retrouver l'équation différentielle à partir de l'expression de l'énergie mécanique.

Corrigé

a) Bilan et représentation des forces appliquées au solide S



\vec{P} : le poids du solide S ; \vec{R} : réaction normale ; \vec{T} : tension du ressort

b) L'équation différentielle du mouvement :

$$\text{D'après la relation fondamentale de la dynamique : } \sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$$

Par projection sur l'axe (X'X): $-T = ma \Rightarrow -Kx = m\ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$

L'équation différentielle du mouvement est donc $\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$

c) Déduisons l'équation horaire du mouvement de S :

➤ Détermination de la pulsation propre : $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{4000}{100}} = 6,32 \text{ rad. s}^{-1}$

➤ Détermination de la phase φ : La solution générale de l'équation différentielle est :

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi); \text{ à } t = 0, x(0) = x_m = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$x(0) = x_m \cos(\omega \cdot 0 + \varphi) \Rightarrow x_m = x_m \cos(\varphi) \Rightarrow \cos(\varphi) = \frac{x_m}{x_m} = 1 \Rightarrow \varphi = 0^\circ$$

L'équation horaire devient $x(t) = 5 \cdot 10^{-2} \cos(6,32 \cdot t)$

d) Calculons la période pour les mêmes données numériques

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{100}{4000}} = 0,993 \Rightarrow T \approx 1 \text{ s}$$

e) Montrons que l'énergie mécanique est constante et peut se mettre sous la forme

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v_m^2$$

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$$

$$= \frac{1}{2} m (-\omega x_m \sin(\omega t + \varphi))^2 + \frac{1}{2} k (x_m \cos(\omega t + \varphi))^2$$

$$\Rightarrow E_m = \frac{1}{2} m \omega^2 x_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k x_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \text{ or } \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow k = m \omega^2$$

$$\Rightarrow E_m = \frac{1}{2} k x_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi) \text{ or } \omega x_m = v_m \Rightarrow x_m = \frac{v_m}{\omega} \text{ et } k = m \omega^2$$

$$\Rightarrow E_m = \frac{1}{2} k x_m^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 \frac{v_m^2}{\omega^2} = \frac{1}{2} m v_m^2 = \text{cte car } m \text{ et } v_m \text{ sont des constantes}$$

f) Retrouvons l'équation différentielle à partir de l'énergie mécanique

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \text{cte} \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} k x^2\right)}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 2 m \dot{x} v + \frac{1}{2} \times 2 k v x = 0 \Rightarrow v \left(a + \frac{k}{m} x \right) = 0$$

Or $v \neq 0$ donc $a + \frac{k}{m} x = 0$. On retrouve donc l'équation différentielle du mouvement

I-CHAMP MAGNETIQUE

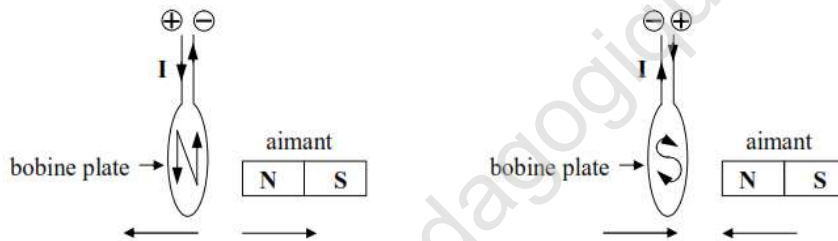
1. Interactions magnétiques

a - Interactions entre aimants:



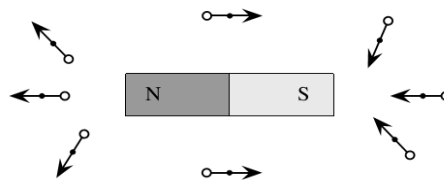
Deux pôles de même nom se repoussent
Deux pôles de noms différents s'attirent

b-Interactions entre aimants et courants



Une face d'une bobine est repoussée par le pôle de même nom d'un aimant et attirée par le pôle de nom différent.

- **Définition:** Un champ magnétique règne dans une région de l'espace si dans cette région une aiguille aimantée est soumise à des forces magnétiques.
- Autre définition : on appelle champ magnétique d'un aimant la région qui entoure l'aimant dans laquelle il fait sentir son influence.

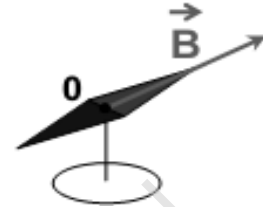


Aiguilles aimantées placées au voisinage d'un aimant droit

2. Vecteur champ magnétique

Définition : En chaque point de l'espace, le champ magnétique est représenté par un vecteur champ magnétique \vec{B} dont les propriétés sont :

- Direction: l'axe de l'aiguille aimantée
- Sens: du pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille ;
- Valeur: notée B.

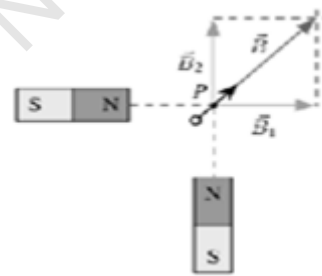


Remarque : L'unité de la valeur du champ magnétique est le tesla (T). La valeur du champ magnétique en un point donné est mesurée à l'aide d'un teslamètre.

3. Superposition de champs magnétiques

En présence de plusieurs aimants, le vecteur champ résultant en un point est égal à la somme vectorielle des vecteurs champs magnétiques que l'on observerait en présence de chacun des aimants seuls.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$



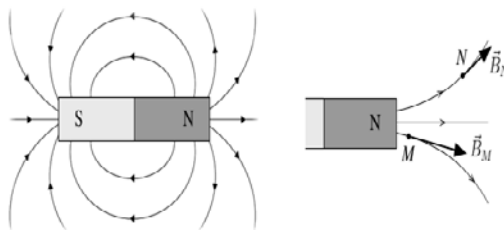
4. Lignes de champ

Lorsqu'on déplace une aiguille aimantée dans la direction et dans le sens du vecteur champ magnétique \vec{B} , on dessine une courbe orientée appelée ligne de champ.

Une ligne de champ commence au pôle nord d'un aimant et se termine en son pôle sud.

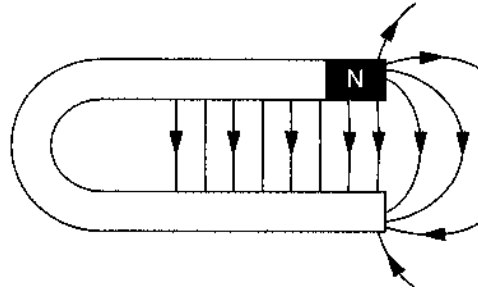
En un point donné, le vecteur \vec{B} est par conséquent tangent à la ligne de champ passant par ce point et orienté dans le même sens.

Un spectre est constitué par un ensemble de lignes de champ. Plus les lignes de champ sont rapprochées, plus le champ est intense.



5. Champ magnétique créé par un aimant en U

Des mesures précises montrent que le champ magnétique a la même valeur en tout point de l'entrefer. On dit qu'il y est uniforme



6. Circuits parcourus par des courants

L'effet magnétique du courant électrique fut découvert par Christian Ørsted. Une aiguille placée au voisinage immédiat d'un fil conducteur parcouru par un courant électrique subit une déviation.

Expérience: Approchons l'aiguille aimantée d'un circuit électrique.

- En l'absence de courant dans le circuit, l'aiguille indique le Nord magnétique..
- En présence d'un courant dans le circuit, l'aiguille s'oriente dans une autre position stable et cette position s'inverse si on change le sens du courant dans le circuit.

On en déduit donc les propriétés suivantes :

- ✓ Tout circuit électrique parcouru par un courant est une source de champ magnétique.
- ✓ Le sens du champ magnétique peut être inversé en changeant le sens du courant.

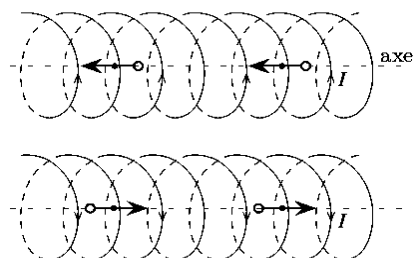
7.Solénoïde

Un solénoïde est constitué d'un fil conducteur enroulé régulièrement en hélice de façon à former une bobine dont la longueur est grande par rapport à son rayon.

Un solénoïde est une bobine dont la longueur est grande devant le diamètre.

-Si les spires sont jointives les propriétés sont :

- A l'intérieur de la bobine, les lignes de champ sont des droites parallèles,
- le champ est donc sensiblement uniforme et dirigé suivant l'axe de la bobine.
- A l'extérieur, le spectre est semblable à celui d'un aimant droit.



Les pôles nord et sud sont donnés par la règle du tire-bouchon

Propriété : Un solénoïde parcouru par un courant électrique crée un champ magnétique uniforme et de même direction que l'axe du solénoïde.

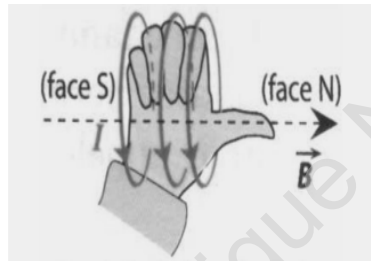
La valeur du vecteur champ est donnée par l'expression :

$$B = \mu_0 \times n \times I = \mu_0 \times \frac{N}{L} \times I \text{ avec } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I appelée perméabilité magnétique du vide.}$$

Le sens du champ magnétique peut être déterminé à l'aide de la règle de la main droite.

La règle de la main droite :

Les doigts de la main s'enroulent dans le sens du courant circulant dans les spires et le pouce indique la face N et le sens du champ magnétique \vec{B}



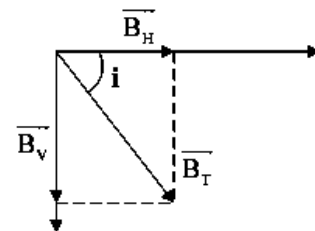
8. Le champ magnétique terrestre

La terre est assimilable à un aimant droit dont la direction Sud-Nord magnétique fait avec la direction

Sud-Nord géographique un angle θ appelé **déclinaison magnétique**.

L'angle i que fait le champ magnétique terrestre \vec{B}_T avec sa composante horizontale \vec{B}_H s'appelle l'**inclinaison**.

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



Remarque :

- En l'absence de toute source magnétique ou de tout courant électrique, une aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical s'oriente toujours suivant la composante horizontale du champ magnétique terrestre \vec{B}_H .

$$B_H = 2.10^{-5} T$$

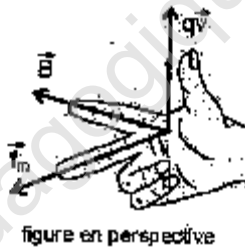
-Le champ magnétique terrestre se superpose toujours aux champs magnétiques créés par les autres sources.

II-MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

1. Force de Lorentz

Une particule de charge q animée d'une vitesse V qui pénètre dans un champ magnétique uniforme \vec{B} est soumise à une force \vec{F} appelée force de Lorentz et définie par $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$ Elle est caractérisée par :

- Direction : \vec{F} est perpendiculaire à la fois à \vec{V} et à \vec{B} .
 - Sens : le trièdre $(q\vec{V}, \vec{B}, \vec{F})$ est direct.
 - Valeur : $F = |q| \cdot V \cdot B |\sin(\vec{V}, \vec{B})|$ où F est en Newton (N); q en coulomb (C); V en m/s; B en (T)
- **Règle du trièdre direct**



Conventions:



Remarques :

Si \vec{B} et \vec{V} sont parallèles ($\alpha = 0$ ou $\alpha = \pi$) $\Rightarrow F = 0$

Si \vec{B} et \vec{V} sont perpendiculaires ($\alpha = \frac{\pi}{2}$) $\Rightarrow F = |q|VB$

2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ \vec{B} uniforme.

Une particule de masse m , de charge q et de vecteur vitesse \vec{V}_0 pénètre dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} . On suppose que \vec{V}_0 est perpendiculaire à \vec{B} . On néglige le poids de la particule.

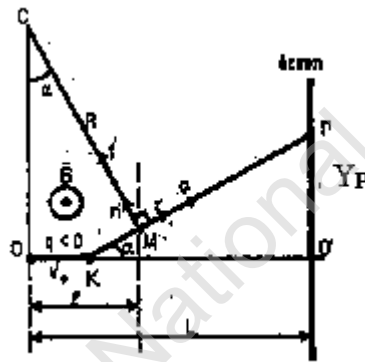
• Mouvement plan

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique :

$$\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{V} \wedge \vec{B}; \vec{a} = \frac{q\vec{V} \wedge \vec{B}}{m} \text{ donc } a_z =$$

$$0 \Rightarrow V_z = 0 \Rightarrow z = 0$$

Le mouvement se déroule dans le plan orthogonal à \vec{B} , c'est-à-dire dans le plan (O, \vec{i}, \vec{j})



• Mouvement uniforme

La puissance $P = \vec{F} \cdot \vec{V} = 0$ et $P = \frac{W_{(\vec{F})}}{\Delta t} = 0$ donc $W_{(\vec{F})} = 0$

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique $\Delta E_C = W_{(\vec{F})} = 0$ donc $V = V_0 = \text{cte}$

• Mouvement circulaire

Pour un mouvement curviligne on a : $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{t}$ or $V = V_0 = \text{cte}$ donc $\frac{dv}{dt} = 0$

$$\vec{a} = \frac{V^2}{R} \vec{n} = \frac{q\vec{V} \wedge \vec{B}}{m} \Leftrightarrow \frac{V^2}{R} = \frac{|q| \cdot V \cdot B}{m} \Rightarrow R = \frac{mV}{|q| \cdot B}$$

$m, q, V,$ et B sont constants donc R est constant \Rightarrow Le mouvement est circulaire .

• Conclusion : nature du mouvement

Une particule chargée entrant dans un champ magnétique uniforme avec une vitesse perpendiculaire au champ décrit un mouvement circulaire et uniforme dans un plan perpendiculaire au champ. Le rayon de la trajectoire est donné par l'expression :

$$R = \frac{mV}{|q| \cdot B}$$

• La déviation magnétique : α

$$\alpha = \widehat{(\vec{V}_0, \vec{V})} \quad ; \sin \alpha = \frac{l}{R}; \text{ si } \alpha \text{ est faible : } \alpha = \frac{|q|lB}{m}$$

• La déflexion magnétique : c'est l'ordonnée du point d'impact P sur l'écran

$$l \ll L \quad \tan \alpha = \frac{Y_P}{L} \Rightarrow Y_P = L \cdot \alpha = \frac{|q|lB}{m} \cdot L$$

III-ACTION D'UN CHAMP MAGNETIQUE SUR UNE PORTION DE CIRCUIT PARCOURU PAR UN COURANT : FORCE DE LA PLACE

➤ **Définition**

Un conducteur rectiligne de longueur l parcouru par un courant électrique d'intensité I et plongé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , subit une force magnétique appelée force de Laplace définie par :

$$\vec{F} = I(\vec{l} \wedge \vec{B}).$$

➤ **Caractéristiques**

Point d'application: milieu de la partie du conducteur plongée dans le champ magnétique ;

Direction : perpendiculaire au plan $(\vec{l} \wedge \vec{B})$.

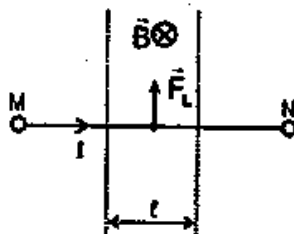
Sens: tel que $(\vec{l}, \vec{B}, \vec{F})$ forme un trièdre direct ;

Valeur : $F = IlB|\sin \alpha|$ avec $\alpha = (\vec{l}, \vec{B})$

➤ **Remarques**

Si \vec{B} et \vec{l} sont parallèles ($\alpha = 0$ ou $\alpha = \pi$) $\Rightarrow F = 0$

Si \vec{B} et \vec{l} sont perpendiculaires ($\alpha = \frac{\pi}{2}$) $\Rightarrow F = IlB$



IV- INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

1. Le flux magnétique

Définition :

Le flux d'un champ magnétique \vec{B} à travers une surface \vec{S} est défini par le produit scalaire de \vec{B} par \vec{S} .

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ avec } \alpha = (\vec{B}, \vec{n}). \quad \Phi \text{ (Wb)} ; B \text{ (T)} ; S \text{ (m}^2\text{)}.$$

Cas particuliers :

- \vec{B} parallèle à \vec{n} : $\Phi = BS$ ou $\Phi = - BS$
- \vec{B} fait un angle α avec \vec{n} : $\Phi = BS \cos \alpha$
- \vec{B} perpendiculaire à \vec{n} : $\Phi = 0$ car aucune ligne de champ ne traverse S .



Remarque : Si la surface est délimitée par un circuit bobiné comportant N spires, la surface totale vaut N fois la surface S d'une spire, et :
$$\Phi = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S} = N \cdot BS \cos \alpha$$

-Toute variation du flux magnétique à travers un circuit fermé s'accompagne d'un courant induit dans le circuit. Le courant induit apparaît dès que commence les variations du flux et disparaît dès que cesse cette variation: la cause et l'effet ont la même durée.

-Sens du courant induit: LOI DE LENZ

Le sens du courant induit est tel que par ses effets il s'oppose à la cause qui lui donne naissance. Le courant induit crée un champ \vec{B}_{induit} (champ magnétique induit) qui s'oppose à la variation $\Delta \vec{B}$ de l'inducteur.

2. Force électromotrice d'induction

a-F.é.m. induite moyenne

Durant le phénomène d'induction, le flux magnétique est une fonction du temps. Si pendant une durée Δt la variation du flux $\Delta\phi$, la f.é.m. induite moyenne est :

$$e_m = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

b-F.é.m. induite instantanée

$$e = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} e_m = -\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{d\phi}{dt} \Rightarrow e = -\frac{d\phi}{dt} .$$

Le signe moins traduit la loi de lenz

Si ϕ augmente

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} > 0 \Rightarrow e < 0$$

0, le courant circule dans le sens négatif et s'oppose à l'augmentation du flux

Si ϕ diminue

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} < 0 \Rightarrow e > 0, \text{ le courant circule dans le sens positif et s'oppose à la diminution du flux}$$

- Intensité du courant induit :

$$i = \frac{e}{R} \Rightarrow i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R} \times \frac{d\phi}{dt}$$

EXERCICES

EXERCICE I

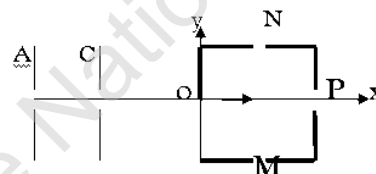
Dans le dispositif ci-dessous règne un vide poussé. La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces. Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension appliquée entre deux plaques A et C pénètre en O à une vitesse $V_0 = 800 \text{ km/s}$ dans une enceinte de section carrée de côté

$2r = 50 \text{ cm}$ où les ouvertures sont situées aux milieux des cotés. Le proton est une particule de masse

$m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et de charge $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

1.1) Quel doit être le signe de la différence de potentiel $U = V_A - V_C$?

1.2) Calculer en joule et en électronvolt l'énergie cinétique d'un proton qui franchit l'ouverture O.



2.) Dans cette enceinte règne un champ magnétique uniforme \vec{B} . Pour que les protons décrivent à la vitesse constante V_0 un quart de cercle de rayon r avant de sortir par l'ouverture M.

2.1) Donner l'expression de la force \vec{F} qui s'exerce sur un proton de vitesse \vec{V}_0 dans le champ magnétique \vec{B} 2.2) Préciser la direction et le sens de \vec{B} .

2.3) Etablir l'expression de la valeur de B du champ magnétique en fonction de V_0 , q , m et r .Calculer B.

3) on supprime le champ magnétique précédent et on applique maintenant un champ électrique uniforme \vec{E} pour que le faisceau franchisse l'ouverture N après avoir décrit une trajectoire parabolique dans le repère (Ox, Oy) .

3.1) Donner l'expression de la force \vec{F}' qui s'exerce sur un proton dans le champ électrique uniforme \vec{E}

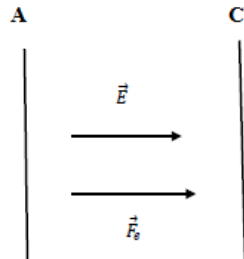
3.2) Préciser la direction et le sens de \vec{E} .

3.3) Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de m, V_0, q et r . Calculer numériquement E.

4) Les champ \vec{E} et \vec{B} , conservant les directions et sens précédents , sont appliqués simultanément . Quelle relation doit vérifier leurs valeurs pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés?

Corrigé

1.1) Le signe $U = V_A - V_C$



$q > 0$ et accélérée \Rightarrow $\begin{cases} \text{C est négative} \\ \text{A est positive} \end{cases}$ d'où $U_{AC} > 0$

1.2) L'énergie cinétique au point O

$$E_C(O) = \frac{1}{2} mV_0^2$$

Application numérique : $E_C(O) = \frac{1}{2} \times 10^{-27} \times (800 \cdot 10^3)^2 = 5344 \times 10^{-19} J$

L'énergie cinétique en électron-volt :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} J \quad E_C(O) = \frac{5344 \times 10^{-19} J}{1,6 \cdot 10^{-19} J} = 3340 eV$$

2)

2.1) L'expression de \vec{F}

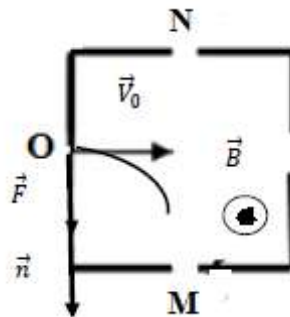
$$\vec{F} = q\vec{V}_0 \wedge \vec{B}$$

2.2) Direction et sens de \vec{B}

- Direction : perpendiculaire au plan

- Sens : \vec{B} est sortant (règle de la main droite)

2.3) L'expression de B en fonction de V_0 , q, met r



Appliquons la relation fondamentale de la dynamique : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

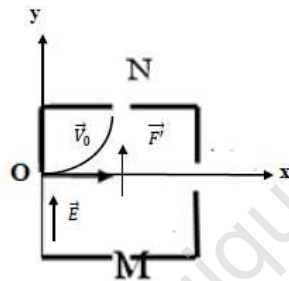
Projection sur \vec{n} : $F = ma_n \Rightarrow q \cdot V_0 \cdot B = m \frac{V_0^2}{r} \Rightarrow B = \frac{mV_0}{qr}$

Calcul de B :

$$B = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \times 800 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \times 25 \cdot 10^{-2}} = 3,34 \cdot 10^{-3} T = 3,34 mT$$

3)

3.1) L'expression de \vec{F}'



$$\vec{F}' = q \cdot \vec{E}$$

3.2) Sens et direction

-Direction : \vec{E} est perpendiculaire à (ox)

-Sens : même sens que (oy)

3.3) Expression de E en fonction de m , V_0 , q et r

Recherchons l'équation de la trajectoire :

$$\text{Conditions initiales : } O \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \vec{V}_0 \begin{cases} V_{ox} = V_0 \\ V_{oy} = 0 \end{cases}$$

$$\vec{F}' = m\vec{a}$$

Projection sur (Ox) : $0 = ma_x m \neq 0 \Rightarrow a_x = 0$ mouvement rectiligne uniforme

$$x = V_0 t$$

Projection sur (Oy) :

$$F' = ma_y qE = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{qE}{m} \text{ mouvement rectiligne uniformément varié}$$

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2$$

L'équation de la trajectoire :

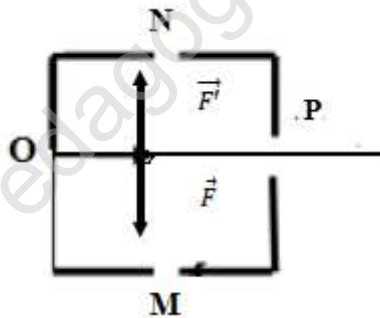
$$y = \frac{1}{2} \times \frac{qE}{m} \times \left(\frac{x}{V_0}\right)^2$$

$$\text{Au point N (r,r) : } y_N = \frac{qE}{2mV_0^2} x_N^2 r = \frac{qE}{2mV_0^2} r^2 \Rightarrow E = \frac{2mV_0^2}{qr}$$

Application numérique :

$$E = \frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \times (800 \times 1000)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \times 25 \cdot 10^{-2}} = 1336 \text{ V/m}$$

4) \vec{E} et \vec{B} agissent simultanément



Pour que les protons sortent en P, le mouvement doit être rectiligne uniforme ($a = 0$)

$$\vec{F} + \vec{F}' = 0 \quad \vec{F} = -\vec{F}' \Rightarrow F = F'$$

$$q \cdot V_0 \cdot B = qE \quad \Rightarrow E = V_0 \cdot B \Rightarrow V_0 = \frac{E}{B} = cte = 800 \text{ m/s}$$

EXERCICE II

1) 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 ; $m = 9,11.10^{-31}$ Kg et $e = 1,6.10^{-19}$ C.

2) Les électrons pénètrent en O_1 dans une zone 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 s'exerçant sur les électrons dans cette zone II.

2.2) Représenter ces forces au point M.

2.3) Écrire 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.

3) En O, les électrons pénètrent dans la zone III où règne le champ magnétique \vec{B} avec le vecteur \vec{v}_0 horizontal tel que $v_0 = v_1$. 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 U_0, m, B et e .

3.3) Placer le point P sur l'écran. Justifier.

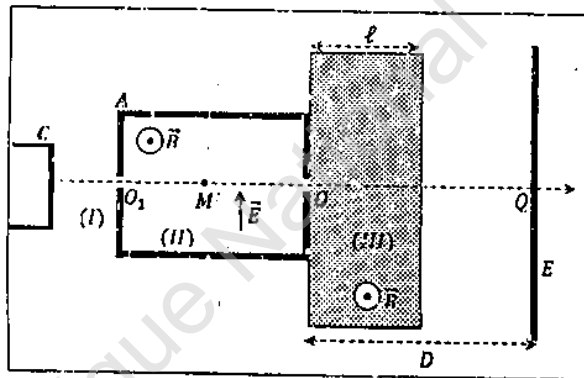
3.4) Donner la nature du mouvement des électrons entre la zone III et le point P.

3.5) En admettant que l est négligeable devant D et en supposant l'angle de déviation α très petit, montrer que la déflection magnétique Y_p a pour expression :

$$Y_p = \frac{eBlD}{mv_0}$$

3.6) Faire l'application numérique.

On donne : $l = 1$ cm ; $B = 2$ mT et $D = 50$ cm



Corrigé

1)

1.1) Le vecteur champ \vec{E}_0



$q < 0$ et accélérée par U_0 donc A est positive et C est négative d'où \vec{E}_0 est dirigé de A vers C.

1.2) La valeur de U_0

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$$

$\Delta E_C = qU_{CA}$ or $q = -e$ et $U_{CA} = -U_0$ donc

$$\Delta E_C = eU_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow U_0 = \frac{mv_1^2}{2e} = \frac{9,11 \times 10^{-31} \times (2 \times 10^7)^2}{2 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1137,5V$$

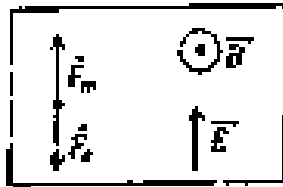
2)

2.1) L'inventaire des forces s'exerçant sur les électrons dans la zone II

- Force électrique : \vec{F}_e

- Force magnétique (force de Lorentz)

2.2) Représentation des forces au point M



\vec{F}_M : d'après la règle de la main droite

\vec{F}_e : $q < 0$ \vec{E} et \vec{F}_e sont de sens contraires.

2.3) Relation vectorielle entre les deux forces et déduction de B

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \vec{F}_m + \vec{F}_e = m\vec{a}$

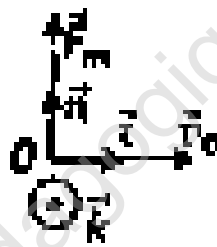
Les électrons sortent en O, mouvement rectiligne uniforme ($a = 0$)

$$\vec{F}_m = -\vec{F}_e \Rightarrow F_m = F_e$$

$$[q] \cdot V_1 \cdot B = [q] \cdot E \Rightarrow BV_1 = E \Rightarrow B = \frac{E}{V_1} = \frac{2 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^7} = 10^{-3} T$$

3)

3.1) Montrons que le mouvement est circulaire uniforme



$$\vec{F}_m = m\vec{a} a_\tau = 0 \Rightarrow a_\tau = \frac{dV}{dt} = \text{cte} : \text{mouvement uniforme}$$

Projection sur \vec{n} : $F_m = ma_n$

$$[q] \cdot V_0 \cdot B = m \frac{V_0^2}{R} \Rightarrow e \cdot V_0 \cdot B = m \frac{V_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mV_0}{eB} = \text{cte trajectoire circulaire}$$

Conclusion : Le mouvement est circulaire uniforme

3.2) L'expression du rayon R en fonction de U_0 , m , B et e

$$R = \frac{mV_0}{eB} \text{ avec } V_0 = V_1 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}} \Rightarrow R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU_0}{e}}$$

3.3) Le point P d'impact sur l'écran (voir figure)

La déviation des électrons se fait vers le haut.



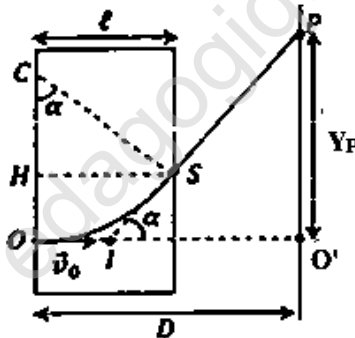
3.4) La nature du mouvement entre la zone III et le point P

Au-delà du point S, l'électron n'est soumis à aucune force, sa trajectoire redevient rectiligne. La direction de la trajectoire est celle de la vitesse \vec{V}_s .

Remarque : $V_s = V_0$ (m.r.u)

3.5) Montrons que la déflexion magnétique Y_P a pour expression:

$$Y_P = \frac{eBLD}{mV_0}$$



$$\tan \alpha = \frac{O'P}{O'I} \text{ avec } Y_P = O'P \text{ et } O'I \approx D$$

$$\tan \alpha = \frac{Y_P}{D} \Rightarrow Y_P = D \tan \alpha \quad \alpha \text{ petit : } \tan \alpha = \sin \alpha = \alpha \text{ (rd)} Y_P$$

$$= \alpha \cdot D = \frac{Dl}{R} = \frac{eBLD}{mV_0}$$

Application numérique :

$$Y_P = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-3} \times 0,5}{9,11 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^7} = 0,088m$$

EXERCICE III

On désire séparer les isotopes du zinc à l'aide d'un spectrographe de masse.

1) Etude dans la chambre d'accélération

Les ions ${}_{30}^x\text{Zn}^{2+}$ et ${}_{30}^{70}\text{Zn}^{2+}$ et de masse respectives m_1 et m_2 sont produits dans une chambre d'ionisation puis dirigés dans une chambre d'accélération entre deux plaques P_1 et P_2 . Arrivés en O_1 avec une vitesse nulle, ils sont accélérés par une tension $U = |U_{P_1P_2}| = 10^3$ V. Les ions ${}_{30}^x\text{Zn}^{2+}$ et ${}_{30}^{70}\text{Zn}^{2+}$ acquièrent respectivement les vitesses V_1 et V_2 à la sortie en O_2 . (Voir figure ci-dessous).

1.1) Représenter entre P_1 et P_2 , le vecteur champ électrostatique \vec{E} ;

1.1) Préciser le signe de la tension $U_{P_1P_2}$ en justifiant votre réponse.

1.3) Montrer que les ions ont la même énergie cinétique à la sortie en O_2 .

Exprimer alors V_1 en fonction de V_2 et de x .

On rappelle que $m_1 = x.u$ et $m_2 = 70.u$ avec $u = 1,67.10^{-27}$ kg

2) Etude dans la chambre de déviation

Entre O_2 et O , les ions ont un mouvement rectiligne uniforme et au-delà de O , ils sont séparés grâce à un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure.

2.1) Indiquer et justifier le sens de \vec{B} sachant que les ions arrivent en C_1 et C_2 .

2.2) Le mouvement des ions se déroule dans le plan (xOy) . Montrer que ce mouvement est uniforme et circulaire.

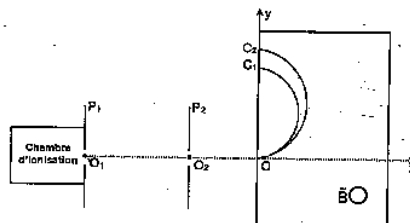
2.3) On désigne par R_1 et R_2 les rayons des demi-cercles décrits respectivement par ${}_{30}^x\text{Zn}^{2+}$ et ${}_{30}^{70}\text{Zn}^{2+}$.

En déduire :

- l'expression de R_1 en fonction de x , B , e , V_1 et u ;
- l'expression de R_2 en fonction de B , e , V_2 et u .

2.4) Les ions décrivent les demi-cercles et arrivent respectivement en C_1 et C_2 tel que $OC_2 - OC_1 = 8\text{mm}$. Calculer x .

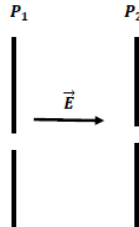
On donne $B = 0,1\text{T}$ et $V_2 = 7,45.10^4\text{m.s}^{-1}$



Corrigé

1) Etude dans la chambre d'accélération

1.1) Représentation du vecteur champ électrique \vec{E}



$q > 0$ et accélérée donc $V_{P1} > V_{P2}$ d'où l'orientation de \vec{E}

1.2) Le signe de U_{P1P2}

Comme $V_{P1} > V_{P2} \Rightarrow U_{P1P2} = V_{P2} - V_{P1} > 0$

1.3) Montrons que les ions ont la même énergie cinétique à la sortie de O_2

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}) \Rightarrow E_C(O_2) - E_C(O_1) = qU \Rightarrow E_C(O_2) = 2eU \text{ avec } q = 2e$$

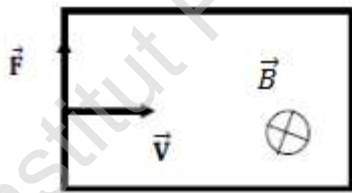
Les ions ont la même énergie cinétique car elle est indépendante de la masse des ions

Expression de V_1 en fonction de V_2 et de x

$$m_1 V_1^2 = m_2 V_2^2 \Rightarrow V_1 = V_2 \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = V_2 \sqrt{\frac{70}{x}}$$

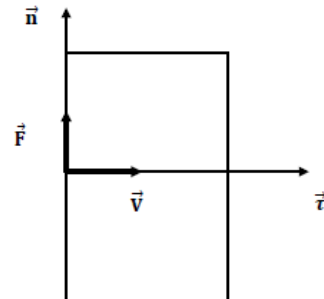
2) Etude dans la chambre de déviation

2.1) Les ions sont déviés vers le haut.



\vec{B} est entrant (orientation de la règle de la main droite)

2.2) Montrons que le mouvement des ions est circulaire uniforme



Appliquons la relation fondamentale de la dynamique $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$; $\vec{F} = m\vec{a}$

Projection sur $\vec{\tau}$: $0 = ma_{\tau} m \neq 0 \Rightarrow a_{\tau} = 0 = \frac{dV}{dt} \Rightarrow V = \text{cte}$: mouvement uniforme

Projection sur \vec{n} : $F = ma_n = m \frac{V^2}{R} = qVB \Rightarrow R = \frac{mV}{qB} = \text{cte}$: trajectoire circulaire

Conclusion: le mouvement est circulaire uniforme

2.3) Expression de R_1 en fonction de x, B, e, V_1 et U

$$R_1 = \frac{m_1 V_1}{qB} \text{ avec } m_1 = xu \text{ et } q = 2e \Rightarrow R_1 = \frac{xuV_1}{2eB} \quad (u: \text{unité atomique})$$

Expression de R_2 en fonction de B, e, V_2 et U

$$R_2 = \frac{m_2 V_2}{qB} \text{ avec } m_2 = 70u \text{ et } q = 2e \Rightarrow R_2 = \frac{70uV_2}{2eB} \quad (u: \text{unité atomique})$$

2.4) Calcul de x

$$OC_2 - OC_1 = C_1 C_2 = 8 \cdot 10^{-3} m$$

$$C_1 C_2 = 2R_2 - 2R_1 \Rightarrow R_2 - R_1 = \frac{C_1 C_2}{2}$$

$$\frac{35uV_2}{eB} - \frac{xuV_1}{2eB} = \frac{C_1 C_2}{2}$$

$$\left(35V_2 - \frac{xV_1}{2}\right) = \frac{C_1 C_2 eB}{2u} \text{ avec } V_1 = V_2 \cdot \sqrt{\frac{70}{x}}$$

$$35V_2 - \frac{x}{2} \times \sqrt{\frac{70}{x}} \times V_2 = \frac{C_1 C_2 eB}{2u}$$

$$x \sqrt{\frac{70}{x}} = 2 \left(35 - \frac{C_1 C_2 eB}{2V_2 u}\right)$$

$$x \sqrt{\frac{70}{x}} = 2 \left(35 - \frac{8 \cdot 10^{-3} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 10^{-1}}{2 \times 7,45 \cdot 10^4 \times 1,67 \cdot 10^{-67}}\right)$$

$$x \sqrt{\frac{70}{x}} = 69 \Rightarrow x = \frac{69^2}{70} \Rightarrow x = 68$$

EXERCICE IV

Dans cet exercice on négligera l'action du champ magnétique terrestre.

Un circuit C (figure 1) comprend un générateur G et un solénoïde comportant $n=2000$ spires par mètre. A l'intérieur du solénoïde se trouve une bobine plate P, de même axe que le solénoïde et de bornes K et M. Cette bobine P est formée de $N=300$ spires, chacune ayant une surface $S=10\text{cm}^2$.

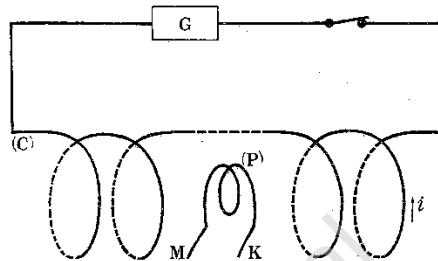


FIG. 1

A) 1. Le générateur G fait circuler dans le circuit un courant d'intensité $0,3\text{A}$. Sur un schéma clair, représenter le vecteur champ magnétique à l'intérieur du solénoïde. Justifier le sens de ce vecteur et calculer sa norme.

2. On ouvre le circuit du solénoïde. Expliquer pourquoi il apparaît une différence de potentiel U_{KM} . Le courant dans le solénoïde s'annule en 10^{-3}s , calculer la valeur moyenne de U_{KM} .

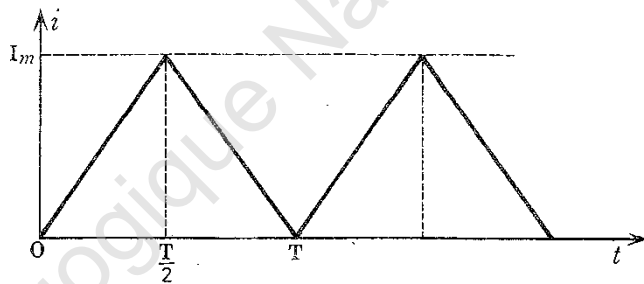


FIG. 2

B) Le générateur G fournit maintenant dans le circuit C une intensité i dont les variations en fonction du temps sont précisées sur la figure 2

1. Donner, sur une période T, entre les instants $t=0$ et $t=T$, les expressions de l'intensité i du courant induit sachant que $I_m=0,35\text{A}$ et $T=10^{-2}\text{s}$

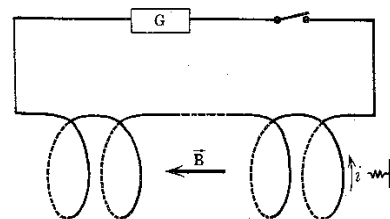
2. Calculer les valeurs prises par la force électromotrice induite dans la bobine P au cours de cette période T et représenter, avec la même échelle que i , le graphe de la force électromotrice induite.

Corrigé :

A.1. Le vecteur champ :

Le champ magnétique, à l'intérieur du solénoïde, est uniforme. Son sens est donné par la règle de la main droite. La paume est placée sur une spire, le courant traverse les doigts et le pouce indique le sens de \vec{B}

La norme du champ magnétique est : $B = \mu_0 n i$



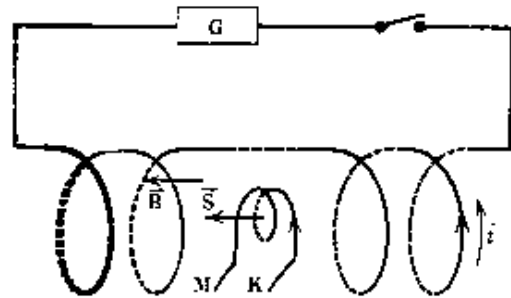
$$B = 4\pi 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,3 = 5,54 \cdot 10^{-4} T$$

2. Le champ électrique créé, à travers la bobine, un flux magnétique d'induction.

A l'ouverture du circuit le courant varie de 0,3A à 0A le champ diminue.

Le flux engendre une f.é.m. induite, il apparaît dans la bobine aux bornes K et M une différence de potentiel égale au module de la f.é.m.

Soit N le nombre des spires de P et S la surface d'une spire. Le flux de \vec{B} à travers P est



$\Phi = N \vec{B} \cdot \vec{S} \Rightarrow \Phi = N B \cdot S \cdot \cos \alpha$, le vecteur \vec{S} est normal au plan des spires et orienté d'après la règle de la main droite, \vec{B} et \vec{S} ont le même sens.

$$\Phi = N B S$$

La f.é.m. est : $e = -\frac{d\Phi}{dt}$, $e = NS \frac{dB}{dt}$

Quand on ouvre le circuit, le champ B diminue, par suite, $\frac{dB}{dt}$ est négatif et e est positif.

La bobine P est équivalente à un générateur dont le point M serait le pôle positif et le point K est le pôle négatif d'où :

$$U_{MK} = e \text{ et } U_{KM} = -e$$

$$e = \frac{300 \times 10 \cdot 10^{-4} \times 7,54 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} \Rightarrow e = 0,23V, U_{KM} = -0,23V$$

B.1. Entre l'instant $t=0$ et $t=T/2$, l'intensité i est une fonction linéaire de la forme :

$$i = at$$

a est la pente de la droite $i=f(t)$

$$a = \frac{I_m}{\frac{T}{2}} = \frac{2I_m}{T}, I_m = 0,35A, T = 10^{-2}s, a = \frac{0,35 \times 2}{10^{-2}} = 70$$

D'où : $i = 70t$

Entre l'instant $t = T/2$ et $t = T$, l'expression de $i(t)$ est une fonction affine de la forme :

$$i = -at + b$$

Pour calculer b nous écrivons qu'à l'instant $t=T$, l'intensité $i=0$

$$0 = -aT + b, b = aT, \text{ par suite } i = -a(t - T) \text{ avec } a=70$$

$$i = -70(t - T) \text{ où } i = -70t + 0,7$$

3. Valeurs de la f.é.m induite dans la bobine P.

Le flux de \vec{B} à travers la bobine P est :

$$\Phi = \vec{N} \cdot \vec{B} \cdot S \text{ et } B = \mu_0 n i \text{ d'où}$$

$$\Phi = N \cdot \mu_0 n i \cdot S, \text{ pour } 0 \leq t \leq \frac{T}{2}, e = -\frac{d\Phi}{dt} = -N \cdot \mu_0 n \cdot S \frac{di}{dt} \text{ avec } i = 70t$$

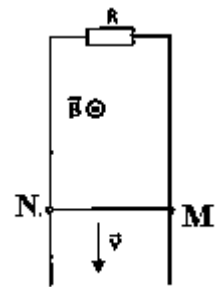
$$e = -N \cdot \mu_0 n \cdot S \times 70 \Rightarrow e = -4\pi 10^{-7} \times 300 \times 2000 \times 10 \times 10^{-4} \times 70 \Rightarrow e = -5,28 \times 10^{-2} V$$

$$\text{pour } \frac{T}{2} \leq t \leq T, e = -\frac{d\Phi}{dt} = -N \cdot \mu_0 n \cdot S \frac{di}{dt} \text{ avec } i = -70t + 0,7$$

$$e = -N \cdot \mu_0 n \cdot S \times (-70) \Rightarrow e = -4\pi 10^{-7} \times 300 \times 2000 \times 10 \times 10^{-4} \times (-70) \Rightarrow e = +5,28 \times 10^{-2} V$$

EXERCICE V

Une barre conductrice MN horizontale de masse m et de longueur ℓ de résistance négligeable est lâchée sans vitesse à l'instant initial t=0. elle tombe en restant parallèle à elle-même dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme B horizontal et perpendiculaire à la barre. La chute de la barre est guidée par deux fils verticaux conducteurs de résistance négligeable (voir figure).



On suppose les forces de frottement nulles, bien que MN soit à chaque instant en contact électrique avec les fils. Les extrémités supérieures des fils sont reliées à un résistor de résistance $R=25\Omega$.

On donne : $B=0,5T$, $\ell=20cm$ et $m=10mg$.

.Les rails sont métalliques.

1. Préciser le sens du courant induit. Donner l'expression de la f.é.m induite e qui apparait dans la tige en fonction de B, ℓ et V.
2. Sachant que le circuit est orienté dans le sens du courant induit. Donner l'expression du courant induit.
3. Appliquer le principe d'inertie à la tige puis montrer que la tige atteint une vitesse limite V_L que l'on exprimera en fonction de B, ℓ , g, et R. Calculer V_L .

Corrigé

1. Pour que la tige reste en équilibre, il faut que le poids et la force électromagnétique soient opposées. Condition d'équilibre de la tige :

$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$, du fait que le poids est dirigé vers le bas la force électromagnétique est alors dirigée vers le haut le champ magnétique est sortant, le courant induit selon la règle de la main droite est orienté de M vers N.

L'expression de la f.é.m. induite est :

$e = -\frac{d\Phi}{dt}$, $\Phi = -\mathbf{BS}$ le vecteur \vec{n} normal sur la surface \mathbf{S} est orienté selon la règle de la main droite dans le sens opposé à \vec{B} .

$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\mathbf{BS})}{dt}$ avec $\mathbf{S} = (\mathbf{S}_0 + \Delta\mathbf{S})$, $\Delta\mathbf{S} = \mathbf{x} \cdot \ell$

la tige se déplace à vitesse constante, son mouvement est alors r.u d'équation : $x = Vt$, l'expression de la f.é.m. est :

$$e = -\frac{d-(BS_0 + B \cdot \ell \cdot v \cdot t)}{dt} = B \cdot \ell \cdot v$$

1. L'expression du courant induit en fonction de B , V , ℓ et R

$$i = \frac{e}{R} = \frac{B \cdot \ell \cdot v}{R}$$

2. Condition d'équilibre de la tige

$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$, par projection de cette relation suivant la verticale

$$P - f = 0 \Rightarrow P = f \text{ or } P = m \cdot g \text{ et } f = i \ell B$$

$$m \cdot g = i \ell B \text{ et } i = \frac{B \cdot \ell \cdot v}{R} ; \quad m \cdot g = \frac{B^2 \ell^2 v}{R} \Rightarrow v = \frac{m \cdot g \cdot R}{B^2 \ell^2}$$

$$v = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 25}{0,5^2 \cdot 0,2^2} = 0,25 \text{ m/s}$$

MOUVEMENTS VIBRATOIRES ET CORPUSCULAIRES

I-VIBRATIONS ET PROPAGATIONS

1) Notion de phénomènes vibratoires

Un phénomène est dit périodique ou oscillatoire lorsqu'il se répète identique à lui-même pendant des intervalles de temps successifs et égaux appelés période. Ce mouvement est caractérisé par sa période T et sa fréquence N .

- Un mouvement est dit vibratoire lorsque l'élongation du solide en mouvement ou d'un point vibrant est une fonction sinusoïdale de temps.

$$\begin{cases} x = x_m \cos(\omega t + \varphi) \\ y = y_m \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

- $x ; y$: Représente l'élongation
- $x_m ; y_m$: représente l'amplitude ou l'élongation maximale
- $\omega(\text{rad/s})$: est la pulsation;
- $\omega t + \varphi$: est la phase du mouvement ;
- $\varphi(\text{rad})$: la phase initiale.

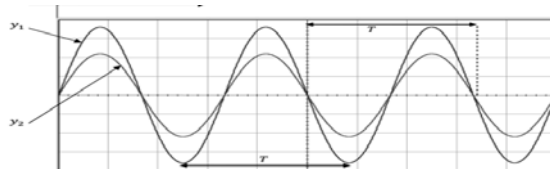
2) Déphasage

On appelle déphasage ou déphasage angulaire entre deux fonctions y_1 et y_2 de phases respectives φ_1 et φ_2 , la grandeur notée $\Delta\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|$.

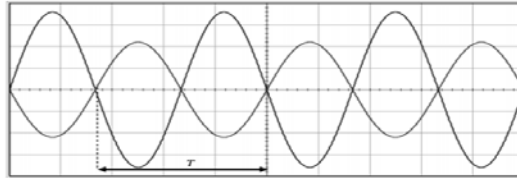
Ce déphasage équivaut au décalage horaire, c-a-d le temps mis par l'onde pour repasser au même point. $\theta = \frac{\Delta\varphi}{\omega}$.

- Si $\Delta\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2| > 0$, φ_2 est en avance sur φ_1
- Si $\Delta\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2| < 0$, φ_2 est en retard sur φ_1

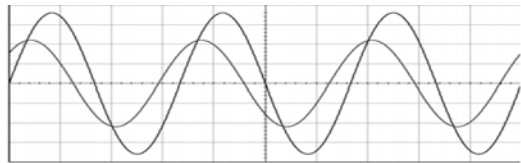
- Si $\Delta\varphi = 0$ ou $\Delta\varphi = 2k\pi$: les deux fonctions sont dites en phase



➤ Si $\Delta\varphi = \pi + 2k\pi$: les deux fonctions sont dites en opposition de phase

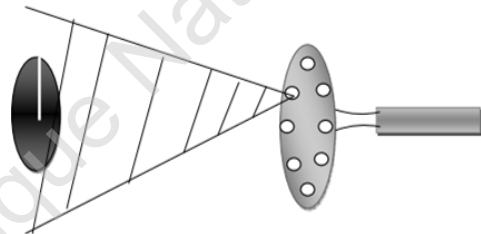


➤ Si $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$: les deux fonctions sont dites en quadrature de phase



3) La stroboscopie

La stroboscopie est le procédé original pour l'étude des mouvements vibratoires. Elle consiste à ralentir voire immobiliser de façon apparente le phénomène.



a) L'immobilité apparente

$$\text{Si } \boxed{N = kN_e \text{ ou } T_e = kT}$$

avec $k \in \mathbb{N}^*$, la période T du disque est un multiple entier de la période T_e des éclairs, alors le rayon est éclairé k fois par tour sur le fond noir du disque, il apparaît donc une immobilité apparente à k rayons.

b) Le mouvement ralenti

$$\text{Si } \boxed{N \cong N_e \text{ ou } T_e \cong T}$$

Le rayon étant éclairé dans une position choisie, le prochain éclair se produit à près un temps légèrement supérieur ou inférieur à T .

- Si N est légèrement supérieure à N_e : le mouvement est ralenti dans le sens direct
- Si N est légèrement inférieure à N_e : le mouvement est ralenti dans le sens indirect (ou inverse).
- La fréquence du mouvement apparent, ralenti est $n = N - N_e$

4. ONDES PROGRESSIVES : PROPAGATION D'UN EBRANLEMENT

a. Définitions:

Si on laisse tomber une pierre à la surface libre d'un liquide au repos, on observe qu'il naît au point de chute des rides circulaires qui s'agrandissent progressivement en s'éloignant de ce point de chute ; ceci est dû à la propagation dans toutes les directions à la surface du liquide de la déformation créée au point de chute.

b-Longueur d'onde :

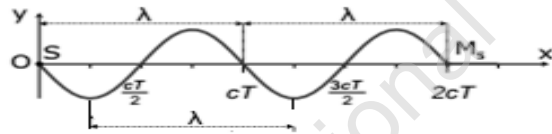
Un mouvement vibratoire (ou onde) est une succession d'ébranlements identiques.

La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde en une période T .

La longueur d'onde est la distance qui sépare deux crêtes consécutives de même nature.

$$\lambda = CT = VT = \frac{1}{f} \text{ avec } T(\text{s}); f(\text{Hz}); V(\text{m/s}); \lambda(\text{m})$$

La longueur d'onde dépend à la fois de la période $T = \frac{1}{N} = \frac{2\pi}{\omega}$, et de la célérité $C = \lambda N$

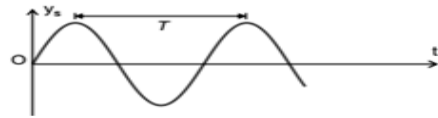


c-Équation de l'onde

✓ Équation de la source

Considérons une corde OA tendue à l'aide des masses marquées suspendues à l'une des extrémités de la corde passant par la gorge d'une poulie de masse négligeable.

L'autre extrémité O est fixée à une lame vibrante (vibreur) dont la vibration est entretenue par un électroaimant.



Le mouvement de la source O a pour équation : $y_0 = y_s = \text{asin}\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$

✓ Équation de l'onde en un point M du milieu de propagation

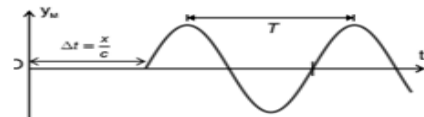
Un point M tel que $OM = x$ reproduit le mouvement de la source avec un retard $\theta = \frac{x}{V}$ ainsi

l'élongation au point M sera : $y_M = y_s(t - \theta)$

$$y_M = \text{asin}\left(\frac{2\pi}{T}(t - \theta) + \varphi\right) \Rightarrow y_M = \text{asin}\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi\theta}{T} + \varphi\right)$$

$$y_M = \text{asin}\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{T V} + \varphi\right) \Rightarrow y_M = \text{asin}\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi\right)$$

Ainsi :
$$y_M(x,t) = \text{asin}\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi\right]$$



✓ **Déphasage d'un point du milieu de propagation par rapport à la source:**

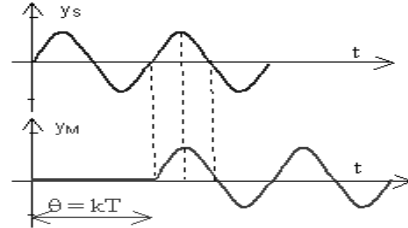
1. Points vibrants en phase avec la source:

Ces points vérifient :

Déphase : $\Delta\varphi = (\varphi_S - \varphi_M) = 2k\pi$ où k est un entier relatif.

Position: $x = k\lambda$ où k est un entier relatif.

Retard : $\theta = kT$ où k est un entier naturel.



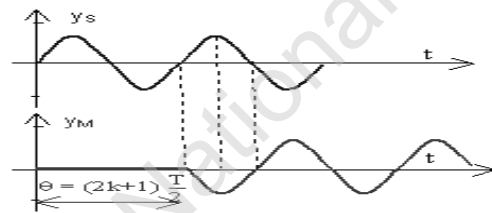
2. Points vibrants en opposition phase avec la source:

Ces points vérifient :

* Déphase : $\Delta\varphi = (\varphi_S - \varphi_M) = (2k+1)\pi$ où k est un entier relatif.

* Position : $x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ où k est un entier relatif.

* Retard : $\theta = (2k+1)\frac{T}{2}$ où k est un entier naturel.



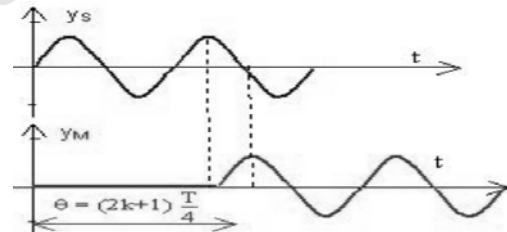
3. Points vibrants en quadrature de retard phase avec la source:

Ces points vérifient :

* Déphase : $\Delta\varphi = (\varphi_S - \varphi_M) = (2k+1)\frac{\pi}{2}$ où k est un entier relatif.

* Position : $x = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$ où k est un entier relatif.

* Retard : $\theta = (2k+1)\frac{T}{4}$ où k est un entier naturel.



II-INTERFERENCES MECANIKUES

➤ Conditions d'interférences

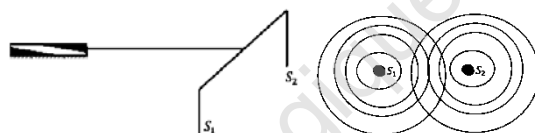
L'interférence est un phénomène qui résulte de la superposition de deux ondes de même nature et de même fréquence.

Énoncé :

Lorsque deux signaux colinéaires de faible amplitude se superposent en un point M, l'élongation résultante y est égale à la somme algébrique des élongations y_1 et y_2 que provoqueraient en M les deux signaux en se propageant seuls : $y = y_1 + y_2$

➤ Exemple d'interférence à la surface de l'eau

Une fourche munie de deux pointes est actionnée par un vibreur de pulsation ω créée en deux points S_1 et S_2 ; à la surface de l'eau au repos, des ondes circulaires qui se propagent dans tous les sens.



Considérons un point M du champ d'interférence se trouvant à la distance d_1 de la source S_1 et à la distance d_2 de la source S_2 .

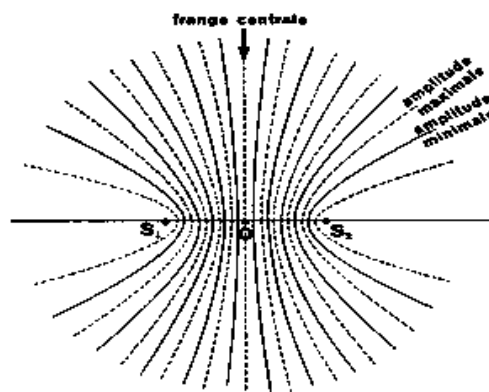
- Si la source S_1 existe seule, l'onde met un retard θ_1 pour atteindre le point M, alors son élongation sera $y_{1M}(t) = y_{S1}(t - \theta_1)$

- Si la source S_2 existe seule, l'onde met un retard θ_2 pour atteindre le point M, alors son élongation sera

$$y_{2M}(t) = y_{S2}(t - \theta_2).$$

- Lorsque les deux sources existent en même temps les ondes se superposent au point M, l'élongation de celui-ci d'après le principe de superposition sera :

$$y_M(t) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} d_1\right) + a \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\lambda} d_2\right)$$



Sachant que : $\sin a + \sin b = 2 \cos \frac{a-b}{2} \sin \frac{a+b}{2}$,

on obtient $y_M(t) = 2 \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{\lambda} (d_2 + d_1) \right)$

Cette équation montre que chaque point du champ d'interférence est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal d'amplitude A dépendant de sa position et de phase initiale φ

$$A = 2 \cos \frac{\pi}{\lambda} [(d_2 - d_1)] \text{ et } \Phi = -\frac{\pi}{\lambda} (d_2 + d_1)$$

La grandeur $\delta = |d_2 - d_1|$ est appelée différence de marche des ondes au point M.

- Si $\delta = 0$ c'est-à-dire $d_2 = d_1$, le point M est situé sur la médiatrice de $[S_1 S_2]$

- Le point M appartient à une frange d'amplitude maximale si et seulement si :

$$\cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = \mp 1 \Leftrightarrow A = \mp 2a \quad \text{C'est-à-dire} \quad \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = k\pi \Leftrightarrow$$

$$|d_2 - d_1| = k\lambda ; k \in \mathbb{Z}$$

- Le point M appartient à une frange au repos si $A = 0$;

$$\text{C'est-à-dire } \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = (2k + 1) \frac{\pi}{2} \text{ C'est-à-dire } (d_2 - d_1) = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

III - INTERFERENCES LUMINEUSES

✓ Décomposition de la lumière blanche :

Un faisceau de lumière blanche tombe sur un prisme P. le faisceau réfracté, arrive sur un écran et on peut observer un ensemble de lumières colorées allant du violet (le plus réfracté) au rouge (le moins réfracté).

Conclusion : la lumière blanche est formée d'un ensemble de lumières monochromatiques ou radiation. La lumière blanche est polychromatique.

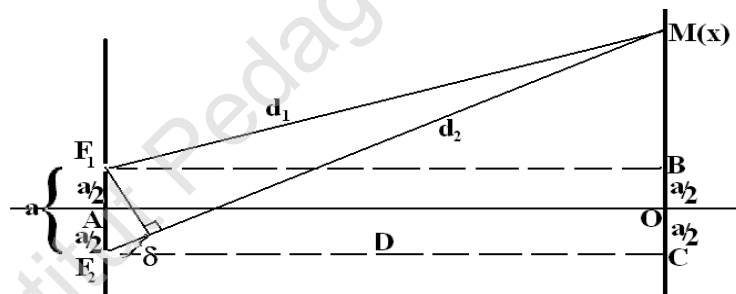
-Célérité de la lumière :

La célérité de la lumière, dans le vide est indépendante de sa couleur.

Elle vaut $C= 3.10^8\text{m/s}$.

Pour tout autre milieu d'indice de réfraction n , la vitesse de la lumière est $V=C/n$

✓ L'expérience des fentes d'Young



-La différence de marche :

Soit $d_1= F_1M$: le chemin optique suivi par la lumière de la fente F_1 au point M.

M : est un point quelconque de l'écran d'abscisse $OM=x$,

O : centre de l'écran

$d_2 = F_2 M$: chemin optique de F_2 au point M ; la différence de marche est : $\delta = d_2 - d_1$

- Calcul de la différence de marche :

Soit D : la distance séparant l'écran des deux fentes F_1 et F_2 : $D = OA = F_2 C = F_1 B$

A : milieu de F_1 et F_2

O : projection orthogonale de A sur l'écran E

B : projection orthogonale de F_1 sur l'écran E

C : projection orthogonale de F_2 sur l'écran E

Dans le triangle $F_2 C M$ rectangle en C

$$F_2 M^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 = D^2 \left(1 + \frac{\left(x + \frac{a}{2}\right)^2}{D^2}\right)$$

Dans le triangle $F_1 B M$ rectangle en B

$$F_1 M^2 = D^2 + \left(x - \frac{a}{2}\right)^2 = D^2 \left(1 + \frac{\left(x - \frac{a}{2}\right)^2}{D^2}\right)$$

La différence de marche : $\delta = F_2 M - F_1 M$. Soit $\delta = \frac{ax}{D}$

✓ Position des franges brillantes et obscures sur l'écran :

- Les franges brillantes sont telles que : $d_2 - d_1 = k\lambda \Leftrightarrow$

$$\frac{ax}{D} = k\lambda \Rightarrow x = \frac{k\lambda D}{a}$$

k : ordre de la frange brillante :

$k=0 \Rightarrow x_0=0$ on a la frange brillante centrale (d'ordre 0)

$$k=1 \Rightarrow x_1 = \frac{\lambda D}{a} \text{ on a la frange brillante d'ordre 1}$$

$$k=2 \Rightarrow x_2 = \frac{2\lambda D}{a} = 2x_1 \text{ on a la frange brillante d'ordre 2}$$

-Les franges obscures sont telle que :

$$d_2 - d_1 = (2k' + 1)\lambda/2$$

$$\Leftrightarrow \frac{ax}{D} = (2k' + 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow x = (2k' + 1) \frac{\lambda D}{2a}$$

k' : ordre de la frange obscure

$k'=0$ on a la 1^{ère} frange obscure, sa position sur l'écran est donnée par :

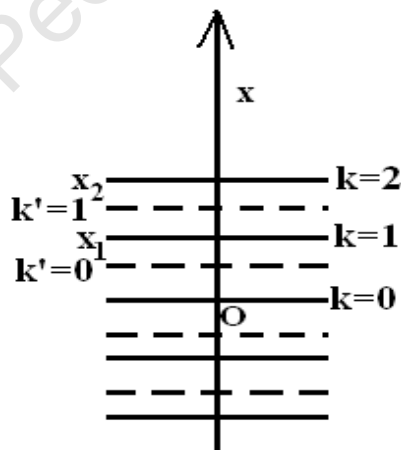
$$x'_0 = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{1}{2} x_1$$

Elle est donc intercalée entre les franges brillantes d'ordre 0 et 1

$$k'=1 \Rightarrow x'_1 = \frac{3\lambda D}{2a} = \frac{\lambda D}{a} + \frac{\lambda D}{2a} = x_1 + \frac{1}{2} x_1$$

Cette frange obscure d'ordre 1 est donc aussi intercalée entre les franges brillantes d'ordre 1 et 2.

-Système de franges :



✓ **L'interfrange i :**

L'interfrange i est la distance entre les centres de deux franges brillantes consécutives, ou les centres de deux franges obscures consécutives.

Calcul de l'interfrange

Prenons deux franges brillantes consécutives d'ordre k+1 et k

$$i = \frac{(k+1)\lambda D}{a} - \frac{k\lambda D}{a} \quad \text{D'où} \quad i = \frac{\lambda D}{a} \quad i, D, a \text{ et } \lambda \text{ s'expriment en m.}$$

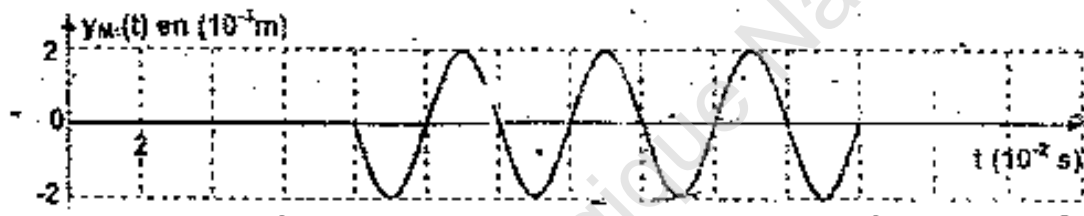
EXERCICES

EXERCICE I

En un point S, une source ponctuelle produit des vibrations sinusoidales verticales d'amplitude $a = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ et de fréquence N le long d'une corde élastique.

A l'instant $t = 0$, le point S débute son mouvement en partant de l'état de repos. La sinusoidale du temps traduisant l'évolution de l'élongation d'un point M_1 de la corde située à la distance $x_1 = 4 \text{ cm}$ de S,

est donnée par la figure. La réflexion et l'amortissement des ondes sont supposés négligeables.



- 1)
 - 1.1) Déterminer, à partir du graphe, la fréquence N et montrer que la célérité de propagation de l'onde est $C = 0,5 \text{ m/s}$
 - 1.2) Définir la longueur d'onde λ . Calculer sa valeur
- 2)
 - 2.1) Montrer que les points M_1 et S, de la corde, vibrent en phase.
 - 2.2) Dédire que l'équation horaire du mouvement de la source S s'écrit :
$$y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \cos\left(50\pi t + \frac{\pi}{2}\right), \text{ exprimé en m.}$$
- 3)
 - 3.1) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde situé, au repos, à une distance $SM = x$ de S.
 - 3.2) Représenter la corde, à l'instant $t = 8 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.
- 4) Déterminer les lieux des points M_i , de la corde, qui vibrent en opposition de phase avec S.

Corrigé

1)

1.1) La fréquence

D'après la courbe $T = 4 \cdot 10^{-2} \text{s}$

La fréquence : $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-2}} = 25 \text{Hz}$

Montrons que $C = 0,5 \text{ m/s}$:

Le point M répète le même mouvement que la source S mais avec un retard de θ

$$\theta = \frac{x}{V} \Rightarrow V = \frac{x}{\theta} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{-2}} = 0,5 \text{m/s}$$

1.2) Longueur d'onde

Distance parcourue par l'onde pendant une période T

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{N} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{m}$$

2)

2.1) Montrons que les points M_1 et S vibrent en phase

$$\frac{x_1}{\lambda} = \frac{4}{2} = 2$$

$x = 2\lambda \Rightarrow x = 2k\lambda$ avec $k = 2$. Donc M_1 et S vibrent en phase

2.2) Dédution de l'équation horaire de la source

$$y_S = a \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V = -a\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{à } t = 0 \quad y_0 = a \cos \varphi \quad \text{et } V_0 = -a\omega \sin \varphi = 0 \quad \Rightarrow \cos \varphi = 0 \quad \text{donc } \varphi = \frac{\pi}{2}$$

L'amplitude : $a = 2 \cdot 10^{-3} \text{m}$

$$\omega = 2\pi N = 50\pi$$

$$y_S = 2 \cdot 10^{-3} \cos\left(50\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

3)

3.1) Équation horaire du mouvement d'un point M de la corde au repos lorsque $SM = x$

$$y_M = y_S(t - \theta) \quad \text{avec } \theta = \frac{x}{V}$$

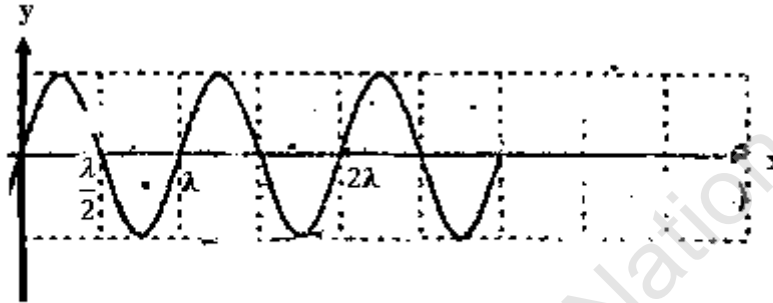
$$y_M = a \cos\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{V}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$y_M = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)$$

3.2) La représentation de la courbe à l'instant $t = 8 \cdot 10^{-2} \text{s}$

$$y = a \cos\left(50\pi \times 10^{-2} - \frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) = a \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

y	a	0	-a	0	0
x	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{4}$	λ	0



4) Lieux des points M_i de la corde qui vibrent en opposition de phase avec S

$$d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$y_S = a \cos(\omega t + \varphi)$$

$$y_{M_i} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_{M_i} = \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi x}{\lambda} \text{ avec } x =$$

d la distance entre les deux points M_i et S qui sont en opposition de phases.

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\pi = \frac{2\pi}{\lambda} d \Rightarrow d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

EXERCICE II

Deux points S_1 et S_2 de la surface d'une cuve à ondes, distants de 5,4 cm, vibrent verticalement et sinusoïdalement ; S_2 vibre avec un retard de 1/100 s par rapport à S_1 et telle que :

$$y_{S_1} = 2.10^{-3} \cos 100\pi t.$$

Les ondes progressives se déplacent sur le liquide avec une célérité de $0,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1)-a-Ecrire l'équation horaire du mouvement de S_2 .

b-Donner l'équation horaire du mouvement d'un point M situé à une distance d_1 de S_1 et d_2 de S_2 .

c-Considérons le point M_1 de la surface de l'eau tels que $d_1 = 5\text{cm}$ et $d_2 = 10\text{cm}$; déterminer son état vibratoire.

2) Etablir l'expression de la différence de marche ($d_1 - d_2$) en fonction de λ , pour :

- Les points qui vibrent avec une amplitude maximale.
- Les points immobiles.

3)-a-Déterminer le nombre de lignes de repos et les positions de leurs intersections avec le segment $[S_1S_2]$ par rapport à S_1 ; de même pour les lignes de points vibrant avec une amplitude maximale.

b-Dessiner la figure d'interférence.

4) Que peut-on dire du mouvement des points de la droite S_1S_2 situés en dehors du segment $[S_1S_2]$.

Corrigé

1)-a-L'élongation de S_1 est : $y_{S_1}(t) = 2.10^{-3} \cos 100\pi t$, celle de S_2 s'écrit : $y_{S_2}(t) = a \cos 2\pi Nt (t - \theta)$

Où $\theta = 1/100\text{s}$: le retard horaire de S_2 par rapport à S_1

$$y_{S_2}(t) = 2.10^{-3} \cos(2\pi Nt - 2\pi \times 50 \times 1/100) \text{ soit } y_{S_2}(t) = 2.10^{-3} \cos(100\pi t - \pi)$$

On remarque que S_2 vibre en opposition de phase par rapport à S_1 .

b-A tout instant il se superpose en M deux ondes (1) et (2) issues respectivement de S_1 et de S_2 et d'équations

$$y_1 = y_{S_1}(t - \theta_1) = a \cos\left(2\pi Nt - 2\pi \frac{d_1}{\lambda}\right)$$

$$y_2 = y_{S_2}(t - \theta_2) = a \cos\left(2\pi Nt - 2\pi \frac{d_2}{\lambda} - \pi\right)$$

$$y_M(t) = y_1(t) + y_2(t) = a \left[\cos\left(2\pi Nt - 2\pi \frac{d_1}{\lambda}\right) + \cos\left(2\pi Nt - 2\pi \frac{d_2}{\lambda} - \pi\right) \right]$$

Or $\cos p + \cos q = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$

$$y_M(t) = 2a \cos\left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) \cos\left[2\pi Nt - \pi \frac{d_1 + d_2}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right]$$

c-Application numérique : $d_2 = 10\text{ cm}$; $d_1 = 5\text{ cm}$; $c = 50\text{ cm/s}$; $\lambda = c/N = 50/50 = 1\text{cm}$; d'où

$$\frac{d_1 - d_2}{\lambda} = \frac{(5-10)}{1} = -5$$

Calculons l'amplitude A de M

$$A = 2a \cos\left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) \text{ or}$$

$$\cos\left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right) = \cos\left(5\pi + \frac{\pi}{2}\right) = 0 \Rightarrow A = 0 \quad y_{M_1}(t) = 0$$

Le point M_1 est constamment immobile.

2) Franges d'amplitude maximale :

L'amplitude de vibration d'un point M quelconque est :

$$A = 2a \cos\left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$A = \pm 2a$, amplitude maximale, si:

$\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2} = k\pi$; $d_1 - d_2 = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$: C'est une équation paramétrique de paramètre k caractérisant une famille d'hyperboles de foyers S_1 et S_2 .

Franges d'amplitude nulle :

- Franges d'amplitude nulle $A = 0$

$\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2} = (2k + 1)\frac{\pi}{2}$; ce qui conduit à $d_1 - d_2 = k\lambda$: C'est une équation paramétrique de paramètre k caractérisant une deuxième famille d'hyperboles de foyers S_1 et S_2 .

Les deux types d'hyperboles des deux familles sont alternés.

3)-a-Nombre de lignes de repos

$$-S_1 S_2 \leq d_1 - d_2 \leq S_1 S_2$$

$$-d \leq k\lambda \leq d \Rightarrow -\frac{d}{\lambda} \leq k \leq \frac{d}{\lambda} \text{ soit } : -5,4 \leq k \leq +5,4 \text{ donc } -5 \leq k \leq +5$$

Les nombres entiers possibles pour k : $\{-5; -4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4; 5\}$.il existe donc 11 franges d'amplitude nulle.

Nombre de franges d'amplitude maximale :

$$-S_1 S_2 \leq d_1 - d_2 \leq S_1 S_2$$

$$-d \leq \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda \leq d$$

Par conséquent : $-\frac{d}{\lambda} + \frac{1}{2} < k < \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{2}$

Application numérique : $S_1 S_2 = d = 5,4 \text{ cm}$; $\lambda = 1 \text{ cm}$: $-4,9 \leq k \leq 5,9$ donc $-4 \leq k \leq 5$

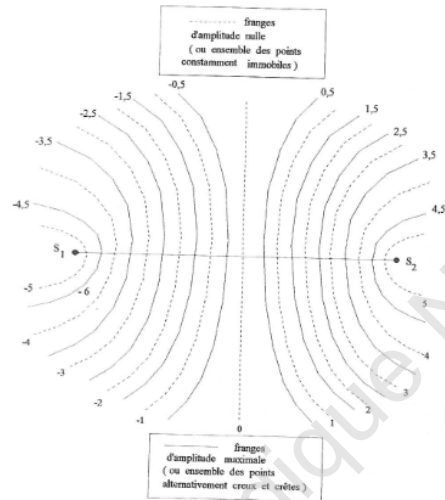
Les nombres entiers possibles pour k sont : $\{-4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4; 5\}$;il existe donc 10 franges d'amplitude maximale

b-La figure représente les différents types de franges ainsi que leurs dispositions entre elles.

4) Soit P un point de la droite S_1S_2 situé en dehors du segment $[S_1S_2]$, l'amplitude de ce point est :

$$A = 2a \cos \left(\pi \frac{d_1 - d_2}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right)$$

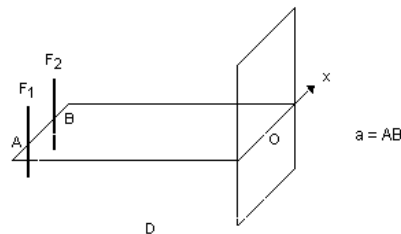
Avec : $|d_1 - d_2| = d = cte$; d'où $A = 2a \cos(\pm \pi d + \pi/2) = cte$: tous les points situés en dehors du segment $[S_1S_2]$ vibrent avec une amplitude constante.



EXERCICE III

On réalise une expérience d'interférences avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ

On utilise une fente source avec laquelle on éclaire deux fentes verticales fines F_1 et F_2 séparées par une distance $a = AB = 0,20 \text{ mm}$. A une distance $D = 0,50 \text{ m}$ des deux fentes, on place un écran vertical permettant d'observer les interférences. On considère sur l'écran un axe horizontal Ox (le point O se trouvant sur la médiatrice de AB (voir figure ci-dessous)).



1) Expliquer qualitativement le phénomène d'interférences observé sur l'écran.

Pourquoi utilise-t-on une fente source avant les fentes F_1 et F_2 ?

- 2) Etablir, pour un point M de cet axe Ox d'abscisse x, l'expression de la différence de marche entre deux rayons provenant de F_1 et F_2
- 3) Quelle condition doit remplir la différence de marche pour que l'intensité lumineuse soit nulle en un Point de l'écran?
- 4) Exprimer en fonction de λ , D, a et l'entier relatif k, l'abscisse x_k d'un point de l'axe pour lequel l'intensité lumineuse est nulle.
- 5) En déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de λ , D, et a.
- 6) Quelle est l'influence des différents paramètres sur l'interfrange? Comment doit-on modifier la distance entre les 2 fentes pour obtenir des franges plus espacées ?
- 7) Calculer la longueur d'onde λ , sachant que les centres des 6 franges consécutives de même nature sont espacés de 6,85mm.

Corrigé

1) Explication du phénomène d'interférence

On utilise une fente source F (non représentée sur le schéma) avant les fentes F_1 et F_2 car la source de lumière primaire (une lampe non représentée sur le schéma) ne possède pas une bonne cohérence spatiale. La fente source fine F est parallèle aux fentes F_1 et F_2 et à égales distances de celles-ci.

Les ondes lumineuses émises par les sources F_1 et F_2 ont la même fréquence et leur différence de phase est constante (nulle). Elles sont donc **cohérentes**.

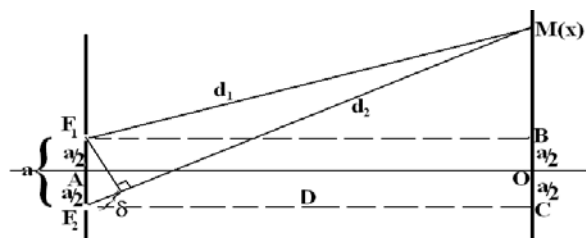
Lorsque ces ondes arrivent en un même point de l'écran elles interfèrent:

-Si les **ondes arrivent en phase** au point M il y a **interférences constructives**, M est sur une **frange brillante**.

-Si les ondes **arrivent en opposition de phase** au point M il y a **interférences destructives**, M est sur

Une frange obscure (intensité lumineuse nulle).

2) Expression de la différence de marche :



$$\delta = d_2 - d_1$$

$$d_2^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 \quad (1) \quad d_1^2 = D^2 + \left(x - \frac{a}{2}\right)^2 \quad (2)$$

$$(1) - (2): d_2^2 - d_1^2 = 2ax \text{ or } d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2\delta D \text{ car } d_1 \approx d_2 \approx D$$

$$D' \text{ où } \delta = \frac{ax}{D}$$

3) Condition pour que l'intensité lumineuse soit nulle en un point de l'écran.

Pour que l'intensité lumineuse soit nulle en un point M de l'écran il faut que la différence de marche des ondes arrivant en ce point et provenant de F₁ et F₂ est de la

$$\text{forme : } \delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

F₁ et F₂ arrivent en opposition de phase en M.

4) Abscisse x_k d'un point de l'axe pour lequel l'intensité lumineuse est nulle

D'après ce qui vient d'être dit l'abscisse x_k d'un point de l'axe pour lequel l'intensité lumineuse est nulle satisfait à :

$$\delta = \frac{ax}{D} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$x_k = \frac{(2k + 1)\lambda D}{2a}$$

5) Expression de l'interfrange

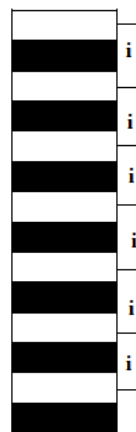
$$i = x_{k+1} - x_k = (2k + 3 - 2k - 1) \frac{\lambda D}{2a} \Rightarrow i = \frac{\lambda D}{a}$$

6) Influences des différents paramètres sur l'interfrange : i croît quand λ ou D augmente, mais diminue quand la valeur de a augmente. Pour obtenir des franges plus espacées, il faut donc diminuer la distance entre les deux fentes (c'est-à-dire diminuer la valeur de a)

7) Calcul de la longueur d'onde λ :

$$\text{connaissant l'interfrange } i = \frac{6,85}{5} = 1,37 \text{ mm}$$

$$\text{On trouve : } \lambda = \frac{ia}{D} = 548 \text{ nm}$$



IV-EFFET PHOTOELECTRIQUE

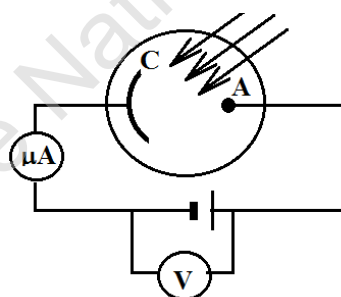
1) Définition

Par définition, l'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un métal exposé à un rayonnement électromagnétique convenable.

2) Seuil photoélectrique :

Si l'on applique une tension U_{AC} positive, à la cellule photoélectrique, on détectera un courant électrique passant à travers la cellule dès que l'on éclaire convenablement sa cathode par une radiation monochromatique.

Précisément, on constate que lorsque la fréquence ν de la radiation utilisée est inférieure à une valeur limite ν_0 , le microampèremètre ne détecte plus de courant.



Cela implique que l'effet photoélectrique n'est possible que lorsque $\nu \geq \nu_0$ ou de manière équivalente $\lambda \geq \lambda_0$

La fréquence $\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$ est la fréquence de seuil.

3) **Intensité de saturation:** Lorsque la tension U_{AC} augmente, le nombre d'électrons qui atteignent l'anode augmente. Donc l'intensité I augmente. Si tous les électrons émis par la cathode sont captés par l'anode l'intensité du courant atteint une valeur maximale appelée intensité de saturation I_s .

4) **Potentiel d'arrêt :** lorsque la tension $U_{AC} = 0$, l'intensité n'est pas nulle : même sans tension accélératrice, certains des électrons émis parviennent à rejoindre l'anode. Pour annuler l'intensité du courant, une tension négative $U_{AC} = U_0$ est nécessaire : il s'agit de

freiner les électrons éjectés de la cathode afin que même ceux ayant la plus grande vitesse d'émission ne parviennent pas à atteindre l'anode. U_0 est la tension ou potentiel d'arrêt.

- **Interprétation du potentiel d'arrêt** : L'application du théorème de l'énergie cinétique à un électron se déplaçant de C à A donne la relation.

Lorsque $I=0$ et $U_{AC} = U_0$ les électrons possédant la vitesse d'éjection maximale $V_c = V_{max}$ ont une vitesse V_A nulle lorsqu'ils arrivent au voisinage de l'anode, il vient alors :

$$\frac{1}{2} m V_{max}^2 = e U_0$$

La tension d'arrêt U_0 est fonction affine de la fréquence ν du rayonnement incident. Soit un photon efficace possédant l'énergie $E > E_0$. Si nous considérons le système (photon-électron émis -cristal) comme un système isolé, nous pouvons appliquer le principe de conservation de l'énergie.

L'énergie cinétique de recul de la cathode est tout à fait négligeable compte tenu de sa masse

$$\frac{1}{2} m V_{max}^2 = h\nu - h\nu_0 = h(\nu - \nu_0) = eU_0 \Leftrightarrow U_0 = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0)$$

La constante de Planck a pour valeur $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{Js}$.

V-NIVEAU D'ENERGIE

Définition : l'énergie de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation :

$E = \frac{-13,6}{n^2}$ où n est le nombre quantique principal ou numéro de la couche occupée par l'électron.

- Le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau supérieur n à un niveau inférieur p s'accompagne d'une émission de photon d'énergie :

$$E_n - E_p = -13,6 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

Cette valeur représente aussi l'énergie qu'il faut fournir à l'atome pour l'exciter du niveau E_p au niveau E_n .

- **Énergie d'ionisation E_i :** C'est l'énergie qu'il faut fournir à l'atome pour l'ioniser à partir du niveau fondamental $n=1$: $E_i=13,6\text{eV}$.
- La longueur d'onde de la radiation émise au cours d'une émission d'un photon obéit à la relation empirique :

$$\frac{1}{\lambda_{n,p}} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ avec } n > p$$

R_H : constante de Rydberg ($R_H = 1,09 \cdot 10^7 \text{m}^{-1}$)

VI-PHYSIQUE NUCLEAIRE

(RADIOACTIVITE)

1-Noyau atomique

✓ Constitution du noyau

Le noyau est formé de particules appelées nucléons. Il existe essentiellement deux types de nucléons : les protons et les neutrons.

- le proton : particule portant une charge élémentaire $+e$.
- le neutron : particule électriquement neutre

Le nombre de protons que contient un noyau est appelé nombre de charge ou numéro atomique : il est noté Z . Le nombre total de nucléons (protons + neutrons) est appelé nombre de masse, il est noté A

- Le nucléide

Un nucléide ou noyau est caractérisé par son nombre de masse A et son nombre de charge Z .

On le note A_ZX (où X est le symbole de l'élément correspondant)

2 - Etude énergétique du noyau

-L'énergie de liaison du noyau

- Défaut de masse :

Par définition, le défaut de masse d'un noyau est égal à la différence entre la masse des nucléons qui le composent et sa masse.

Le défaut de masse est une valeur positive, nous le noterons Δm

$$\Delta m = \Delta m_p + (A - Z)m_n - m_{\text{noyau}}$$

-Relation d'Einstein

A toute variation de masse d'un système au repos correspond une variation d'énergie de masse donnée par la relation: $\Delta E = \Delta mc^2$

ΔE et Δm représentent les variations d'énergie et de masse du système.

Cette relation est algébrique :

- si la masse du système augmente ($\Delta m > 0$) l'énergie de masse du système augmente ($\Delta E > 0$).
- si la masse du système diminue ($\Delta m < 0$) l'énergie de masse du système diminue également ($\Delta E < 0$)

- **Définition de l'énergie de liaison** : L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie qu'il faut fournir pour préparer ses nucléons.

Elle est notée E_l : $E_l = \Delta mc^2$

L'énergie de liaison par nucléon est l'énergie de liaison du noyau divisée par le nombre de nucléons : $\frac{E_l}{A}$

3 - Réactions nucléaires

✓ **Réactions nucléaires spontanées.**

- **La radioactivité** : La radioactivité est la propriété spécifique de certains noyaux instables de se transformer spontanément en émettant un rayonnement.

- **Lois de conservation** : Dans une réaction nucléaire il y a conservation :

- Du nombre de nucléons.
- Du nombre de charges.

- soit la réaction suivante : ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1} X_1 + {}^{A_2}_{Z_2} Y_2$

- Conservation du nombre de nucléons $A = A_1 + A_2$
- Conservation du nombre de charge $Z = Z_1 + Z_2$

✓ **Les réactions nucléaires provoquées :**

Les réactions nucléaires provoquées sont dues au bombardement d'un noyau par une autre particule ou par un autre noyau.

Elles dépendent de plusieurs facteurs :

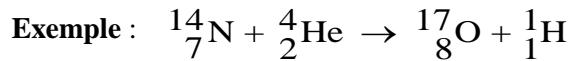
- la nature du noyau cible.
- la nature du projectile (proton, neutron, particule) et de son énergie cinétique.

Les réactions nucléaires provoquées sont très nombreuses et très variées.

Nous allons donner quelques exemples :

-La réaction de transmutation :

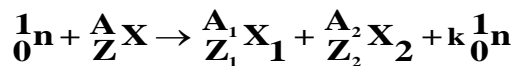
C'est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux interagissent pour former deux autres nouveaux noyaux avec éventuellement création de particules élémentaires.



- La réaction de fission :

Certains noyaux atomiques massifs ont la propriété de se scinder en deux fragments, en général inégaux, lorsque diverses particules viennent les choquer.

Quand cette scission est provoquée par un neutron, la réaction porte le nom de fission.



La fission est une réaction :

- provoquée.
- en chaîne.
- exothermique.

- La réaction de fusion :

On peut libérer de l'énergie aussi en unissant des petits noyaux pour en former de plus gros.

Ces réactions sont appelées fusions nucléaires.

La fusion est une réaction :

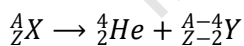
- provoquée.
- exothermique.

4- Les différents types de radioactivité :

- La radioactivité α

Les particules α sont des noyaux d'hélium et symbolisés par: ${}^4_2\text{He}$

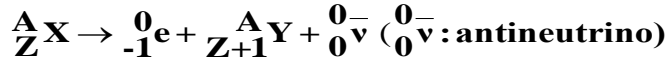
Au cours d'une émission α , l'équation de désintégration s'écrit :



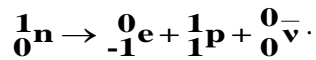
-La radioactivité β^- :

C'est une particule qui a une masse et une charge identique à celles de l'électron : il s'agit d'un électron.

Au cours d'une émission β^- l'équation de la désintégration s'écrit :



Tout se passe comme si un neutron du noyau se transforme en un proton selon :

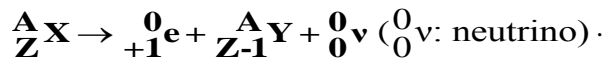


-La radioactivité β^+ :

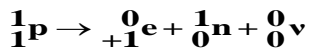
C'est une particule qui a la même masse qu'un électron et une charge positive égale à la valeur absolue de celle de l'électron.

Au cours d'une émission β^+ la désintégration s'accompagne de la libération d'un positron ${}^0_{+1}\text{e}$

L'équation générale d'une émission β^+ s'écrit:



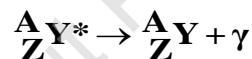
Tout ce passe comme si un proton du noyau se transforme en un neutron selon :



-La radioactivité γ :

C'est une particule électriquement neutre, sa masse est nulle et sa vitesse est égale à celle de la lumière: γ est un photon.

Le retour à l'état fondamental d'un noyau excité s'accompagne d'une libération d'énergie sous forme de rayonnement γ ; C'est la désexcitation γ . Si Y^* est le noyau excité ; l'équation de la désexcitation s'écrit :



5 - Loi de décroissance radioactive :

Soit N le nombre de noyaux identiques non désintégrés à la date t .

Soit dN la variation du nombre de noyaux radioactifs ($dN < 0$) pendant la durée dt . Entre les dates t et $t + dt$, le nombre de noyaux désintégrés est

$$[N - (N + dN)] = -dN.$$

Le comptage des particules émises par les noyaux radioactifs montrent :

- dN est proportionnel à dt
- dN est proportionnel à N
- dN dépend du noyau et de la particule émise. On a : $dN = -\lambda N dt$

En intégrant entre $t=0$ et t , il vient:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \Leftrightarrow N = N_0 e^{-\lambda t}$$



λ : Constante radioactive.

Le nombre de noyaux radioactifs décroît suivant une loi exponentielle en fonction du temps.

✓ **Activité :**

L'activité A d'une substance radioactive est le nombre de désintégration par unité de temps.

$$A = \frac{-dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N$$



A est exprimé en Becquerel (symbole Bq).

L'activité d'une substance radioactive décroît suivant une loi exponentielle en fonction du temps

✓ **Période radioactive :**

C'est le temps T au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se désintègre.

$$\text{à } t = 0 \text{ } N = N_0 \text{ et à } t = T \text{ } N = \frac{N_0}{2}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

EXERCICES

EXERCICE I

On rappelle que l'énergie d'un atome d'hydrogène est quantifiée et ne peut prendre que les valeurs suivantes :

$$E_n = \frac{E_0}{n^2} \text{ avec } E_0 = -13,6 \text{ eV et } n = 1, 2, 3, \dots$$

1)

a- Représenter sur un diagramme les niveaux d'énergie en électron- volts de l'atome d'hydrogène pour n compris entre 1 et 6.

b- Préciser sur ce diagramme l'état fondamental et les états excités,

c- Montrer à partir de ce diagramme le caractère discontinu du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène.

2) Qu'appelle-t-on énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ? Quelle est sa valeur?

3) Dire s'il y a absorption ou émission lors de la transition :

a- Du niveau d'énergie correspondant à $n = 1$ au niveau $n = 2$

b- Du niveau d'énergie correspondant à $n = 3$ au niveau $n = 2$

4) L'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie correspondant à $n = 4$ au niveau $n = 2$.

a- Calculer la longueur d'onde de la radiation émise,

b- A quel domaine de radiation cette longueur d'onde appartient-elle ?

5) Les quatre premières raies de la série de Balmer correspondant au retour au niveau $n = 2$ ont pour longueur d'onde : $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 434 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 486 \text{ nm}$, $\lambda_4 = 656 \text{ nm}$. Associer chaque longueur d'onde à la transition correspondante.

6) L'atome d'hydrogène étant dans un état correspondant au niveau $n=1$, il reçoit deux photons d'énergies respectives 10,5 eV et 14 eV.

a- Lequel des deux photons permet l'ionisation de l'atome d'hydrogène ?

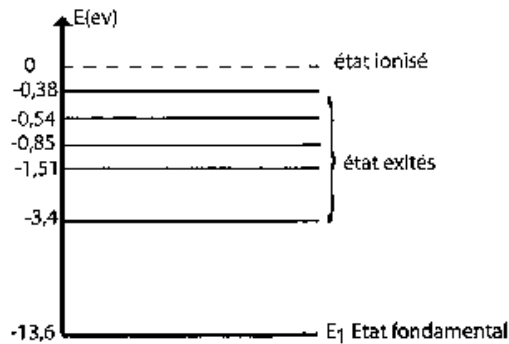
b- Calculer l'énergie cinétique, en eV, de l'électron lorsqu'il quitte l'atome ; puis déduire sa vitesse.

On donne: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

Corrigé

1)

a-b- Représentation du diagramme d'énergie et précision de l'état excité.



c- L'énergie de l'atome est quantifiée (ne peut prendre que des valeurs bien déterminées) alors seules les transitions bien déterminés, des niveaux supérieurs aux niveaux inférieurs sont possibles ; ce qui justifie le caractère discontinu du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène (cette propriété est valable pour tous les atomes).

2) L'énergie d'ionisation d'un atome est l'énergie qu'il faut fournir à cet atome pour faire passer son électron de l'état fondamental à l'état ionisé :

$$W_{ions} + E_1 = E_{\infty} \Rightarrow W_{ions} = -E_1 = 13,6eV$$

3) a- Lors de la transition du niveau d'énergie correspondant à $n = 1$ au niveau $n = 2$ l'énergie de l'atome augmente d'où il y'a absorption de l'énergie.

b- Lors de transition du niveau d'énergie correspondant à $n=3$ au niveau $n=2$ l'énergie de l'atome diminue d'où il y'a émission de l'énergie.

4)-a- Au cours d'une transition :

$$\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$\text{Application numérique : } \lambda_{4-2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{[-0,85 - (-3,4)] \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,87 \cdot 10^{-7} m$$

b- Le domaine du visible contient toutes les radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400nm et 800nm $\lambda_{4-2} \in \{400nm; 800nm\}$ d'où cette radiation est visible

$$5) \Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_p - E_2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_p = E_2 + \frac{hc}{\lambda} \text{ or } E_p = \frac{-13,6}{p^2} \Rightarrow p = \sqrt{\frac{-13,6}{E_2 + \frac{hc}{\lambda}}}$$

Ainsi :

$$\text{Pour } \lambda_1 = 410\text{nm} P_1 = \sqrt{\frac{-13,6}{-3,4 + \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-9} \times 1,6 \cdot 10^{-9}}} = 6$$

λ_1 correspond à la transition du niveau d'énergie $n = 6$ au niveau $n = 2$.

Pour $\lambda_2 = 434\text{nm} \Rightarrow p_2 = 5$ λ_2 correspond à la transition du niveau d'énergie $n = 5$ au niveau $n = 2$.

Pour $\lambda_3 = 487\text{nm} \Rightarrow p_3 = 4$ λ_3 correspond à la transition du niveau d'énergie $n = 4$ au niveau $n = 2$.

Pour $\lambda_4 = 656\text{nm} \Rightarrow p_4 = 3$ λ_4 correspond à la transition du niveau d'énergie $n = 3$ au niveau $n = 2$.

Remarque: Toutes les radiations appartiennent au domaine du visible.

6)-a-Le photon qui permet l'ionisation de l'atome d'hydrogène est celui qui a une énergie

$W_{ph} \geq W_{ionisation} = 13,6\text{eV}$ donc c'est le photon d'énergie 14eV .

b- $W_{ph} = W_{ions} + E_C \Rightarrow E_C = W_{ph} - W_{ions} = 14 - 13,6 = 0,6\text{eV}$

$$E_C = \frac{1}{2} m_e \times v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_C}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,4 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 3,74 \cdot 10^5 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

EXERCICE II

I)

a-Définir un noyau radioactif.

b-Etablir la loi de désintégration radioactive.

c- Définir le terme demi-vie d'un élément radioactif et donner son expression en fonction de λ .

II) L'isotope ${}_{84}^{210}\text{Po}$ du polonium est radioactif α .

1)

a- Donner la composition de ce noyau.

b) Ecrire l'équation de désintégration produite. On donne : ${}_{81}Ti$; ${}_{82}Pb$; ${}_{83}Bi$

2) Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction.

3) La période radioactive de ${}_{84}^{210}Po$ est $T = 138$ jours.

a-Calculer la constante radioactive λ du polonium.

b-Etablir l'expression de l'activité A du polonium 210 en fonction du temps et calculer sa valeur A_0 à l'instant $t = 0$, pour un échantillon de masse $m = 21$ g de ce radioélément.

c-Déterminer la date t_1 à laquelle l'activité A sera égale à $\frac{A_0}{10}$.

On donne : $m_{pb} = 205,9295u$; $m_{po} = 209,9368u$; $1u = 931,5MeV/C^2$

Corrigé

1)

a-Un noyau radioactif est un noyau instable (noyau père) qui peut se désintégrer spontanément en donnant un autre noyau fils, en émettant une particule (noyau hélium, électron ou proton) et un rayonnement γ .

b-Loi de désintégration radioactive : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

N_0 : nombre de noyaux désintégrés à $t = 0$

N : nombre de noyaux désintégrés à t quelconque

dN : nombre de noyaux désintégrés pendant l'intervalle de temps dt

$dN = -\lambda N dt$ avec $\lambda =$ cte de désintégration

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$$\int \frac{dN}{N} = \int -\lambda dt \Rightarrow \ln N = -\lambda t + cte$$

$$\text{À } t = 0 \quad N = N_0 \Rightarrow \ln N_0 = -\lambda \times 0 + cte \Rightarrow cte = \ln N_0$$

$$\ln N = -\lambda t + \ln N_0 \Rightarrow \ln N - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow N = N_0 e^{-\lambda t}$$

c-La demi-vie est l'intervalle de temps au bout duquel la moitié des noyaux présents à $t = 0$ se désintègre.

$$\text{Si } t = T \quad N = \frac{N_0}{2}$$

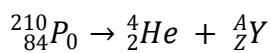
$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \ln \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda T \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

II)

1)

a-Composition du noyau de polonium : 84 protons et 126 neutrons.

b-Équation de désintégration



Conservation du nombre de charge $Z = 82$

Conservation du nombre de masse $A = 206$

D'où l'équation ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{82}^{206}\text{Pb}$

2) L'énergie libérée par la réaction

$$\Delta E = |\Delta m|c^2 = [m(P_0) - (m(\alpha) + m(P_b))]c^2$$

$$\Delta E = [209,9368 - (4,0015 + 205,9295)] \times 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \cdot c^2$$

$$\Delta E = 5,4 \text{ MeV}$$

3)

a-Calculer de la constante radioactive λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600} = 5,81 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

b-L'expression de A

$$A = -\frac{dN}{dt} \text{ avec } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{Avec } A_0 = \lambda N_0 = \lambda \frac{m}{m(P_0)}$$

$$\text{Application numérique : } A_0 = 5,81; 10^{-8} \times \frac{21;10^{-3}}{209,9368 \times 1,67 \cdot 10^{-27}} = 3,48 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$$

c-Calcul de t_1

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow -\lambda t = \ln \frac{A}{A_0}$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A} = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A}$$

$$\text{Application numérique : } t_1 = \frac{138}{\ln 2} \ln 10 = 458,4 \text{ jours}$$

SUJETS DE SYNTHÈSE

Institut Pédagogique National

Institut Pedagogique National

SUJET DE SYNTHÈSE N°I

EXERCICE I

Un composé organique A de formule générale $C_xH_yO_z$ possède la composition centésimale massique suivante: %C = 40,91, %H = 4,54

1-Trouver la formule brute de A sachant que sa masse molaire est égale à $88\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2) L'hydrolyse de A donne deux composés organiques A_1 et A_2 . On sépare A_1 et A_2 par une méthode appropriée. Afin d'identifier A_1 et A_2 on réalise les expériences ci-après : on fait réagir sur A_1 du pentachlorure de phosphore, on obtient un composé organique B de masse molaire $M_B = 64,5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

On fait réagir sur A_2 une solution concentrée d'ammoniac et on chauffe, on obtient un composé organique

C. Quelques gouttes de B.B.T. additionnées à A_2 donnent une couleur jaune.

a-Quelles sont les fonctions chimiques des composés A, A_1 , A_2 , B et C?

b-Déterminer les formules semi-développées de A_1 , A_2 , A et C.

c-Ecrire les équations des réactions et nommer les produits formés.

3) On fait réagir A_2 sur le 3 - méthylbutan-1-ol, on obtient un composé D dont la saveur et l'odeurs ont elles de la banane.

a- Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit.

b- Donner la fonction chimique et le nom du composé D.

c-Sur le plan industriel, cette réaction présenterait deux inconvénients. Les quels ?

4) Afin d'éviter ces inconvénients, il est possible de synthétiser le composé D en remplaçant l'un des réactifs par un dérivé chloré plus efficace.

a- Ecrire la formule semi-développée de ce dérivé chloré.

b-Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

EXERCICE II

1) On introduit dans un bécher un volume $V_a=20$ mL d'une solution S_a d'acide chlorhydrique de concentration C_a . On y verse alors progressivement une solution S_b d'hydroxyde de sodium de Concentration C_b et on suit le pH du mélange après chaque ajout. Pour $V_{b1}=0$, $\text{pH} = 2,7$ et pour

$V_{b2}=25$ mL, $\text{pH}=7$.

a- Calculer les concentrations molaires C_a et C_b de S_a et S_b .

b- Vers quelle limite tend le pH de ce mélange quand le volume V_b de soude ajouté augmente indéfiniment?

c- Donner l'allure du graphique $\text{pH} = f(V_b)$ en tenant compte des informations ci-dessus.

2) Soit C le mélange réalisé lorsque $V_{b3}=35$ mL. Au mélange C on ajoute un volume $V_s=16$ mL d'une solution S d'acide éthanóique de concentration $C_s=2 \cdot 10^{-3}$ mol. L^{-1} et on obtient un mélange D .

$\text{p}K_a$ du couple $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ vaut 4,8.

a- Quel est le nombre de moles d'ions hydroxyde dans le mélange C ?

b- Calculer le pH de la solution S .

c- Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit dans le mélange D .

d- Déterminer le pH de ce mélange D .

EXERCICE III

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.

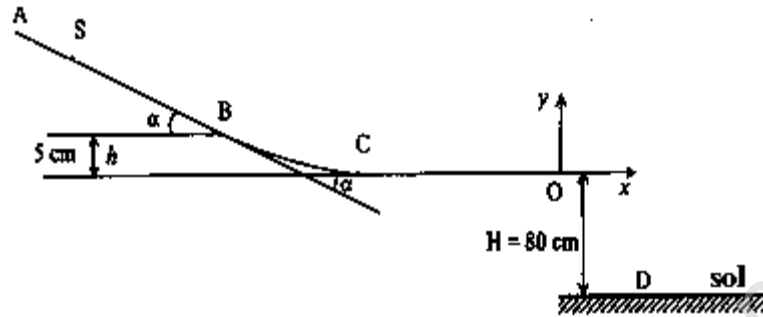
La partie CO est rectiligne et horizontale. La partie BC est curviligne.

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 : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $m = 100 \text{ g}$; $AB = L = 30 \text{ cm}$; $\alpha = 12^\circ$ ($\sin\alpha = 0,208$; $\cos\alpha = 0,978$) ; $h = 5 \text{ cm}$.

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

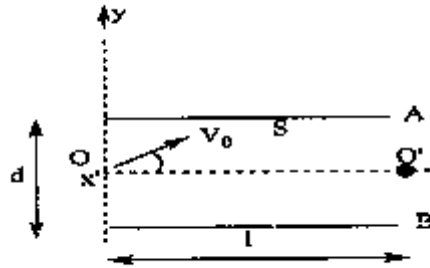
Le solide S atteint le point O et fait une chute.

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 IV

1) Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles horizontales rectangulaires A et B de longueur l et séparées par une distance d . On fait régner entre les plaques un champ électrostatique uniforme \vec{E} (Voir schéma).



On donne : $V_0 = 500 \text{ km/s}$; $\alpha = 30^\circ$; $l = 20 \text{ cm}$; $d = 10 \text{ cm}$; $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Un faisceau homocinétique de protons de masse m arrive en O avec la vitesse V_0 contenue dans le plan (Ox, Oy) et faisant l'angle α avec l'axe Ox.

1.1) Indiquer en justifiant le sens du champ électrique \vec{E} et le signe de la tension $V_A - V_B = U$ pour que le faisceau de protons lancés en O puisse sortir du champ en O' sur l'axe xx' .

1.2) Etablir l'équation de la trajectoire du faisceau de protons et en déduire la nature du mouvement.

1.3) Déterminer les coordonnées de O' ; en déduire la date d'arrivée des protons en O'.

1.4) Le faisceau de protons sort du champ en O', écrire la condition d'émergence du faisceau en O'. En déduire la valeur de la tension U qui règne entre les plaques.

2) Soit S le point correspondant au sommet de la trajectoire du faisceau.

2.1) Déterminer la date d'arrivée du faisceau de protons en S.

2.2) Calculer la valeur de Y_{\max} au sommet de la trajectoire en S. A quelle distance minimale du plateau supérieur passe alors le faisceau de protons ?

Corrigé

EXERCICE 1

1) Formule brute de A:

$$\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O} \text{ avec } \%O = 100 - (\%C + \%H)$$

$\Rightarrow x = 3; y = 4; z = 3$ donc la formule brute de A est : $C_3H_4O_3$

2)

a-Fonctions chimiques

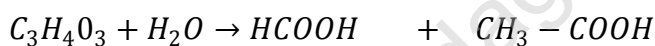
Composés	A ₁	A ₂	A	B	C
Fonction	Acide carboxylique		Anhydride	Chlorure d'acyle	Amide

b-Formules semi-développées

$$B: R - COCl \Rightarrow M_B = M_R + 63,5 \Rightarrow M_R = 1$$

$$\Rightarrow A_1: HCOOH; A_2: CH_3COOH; \quad A: H - CO - O - OC - CH_3; \quad C: CH_3 - CONH_2$$

c-Equation bilan et nom:



Acide

acide

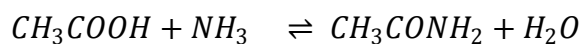
méthanoïque

éthanoïque



chlorure

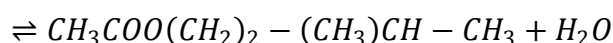
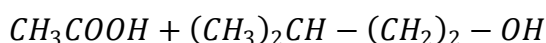
de méthanoyle



éthanamide

3)

a-Equation bilan de la réaction qui se produit



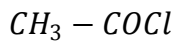
b-Fonction de D et nom:

Ester : éthanoate de 3-methylbutyle

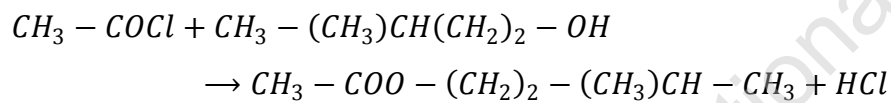
c-Inconvénients: Réaction lente et limitée

4)

a-Formule semi-développée:



b-Equation bilan de la réaction



EXERCICE II

1)

a-Les valeurs des concentrations C_a et C_b :

$$C_a = 10^{-2,7} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

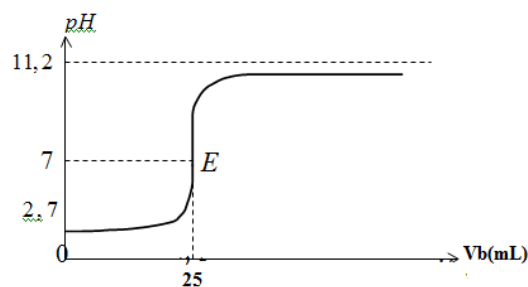
$$V_{b2} = 25 \text{ mL} , pH = 7 \Rightarrow C_b V_{b2} = C_a V_a$$

$$\Rightarrow C_b = \frac{C_a V_a}{V_{b2}} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \times 20}{25} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

b-Limite du pH: pH_1

$$pH_1 = 14 + \log C_b = 11,2$$

c-Allure de la courbe



2)

a-Nombre de moles de OH^-

$$n_{OH^-} = C_b(V_{b3} - V_{b2}) = C_b V_{b3} - C_a V_a = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

b-Valeur de pH

$$K_A = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Electroneutralité: $[CH_3COO^-] \approx [H_3O^+]$

Conservation de la matière: $[CH_3COOH] = C_b - [H_3O^+]$

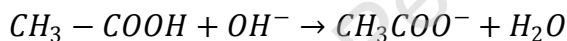
$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{C_b - [H_3O^+]} \Rightarrow [H_3O^+]^2 + K_A[H_3O^+] - K_A C_b = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{K_A^2 + 4K_A C_b} \Rightarrow [H_3O^+] = \frac{-K_A + \sqrt{K_A^2 + 4K_A C_b}}{2}$$

$$\text{et } pH = -\log \left[\frac{1}{2} \left(-K_A + \sqrt{K_A^2 + 4K_A C_b} \right) \right] \text{ avec } K_A = 10^{-4,8}$$

$$\text{ou } pH = \frac{1}{2} (pK_A - \log C_b) = 3,8$$

c-Equation bilan



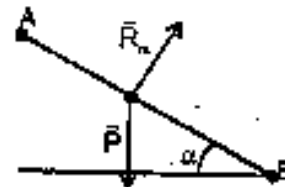
d-Le pH de D

$$n_b = C_b V_b = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 2n_{OH^-} \Rightarrow D \text{ est une solution tampon } pH = 4,8$$

EXERCICE III

1) Mouvement sur la partie rectiligne AB

1.1) Bilan et représentation des forces extérieures s'exerçant sur B



\vec{P} : poids du solide

\vec{R} : réaction du plan incliné

1.2) Expression de a en fonction de g et α

Appliquons la relation fondamentale de la dynamique: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

Projection sur (AB) : $mg \sin \alpha + 0 = ma \Rightarrow a = g \sin \alpha$

1.2) Valeur numérique de a:

$$a = 10 \times 0,208 = 2,08 \text{ m.s}^{-2}$$

1.4) Durée du trajet

$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_A t + x_A$$

A $t = 0$ s, $x_0 = x_A$ et $V_0 = V_A = 0$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,3}{2,08}} = 0,54 \text{ s}$$

1.5) Expression de la vitesse V_B de S en B en fonction de a et L, puis sa valeur:

$$V_B^2 - V_A^2 = 2a(x_B - x_A) \Rightarrow V_B = \sqrt{2aL} = \sqrt{2 \times 2,08 \times 0,3} = 1,12 \text{ m.s}^{-1}$$

2) Mouvement sur la partie BC

$$\text{Vitesse en C: } \Delta E_{C_B \rightarrow C} = \sum W(\vec{F}_{ext}) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = mgh \Rightarrow v_C = \sqrt{v_B^2 + 2gh}$$

$$\text{Application numérique: } v_C = \sqrt{(1,12)^2 + 2 \times 10 \times 0,05} = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$$

3) Mouvement sur la partie CD

3.1) Les équations horaires du mouvement de S

Appliquons la R.F.D: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a} \Leftrightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g} = cte$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \overrightarrow{OG_0} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_c \\ v_{0y} = 0 \end{cases} \vec{V} \begin{cases} v_x = v_c \\ v_y = -gt \end{cases} \overrightarrow{OG} \begin{cases} x = v_c t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

On a: $x = v_c t$ et $y = -\frac{1}{2}gt^2$

3.2) Equation de la trajectoire:

$$t = \frac{x}{v_c} \Rightarrow y = -\frac{gx^2}{2v_c^2}$$

3.3) Coordonnées du point de chute: $y_D = -H \Rightarrow -H = -\frac{gx_D^2}{2v_C^2} \Rightarrow x_D = \sqrt{\frac{2Hv_C^2}{g}}$

$$x_D = \sqrt{\frac{2Hv_C^2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,80 \times 1,5^2}{10}} = 0,60 \text{ m} \quad y_D = -H = -0,80 \text{ m}$$

3.4) Vitesse au sol

$$\Delta E_{C \rightarrow D} = \sum W(\vec{F}_{ext}) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 = mgH \Rightarrow v_D = \sqrt{v_C^2 + 2gH}$$

Application numérique: $v_D = \sqrt{2 \times 10 \times 0,80 + 1,5^2} = 4,27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

EXERCICE IV

1)

1.1) Le sens de \vec{E} et le signe de U_{AB}

$q > 0$ attiré par la plaque B : $V_A > V_B \Rightarrow U_{AB} > 0$ \vec{E} est orienté de A vers B

1.2) Équation de la trajectoire et nature du mouvement

Appliquons R.F.D : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$

Projections sur les axes :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{eE}{m} \end{cases} \Rightarrow \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \cos \alpha \\ V_y = -\frac{eE}{m}t + V_0 \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{OM} \begin{cases} x = (V_0 \cos \alpha) t \\ y = -\frac{eE}{2m}t^2 + (V_0 \sin \alpha) t \end{cases}$$

Équation de la trajectoire :

$$y = -\frac{eU}{2mdV_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha$$

Trajectoire parabolique

1.3) Coordonnées de O' et la date d'arrivée des protons au point O'

Au point O' $\begin{cases} x_{O'} = l = 20 \text{ cm} \\ y_{O'} = 0 \end{cases}$

$$x_{O'} = (V_0 \cos \alpha)t_{O'} \Rightarrow t_{O'} = \frac{l}{V_0 \cos \alpha} = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

1.4) La valeur de la tension entre les deux plaques

$$y'_0 = -\frac{eU}{2mdV_0^2 \cos^2 \alpha} l^2 + l \tan \alpha = 0 \Rightarrow U = \frac{mdV_0^2 \sin 2\alpha}{el} = 1130V$$

2)

2.1) La date d'arrivée des protons au point S

$$V_{Sy} = 0 = -\frac{eE}{m} t_S^2 + V_0 \sin \alpha = 0 \Rightarrow t_S = \frac{mdV_0 \sin \alpha}{eU} = 2,3 \cdot 10^{-7} s$$

2.2) La valeur de Y_{max}

$$Y_{max} = y_{t_S} = \frac{mdV_0^2 \sin^2 \alpha}{2eU} = 3cm$$

La distance minimale du plateau supérieur où passent les protons

$$d_{min} = \frac{d}{2} - y_{max} = \frac{10}{2} - 3 = 2cm$$

SUJET DE SYNTHÈSE N°II

EXERCICE I

On mélange dans un bécher 100 cm^3 d'une solution de concentration molaire $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ d'iodure de potassium KI et 100 cm^3 d'une solution de concentration molaire 10^{-2} mol/L de peroxydisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ (réaction 1). La solution devient jaunâtre par suite de l'apparition progressive d'iode. On se propose d'étudier la vitesse de formation du diiode en fonction du temps. Pour cela, on opère des prélèvements de 10 cm^3 du milieu réactionnel aux différents temps t . La réaction de formation du diiode dans les prélèvements est arrêtée par dilution dans de l'eau distillée glacée. On dose alors l'iode présent dans les prélèvements au moyen d'une solution titrée de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$, cette réaction de dosage étant supposée instantanée (réaction 2).

Données : $E^\circ (S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}) = 2,01 \text{ V}$; $E^\circ (S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$; $E^\circ (I_2 / I^-) = 0,62 \text{ V}$.

1) Écrire les équations-bilan des réactions 1 et 2.

2) On mesure le volume V de solution de thiosulfate de sodium versé dans chacun des prélèvements du milieu réactionnel. Établir la relation liant la concentration molaire du diiode ($[I_2]$) formé en fonction du volume V (en cm^3).

3) Sachant que $[I_2] = 5 \cdot 10^{-4} V$ (avec $[I_2]$ mol/L et V en mL), compléter la 3^e ligne du tableau suivant :

t(min)	2,7	7,5	12	18	25	33	40	56
V(mL)	1,1	3,2	4,6	6,2	7,4	8,4	9,0	9,7
$[I_2]$ mol/L								

4) Tracer la courbe $[I_2] = f(t)$. Echelle : 1 cm pour 5 min et 1 cm pour $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

- 5) Déterminer graphiquement la vitesse instantanée de formation du diiode à volume constant, aux temps $t_1 = 0$ min et $t_2 = 20$ min. Comment varie-t-elle au cours du temps ? Pourquoi ?
- 6) D'après l'allure de la courbe, quelle sera la concentration molaire du diiode obtenu au bout d'un temps infini ?
- 7) Définir le temps de demi-réaction et déterminer graphiquement sa valeur

EXERCICE II:

On se propose de vérifier au laboratoire les indications portées sur l'étiquette d'une bouteille de triméthylamine $(CH_3)_3N$: «triméthylamine à 45% (pourcentage en masse); densité (par rapport à l'eau) $d=0,86$ », ainsi que le pK_a du couple ion triméthylammonium /triméthylamine.

Le laboratoire de vérification dispose du matériel suivant: un pH-mètre, des béchers (100 mL, 250 mL, 500 mL); des pipettes (5 mL, 10 mL, 20 mL); des fioles jaugées (250, 500 et 1000 mL); des éprouvettes graduées de 25, 50 et 100 mL; une burette de 25 mL.

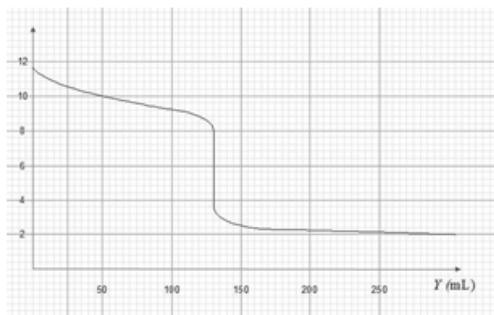
Pour accéder à la concentration molaire volumique C de la solution contenue dans la bouteille, on prépare une solution S_1 de concentration $C_1 = C/100$.

- 1) Décrire la préparation de 1 L de la solution S_1 en précisant le volume de la solution mère à prélever. Le matériel utilisé et le mode préparatoire.
- 2) Dosage de la solution S_1 : on prélève un volume $V_1 = 10$ mL; on utilise un pH-mètre et une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0,05$ mol/L.
 - a- Faire le schéma annoté du dispositif expérimental.
 - b- Ecrire l'équation de la réaction responsable de la variation du pH.
 - c- Définir l'équivalence acido-basique. Déterminer graphiquement les coordonnées du point équivalent. En déduire la concentration C_1 de S_1 .
 - d- Calculer la concentration C de la solution dans la bouteille.
 - e- Avec les indications supportées par l'étiquette, calculer la concentration théorique C' et conclure.

3) Déterminer graphiquement le pK_a du couple ion triméthylammonium /triméthylamine.

4) En l'absence du pH-mètre, on aurait pu effectuer ce dosage en utilisant un indicateur coloré.

Parmi les quatre indicateurs du tableau ci-dessous, lequel choisirez-vous? Justifier.



Indicateur coloré	Zone de virage
Hélianthine	3,1 - 4,4
Rouge de méthyle	4,2 - 6,2
Bleu de bromothymol	6,0 - 7,6
Phénolphtaléine	8,2 - 10

EXERCICE III

Pour pallier le manque de matériel, le laborantin 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 jointives, de raideur $k = 25 \text{ N/m}$ et de masse négligeable et une bille B de masse $m = 5 \text{ g}$.

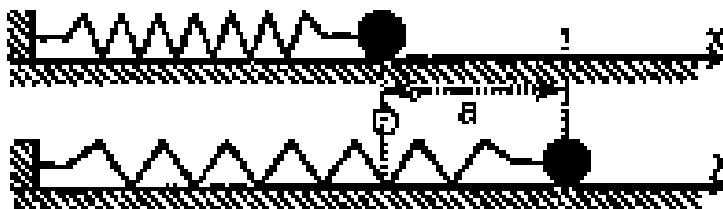
Pour tout l'exercice, on prendra le niveau de la table comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur.

PHASE I : Etude des oscillations

Le laborantin accroche la bille B à l'extrémité libre du ressort.

Il l'écarte de sa position d'équilibre de $a = 2 \text{ cm}$ et l'abandonne sans vitesse initiale.

Le système (ressort-bille) se met à osciller.



1)

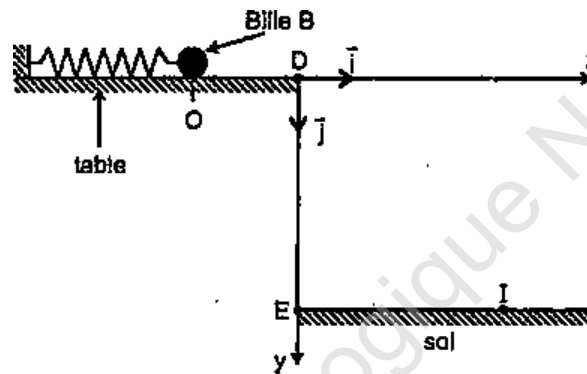
1.1) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la bille et les représenter sur un schéma

1.2) Etablir l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie de la bille B.

3) 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 laborantin 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 D au point I 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 horizontale de valeur $V_0 = 1,4\text{m/s}$.

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 (D, \vec{i}, \vec{j})

3.3) Déduire l'équation cartésienne de la trajectoire et donner sa nature

3.4)

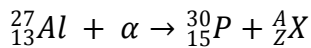
3.4.1) Déterminer le temps t_1 mis par la bille B pour atteindre le sol au point I

3.4.2) Déterminer les coordonnées du point d'impact I de la bille au sol.

On donne $DE = 1 \text{ m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

EXERCICE IV

L'expérience de CURIE publiée dans les comptes rendus de l'Académie des sciences le 15 janvier 1934, consistait à bombarder des noyaux d'Aluminium par des particules α , l'une des types de réactions simultanées est :



1).

a- Donner la constitution des noyaux ${}_{15}^{30}\text{P}$ et ${}_{13}^{27}\text{Al}$

b- Calculer l'énergie de liaison par nucléon du noyau ${}_{13}^{27}\text{Al}$.

2.)

a. Déterminer A ; Z et X

b- Le noyau phosphore ${}_{15}^{30}\text{P}$ obtenu est radioactif de type β^+ et de période $T = 3\text{mn}$. Ecrire l'équation de désintégration radioactive du ${}_{15}^{30}\text{P}$.

c- Calculer la constante radioactive λ (s^{-1}).

3) L'activité radioactive d'un échantillon de phosphore à l'instant

$$t = 0 \text{ est } A_0 = 6,9 \cdot 10^{20} \text{ Bq.}$$

a- Définir l'Activité radioactive.

b- Déterminer la masse initiale m_0 de l'échantillon.

c- Au bout de combien de temps, 2 % de l'échantillon initial sera-t-il désintégré ?

On donne : - Masse du noyau d'Aluminium : $m \approx 25131,87 \text{ MeVc}^{-2}$

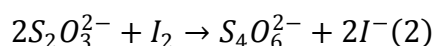
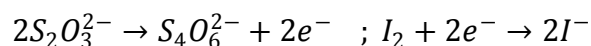
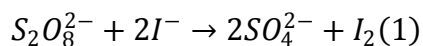
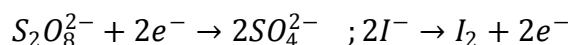
- Masse du proton : $m_p \approx 938,28 \text{ MeVc}^{-2}$
- Masse du neutron : $m_n \approx 939,57 \text{ MeVc}^{-2}$
- Nombre d'Avogadro : $N \approx 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse molaire du phosphore: $M(P) = 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $\text{Log } 0,98 \approx -0,02$; $\text{Log } 2 \approx 0,69$
- Extrait du tableau périodique

Numéro atomique	13	14	15	16	17
------------------------	----	----	----	----	----

Corrigé

EXERCICE I

1) Les équations-bilan des réactions (1) et (2) :



2) Établissons la relation liant la concentration molaire du diiode $[I_2]$ formé en fonction du volume V (en cm^3).

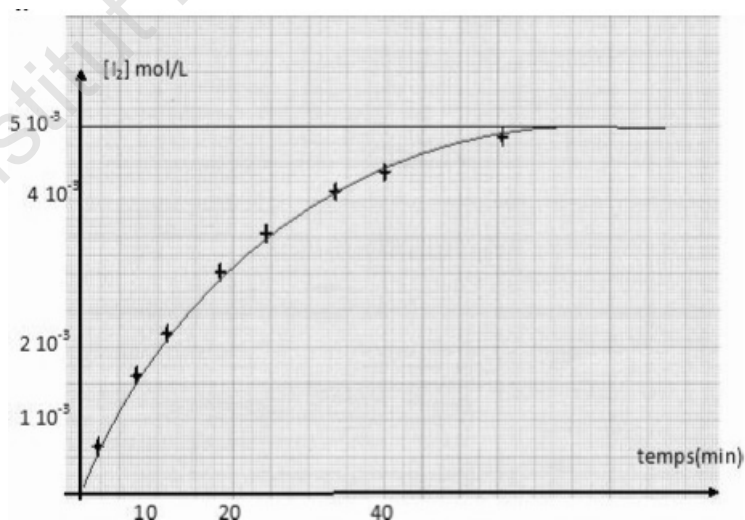
$$n(I_2) = \frac{1}{2}n(S_2O_8^{2-}) = \frac{1}{2}CV = 0,5 \times 0,01V = 5 \cdot 10^{-3}V(\text{mmol})$$

$$[I_2] = 5 \cdot 10^{-3}V / \text{volume de prélèvement} = 5 \cdot 10^{-3}V / 10 = 5 \cdot 10^{-4}V \text{ mol/L}$$

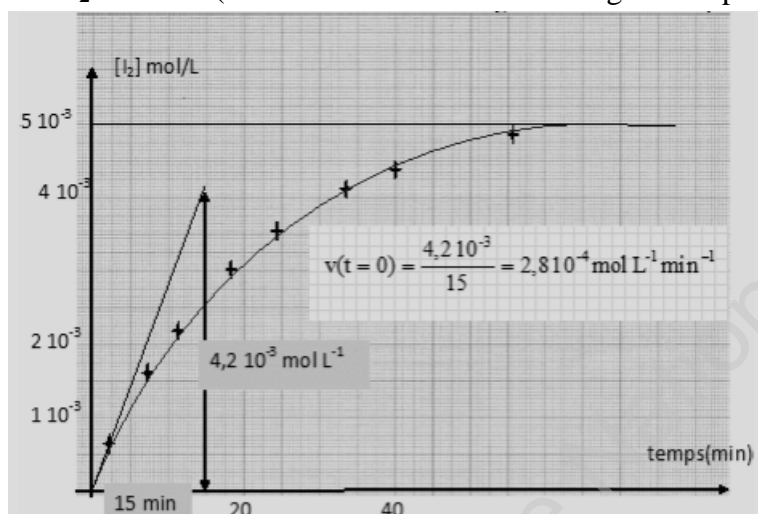
3) Complétons la 3^{ème} ligne du tableau

t(min)	2,7	7,5	12	18	25	33	40	56
V(mL)	1,1	3,2	4,6	6,2	7,4	8,4	9,0	9,7
$[I_2]$ mol/L	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$4,85 \cdot 10^{-3}$

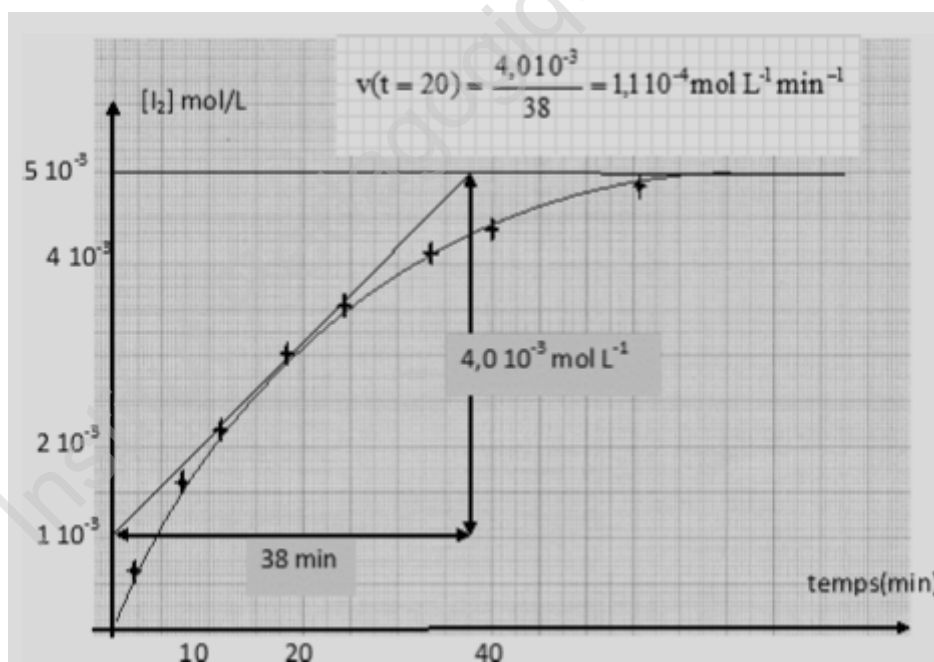
4) Traçage de la courbe $[I_2] = f(t)$.



5) Détermination graphique de la vitesse instantanée de formation du diiode à volume constant, aux temps $t_1 = 0$ min et $t_2 = 20$ min (Coefficient directeur de la tangente au point considéré)



La vitesse diminue au cours du temps avec la vitesse des réactifs



6) La concentration molaire du diiode obtenu au bout d'un temps infini $[I_2]_{\infty} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$

7) Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la concentration molaire du diiode est égale à la moitié de la concentration molaire finale du diiode.
 $[I_2]_{\infty} = 5.10^{-3} mol/L$.

Le volume étant constant : $[I_2]_{1/2} = 0,5[I_2]_{\infty} = 2,5.10^{-3} mol/L$

EXERCICE II

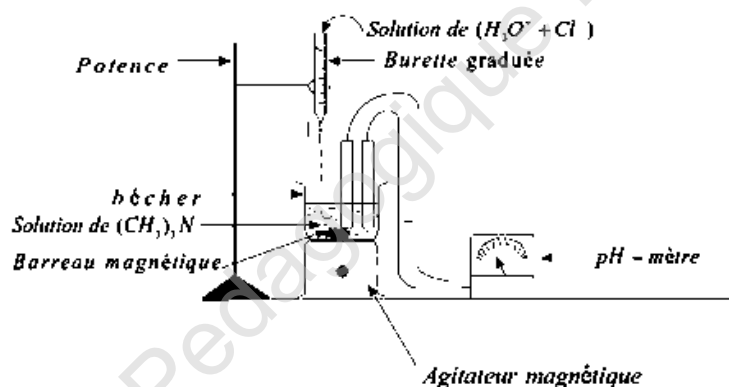
1) Volume à prélever

$$C_1 V_1 = C \cdot V \text{ où } V = \frac{C_1 V_1}{C} = \frac{V_1}{100} = 10 mL$$

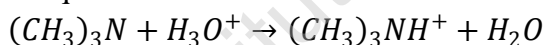
Description : A l'aide d'une pipette de 10mL, on prélève la solution mère qu'on introduit dans une fiole jaugée de 100mL puis on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

2)

a-Schéma du dispositif



b-Equation- bilan



c-Définition

Il y a équivalence acido-basique lorsque le nombre de moles d'acide (HCl) est égal au nombre de moles de base $((CH_3)_3N)$ initiale.

Coordonnées du point d'équivalence :

Graphiquement on a : $E(V_{aE} = 13 mL; pH_E = 5,5)$

Calcul de C_1 :

$$C_1 V_1 = C_a V_{aE} \Rightarrow C_1 = \frac{C_a V_{aE}}{V_1} = 6,5.10^{-2} mol/L$$

d-Calcul de C :

$$C = 100C_1 = 6,5 \text{ mol/L}$$

e-Concentration théorique

$$C' = \frac{n}{V} = \frac{0,45m}{MV} \text{ avec } m = \rho V = d\rho_e V d' \text{ où } C' = \frac{0,45d\rho_e}{M} = 6,56 \text{ mol/L}$$

Conclusion : $C' = C$ donc il y a accord

2) Détermination de pKa

A la demi-équivalence on a : $\frac{1}{2}V_{aE} = 6,5 \text{ mL}$. Graphiquement pKa=9,8

3) Choix de l'indicateur coloré

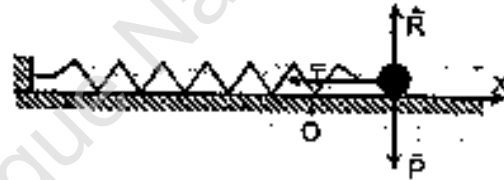
$4,2 \leq pH_E \leq 6,2$ alors l'indicateur coloré est le rouge de méthyle

EXERCICE III

PHASE I: Etude du mouvement

1)

1.1) Inventaire des forces appliquées à la bille et représentation des forces sur un schéma :



\vec{P} : le poids de la bille

\vec{R} ; Réaction du plan incliné

\vec{T} : Tension du ressort

1.2) Équation différentielle du mouvement de la bille.

Appliquons RFD : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$

Projection sur (OX) : $-T + 0 + 0 = ma \Rightarrow -kx = m\ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

L'équation différentielle du mouvement est donc : $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

2) Équation horaire du mouvement de la bille

La solution de l'équation différentielle est de la forme : $x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi)$

La vitesse : $V(t) = -\omega x_m \sin(\omega t + \varphi)$

A $t = 0$, $x_0 = a = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ et $V_0 = 0 \text{ m/s}$

A $t = 0$, $x(0) = x_m \cos(\omega \times 0 + \varphi) \Rightarrow 2 \cdot 10^{-2} = x_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi > 0$ (1)

A $t = 0$ $V_0 = -x_m \sin \varphi = 0 \Rightarrow \sin \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \pi \text{ rad ou } \varphi = 0$ (2)

Si $\varphi = \pi$, l'équation (1) n'est pas vérifiée car $\cos(\pi) = -1$ donc $\varphi = 0 \text{ rad}$

D'après l'équation (1), $x_m = \frac{x_0}{\cos(0)} \Rightarrow x_m = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{1} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

La pulsation : $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{25}{5 \cdot 10^{-3}}} = 70,71 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

3) Calcul de l'énergie mécanique du système :

$$E_M = \frac{1}{2} k x_m^2 = \frac{1}{2} k a^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times (2 \cdot 10^{-2})^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

PHASE II:

Etude de la chute parabolique

1) Expression de la vitesse V_D de la bille au point D

$$Em_0 = Em_D \Rightarrow Em_0 = E_{CD} + E_{PD} \Rightarrow Em_0 = E_{CD} \text{ car } E_{PD} = 0 \Rightarrow Em_0 = \frac{1}{2}mv_D^2$$

$$\Rightarrow \frac{2Em_0}{m} = v_D^2$$

$$\Rightarrow v_D = \sqrt{\frac{2Em_0}{m}}$$

2) Calcul de la valeur de V_D

$$v_D = \sqrt{\frac{2 \times 5.10^{-3}}{5.10^{-3}}} = \sqrt{2} = 1,41 \text{ m/s}$$

3)

3.1) Bilan des forces appliquées à la bille

La bille est dans le champ de pesanteur, elle n'est soumise qu'à son poids \vec{P} .

3.2) Équations horaires du mouvement de la bille dans le repère (D, \vec{i}, \vec{j}) :

$$\text{Appliquons R.F.D : } \sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{a} = m\vec{g} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{g}$$

L'accélération est constante donc le mouvement est uniformément varié :

$$\vec{V} = \vec{a}t + \vec{V}_0 \text{ et } \overline{DG} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{V}_0t + \overline{DG}_0$$

$$\text{A } t=0 \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} ; \vec{V}_D \begin{cases} V_{Dx} = V_D \\ V_{Dy} = 0 \end{cases} ; \overline{DG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$$

$$\text{A l'instant } t \text{ différent de } 0 ; \vec{V} \begin{cases} V_x = V_D \\ V_y = gt \end{cases} \text{ et } \overline{DG} \begin{cases} x = V_0t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \overline{DG} \begin{cases} x = 1,4t \\ y = 5t^2 \end{cases}$$

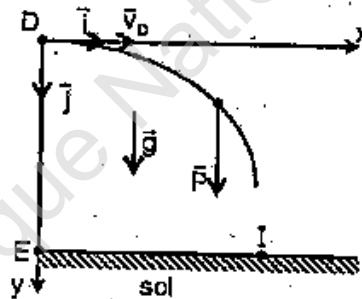
3.3) L'équation de la trajectoire et sa nature

$$x = V_0t \Rightarrow t = \frac{x}{V_0} \Rightarrow y = \frac{g}{2} \left(\frac{x}{V_0} \right)^2 = \frac{10}{2 \times 1,4^2} x^2 \Rightarrow y = 2,55x^2$$

La trajectoire est parabolique

3.4)

3.4.1) Le temps t_1 mis par la bille pour atteindre le sol au point I



$$y_1 = DE = \frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2DE}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1}{10}} = 0,45s$$

3.4.2) Les coordonnées du point d'impact I de la bille sur le sol

$$y_I = V_0 t_1 = 1,4 \times 0,45 = 0,63m \text{ d'où } (x_I = 0,63m; y_I = 1m)$$

EXERCICE IV

1)

a- La constitution des noyaux ${}_{15}^{30}\text{P}$ et ${}_{13}^{27}\text{Al}$

${}_{15}^{30}\text{P}$: 15 protons et 15 neutrons

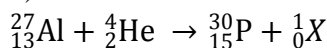
${}_{13}^{27}\text{Al}$: 13 protons et 13 neutrons

b-Energie de liaison du nucléon

$$\frac{\Delta E_1}{27} = \frac{(13m_p + 14m_n - m_{\text{Al}})}{27} c^2 = \frac{(13 \times 938,28 + 14 \times 938,57 - 2513,81)}{27}$$

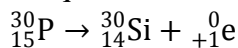
$$= 8,14\text{MeV par nucléon}$$

2)-a-Détermination de A, Z et X



A= 1 Z= 0 X= n (neutron)

b-Équation de désintégration radioactive



c-Calcul de la constante radioactive λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,69}{3 \times 60} = 3,83 \cdot 10^{-3} s^{-1}$$

3)-a-Définition de l'activité radioactive : C'est le nombre moyen de désintégrations par seconde

b-Masse initiale m_0 de l'échantillon

$$A_0 = \lambda N_0 = \lambda \frac{m_0}{M_p} \Rightarrow m_0 = \frac{A_0 M_p}{\lambda N} = \frac{6,9 \cdot 10^{20} \times 30}{3,83 \cdot 10^{-3} \times 6,02 \cdot 10^{23}} = 8,87g$$

c- Temps pour que 2% du noyau initial sera désintégré, masse restante : 98%

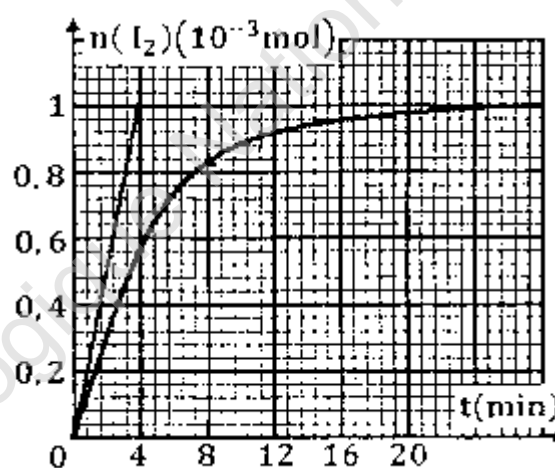
$$m(t_2) = \frac{98}{100} m_0 = m_0 e^{-\lambda t_2} \Rightarrow \ln \frac{98}{100} = -\lambda t_2 \Rightarrow t_2 = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{98}{100} = 5,27s$$

SUJET DE SYNTHÈSE N° III

EXERCICE I

On mélange une solution aqueuse de peroxydisulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) de concentration molaire C_1 et de volume $V_1=20\text{mL}$, avec une solution aqueuse d'iodure de potassium (KI) de concentration molaire $C_2=0,5\text{mol/L}$ et de volume $V_2=10\text{mL}$ et quelques gouttes d'empois d'amidon.

Dans le but de faire une étude cinétique de cette réaction, on déclenche un chronomètre juste à l'instant où on réalise le mélange et on fait régulièrement des dosages de diiode I_2 formé ce qui a permis de tracer la courbe de la figure ci-contre.



1) Écrire les demi-équations électroniques relatives à l'oxydation de I^- et la réduction de $S_2O_8^{2-}$.

En déduire l'équation bilan de la réaction.

Les couples mis en jeu sont I_2/I^- , $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$

- 2.a) Déterminer graphiquement $n_\infty(I_2)$ le nombre de moles formés à la fin de la réaction.
- b) Déterminer en quantité de matière, la composition du mélange à la fin de la réaction en fonction de $n_\infty(I_2)$.
- c) Montrer que l'iodure de potassium ne peut pas être le réactif limitant.
- d) Calculer la concentration C_1 .
- 3.a) Définir la vitesse instantanée de formation de (I_2) .
- b) Comment varie la vitesse au cours du temps. Interpréter cette variation.
- c) Préciser en justifiant à quelle date cette vitesse est maximale.

- d) A l'aide de la courbe, déterminer graphiquement la valeur de la vitesse instantanée de formation de (I_2) à l'instant $t=0s$. En déduire celle de (I) à cet instant.
4. Déterminer graphiquement l'instant t_1 telle que la vitesse moyenne de formation de (I_2) à l'instant $t' = 0s$ et $t'' = t_1$ égale au cinquième de la vitesse instantanée de formation de (I_2) à $t=0s$
5. Définir puis déterminer la vitesse moyenne de formation de (I_2) entre les instants $t=8min$ et $t=16min$
- 6.a) Définir puis déterminer la valeur de $t_{1/2}$.
- b) En déduire la composition du mélange à cet instant.

EXERCICE II

Les parties I et II sont indépendantes.

I. Détermination de la formule brute.

Un composé organique A de formule brute C_xH_yO contient 64,86% en masse de carbone.

- Déterminer sa formule brute, sachant que $M_A = 74g \cdot mol^{-1}$
- Ecrire toutes les formules sémi-développées possibles sachant que A est un alcool. Nommer chaque isomère et préciser sa classe.

$$M_C = 12g \cdot mol^{-1}; M_H = 1g \cdot mol^{-1}; M_O = 16g \cdot mol^{-1}.$$

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 formule brute C_4H_8O .

- Ecrire la formule semi-développée de B et le nommer.
- Ecrire la formule semi-développée de A'.
- 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.
- On fait réagir de l'éthanol sur C.

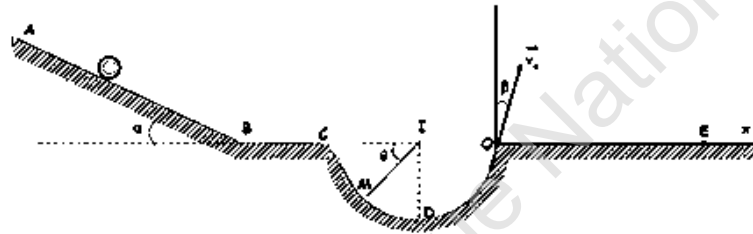
4.1 Nommer cette réaction et préciser ses caractéristiques.

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 III

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



On donne $m = 100 \text{ g}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $\alpha = 25^\circ$; $f = 0,2 \text{ N}$; $AB = L = 2 \text{ m}$; $r = 20 \text{ cm}$
 $BC = L' = 1 \text{ m}$.

1. Lors du parcours ABC, la bille est soumise à des forces de frottement représentées par une force unique \vec{f} , 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'elle passe par M en fonction de g , V_C , θ et r .

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

3. La bille quitte le point O situé au même point que C avec le vecteur vitesse V_O , faisant un angle

$\beta = 20^\circ$ avec l'horizontale passant par ce point. On donne $V_O = 2,12 \text{ m/s}$.

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 V_E . Donner les caractéristiques (normes et direction de V_E)

EXERCICE IV

Données: Constante de gravitation $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$;

masse de la planète $M_p = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$;

Rayon de la planète $R_p = 6390 \text{ km}$; Intensité du champ de pesanteur $g_0 = 9,77 \text{ N/kg}$;

Période de la planète $T_p = 1440 \text{ min}$.

On considère une planète (P) assimilée à une sphère de rayon R_p animée d'un mouvement de rotation uniforme autour de la ligne des pôles (qui est perpendiculaire au plan de son équateur). On supposera que le repère planétocentrique, dont l'origine coïncide avec le centre de cette planète et dont les axes ont une direction fixe par rapport aux étoiles, est galiléen.

1) On étudie le mouvement d'un satellite artificiel de masse m de cette planète assimilable à un point matériel, par rapport au référentiel planétocentrique considéré comme galiléen. La trajectoire du satellite est circulaire, de rayon $r = R_p + h$ où h représente son altitude.

a) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme dans le repère planétocentrique.

b) Exprimer la vitesse linéaire V de ce satellite en fonction de g_{OP} , R_p et h .

c) Etablir les expressions littérales de la période T et de la vitesse angulaire ω du satellite en fonction de g_{OP} , R_p et h dans ce même repère.

2) Un satellite planétostationnaire reste en permanence à la verticale d'un même point

de cette planète. Son orbite est dans le plan de l'équateur de cette planète.

- Quelle est la vitesse angulaire ω' de ce satellite dans le repère planétocentrique ?
- Calculer le rayon r' de son orbite.
- A la surface de cette planète, l'intensité du champ de pesanteur est $g_{0P} = 9,77 \text{ N/kg}$.
A l'altitude h , elle est égale:

$$g = \frac{g_{0P} \times R_P^2}{(R_P + h)^2}$$

Un satellite artificiel (s) de masse m tourne, sur une orbite à une altitude h_1 , autour de cette planète.

- Exprimer la force $\vec{F}_{P/S}$ exercée par cette planète sur le satellite en fonction de m , M_P , R_P et h_1 .
- En déduire l'expression de g_1 à cette altitude h_1 .
- Donner l'expression de g_2 à une altitude $h_2 = 2h_1$.
- Des mesures montrent que $g_1 = 2g_2$. Montrer alors que :

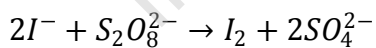
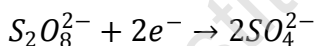
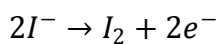
$$\frac{R_P + 2h_1}{R_P + h_1} = \sqrt{2}$$

- En déduire les valeurs de h_1 et de h_2 et celles de g_1 et g_2 .

Corrigé

EXERCICE 1

- Les demi-équations et équation-bilan de la réaction



-

a- Le nombre de moles de I_2 formés à la fin de la réaction

Graphiquement $n_\infty(I_2) = 10^{-3} \text{ mol}$

b-La composition du mélange à la fin de la réaction

$$n(I^-) = n_0(I^-) - n_d(I^-) = n_0(I^-) - 2n_\infty(I_2) = C_2V_2 - 2n_\infty(I_2)$$

$$= 5.10^{-3} - 2n_\infty(I_2)$$

$$n(S_2O_8^{2-}) = n_0(S_2O_8^{2-}) - n_d(S_2O_8^{2-}) = C_1V_1 - n_\infty(I_2)$$

$$n(SO_4^{2-}) = 2n_\infty(I_2)$$

c-Montrons que les ions iodures ne sont pas le réactif limitant

$$n(I^-) = 5.10^{-3} - 2n_\infty(I_2)$$

$$D'après la courbe $n_\infty(I_2) = 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow n(I^-) = 5.10^{-3} - 2.10^{-3} = 5.10^{-3}$$$

A la fin de la réaction $n(I^-) \neq 0$, donc les ions $S_2O_8^{2-}$ sont les réactifs limitants.

d-Calcul de C_1

$S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant donc $n(S_2O_8^{2-}) = 0$ à la fin de la réaction.

$$C_1V_1 - n_\infty(I_2) = 0 \Rightarrow C_1V_1 = n_\infty(I_2) \Rightarrow C_1 = \frac{n_\infty(I_2)}{V_1} = \frac{10^{-3}}{20.10^{-3}} = 5.10^{-2} \text{ mol/L}$$

3)

a-Définition de la vitesse instantanée de formation de I_2

$$V(I_2) = \frac{dn(I_2)}{dt} \text{ ce qui correspond à la pente à la courbe au point d'abscisse } t.$$

b Le vitesse diminue au cours du temps. Cette diminution est due à la diminution de la concentration des réactifs

c-La vitesse est maximale à $t = 0$ car la pente de la tangente à la courbe à cet instant est plus grande par rapport à une autre tangente à la courbe à un instant $t > t_0$.

D-Détermination de la vitesse de formation de I_2 à $t = 0$

$$V(I_2) = \frac{n_B(I_2) - n_A(I_2)}{t_B - t_A}$$

$$B(4; 10^{-3}) \quad A(0; 0)$$

$$V(I_2) = \frac{10^{-3} - 0}{4 - 0} = 2.5.10^{-4} \text{ mol/mn}$$

Déduction de la vitesse de I^-

$$V(I^-) = 2V(I_2) = 2 \times 2.5.10^{-4} \text{ mol/mn} = 5.10^{-4} \text{ mol/mn}$$

4) Détermination graphique de t_1

Cherchons le nombre de moles de $n(I_2)$ formé à t_1

$$V_m(I_2) = \frac{V(I_2)}{5} = \frac{2.5 \cdot 10^{-4}}{5} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/mn}$$

$$V_m = \frac{\Delta n}{\Delta t} = 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta n = n_{t_1}(I_2) - n_{t'}(I_2) = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

D'après la courbe $t_1 \approx 1 \text{ mn}$

5) Définition de la vitesse moyenne

V_m

$$= \frac{\Delta n}{\Delta t} \text{ ce qui correspond à la pente de la secante à la courbe au point d'abscisses } t_1 \text{ et } t_2.$$

Détermination de la vitesse entre $t_1 = 8 \text{ mn}$ et $t_2 = 16 \text{ mn}$

$$A(8 \text{ mn}; 0,83 \cdot 10^{-3}) \quad B(16 \text{ mn}; 0,96 \cdot 10^{-3})$$

$$V_m(I_2) = \frac{0,96 \cdot 10^{-3} - 0,83 \cdot 10^{-3}}{16 - 8} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/mn}$$

6)

a) Définition du temps de demi-réaction

Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel s'est formé la moitié de la quantité maximale du produit attendu.

$$t_{1/2} \rightarrow \frac{n_{\infty}(I_2)}{2} = \frac{10^{-3}}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

D'après la courbe $t_{1/2} \approx 3,2 \text{ mn}$

b-La composition du mélange à $t = t_{1/2}$

$$n(I_2) = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(I^-) = 5 \cdot 10^{-3} - 2 \times 0,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(S_2O_8^{2-}) = C_1 V_1 - n(I_2) = 5 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

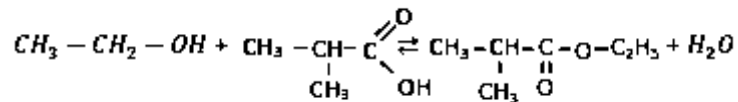
$$n(SO_4^{2-}) = 2n(I_2) = 10^{-3} \text{ mol}$$

4)

4.1) Nom et caractéristiques de la réaction

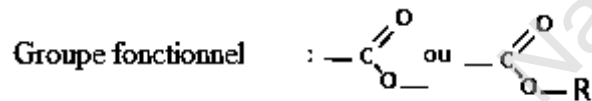
Estérification .Réaction lente, limitée, réversible et athermique

4.2) Equation de la réaction



E :2-méthylpropanoate d'éthyle

4.3) Familles des esters



EXERCICE III

1)

1.1) L'accélération a_1 de la bille au cours du trajet AB

Appliquons la R.F.D : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_1 \Rightarrow \vec{R} + \vec{f} + \vec{P} = m\vec{a}_1 \Rightarrow -f + mg \sin \alpha = ma_1 \Rightarrow$
 $a_1 = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$

Application numérique : $a_1 = 9,8 \times \sin 25 - \frac{0,2}{0,1} = 2,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1.2) Calcul de la vitesse V_B

D'après la relation indépendante du temps

$$V_B^2 - V_A^2 = 2a_1L \Rightarrow V_B = \sqrt{2a_1L} = \sqrt{2 \times 2,14 \times 2} = 2,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

1.3) Calcul de l'accélération a_2 au cours du déplacement BC

Appliquons la R.F.D : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_2 \Rightarrow \vec{R} + \vec{f} + \vec{P} = m\vec{a}_2 \Rightarrow -f = ma_2 \Rightarrow a_2 =$
 $-\frac{f}{m} = -\frac{0,2}{0,1} = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1.4) Expression de la vitesse V_C

D'après la relation indépendante du temps :

$$V_C^2 - V_B^2 = 2a_2L' \quad \text{on a aussi } V_B^2 = 2a_1L ; a_2 = -\frac{f}{m} \text{ et } a_1 = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$$

$$V_C = \sqrt{2 \times \left[Lg \sin \alpha - \frac{f}{m}(L + L') \right]} = \sqrt{2 \times \left[2 \times 9,8 \times \sin 25 - \frac{0,2}{0,1}(2 + 1) \right]}$$

$$= 2,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2)2.1) Expression de la vitesse au point M

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre C et M : $\Delta E_C = \sum W \vec{F}_{ext} = W_{C \rightarrow M}(\vec{P}) + W_{C \rightarrow M}(\vec{R})$

$$\frac{1}{2} m V_M^2 - \frac{1}{2} m V_C^2 = mgr \sin \theta \Rightarrow V_M^2 = V_C^2 + 2gr \sin \theta \Rightarrow V_M = \sqrt{V_C^2 + 2gr \sin \theta}$$

2.2) Dédutions de la vitesse aux points D et O

$$\text{Au point D } \left(\theta = \frac{\pi}{2} \right) : V_D = \sqrt{V_C^2 + 2gr} = 2,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Au point O } (\theta = \pi) : V_O = V_C = 2,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3)

3.1) Équation de la trajectoire

$$\vec{a} = \vec{g} \Rightarrow \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \sin \beta \\ V_y = -gt + V_0 \cos \beta \end{cases} \Rightarrow \vec{OM} \begin{cases} x = (V_0 \sin \beta)t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \cos \beta)t \end{cases}$$

$$y = -\frac{g}{2V_0^2 \sin^2 \beta} x^2 + \frac{1}{\tan \beta} x$$

3.2) Les coordonnées du point de chute

$$y = 0 = -\frac{g}{2V_0^2 \sin^2 \beta} x_E^2 + \frac{1}{\tan \beta} x_E \Rightarrow x_E = \frac{2V_0^2 \sin(2\beta)}{g} = \frac{2,13^2 \times \sin(40)}{9,8} = 0,3 \text{ m}$$

$$\Rightarrow E(0,3; 0)$$

3.3) Caractéristiques de \vec{V}_E

$$t_E = \frac{x_E}{V_0 \sin \beta} = 0,41 \text{ s}$$

$$\vec{V}_E \begin{cases} V_{xE} = V_0 \sin \beta = 0,73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ V_{yE} = -gt_E + V_0 \cos \beta = -2,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases}$$

$$V_E = \sqrt{V_{xE}^2 + V_{yE}^2} = \sqrt{0,73^2 + (-2,02)^2} = 2,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et}$$

$$\tan \gamma = \frac{V_{xE}}{V_{yE}} = \frac{-2,02}{0,73} = -2,76 \Rightarrow \gamma = -70,08$$

EXERCICE IV

1)

a-Montrons que le mouvement est uniforme

Appliquons la R.F.D : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$

$$\vec{a} \begin{cases} a_n = \frac{v^2}{r} \\ a_\tau = \frac{dv}{dt} \end{cases} \vec{g} \begin{cases} g_M = \frac{GM_P}{r^2} \\ g_t = 0 \end{cases} \begin{cases} \frac{v^2}{r} = \frac{GM_P}{r^2} \quad (1) \\ \frac{dv}{dt} = 0 \quad (2) \end{cases}$$

$$(2) \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = cte$$

b-Expression de la vitesse en fonction de g_{OP} , R_p et h .

$$(1) \Rightarrow v = \frac{g_{OP} R_p^2}{R_p + h}$$

c-Expression de ω et T

$$\omega = \frac{v}{r} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g_{OP} R_p^2}{(R_p + h)^3}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{(R_p + h)^3}{g_{OP} R_p^2}}$$

2)

a-Calcul de la vitesse angulaire ω'

$$\omega' = \frac{2\pi}{T_p} = 7,25 \cdot 10^{-5} rad/s$$

b-Calcul de r'

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{r'^3}{g_{OP} R_p^2}} \Rightarrow r' = \sqrt[3]{\frac{g_{OP} R_p^2 T_p^2}{4\pi^2}} = 42252,720 \cdot 10^3 m$$

3)

a-Expression de la force $\vec{F}_{p/S}$ exercée par cette planète sur le satellite en fonction de m , M_p , R_p et h_1 .

$$F_{p/S} = \frac{G_M M_p}{(R_p + h_1)^2}$$

b- Expression de g_1

$$g_1 = \frac{GM_p}{(R_p + h_1)^2}$$

c- Expression de g_2

$$g_2 = \frac{GM_p}{(R_p + 2h_1)^2}$$

d-Montrons que : $\frac{R_p + 2h_1}{R_p + h_1} = \sqrt{2}$

$$g_1 = 2g_2 \Leftrightarrow \frac{GM_p}{(R_p + h_1)^2} = \frac{2GM_p}{(R_p + 2h_1)^2}$$

$$\frac{(R_p + 2h_1)^2}{(R_p + h_1)^2} = 2 \Rightarrow \frac{R_p + 2h_1}{R_p + h_1} = \sqrt{2}$$

e-Déductions des valeurs de h_1, h_2, g_1 et g_2

$$\text{Pour } h_1 : R_p\sqrt{2} + h_1\sqrt{2} = R_p + 2h_1 \Rightarrow R_p(1 + \sqrt{2}) = h_1(2 - \sqrt{2})$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{R_p(1 + \sqrt{2})}{(2 - \sqrt{2})} = 4518,4 \text{ km}$$

$$\text{Pour } h_2 : h_2 = 2h_1 = 9036,8 \text{ km}$$

$$\text{Pour } g_1 : g_1 = \frac{GM_p}{(R_p + h_1)^2} = 3,35 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Pour } g_2 : g_2 = \frac{GM_p}{(R_p + 2h_1)^2} = 1,67 \text{ N/m}^2$$

SUJET DE SYNTHÈSE N°IV

EXERCICE I

On réalise la réaction d'estérification entre une mole d'un anhydride d'acide (A_1) de formule $R-CO-O-CO-R$ et une mole d'un alcool (B) de formule $R-CH_2-OH$ où (R) est un groupe alkyle saturé. Il se forme un acide carboxylique (A) et un ester (E). Une étude appropriée permet de tracer l'évolution du nombre de mole d'ester n_E formé au cours du temps.

- 1) Définir la vitesse moyenne et la calculer entre les dates $t = 0s$ et $t = 36s$.
- 2) Déterminer graphiquement la vitesse instantanée de formation de l'ester aux dates $t = 0s$ et $t = 36s$.

Comment évolue cette vitesse au cours du temps? Justifier votre réponse

3° Définir et déterminer le

temps de demi-réaction.

4) Déterminer la

composition en quantité de

matière du milieu

réactionnel à la date $t = 12s$.

5) L'ester formé a pour

formule brute $C_8H_{16}O_2$.

a- Quels sont les noms et les

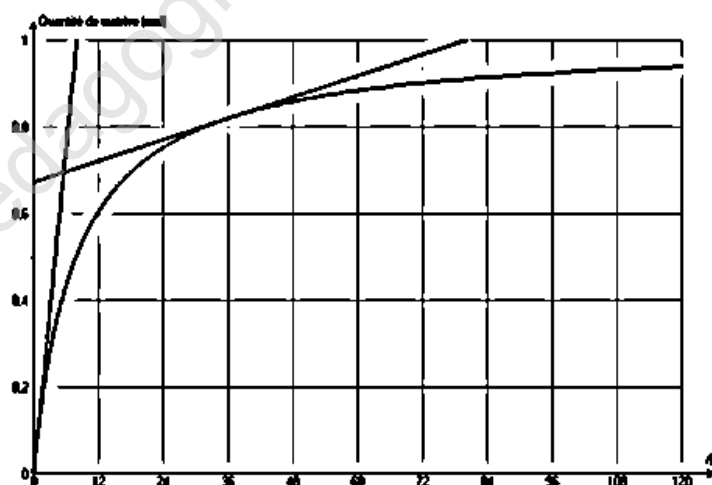
formules possibles de cet

ester?

b- Par action de l'ammoniac sur l'acide (A) on obtient un composé (C) qui par

déshydratation conduit à un composé (D) à chaîne carbonée ramifiée de formule

C_4H_9NO . Déduire le nom et la formule semi-développée de (D).



c-Donner les noms et formules semi-développées exactes des composés (C), (A), (B), (E) et (A₁).

6)On fait réagir le chlorure de thionyle sur (A). Ecrire l'équation de la réaction et nommer le produit organique (F) obtenu.

7)L'action de (F) sur l'aniline conduit à un composé organique (G). Ecrire l'équation bilan de la réaction et nommer le produit (G).

EXERCICE II

L'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle (E) utilisé pour aromatiser certains sirops, donne deux produits organiques A et B. A présente un caractère acide.

1)-a-A quelle famille de corps organiques appartient le composé E ? Ecrire sa formule semi-développée.

b-Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse de E et nommer les produits A et B formés.

Quelles sont les particularités de cette réaction ?

2) On fait agir le chlorure de thionyle SOCl₂ sur A pour obtenir un produit C dérivé de A.

Ecrire la formule semi-développée de C et donner son nom.

3) Une masse m_C = 7,85 g de C réagit entièrement avec une amine primaire saturée D en donnant un dérivé F de A qui précipite de façon totale. La masse du précipité F obtenu est m_F= 11,5 g.

a-Ecrire l'équation-bilan de la réaction effectuée.

b-Déterminer la formule semi-développée et le nom de l'amine D utilisée, sachant que sa chaîne carbonée est ramifiée.

EXERCICE III

Un solénoïde de 3cm de diamètre, parcouru par *un courant* d'intensité variable $i(t)$, est placé au centre d'une bobine plate de plus grand diamètre ; les axes des deux bobines sont parallèles.

On donne la fonction qui décrit les variations de l'intensité du courant en fonction du temps:

$$0 < t < 0,1s : i(t) = 50t(A)$$

$$0,1s < t < 0,2s : i(t) = 10-50t(A)$$

1. Représenter les variations de la fonction $i(t)$ sur l'intervalle $[0,0,2s]$,
2. Sachant que le solénoïde comporte 100 spires par mètre que la bobine plate comporte 100 spires.
 - a. Calculer la f.e.m induite à chaque instant.
 - b. Représenter ses variations sur le même intervalle.

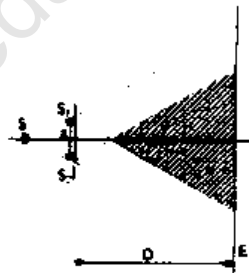
EXERCICE IV

- 1) On réalise l'expérience représentée par la figure ci-dessous.



S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . S_1 est un trou circulaire de diamètre $d_1 = \lambda$ percé sur l'écran E_1 et E est l'écran d'observation.

- 1.1) Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en S_1 .
- 1.2) Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de S_1 . En déduire l'aspect de l'écran.
- 2) On perce un deuxième trou S_2 identique à S_1 sur l'écran E_1 et on réalise le dispositif schématisé sur la figure ci-dessous.



Les traits pointillés représentent les limites des faisceaux lumineux issus de S, S_1 et S_2 .

- 2.1) Décrire ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée. Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?
- 2.2) A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire de la lumière.
- 2.3) La longueur occupée sur l'écran E par 10 interférences est $L = 5,85$ mm. Calculer la longueur d'onde λ de la lumière émise par la source S. On donne : $a = S_1S_2 = 2\text{mm}$; $D = 2\text{m}$.

Corrigé

EXERCICE I

1) Définition de la vitesse moyenne :

$$V_{\text{moy}} = \frac{\Delta n(\text{Ester})}{\Delta t}$$

ce qui correspond à la valeur du coefficient directeur de la sécante à la

Courbe aux points d'abscisse t_1 et t_2 .

Détermination :

$$A(0; 0) ; B(12; 0,6)$$

$$V_{\text{moy}} = \frac{0,6 - 0}{12 - 0} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/s}$$

2) Détermination de la vitesse instantanée à $t = 0$ et à $t = 36\text{s}$

Pour $t = 0$:

$$V_1(\text{ester}) = \frac{0,8 - 0}{6 - 0} = 13 \cdot 10^{-2} \text{ mol/s}$$

Pour $t = 36\text{s}$:

$$V_2(\text{ester}) = \frac{0,9 - 0,7}{60 - 12} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/s}$$

$$V_1(\text{ester}) > V_2(\text{ester})$$

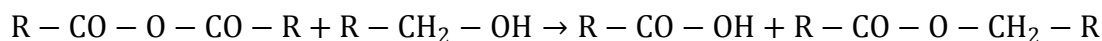
La vitesse diminue au cours du temps. Cette diminution est due à la diminution de la concentration des réactifs.

3) Temps de demi-réaction : Le temps au bout duquel s'est formé la moitié de la quantité maximale de produit attendu $t = t_{1/2}$.

La réaction est totale le $n_{\infty}(\text{ester}) = x_f = 1$

$$t_{1/2} \rightarrow \frac{n_{\infty}(\text{ester})}{1} = 0,5 \text{ mol}, \text{ d'après la courbe } t_{1/2} \approx 6\text{s}$$

4) La composition en quantité de matière du milieu réactionnel à $t = 12\text{s}$



État	Avancement	Anhydride	Alcool	Ester	Acide
t = 0	0	1	1	0	0
A l'instant t	x	1-x	1-x	x	x

À t = 12s $x = n(\text{ester}) = 0,6 \text{ mol}$

$n(\text{anhydride}) = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mol}$

$n(\text{alcool}) = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mol}$

$n(\text{ester}) = 0,6 \text{ mol}$

5) Formule brute de l'ester $C_8H_{16}O_2$

a-Noms et formules possibles de l'ester

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO - O - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ butanoate de butyle

$CH_3 - CH(CH_3) - CO - O - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$ méthylpropanoate de 2
- méthylpropyle

b-La réaction de l'ammoniac sur l'acide A

$R - CO - OH + NH_3 \rightarrow R - COO^- NH_4^+ \rightarrow R - CO - NH_2$

D à chaîne ramifiée $CH_3 - CH(CH_3) - CO - NH_2$ 2 - méthylpropanamide

c-Les formules semi-développées et les noms de A,C,B,E et A₁

C : $CH_3 - CH(CH_3) - COO^- NH_4^+$ 2 - méthylpropylammonium

A : $CH_3 - CH(CH_3) - CO - OH$ acide 2 - méthylpropanoïque

B : $CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - OH$ 2 - méthylpropan - 1 - ol

E : $CH_3 - CH(CH_3) - CO - CH_2 - CH(CH_3) -$

CH_3 méthylpropanoate de méthylpropyle

A₁ : $CH_3 - CH(CH_3) - CO - O - CO - CH(CH_3) - CH_3$ anhydride - 2 -
méthylpropanoïque

6) Réaction entre A et le chlorure de thionyle

$CH_3 - CH(CH_3) - CO - OH + SOCl_2 \rightarrow CH_3 - CH(CH_3) - CO - Cl + HCl$

F : Chlorure de méthylpropanoyle

7) L'action de F sur l'aniline conduit à G

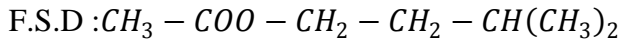
$CH_3 - CH(CH_3) - COCl + C_6H_5 - NH_2 \rightarrow CH_3 - CH(CH_3) - CO - NH - C_6H_5$

G : N-phényl-2-méthylpropanamide

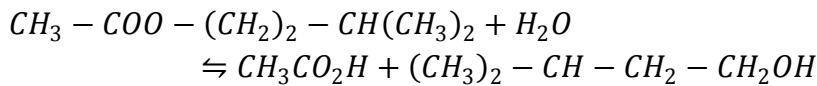
EXERCICE II

1) a-Famille et formule semi-développée de E

E est un ester



b-Équation-bilan de la réaction



A :acide éthanoïque

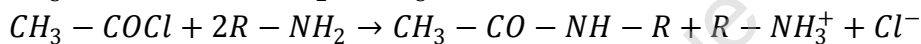
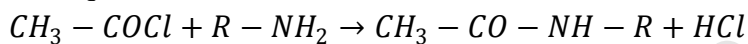
B :3-méthylbutan-1-ol

Particularités : athermique ;lente et limitée

2) Formule semi-développée et nom de C

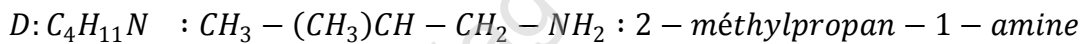
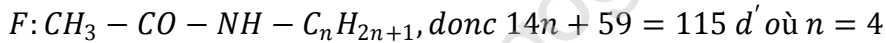


3) a-Équation-bilan de la réaction



b-Détermination de la formule semi-développée et le nom de D

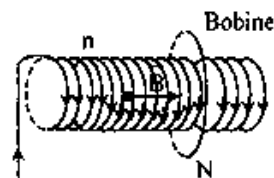
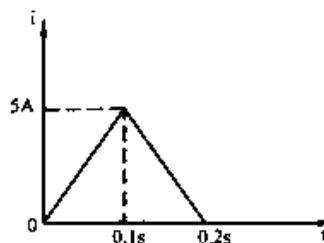
$$n_C = n_F \Rightarrow \frac{m_C}{M_C} = \frac{m_F}{M_F} \text{ donc } M_F = \frac{m_F}{m_C} M_C = \frac{11,5}{7,85} \times 78,5 = 115 \text{ g/mol}$$



EXERCICE III

1. Les variations de $i(t)$

- $t \in [0, 0,1\text{s}]$ le graphe $i=f(t)$ est un segment de droite de passant par l'origine du repère.
- $t \in [0,1, 0,2\text{s}]$ le graphe $i=f(t)$ est un segment de droite de coefficient directeur négatif.



2. Pour $t \in [0, 0,1s]$ $i=50 t$, $B= 4\pi 10^{-7} n.i$, $\Rightarrow B= 4\pi 10^{-7} n.50 t \Rightarrow$
 $B= 200\pi 10^{-5} t \Rightarrow B= 6,2810^{-3} t$

Le flux inducteur à travers la bobine plate \vec{n} et \vec{B} ont le même sens :

$\Phi = NBS$ avec $S = \frac{\pi D^2}{4}$, D est le diamètre de la bobine plate qui est pratiquement égale au diamètre du solénoïde et N représente le nombre des spires de la bobine (N=100, D= 3cm= 0,03m)

$\Phi = 10^2 \times 6,2810^{-3} t \frac{3,14.9.10^{-4}}{4} = 4,5. 10^{-4} t, \Rightarrow \Phi = 4,5. 10^{-4} t$

La force électromotrice induite est $e = - \frac{d\Phi}{dt} = - 4,5. 10^{-4} V$

Dans l'intervalle $t \in [0,1, 0,2s]$ $i(t) = 10 - 50 t$, $B= 4\pi 10^{-7} n.i \Rightarrow$

$B= 4\pi 10^{-7} .100.(10 - 50 t) \Rightarrow$

$B= 12,5610^{-4} - 6,2810^{-3} t$

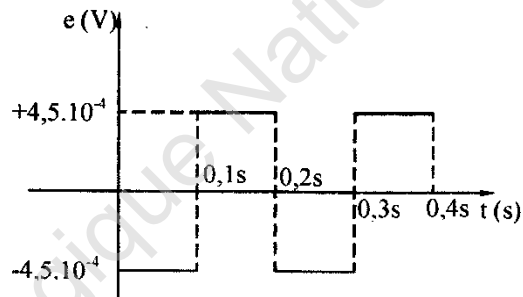
Le flux inducteur est : $\Phi = NBS$

$\Phi = 10^2 . \frac{3,14.9.10^{-4}}{4} (12,5610^{-4} - 6,2810^{-3} t) = 9,8. 10^{-5} - 4,5. 10^{-4} t$

La force électromotrice est :

$e = - \frac{d\Phi}{dt} = + 4,5. 10^{-4} V$

b. Le diagramme $e= f(t)$ est :

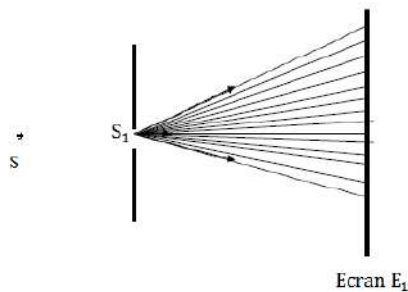


EXERCICE IV

1)

1.1) Le phénomène produit est la diffraction

1.2) L'écran E_1 est éclairé uniformément



2)

2.1) Dans la zone hachurée on observe une alternance de raies sombres et de raies claires.

Le phénomène mis en évidence est l'interférence lumineuse

2.2) L'existence des franges sombres montre que la superposition de deux lumières peut donner l'obscurité par analogie avec l'interférence mécanique (hyperboles immobiles), on déduit qu'une radiation lumineuse peut être considérée comme une vibration sinusoïdale qui se propage à partir de la source de lumière : c'est la théorie ondulatoire de la lumière.

2.3) Calcul de la longueur d'onde

$$\text{L'interfrange } i = \frac{\lambda D}{a}$$

$$10 \text{ franges} \rightarrow L = 5,85 \text{ mm}$$

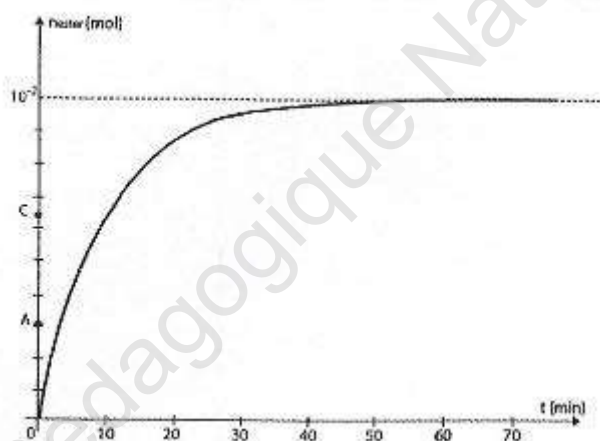
$$10i = L \Rightarrow i = \frac{L}{10}$$

$$\frac{L}{10} = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{aL}{10D} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \times 5,85 \cdot 10^{-3}}{20} = 0,585 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

SUJET DE SYNTHÈSE N°V

EXERCICE I

On se propose d'étudier la cinétique chimique de la réaction d'estérification entre $1,5 \cdot 10^{-2}$ mol d'acide éthanóïque pur et $1,5 \cdot 10^{-2}$ mol d'éthanol pur à une certaine température à l'aide d'un protocole expérimental approprié, on détermine la quantité d'ester formé à des instants différents. Ceci permet de tracer la courbe d'estérification portée sur la figure ci-dessous.



- 1) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction d'estérification. Quelles sont ses caractéristiques ?
- 2) Citer deux moyens permettant d'augmenter la vitesse de cette réaction.
- 3)-a-Utiliser la courbe d'estérification portée sur la figure ci-dessus pour déterminer les valeurs des vitesses aux instants $t_1 = 10$ mn et $t_2 = 20$ mn.
b-Déduire de quelle manière évolue cette vitesse au cours du temps ? Préciser la cause qui conduit à ce type d'évolution..
- 4) Déterminer la constante d'équilibre de cette réaction d'estérification.

EXERCICE II

L'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$, couramment dénommé vitamine C, est un réducteur naturel que l'on qualifie usuellement d'antioxydant. On le trouve dans de nombreux fruits et légumes. On a montré que la vitamine C peut prévenir des petits maux quotidiens tels que le rhume et aider dans le traitement de certains cancers. En pharmacie, il est vendu sous forme de comprimés de « 500 mg ».

1) Un élève de terminale D se propose de vérifier l'indication de masse d'un comprimé de « 500 mg » de vitamine C. Pour cela, il dissout un comprimé dans un volume $V_0 = 200$ mL d'eau. Soit S_0 la solution obtenue. Il procède au dosage d'un volume $v = 20$ mL de la solution S_0 par une solution de soude de concentration $C_b = 1,2 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en présence d'un indicateur coloré approprié. Le virage de l'indicateur est obtenu quand le volume de la solution de soude versé est 11,7 mL.

1.1) Qu'entend-t-on par indicateur coloré approprié ?

1.2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'acide ascorbique avec la soude (l'acide ascorbique sera noté A à l'équivalence, le pH est de 8. Justifier qualitativement le caractère basique de la solution.

1.4) Déterminer la concentration C_0 de l'acide dans la solution S_0 , puis la masse d'acide ascorbique présente dans le comprimé. Conclure.

2) L'élève lit plus attentivement la notice du médicament et y trouve les indications suivantes : vitamine C tamponnée, acide ascorbique : 247,7 mg, ascorbate de sodium : 281,4 mg, acide ascorbique total : 500 mg

à l'équilibre dans la solution obtenue par l'élève sont les mêmes que dans le comprimé.

Ecrire la relation liant le pH de la solution au pKa du couple et en déduire la valeur prévisible du pH de la solution S_0 . Quelles propriétés présente la solution S_0 ? Quel est son intérêt ?

2.1) Calculer, à partir des indications de la notice, les quantités de matière d'acide ascorbique et d'ions ascorbate présentes dans un comprimé.

2.2) On admet que les quantités de matière d'acide ascorbique et d'ions ascorbate présentes

2.3) Sachant que le pH à l'intérieur de l'estomac est voisin de 1, justifier alors, par le calcul, l'indication « acide ascorbique total : 500 mg » portée sur la notice.

Données : pK_a du couple $AH/A^- = 4,1$; masses molaires : $M(AH) = 176 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(ANa) = 198 \text{ g.mol}^{-1}$

EXERCICE III

I) On considère une spire de forme rectangulaire ABCD, traversée par un courant électrique d'intensité I , maintenue verticalement par un fil isolant tendu et entièrement placée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} . (voir figure 1-a)

1) a- Représenter le vecteur force de Laplace appliquée à chaque Segment ; rectiligne AB, BC, CD et DA.

b- Quelle est globalement l'action de ces 4 forces de Laplace ?

2) a- On change la direction du vecteur champ magnétique \vec{B} afin qu'il soit parallèle aux segments [AB] et [CD] et orienté de gauche vers la droite.

Représenter sur la (figure 1-b), le vecteur champ magnétique \vec{B} et le vecteur force de Laplace appliquée à chaque segment.

b- Quel est alors le mouvement de la spire ?

II) Une tige homogène CD. de masse $m = 20\text{g}$ est maintenue en équilibre sur des rails parallèles, distants de $l = 20\text{cm}$. (CD est perpendiculaire aux rails). La tige CD est parcourue par un courant électrique et plongée dans un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,1\text{T}$. Les frottements sont supposés négligeables. On donne : $g = 10\text{N/kg}$.

1) Le plan des rails est horizontal. B est horizontal et parallèle aux rails, (figure 2-a)

a- Préciser sur la (figure 2-b), la direction et le sens du vecteur champ magnétique pour que la force de Laplace soit verticale et dirigée vers le haut.

b-Quelle doit être la valeur minimale de I intensité du courant électrique pour que la lige puisse se soulever ?

2) Le plan des rails est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale. \vec{B} est perpendiculaire au plan des rails. On inverse le sens du courant électrique en fixant sa valeur à $I' = 4A$ (figure 3-a). On remarque que la tige CD reste immobile sur les rails.

a-Représenter sur la (figure 3-b) la force \vec{F} de Laplace, le poids \vec{P} de la tige CD et la réaction \vec{R} des rails en supposant que les forces de frottements sont négligeables.

b-Montrer qu'en réalité le contact rails-tige se fait avec des forces de frottement équivalentes à une force \vec{f} dont on précisera son sens et sa valeur.

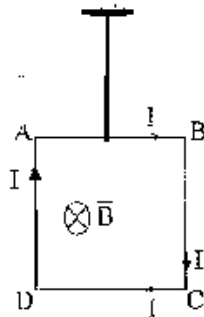


Figure 1-a

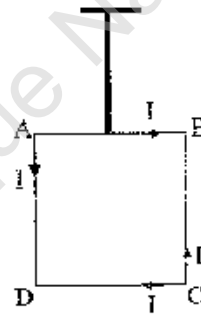


Figure 1-b

III/

Schéma dans l'espace	Schéma en coupe
<p>figure 2-a</p>	<p>figure 2-b</p>
<p>figure 3-a</p>	<p>figure 3-b</p>

EXERCICE IV

Le nucléide ${}^{108}_{47}\text{Ag}$ est radioactif β^-

- 1) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.
- 2) Préciser le symbole du noyau fils et donner la composition de son noyau.

On donne un extrait de la classification des éléments :

${}_{43}\text{Tc}$	${}_{44}\text{R}$	${}_{45}\text{Rh}$	${}_{46}\text{Pd}$	${}_{47}\text{Ag}$	${}_{48}\text{Cd}$	${}_{49}\text{Tn}$
--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

- 3) Donner sans démonstration la formule traduisant la loi de décroissance radioactive en indiquant la signification de chacun des termes.
- 4) Définir la période radioactive T.
- 5) Etablir l'expression de la constante radioactive λ en fonction de T.
- 6) On étudie l'évolution de l'activité d'un échantillon du nucléide ${}^{108}_{47}\text{Ag}$ au cours du temps.
 - 6.1) Exprimer l'activité radioactive en fonction du temps.
 - 6.2) Compléter le tableau de mesure ci-dessous

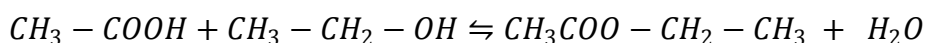
T(mn)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
A(Bq)	89	73	63	52	46	39	33	29	24	21	18
lnA											

- 6.3) Tracer la courbe ln A = f(t).
- 6.4) Déterminer à partir de la courbe la constante radioactive.
- 6.5) Déterminer la période T.

Corrigé

EXERCICE I

1) Équation-bilan de la réaction



Caractéristiques : lente, limitée et athermique

2) Moyens permettant d'augmenter la vitesse de la réaction :

-Augmenter la température

-Utiliser un catalyseur

3)

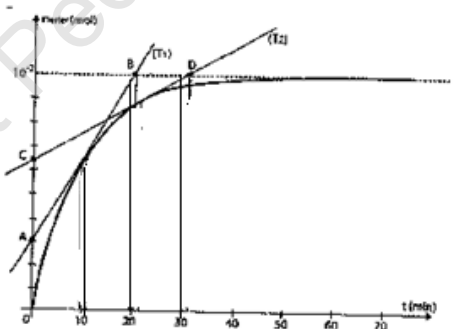
a- Valeur de la vitesse à $t_1 = 10$ mn et $t_2 = 20$ mn

A $t_1 = 10$ mn :

$$V_1 = \frac{n_B - n_A}{t_B - t_A} = \frac{10 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}}{20 - 0} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/mn}$$

A $t_2 = 20$ mn :

$$V_2 = \frac{n_D - n_C}{t_D - t_C} = \frac{10 \cdot 10^{-2} - 6,5 \cdot 10^{-2}}{30 - 0} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/mn}$$



b- La vitesse diminue au cours du temps à cause de la diminution de la concentration des réactifs.

4) Détermination de la constante d'équilibre

Etat	Acide	Alcool	Ester	Eau
t = 0	$n_0 = 1,5 \cdot 10^{-2}$	n_0	0	0
téq	$(n_0 - x_f)$	$(n_0 - x_f)$	x_f	x_f

$$x_f = n_{\text{ester}} = n_{\text{eau}} = 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{acide}} = n_{\text{alcool}} = 1,5 \cdot 10^{-2} - x = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

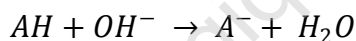
$$K = \frac{[\text{ester}][\text{eau}]}{[\text{acide}][\text{alcool}]} = \frac{n_{\text{ester}} \times n_{\text{eau}}}{n_{\text{acide}} \times n_{\text{alcool}}} = \frac{(10^{-2})^2}{(0,5 \cdot 10^{-2})^2} = 4$$

EXERCICE II

1)

1.1) Indicateur coloré approprié : il s'agit d'un indicateur coloré dont la zone de virage recoupe le pH à l'équivalence

1.2) Équation-bilan du dosage



1.3) Justification du caractère basique de la réaction

Il s'agit du pH d'un mélange d'acide faible et de base forte à l'équivalence. La base forte l'emporte, le pH est basique.

1.4) Détermination de la concentration C_0 de l'acide dans la solution S_0

$$C_0 \cdot V = C_b V_b \Rightarrow C_0 = \frac{C_b V_b}{V} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2} \times 11,7}{20} = 7,02 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

La masse de l'acide ascorbique présente

$$\begin{aligned} m(AH) &= n(AH) \times M(AH) = C_0 V_0 \times M(AH) = 7,02 \cdot 10^{-2} \times 0,020 \times 176 \\ &= 247 \cdot 10^{-3} \text{ g} \end{aligned}$$

La masse trouvée est nettement en deçà de 500mg : c'est à peine la moitié. L'indication du comprimé n'est pas vérifiée.

2)

2.1) Calcul de la quantité de matière de chaque espèce :

Pour l'acide ascorbique : $n(AH) = \frac{m(AH)}{M(AH)} = 1,41.10^{-3} mol$

Pour l'ascorbate de sodium : $n(ANa) = \frac{m(ANa)}{M(ANa)} = 1,42.10^{-3} mol$

2.2) Relation entre le pH et le pKa

$$pH = pKa + \log \frac{n(A^-)}{n(AH)} = pKa = 4,2$$

La solution S_0 est une solution tampon ;son pH reste pratiquement invariable par faible dilution ou par addition d'acide, ou de base en quantité modérée. Son intérêt réside dans le contrôle du pH.

2.3) Par application de la relation rappelée en 2.2) on tire :

$$\frac{[A^-]}{[AH]} = 7,9.10^{-4} \text{ or } \frac{[A^-]}{[AH]} = \frac{n(A^-)}{n(AH)} \Rightarrow n(A^-) = 7,9.10^{-4} \times n(AH) (1)$$

La conservation de la matière s'écrit :

$$n(A^-) + n(AH) = n(A^-)_{initial} + n(AH)_{initial} = 1,42.10^{-3} + 1,41.10^{-3} (2)$$

Les équations (1) et (2) permettent de trouver :

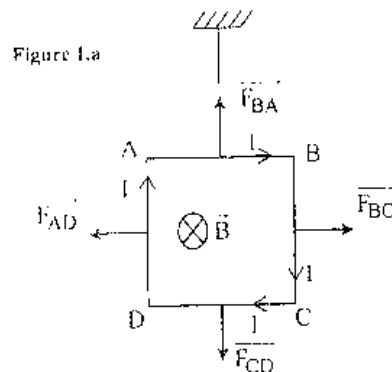
$$n(AH) = 2,83.10^{-3} mol \quad m(AH) = n(AH) \times M(AH) = 498 mg$$

Ce qui correspond pratiquement à l'indication « acide ascorbique total :500mg » portée sur la notice.

EXERCICE III

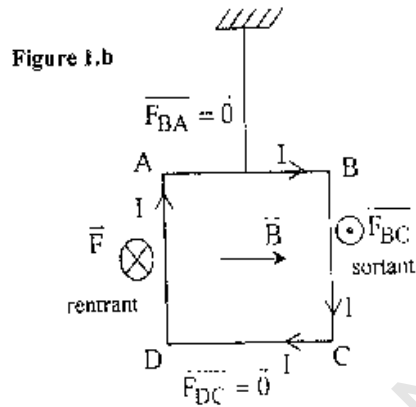
I)

1)-a- Représentation de la force de Laplace sur chaque segment



b- Les quatre forces sont situées dans le même plan (plan de la spire) et sont de sens contraires deux à deux et de même valeur donc sont sans action sur la spire.

2)-a- Représentation de \vec{B} et de la force de Laplace sur chaque segment



b- Le mouvement de la tige

AD et BC sont soumis à deux forces perpendiculaires au plan de la spire donc possède un effet de rotation sur la spire.

II)

1)-a- Direction et sens de \vec{B} pour que la force de Laplace soit verticale et orientée vers le haut

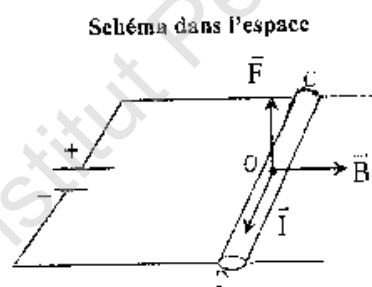


figure 2.a

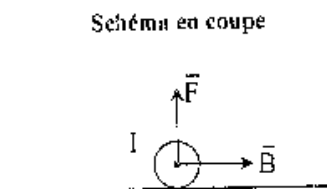


figure 2.b

b- Valeur minimale de I pour soulever la tige

$$F > P$$

$$|Bl| > mg$$

$$I > \frac{mg}{Bl} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \times 10}{0,1 \times 0,2} = 10A \quad \text{donc } I_{\min} = 10$$

2)-a- Représentation sur la (figure 3-b) de la force \vec{F} de Laplace, le poids \vec{P} de la tige CD et la réaction \vec{R}

\vec{F} est perpendiculaire à \vec{B} et à la tige DC donc \vec{F} est dans le plan des rails et parallèle aux rails.

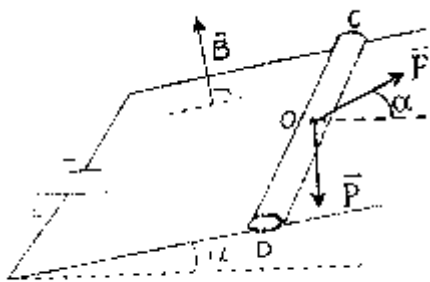


figure 3.a

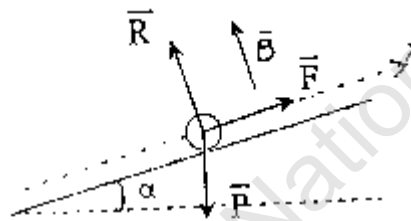


figure 3.b

b- Montrons l'existence des forces de frottement et déterminons sa valeur

$$F = I'Bl = 4 \times 0,1 \times 0,2 = 8 \cdot 10^{-8} N$$

$$\text{Equilibre de la tige : } \vec{F} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

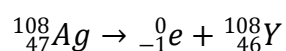
$$\text{Projection sur les axes : } F - P \sin \alpha = 0 \Rightarrow F = P \sin \alpha \text{ or } P \sin \alpha = 20 \cdot 10^{-3} \times 10 \times 0,5 = 10 \cdot 10^{-2} N$$

$$P \sin \alpha > F. \text{ Donc en réalité il y a frottement de même sens que } \vec{F} \text{ et tel que } f = P \sin \alpha - F = 2 \cdot 10^{-2} N$$

On aura donc $F + f = P \sin \alpha$ la tige reste immobile dans ce cas.

EXERCICE IV

1) L'équation de la réaction nucléaire



Les règles utilisées:

-Conservation du nombre de masse

-Conservation du nombre des charges

2)Le symbole du noyau fils est le palladium Pd

Composition du noyau : $^{108}_{46}\text{Pd}$:46 protons et 62 neutrons

2) La loi de décroissance radioactive

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N :nombre de noyaux à l'instant t.

N_0 :nombre initial de noyau à l'instant t = 0

λ : constante radioactive

4) Période radioactive : Temps nécessaire pour que la moitié des noyaux N_0 de ce nucléide soit désintégrée.

5) Expression de la période T

$$t = T \quad N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

6)

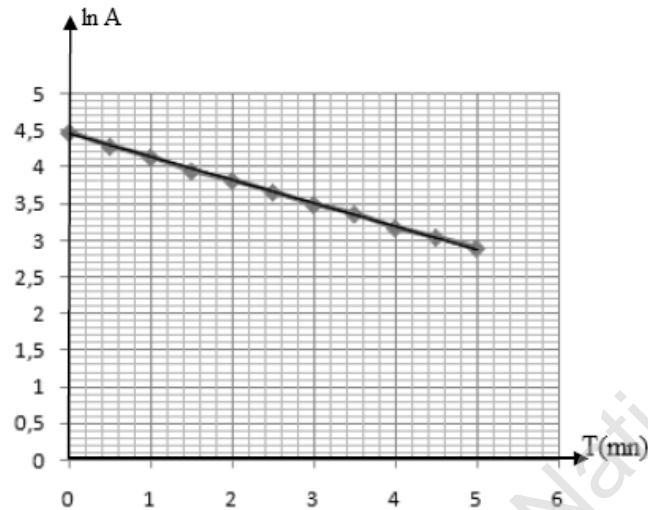
6.1)L'activité en fonction du temps

$$A = -\frac{dN}{dt} \Rightarrow dN = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \text{ avec } A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow A = A_0 \lambda e^{-\lambda t}$$

6.2)Complétons le tableau

T(mn)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
A(Bq)	89	73	63	52	46	39	33	29	24	21	18
lnA	4,48	4,29	4,14	3,95	3,82	3,66	3,49	3,36	3,17	3,04	2,89

6.3) La représentation de la courbe $\ln A = f(t)$



6.4) Détermination de λ

$$\ln A = -\lambda t + \ln A_0$$

$$\text{pente} = -\lambda = \frac{3,36 - 3,95}{3,5 - 1,5} = -0,3 \Rightarrow \lambda = 0,3 \text{mn}^{-1}$$

6.5) Période T

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 2,33 \text{mn}^{-1}$$