

Le complet résolu

4^{ème} A

Sc-expérimentales

Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

28 problèmes
corrigés

▲ Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs
corrigés

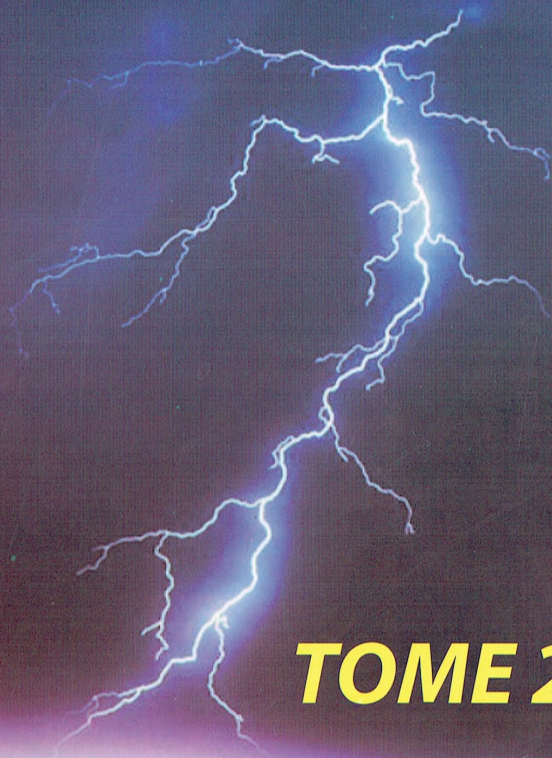
▲ Contrôles et synthèses

Avec résumés
de cours

▲ Les notions indispensables

+ unités et
conversions

▲ Conformes aux programmes



TOME 2

FATHI REKIK

Professeur principal
distingué

MOURAD FGAIER

Professeur principal
distingué

Le complet résolu

Physique - Chimie

Conforme aux nouveaux programmes

4^{ème} Année secondaire

Sc-Expérimentales

TOME 2

Résumés de cours
Exercices et devoirs corrigés

FATHI REKIK
Professeur principal

MOURAD FGAIER
Professeur principal

Le complet résolu

Physique - Chimie

Conforme aux nouveaux programmes

4^{ème} Année secondaire

Sc-Expérimentales

TOME 2

Résumés de cours
Exercices et devoirs corrigés

FATHI REKIK
Professeur principal

MOURAD FGAIER
Professeur principal

Proétudes.blogspot.com
PROÉTUDES
Surfer en toute confiance

L'ESSENTIEL DU COURS

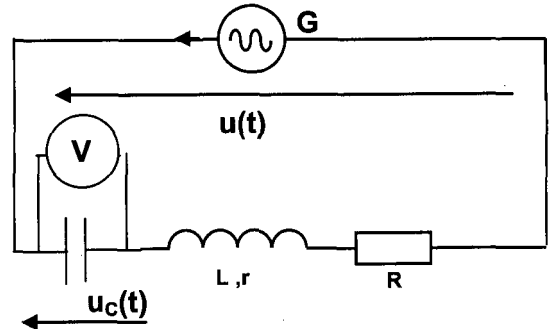
* On considère le circuit électrique suivant :
Pour une fréquence N_r de l'excitateur (GBF), le voltmètre
branché aux bornes du condensateur indique une valeur

efficace $U_{C_{eff}}$ est maximale ($U_{C_{eff}} = \frac{U_{C_{max}}}{\sqrt{2}}$) sachant que

$$U_{C_{eff}} = \frac{Q_{max}}{C\sqrt{2}}, \text{ avec } Q_{max} \text{ amplitude de la charge électrique}$$

$q(t)$ du condensateur .

Lorsque $Q_{max} = U_{C_{eff}} C \sqrt{2}$ est maximale on obtient la résonance de charge.



* $q(t) = Q_{max} \sin(\omega t + \varphi_q)$ alors $i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = Q_{max} \omega \sin(\omega t + \varphi_q + \frac{\pi}{2}) = I_{max} \sin(\omega t + \varphi_i)$ d'où $I_{max} = Q_{max} \omega$

$$\text{alors } Q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega} \text{ sachant que } I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + (\frac{1}{C\omega} - L\omega)^2}} \text{ alors } Q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega} = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}}$$

* A la résonance de charge Q_{max} est maximale alors $f(\omega) = (R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2$ est minimale d'où

$$\frac{d}{d\omega} ((R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2) = 0 \text{ alors } 2(R+r)^2 \omega_r + 2(\frac{1}{C} - L\omega_r^2)(-2L\omega_r) = 0 \text{ donc}$$

$$2(R+r)^2 \omega_r - 4\frac{L}{C}\omega_r + 4L^2\omega_r^3 = 0 \text{ par suite } 2\omega_r((R+r)^2 - 2\frac{L}{C} + 2L^2\omega_r^2) = 0 \text{ alors}$$

$$(R+r)^2 - 2\frac{L}{C} + 2L^2\omega_r^2 \text{ donc } \omega_r^2 = \frac{1}{LC} - \frac{(R+r)^2}{2L^2} \text{ or } \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \text{ d'où } \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{(R+r)^2}{2L^2}}$$

En fonction de la fréquence : On a $\omega_r = 2\pi N_r$ et $\omega_0 = 2\pi N_0$ alors $4\pi^2 N_r^2 = 4\pi^2 N_0^2 - \frac{(R+r)^2}{2L^2}$ d'où

$$N_r^2 = N_0^2 - \frac{(R+r)^2}{8\pi^2 L^2} \text{ par suite } N_r = \sqrt{N_0^2 - \frac{(R+r)^2}{8\pi^2 L^2}}$$

* La résonance de charge n'est possible que lorsque $\omega_r^2 > 0$ alors $\omega_0^2 - \frac{(R+r)^2}{2L^2} > 0$ donc $\omega_0^2 > \frac{(R+r)^2}{2L^2}$

par suite $(R+r) < \sqrt{\omega_0^2 2L^2}$ d'où $(R+r) < \sqrt{2\frac{L}{C}}$. On pose $R_{Limite} = \sqrt{2\frac{L}{C}}$.

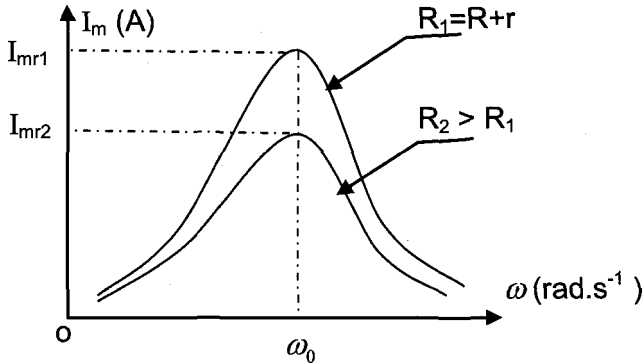
La résonance de charge est possible lorsque $(R+r) < R_{Limite}$.

* Si $0 < R+r < R_{Limite}$ alors la fréquence de l'excitateur N_r à la résonance de charge est inférieure à la fréquence propre du résonateur $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (fréquence à la résonance d'intensité).

* Lorsque $(R+r)$ augmente alors N_r diminue et Q_{max} (résonance de charge) diminue.

* Lorsque ω tend vers 0 alors $\lim Q_m = \lim \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}} = U_m \cdot C \neq 0$ tandis que $\lim I_m = 0$

* La courbe d'évolution de I_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



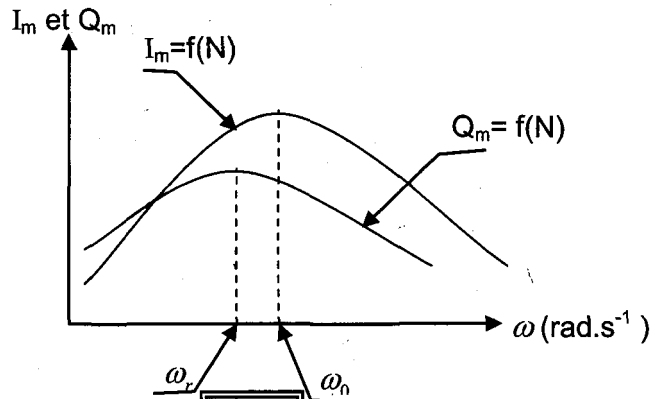
* La courbe d'évolution de Q_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.

$Q_m(C)$

$$\begin{array}{l} \underline{R_1 = R+r=0} \\ \underline{\underline{R_2 > R_1}} \\ \underline{\underline{\underline{R_3 > R_2}}} \end{array}$$

CU_m

- La courbe d'évolution de Q_m et I_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



EXERCICES

Au cours d'une séance de travaux pratique ayant pour objet d'étudier simultanément la résonance de charge et la résonance d'intensité, un groupe d'élève dispose d'un générateur (G.B.F) qui peut délivrer une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2 \cdot \pi \cdot N \cdot t)$ avec $U_m = 12V$ et N réglable un résistor de résistance $R = 50 \Omega$, une bobine d'inductance L et de résistance propre r un condensateur de capacité C , un ampèremètre et un voltmètre de très grande résistance.

- 1°/ Faire le schéma du circuit permettant d'atteindre cet objectif.
- 2°/ Il a été possible, en faisant varier la fréquence N du (G.B.F) de tracer les courbes (a) et (b) de la figure-1-

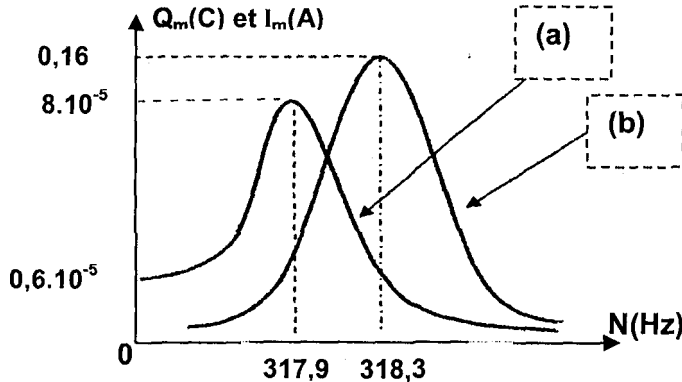


Figure-1-

- a- Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant électrique.
 - b-
 - * Faire sur la figure-2- un diagramme de Fresnel dans le cas d'un circuit capacitif.
 - * Etablir l'expression de l'amplitude de l'intensité du courant électrique I_m , en fonction de U_m, N, C, L, R et r .
 - * En déduire l'expression de l'amplitude de la charge électrique Q_m en fonction de U_m, N, C, L, R et r .
 - c- *Etablir les expressions des fréquences qui permettent d'obtenir des amplitudes maximales pour la charge q et l'intensité du courant électrique i .
 - * Identifier alors les courbes (a) et (b).
 - d- * Donner l'expression de Q_m , lorsque la fréquence N du (G.B.F) s'approche trop de zéro.
 - * Déterminer la capacité C du condensateur
 - e- Trouver l'inductance L et la résistance r de la bobine.
- 3°/ Pour s'assurer des résultats trouvés pour une fréquence $N=318,3Hz$, les élèves utilisent un oscilloscope et ils le branche de manière à visualiser $u(t)$ et $u_c(t)$.
- a- Reproduire le schéma du circuit en ajoutant les connexions avec l'oscilloscope.
 - b- Représenter les oscillogrammes observés sur l'écran de l'oscilloscope.
- Echelle: pour $u(t)$: 1div \rightarrow 6V, pour $u_c(t)$: 1div \rightarrow 40V.
Base de temps : 4 div \rightarrow π ms.

Figure-2-



CORRECTION

1°/ * Pour une fréquence $N\omega_0$ de l'excitateur (GBF), le voltmètre branché aux bornes du condensateur indique une valeur

efficace $U_{c_{eff}}$ est maximale ($U_{c_{eff}} = \frac{U_{c_{max}}}{\sqrt{2}}$) sachant que

$$U_{c_{eff}} = \frac{Q_{max}}{C\sqrt{2}}, \text{ avec } Q_{max} \text{ amplitude de la charge électrique}$$

$q(t)$ du condensateur qui est maximale d'où la résonance de charge.

* Pour une fréquence $N\omega_0$ de l'excitateur (GBF), l'ampèremètre branché en série indique une valeur efficace I_{eff} est maximale ($I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$), avec I_{max} amplitude de

l'intensité du courant électrique qui est maximale d'où la résonance d'intensité.

2°/

a- D'après la loi des mailles :

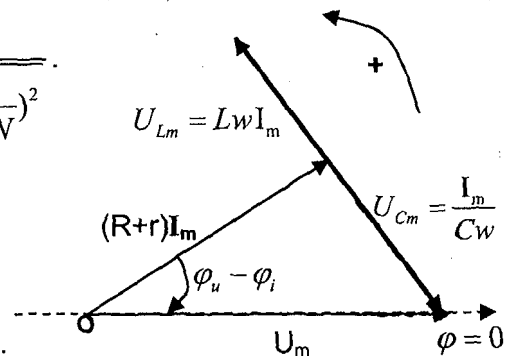
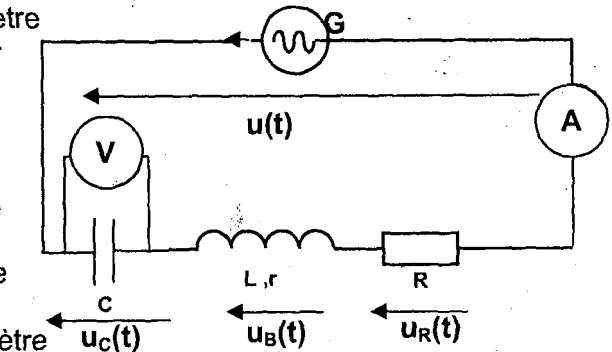
$$u_B(t) + u_R(t) + u_C(t) - u(t) = 0 \text{ alors } u_B(t) + u_R(t) + u_C(t) = u(t), \text{ avec } u_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

$$L \frac{di(t)}{dt} + r i(t) + R i(t) + \frac{q(t)}{C} = u(t) \text{ d'où } L \frac{di(t)}{dt} + (R+r) i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t).$$

b- * En appliquant le théorème de Pythagore :

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + (2L\pi N - \frac{1}{2C\pi N})^2}}$$

$$* Q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega} = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + 4\pi^2 N^2 + (\frac{1}{C} - L4\pi^2 N^2)^2}}$$



c- * A la résonance d'intensité I_{max} est maximale alors

$$(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2 \text{ est minimale donc } (L\omega - \frac{1}{C\omega}) = 0 \text{ par suite } L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \omega_0^2 \text{ alors } N = N_0.$$

* A la résonance de charge Q_{max} est maximale alors $f(\omega) = (R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2$ est minimale d'où

$$\frac{d}{d\omega} ((R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2) = 0 \text{ alors } 2(R+r)^2 \omega_r + 2(\frac{1}{C} - L\omega_r^2)(-2L\omega_r) = 0 \text{ donc}$$

$$2\omega_r ((R+r)^2 - 2\frac{L}{C} + 2L^2\omega_r^2) = 0 \text{ alors } (R+r)^2 - 2\frac{L}{C} + 2L^2\omega_r^2 = 0 \text{ } \omega_r^2 = \frac{1}{LC} - \frac{(R+r)^2}{2L^2} \text{ or } \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\text{Par suite } \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{(R+r)^2}{2L^2}} \text{ d'où}$$

$$N_r = \sqrt{N_0^2 - \frac{(R+r)^2}{8\pi^2 L^2}}$$

* A la résonance d'intensité on a : $N_{ri} = N_0$ et à la résonance de charge $N_{rq} < N_0$ par suite $N_{rq} < N_{ri}$.
D'après la figure-1- on a : N_r (courbe (a)) $< N_r$ (courbe (b)) d'où la courbe (a) correspond à $Q_m = f(N)$
et la courbe (b) correspond à $I_m = f(N)$.

d-* Lorsque ω tend vers 0 alors $\lim Q_m = \lim \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}} = U_m \cdot C$

* D'après la courbe (a) : $U_m C = 0,6 \cdot 10^{-5}$ alors $C = \frac{0,6 \cdot 10^{-5}}{U_m} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ F}$.

e-* D'après la courbe (b) et à la résonance d'intensité $N_0 = 318,3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ alors $N_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$ d'où

$L = \frac{1}{N_0^2 4\pi^2 C} \cdot AN : L = \frac{1}{318,3^2 \times 4\pi^2 \times 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ H}$.

* A la résonance d'intensité $R+r = \frac{U_m}{I_m}$ alors $r = \frac{U_m}{I_m} - R \cdot AN : r = \frac{12}{0,16} - 50 = 25 \Omega$.

3°/

a-

b-* $U_m = 12\text{V}$ qui correspond à 2 divisions et $\varphi_u = 0$.

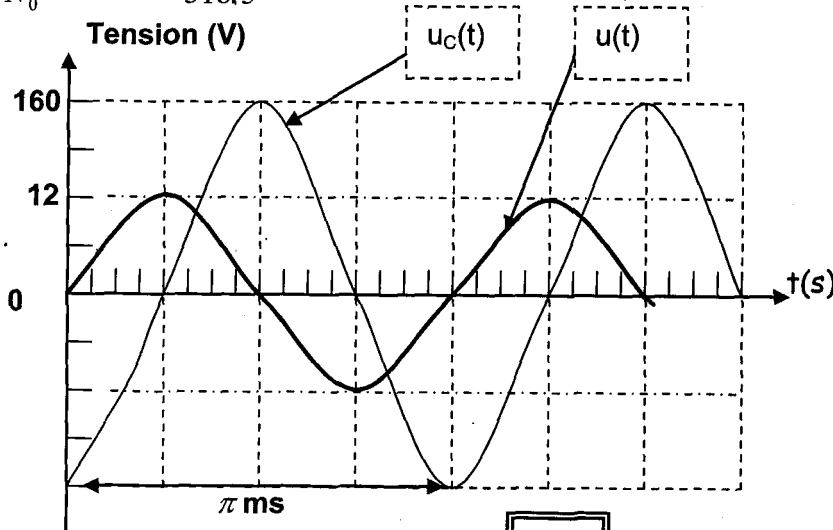
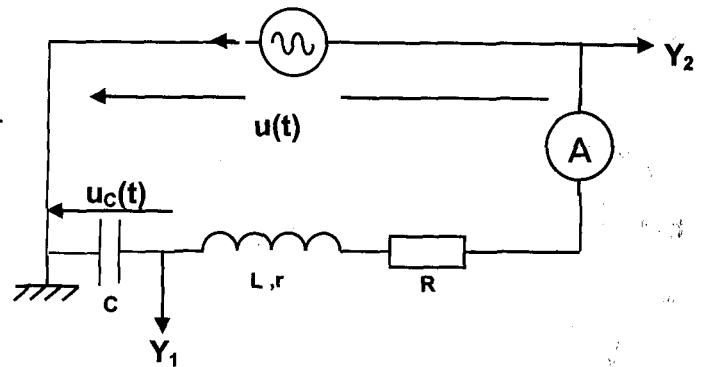
$U_{Cm} = \frac{I_m}{C\omega_0} = \frac{I_m}{C2\pi N_0} \cdot AN :$

$U_{Cm} = \frac{0,16}{2\pi \times (318,3)^2 \times 5 \cdot 10^{-7}} = 160 \text{ V}$

qui correspond à 4 divisions et

$\varphi_{u_c} = \varphi_i - \frac{\pi}{2}$ or $\varphi_i = \varphi_u = 0$ (résonance d'intensité) d'où $\varphi_{u_c} = -\frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

$T_0 = \frac{1}{N_0} \cdot AN : T_0 = \frac{1}{318,3} = \pi \cdot 10^{-3} = \pi \text{ ms}$ qui correspond à 4 divisions.



L'ESSENTIEL DU COURS

A/ Les oscillations mécaniques libres non amorties :

1°/ Etude cinématique d'un corps en mouvement rectiligne sinusoïdal :

* Dans un repère (O, \vec{i}) , un mobile est en mouvement rectiligne sinusoïdal si sa trajectoire est portée par une droite et que son abscisse est une fonction sinusoïdale au cours du temps tel que :

$$x(t) = x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_x\right) \quad x(\text{m}) \text{ et } t(\text{s}) \text{ avec :}$$

x_m : Amplitude du mouvement du mobile (m) et $(-x_m \leq x(t) \leq x_m)$

T : Période du mouvement du mobile : C'est la durée d'une oscillation du mobile.

φ_x : Phase initiale du mouvement du mobile (rad) et $(-\pi < \varphi_x \leq \pi)$.

* Remarque :

Le mouvement rectiligne sinusoïdal est caractérisé par :

- Une fréquence notée 'N' et exprimée par $N = \frac{1}{T}$ (Hz) : c'est le nombre d'oscillation par seconde.

- Une pulsation notée 'w' et exprimée par $w = \frac{2\pi}{T} = 2\pi N$ (rad.s⁻¹).

* Vitesse instantanée du mobile :

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = x_m \cdot w \cos(wt + \varphi_x) = v_m \sin(wt + \varphi_v) \quad v(t) \text{ en m.s}^{-1} \text{ et } t(\text{s}).$$

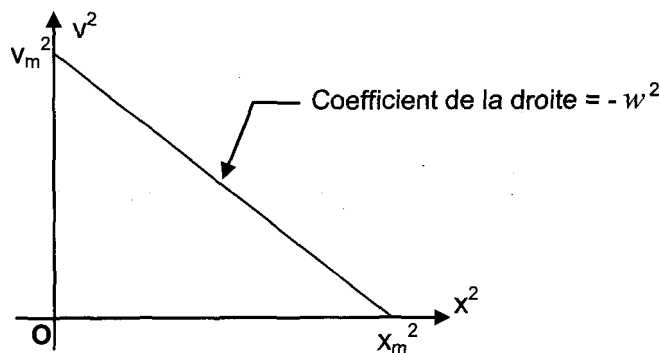
v_m : Vitesse maximale du mobile : $v_m = x_m \cdot w$ (m.s⁻¹).

φ_v : Phase initiale de la vitesse du mobile (rad) : $\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$ et $(-\pi < \varphi_v \leq \pi)$.

* Relation indépendante du temps entre $x(t)$ et $v(t)$:

$$v^2 = w^2 \cdot (x_m^2 - x^2) = w^2 x_m^2 - w^2 x^2$$

* Représentation graphique de la courbe d'évolution de v^2 en fonction de x^2 : (droite affine décroissante).



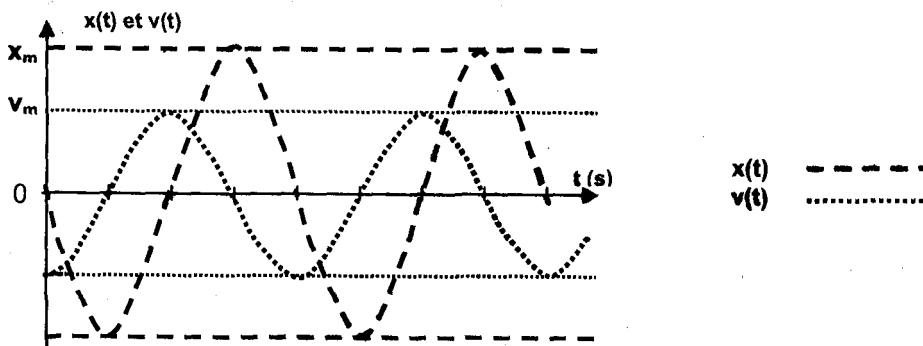
* Remarque :

- $v(t)$ est en quadrature avancée de phase par rapport à $x(t)$ c'est-à-dire que $v(t)$ atteint sa valeur maximale avant $x(t)$ et que lorsque l'une est nulle l'autre est minimale ou maximale.

Si $x(t) = 0$ alors $v(t) = \pm v_m$.

Si $v(t) = 0$ alors $x(t) = \pm x_m$.

- Courbe représentative de $x(t)$ et $v(t)$



* Accélération instantanée du mobile :

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = v_m \cdot \omega \cos(\omega t + \varphi_v) = v_m \omega \sin\left(\omega t + \varphi_v + \frac{\pi}{2}\right).$$

$$a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} = x_m \cdot \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_x + \pi) = -x_m \cdot \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_x).$$

$$a(t) = a_m \sin(\omega t + \varphi_a) \text{ a(t) en m.s}^{-2} \text{ et t(s).}$$

$$a_m : \text{Accélération maximale du mobile : } a_m = v_m \cdot \omega = x_m \cdot \omega^2 \text{ (m.s}^{-2}\text{).}$$

$$\varphi_a : \text{Phase initiale de l'accélération du mobile (rad) : } \varphi_a = \varphi_v + \frac{\pi}{2} \text{ et } (-\pi < \varphi_a \leq \pi).$$

* Relation indépendante du temps entre $x(t)$ et $a(t)$: $a(t) = -\omega^2 x(t)$.

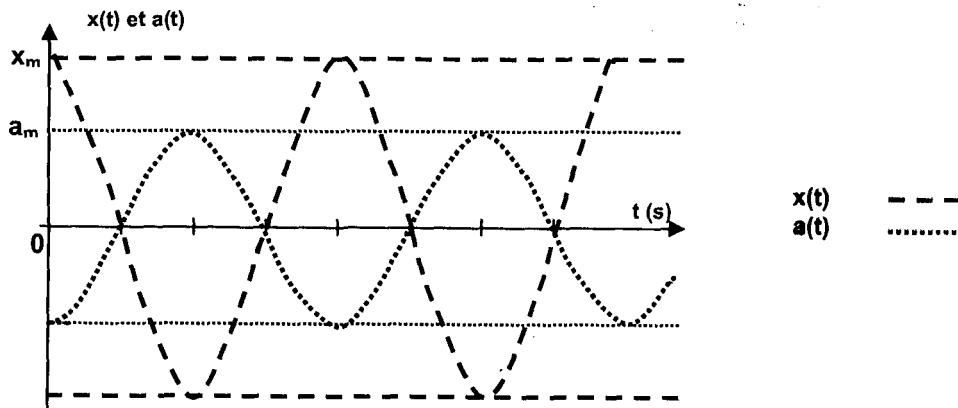
* Remarques :

- $\varphi_a = \varphi_x + \pi$: $a(t)$ et $x(t)$ sont en opposition de phase c'est-à-dire $a(t)$ et $x(t)$ s'annulent au même temps et lorsque l'une est maximale l'autre est minimale.

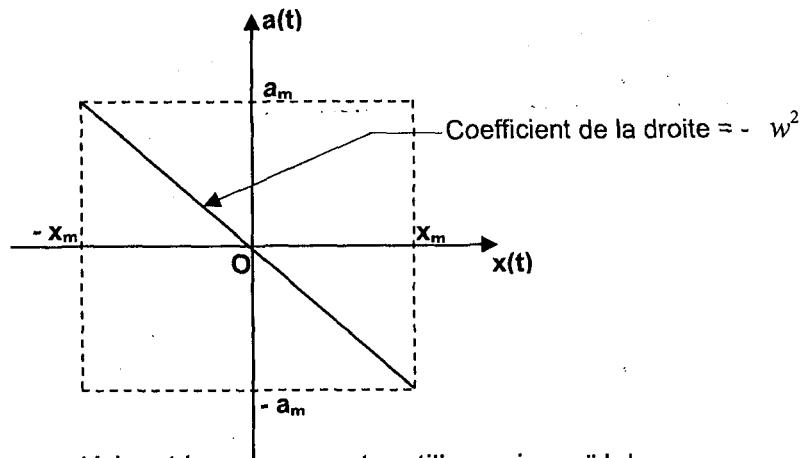
Si $x(t) = +x_m$ alors $a(t) = -a_m$.

Si $x(t) = -x_m$ alors $a(t) = +a_m$.

- Courbes $a(t)$ et $x(t)$:



* Représentation graphique de la courbe d'évolution de $a(t)$ en fonction de $x(t)$ (droite linéaire décroissante).



Equation différentielle caractérisant le mouvement rectiligne sinusoïdal :

Puisque $a(t) = -w^2 x(t)$ alors $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + w^2 \cdot x(t) = 0$

* Cette équation différentielle admet comme solution $x(t) = x_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_x \right)$.

* Relation indépendante du temps entre $a(t)$ et $v(t)$: $a^2 = w^2 \cdot (v_m^2 - v^2) = w^2 v_m^2 - w^2 v^2$.

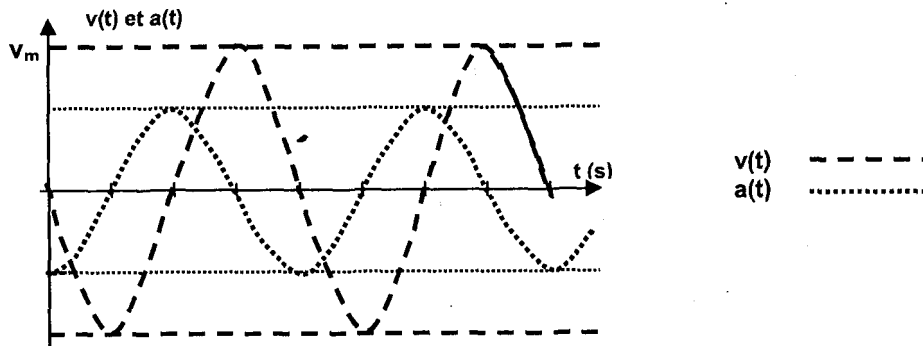
* Remarques :

- $a(t)$ est en quadrature avance de phase par rapport à $v(t)$ c'est-à-dire que $a(t)$ atteint sa valeur maximale avant $v(t)$ et que lorsque l'une est nulle l'autre est minimale ou maximale.

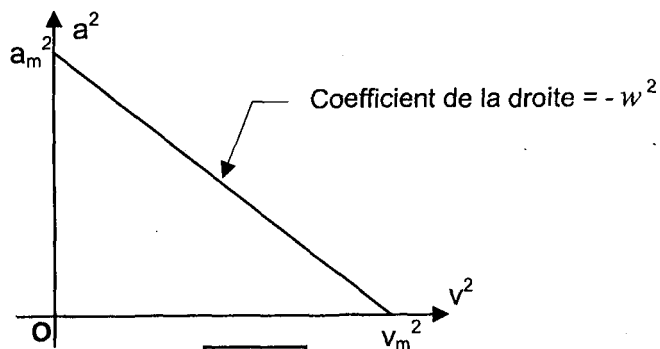
Si $v(t) = 0$ alors $a(t) = \pm a_m$.

Si $a(t) = 0$ alors $v(t) = \pm v_m$.

- Courbe représentative de $v(t)$ et $a(t)$



* Représentation graphique de la courbe d'évolution de a^2 en fonction de v^2 : (droite affine décroissante).



2°/ Etude dynamique d'un corps en oscillations mécaniques libres non amorties :

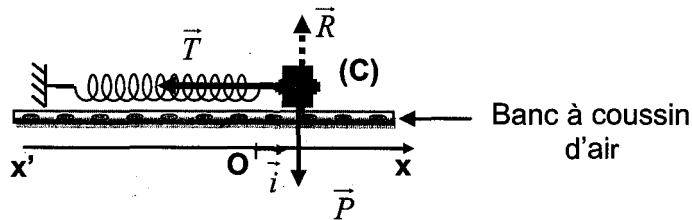
* Equation différentielle du mouvement :

Bilan des forces exercées sur (C) :

\vec{P} : Poids du corps (C).

\vec{T} : Tension du ressort. ($\vec{T} = -Kx\vec{i}$)

\vec{R} : Réaction du plan.



En appliquant la RFD sur (C) : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m \vec{a}$

Par projection sur (O, \vec{i}) : $-K \cdot x(t) = m \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2}$ d'où $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m}x(t) = 0$.

C'est l'équation différentielle des oscillations mécaniques libres non amorties :

- Le corps (C) est en oscillations car son abscisse x varie de part et d'autre de sa position d'équilibre d'abscisse x=0 et entre deux positions extrêmes d'abscisses x_1 et x_2 tel que l'amplitude des

oscillations est exprimée par $X_m = \frac{|x_2 - x_1|}{2}$.

- Les oscillations sont non amorties car l'amplitude des oscillations X_m est constante.

- L'équation différentielle $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m}x(t) = 0$ admet comme solution $x(t) = X_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$.

- La pulsation propre des oscillations $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}} = 2\pi N_0 (\text{Rad} \cdot \text{s}^{-1})$.

* $T_0(\text{s})$ et $N_0(\text{Hz})$ sont respectivement la période propre et la fréquence propre des oscillations.

3°/ Etude énergétique :

* L'énergie cinétique, E_c , d'un corps (C) de masse m animé d'une vitesse v est exprimée par :

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ tel que $m(\text{Kg})$, $v(\text{ms}^{-1})$ et $E_c(\text{J})$.

Puisque $v = \frac{dx}{dt}$; x est l'élongation du mobile à une date t donnée alors :

Lorsque $x = \pm x_m$, x est un extrémum alors $v = 0$ d'où $E_c = 0$.

Lorsque $x = 0$ alors $v = \pm v_m$ d'où $E_c = E_{c_{\max}} = \frac{1}{2}mv_m^2$.

* Autres expressions de E_c :

- En fonction de x :

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ et d'après la relation indépendante du temps $v^2 = \omega_0^2 \cdot (x_m^2 - x^2)$ et que $k = m\omega_0^2$

alors $E_c(x) = \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2)$.

- En fonction du temps :

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$, $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = x_m \cdot \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$ et $k = m\omega_0^2$

$E_c(t) = \frac{1}{2}m\omega_0^2 x_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x)$ et sachant que $\cos^2(\omega_0 t + \varphi_x) = \frac{1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x)}{2}$ alors

$$E_c(t) = \frac{1}{4} kx_m^2 (1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x))$$

$E_c(t)$ est une fonction périodique de pulsation $\omega_{E_c} = 2\omega_0$ et de période $T_{E_c} = \frac{T_0}{2}$.

* Si on suppose que le plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal contenant la trajectoire du corps (C).

Pour le système (ressort, corps et terre) l'énergie potentielle est exprimée par $E_p = E_{pp} + E_{pe}$ tel que

E_{pp} : Énergie potentielle de pesanteur supposée nulle.

E_{pe} : Énergie potentielle élastique emmagasinée dans le système.

* L'énergie potentielle, E_p , d'un système S (Ressort, corps et terre) est exprimée par :

$$E_p = E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2 \text{ tel que } k \text{ étant la constante de raideur du ressort (N.m}^{-1}\text{), } x(\text{m}) \text{ et } E_p(\text{J}).$$

$$\text{Lorsque } x = \pm x_m, E_p = E_{p\max} = \frac{1}{2} kx_m^2 \dots$$

$$\text{Lorsque } x = 0 \text{ alors } E_p = 0.$$

* Autres expressions de E_p :

- En fonction de v :

$$E_p = E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2 \text{ et d'après la relation indépendante du temps } x^2 = x_m^2 - \frac{v^2}{\omega_0^2} \text{ tel que } m = \frac{k}{\omega_0^2} \text{ et}$$

$$v_m^2 = x_m^2 \omega_0^2$$

$$\text{alors } E_p(v) = \frac{1}{2} k(x_m^2 - \frac{v^2}{\omega_0^2}) = \frac{1}{2} mv_m^2 - \frac{1}{2} mv^2$$

- En fonction du temps :

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2, x(t) = x_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x).$$

$$E_p(t) = \frac{1}{2} kx_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ et sachant que } \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) = \frac{1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x)}{2} \text{ alors}$$

$$E_p(t) = \frac{1}{4} kx_m^2 (1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x))$$

$E_p(t)$ est une fonction périodique de pulsation $\omega_{E_p} = 2\omega_0$ et de période $T_{E_p} = \frac{T_0}{2}$.

* L'énergie mécanique :

- L'énergie mécanique, E , d'un système S (Ressort, corps et terre) est la somme de son énergie

cinétique et son énergie potentielle, exprimée par $E = E_p + E_c = \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2$.

- L'énergie mécanique, E , d'un système S (Ressort, corps et terre) est constante puisque

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} (\frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2) = kx \cdot \frac{dx}{dt} + mv \cdot \frac{dv}{dt} = v(kx + m \frac{d^2x}{dt^2}) \text{ et que d'après l'équation différentielle}$$

$$kx + m \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \text{ alors } \frac{dE}{dt} = 0. \text{ On dit que le système est conservatif.}$$

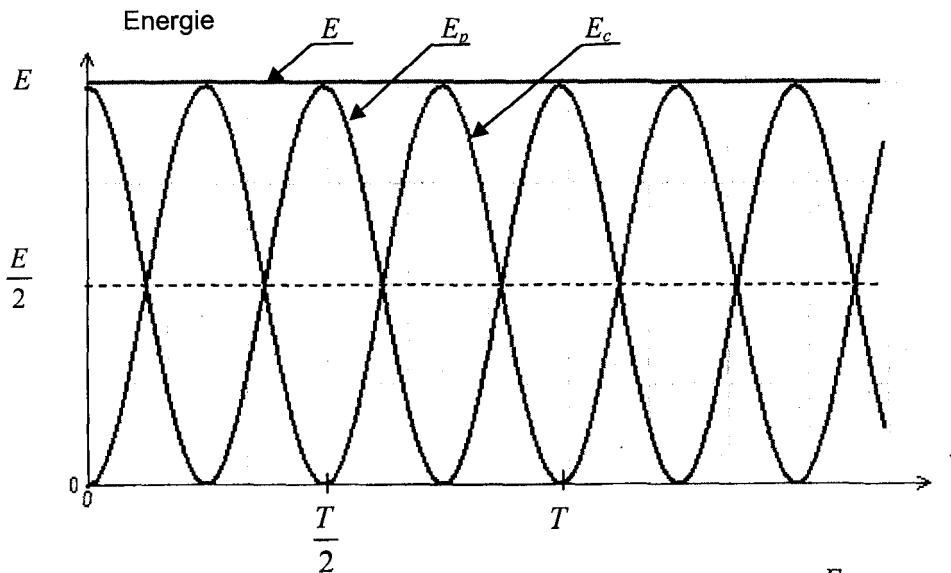
* Autres expressions de E : $E = E_p + E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$.

$$x(t) = x_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x), v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = x_m \cdot \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ et } k = m\omega_0^2$$

$$\text{alors } E = \frac{1}{2}kx_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \frac{1}{2}m\omega_0^2 x_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x) = \frac{1}{2}kx_m^2 (\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x)) = \frac{1}{2}kx_m^2$$

$$\text{ou bien } E = \frac{1}{2}kx_m^2, k = m\omega_0^2 \text{ et } v_m^2 = x_m^2 \omega_0^2 \text{ alors } E = \frac{1}{2}mv_m^2$$

* Représentation graphique de $E_p(t)$, $E_c(t)$ et E lorsque $\varphi_x = \frac{\pi}{2}$ rad.



* Détermination des dates de l'intervalle $[0; T_0]$ aux quelles $E_p = E_c = \frac{E}{2}$ lorsque $\varphi_x = \frac{\pi}{2}$ rad.

$$E_c = \frac{E}{2} (1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x)) = \frac{E}{2} \text{ alors } 1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x) = 1 \text{ d'où } \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x) = 0 \text{ par suite}$$

$$2\omega_0 t + 2\varphi_x = \frac{\pi}{2} + K\pi \text{ alors } \frac{4\pi}{T_0} t + \pi = \frac{\pi}{2} + K\pi \text{ donc } t = (-\frac{1}{2} + K) \frac{T_0}{4} \text{ or } 0 \leq t \leq T_0 \text{ d'où } 0 \leq (-\frac{1}{2} + K) \frac{T_0}{4} \leq T_0$$

alors $0,5 \leq K \leq 4,5$

K	1	2	3	4
t	$\frac{T_0}{8}$	$\frac{3T_0}{8}$	$\frac{5T_0}{8}$	$\frac{7T_0}{8}$

* Représentation de E_p , E_c et E en fonction de x et de x^2 . $E_p = \frac{1}{2}kx^2$.

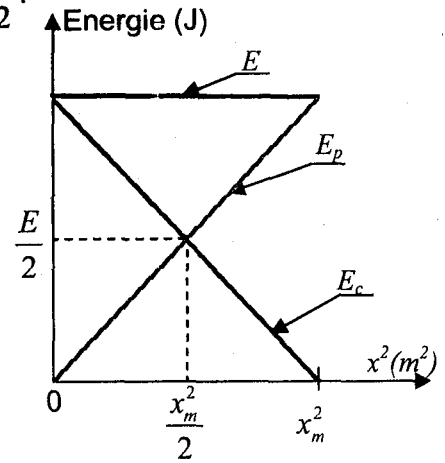
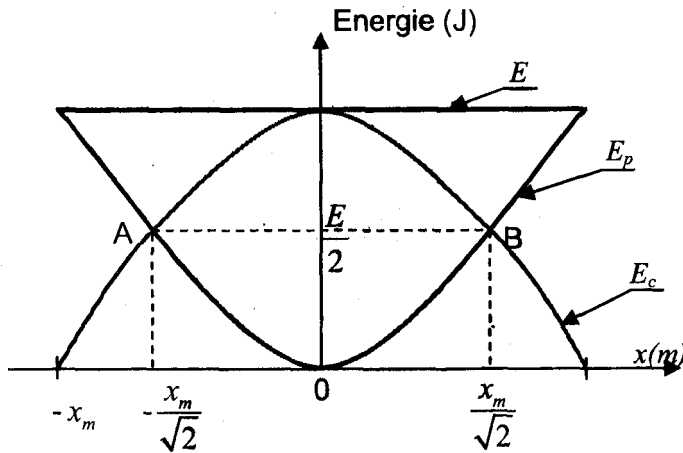
$E_p = f(x)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies positives.

$E_p = f(x^2)$ est une droite linéaire de coefficient directeur égale à $\frac{k}{2}$.

$$E_c(x) = \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2) = E - \frac{1}{2}kx^2$$

$E_c = f'(x)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies négatives.

$E_c = g'(x^2)$ est une droite affine de coefficient directeur égale à $-\frac{k}{2}$.



Les abscisses des points A et B :

$$E_p = E_c = \frac{E}{2} \text{ alors } \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{4} kx_m^2 \text{ car } E = \frac{1}{2} kx_m^2 \text{ d'où } x^2 = \frac{x_m^2}{2} \text{ donc } x = \pm \frac{x_m}{\sqrt{2}}.$$

* Représentation de E_p , E_c et E en fonction de v et de v^2 . $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.

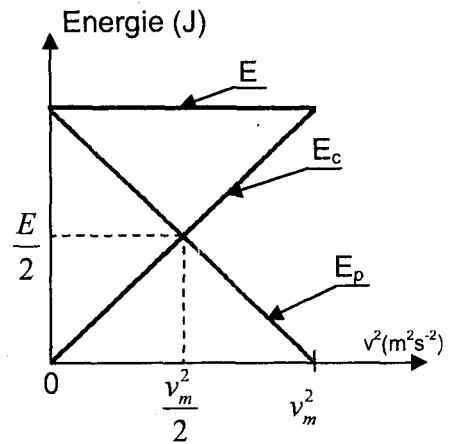
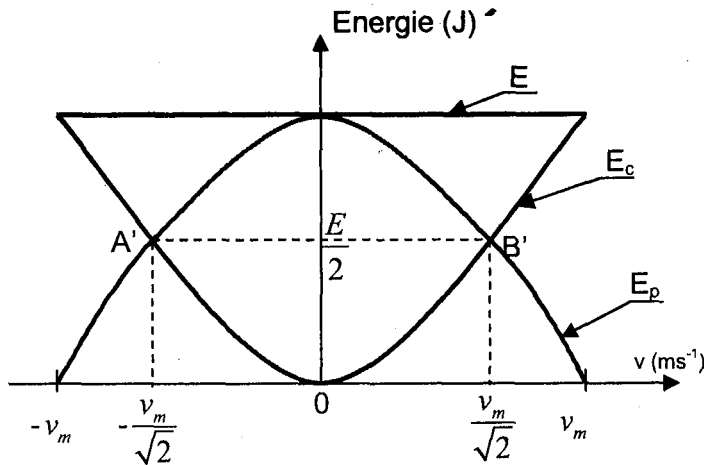
$E_c = f(v)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies positives.

$E_c = g'(v^2)$ est une droite affine de coefficient directeur égale à $\frac{m}{2}$.

$$E_p(v) = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv^2 = E - \frac{1}{2}mv^2.$$

$E_p = f'(v)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies négatives.

$E_c = g'(v^2)$ est une droite affine de coefficient directeur égale à $-\frac{m}{2}$.



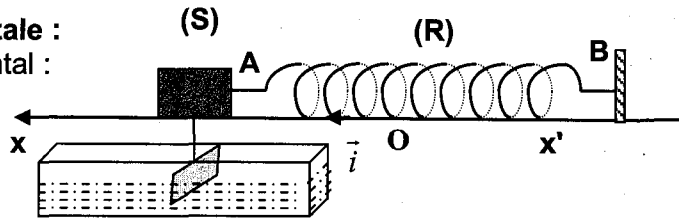
* Les abscisses des points A' et B' :

$$E_p = E_c = \frac{E}{2} \text{ alors } \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{4} mv_m^2 \text{ car } E = \frac{1}{2} mv_m^2 \text{ donc } v^2 = \frac{v_m^2}{2} \text{ d'où } v = \pm \frac{v_m}{\sqrt{2}}.$$

B/ Les oscillations mécaniques libres amorties :

1°/ Etude expérimentale :

* Dispositif expérimental :



Lorsque le corps solide (S) se met en mouvement il est soumis à 4 forces $\vec{P}, \vec{R}, \vec{T}$ et \vec{f} .

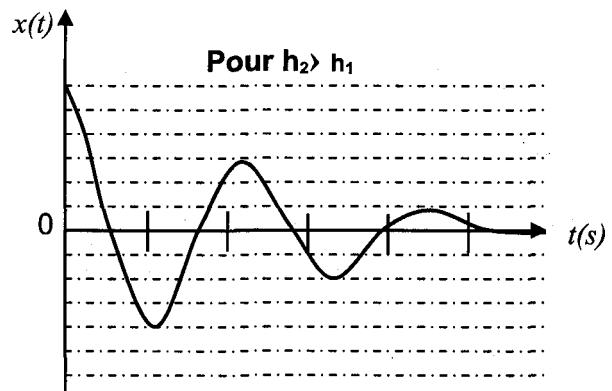
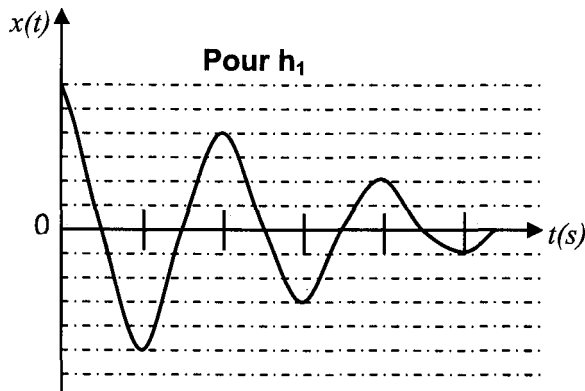
\vec{f} : Force de frottement visqueuse exprimée vectoriellement par $\vec{f} = -h\vec{v}$ (et algébriquement $f = -hv$)

h : coefficient d'amortissement, c'est une constante positive qui dépend de la nature du fluide dans le quel se déplace le corps solide (S) et de la surface de contact (corps- fluide).

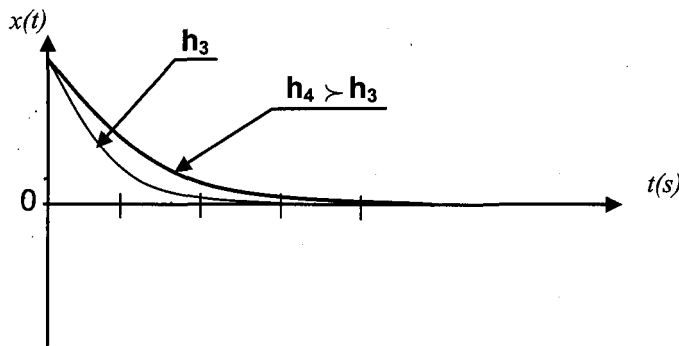
\vec{v} : Vecteur vitesse du corps (S).

* Par augmentation de h , on obtient :

- En régime pseudo périodique :



- En régime apériodique



* Par augmentation de h , on constate que le corps (S) se met :

- En mouvement oscillatoire en régime pseudopériodique dans le quel le nombre d'oscillation diminue pendant la même durée et la pseudo période augmente.

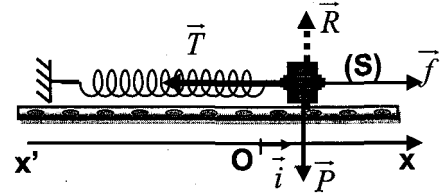
- En mouvement en régime apériodique, l'élongation $x(t)$ du corps (S) s'annule sans effectuer aucune oscillation et que la durée d'annulation de $x(t)$ augmente.

* Remarques :

- Le régime critique est obtenu lorsque le corps (S) revient à la position de repos ($x=0$) sans effectuer aucune oscillation et pendant la durée la plus courte.

- Les oscillations sont dites amorties car l'amplitude des oscillations diminue au cours du temps.

2°/ Etude théorique :



* Equation différentielle :

Bilan des forces exercées sur (S) : \vec{f} : Force de frottement,

\vec{P} : Poids du corps (S), \vec{T} : Tension du ressort, \vec{R} : Réaction du plan.

En appliquant la RFD sur (S) : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{T} + \vec{R} = m \vec{a}$

Par projection sur (O, \vec{i}) : $-K.x(t) - hv(t) = m \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2}$ d'où $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{h}{m} \frac{dx(t)}{dt} + \frac{K}{m} x(t) = 0$.

* La non conservation de l'énergie mécanique du système (Ressort, corps et terre) :

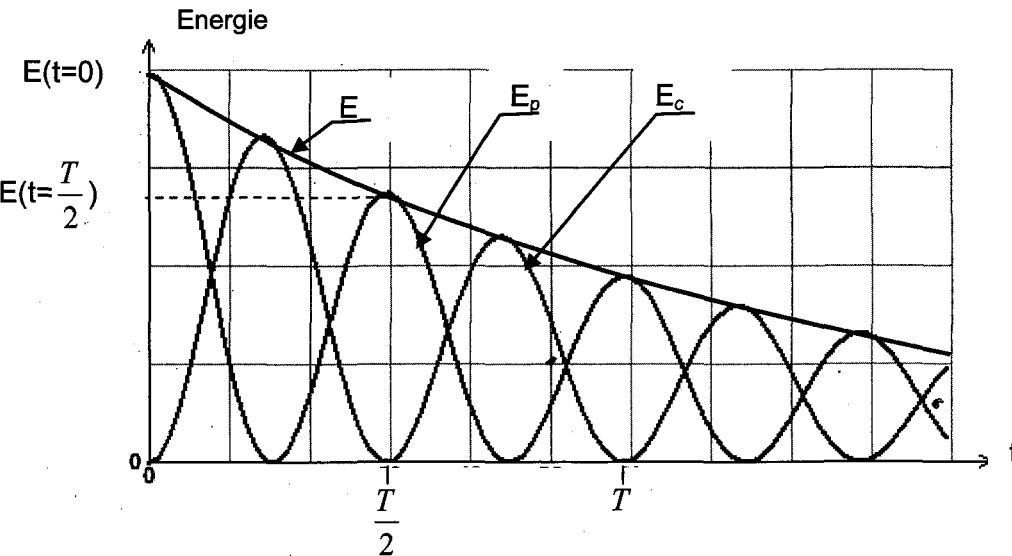
$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2 \right) = kx \cdot \frac{dx}{dt} + mv \cdot \frac{dv}{dt} = v(kx + m \frac{d^2x}{dt^2})$$
 et que d'après l'équation différentielle

$$kx + m \frac{d^2x}{dt^2} = -hv \text{ alors } \frac{dE}{dt} = -hv^2. \quad h > 0, v^2 > 0 \text{ alors } -hv^2 < 0 \text{ d'où } \frac{dE}{dt} = -hv^2 < 0 : \text{ on dit que le}$$

système (Ressort, corps et terre) est non conservatif, il est dissipatif.

L'énergie mécanique du système (Ressort, corps et terre) diminue au cours du temps car il ya perte d'énergie sous forme de travail des forces de frottements.

- Courbe d'évolution des énergies E_p , E_c et E en fonction du temps :



* La variation de l'énergie du système (Ressort, corps et terre) entre deux dates t_1 et t_2 tel que ($t_1 < t_2$) est :

$$\Delta E_{(t_2 \rightarrow t_1)} = E(t_2) - E(t_1) = w_{\vec{f}(t_1 \rightarrow t_2)}$$

$w_{\vec{f}(t_1 \rightarrow t_2)}$ est le travail de la force de frottement entre les dates t_1 et t_2 .

* L'énergie perdue par le système entre les dates t_1 et t_2 est $E_{Perdue(t_1 \rightarrow t_2)} = |\Delta E_{(t_1 \rightarrow t_2)}| = |\tilde{E}_{(t_2)} - E_{(t_1)}|$

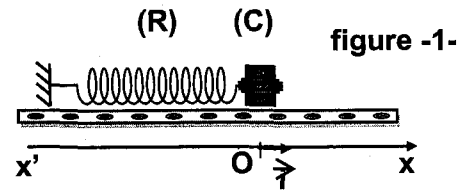
tel que : $E_{(t_1)} = E_{p(t_1)} + E_{c(t_1)}$ et $E_{(t_2)} = E_{p(t_2)} + E_{c(t_2)}$.

* La puissance moyenne perdue entre deux dates t_1 et t_2 : $P_{Moy(t_1 \rightarrow t_2)} = \frac{|\Delta E_{(t_1 \rightarrow t_2)}|}{\Delta t} = \frac{E_{(t_2)} - E_{(t_1)}}{t_2 - t_1}$

EXERCICES

Exercice N°1 :

Un oscillateur est constitué d'un ressort (R) à spires non jointives, de raideur $K=40 \text{ N.m}^{-1}$ et d'un corps (C) de masse m . L'ensemble est placé sur une table à coussin d'air horizontale comme l'indique la figure -1-



On écarte le corps de sa position d'équilibre jusqu'au point A d'abscisse $x_A = 3,5 \text{ cm}$ puis on le libère avec une vitesse initiale $v_A = -0,7 \text{ m.s}^{-1}$ à l'instant date $t = 0 \text{ s}$.

Lorsqu'il passe par le point B d'abscisse $x_B = 2 \text{ cm}$, son accélération est $a_B = -8 \text{ m.s}^{-2}$.

1°/

- Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur vérifiée par $x(t)$. Déduire la nature du mouvement du corps.
- Vérifier que la valeur de la période propre de l'oscillateur est $T_0 = 0,1 \pi \text{ s}$.
- Déduire la masse m du corps (C).

2°/ Montrer que l'équation horaire du mouvement du corps (C) s'écrit : $x(t) = 5 \cdot 10^{-2} \sin(20t + \frac{3\pi}{4}) \text{ (m)}$.

3°/ Déterminer la date du 3^{ème} passage du corps(C) par la position d'abscisse $x = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$, en allant dans le sens négatif.

4°/ Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur se conserve. Calculer sa valeur.

5°/

- Exprimer l'énergie potentielle E_p du système (corps + ressort) en fonction du temps et déduire la période T de cette énergie.
- On donne sur la figure-2-, la courbe de l'énergie cinétique E_c du corps en fonction du temps.
 - Préciser, en justifiant, sur la figure-2- l'échelle utilisée pour la représentation de la courbe de l'évolution de E_c en fonction du temps.
 - Représenter, en justifiant, sur la figure-2- la courbe de l'évolution de l'énergie potentielle E_p du système (corps + ressort) en fonction du temps.

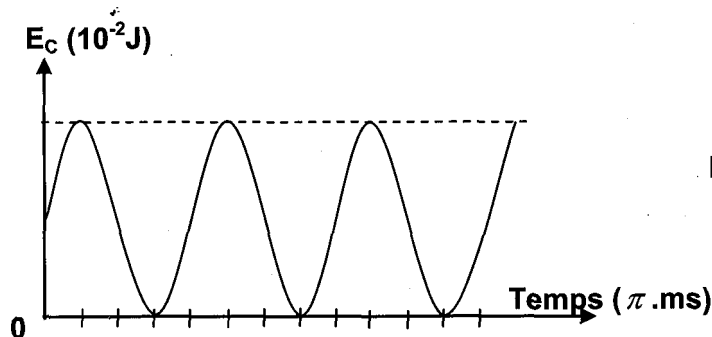


Figure-2-

Exercice N°2 :

A/ On considère le dispositif de la figure-3- formé par un corps solide (C) de masse $m = 0,2 \text{ kg}$ liée à l'extrémité libre A d'un ressort horizontal (R) de raideur $K = 20 \text{ N.m}^{-1}$.

On suppose que le corps (C) est soumis à une force de frottement de type visqueux $\vec{f} = -h \cdot \vec{v}$ où h est une constante positive et \vec{v} la vitesse du corps à l'instant t .

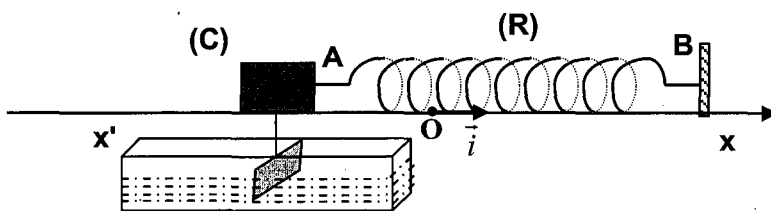


Figure-3-

On écarte le corps (C) de sa position d'équilibre puis on le lâche à un instant de date $t=0s$.

- 1°/ Etablir l'équation différentielle vérifier par $x(t)$.
- 2°/ Donner l'expression de l'énergie totale E du système $\{(C), (R)\}$ en fonction de m, k, x et v.
- 3°/ Montrer que cette énergie ne se conserve pas.
- 4°/ La courbe de la figure-4- représente l'évolution de l'élongation x en fonction du temps.
 - a- Sachant que l'intensité des frottements auxquels est soumis le corps (C) est telle que la valeur de sa pseudo période T peut-être assimilée à celle de sa période propre T_0 . Déterminer T.
 - b- Déterminer la variation d'énergie mécanique du système entre les dates t_1 et t_2 indiquées sur la figure-4-.

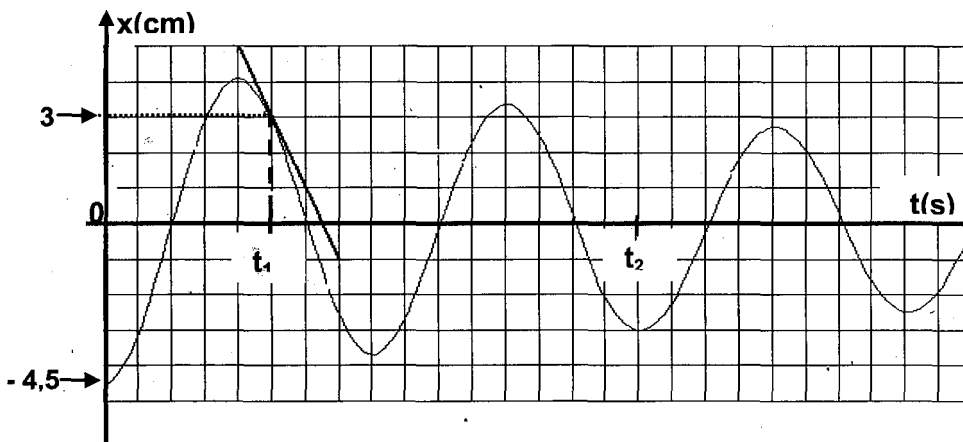


Figure -4-

B/ Le corps (C) est maintenant susceptible de se déplacer sur le plan horizontal suivant la direction x' sans frottement.

A l'équilibre le centre d'inertie du corps (C) coïncide avec O, origine du repère (O, \vec{i}) . Figure -5-

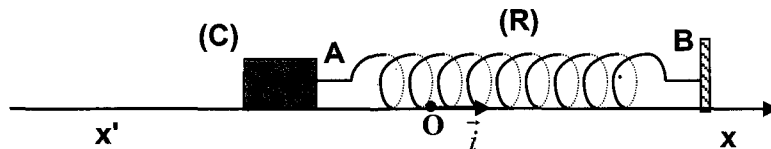


Figure-5-

Ecarter de sa position d'équilibre, puis libérer à lui-même, le corps (C) se met à osciller. A un instant de date, t, le centre d'inertie du corps passe par la position d'abscisse x avec la vitesse v relativement au repère (O, \vec{i}) .

1°/ L'équation différentielle vérifiée par le variable $x(t)$ est : $m \frac{d^2 x}{dt^2} + Kx = 0$.

Vérifier que cette équation différentielle admet comme solution : $x(t) = X_m \sin (w_0 t + \varphi_x)$ avec $w_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$.

2°/ Un dispositif, non représenté, a donné la courbe de la figure -6- représentant l'évolution de l'élongation x en fonction du temps.

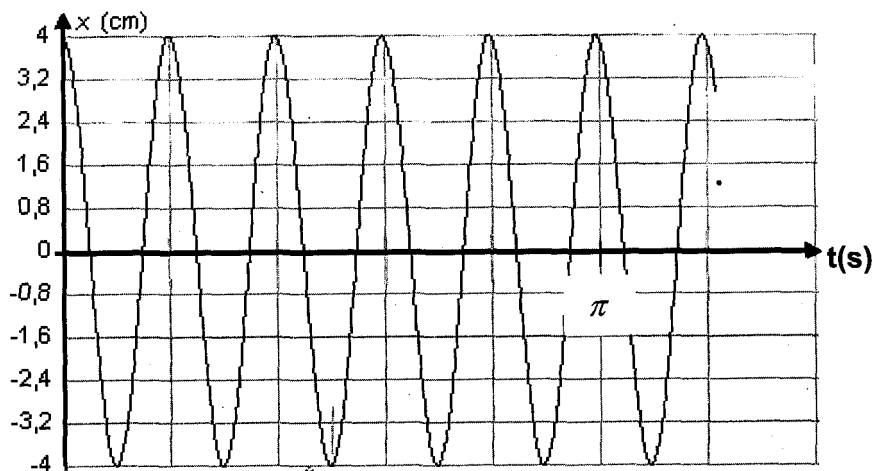


Figure-6-

- a- Etablir l'équation horaire $x(t)$.
- b- Déduire l'expression de la vitesse instantanée $v(t)$.
- c- Montrer qu'à chaque instant, x et v vérifient la relation : $625 x^2 + 6,25 v^2 = 1$.
- d- Déduire la valeur de la vitesse à l'instant du premier passage du centre d'inertie du corps par la position d'abscisse $\dot{x} = \frac{X_m}{2}$.

3°/ Déduire que l'énergie mécanique E du système $\{(C), (R)\}$ est constante. Calculer sa valeur.

Exercice N°3 :

L'évolution de la vitesse instantanée d'un solide (S), en fonction du temps est représentée sur la figure -7-.

- 1°/ Déterminer, à partir de la figure-7- :
L'expression de la vitesse instantanée $v(t)$.
Préciser ses grandeurs caractéristiques v_m , ϕ_v et w .

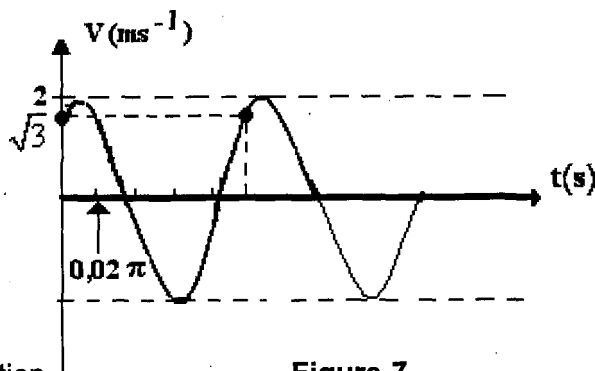


Figure-7-

2°/ Déduire l'expression, en fonction du temps, de l'élongation $x(t)$ et de l'accélération $a(t)$ du mouvement du solide (S).

- 3°/
 - a- Déterminer les dates t_1 et t_2 correspondantes aux 1^{er} et 2^{ème} passage de (S) par la position $x = \frac{xm}{2}$.
 - b- Déduire, à la date t_1 , la vitesse et l'accélération du solide.

Exercice N°4 :

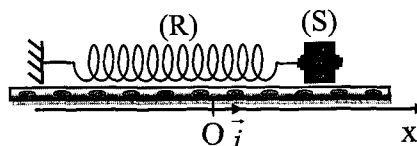


Figure-8-

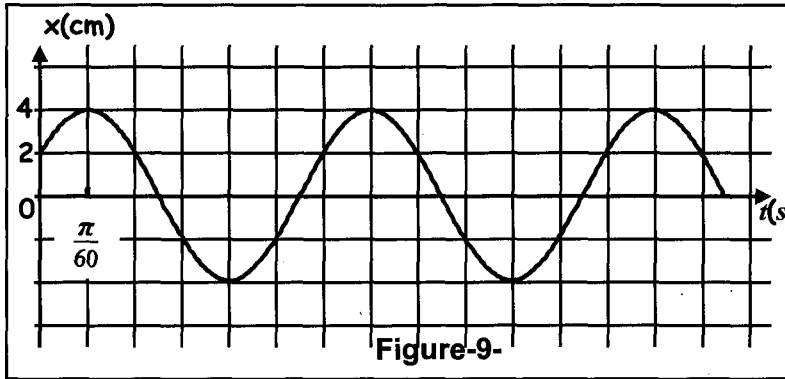
Les frottements sont négligeables.
On considère le pendule élastique de la figure-8-.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre O pris comme origine du repère (O, \vec{i}) et on l'abandonne à l'instant de date $t = 0s$ de la position d'abscisse x_0 avec une vitesse v_0 .
A un instant de date t quelconque la position du solide supposé ponctuel est repérée par son abscisse x relativement au repère (O, \vec{i}) .

1°/ Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide (S) vérifiée par le variable x .

2°/ L'enregistrement graphique de $x(t)$ a fourni le graphe de la figure-9-

- a- En utilisant le graphe de la figure-9-, déterminer l'équation horaire $x(t)$ du mouvement de (S).
- b- Déterminer l'expression de la vitesse instantanée $v(t)$.
- c- Déterminer la valeur algébrique v_0 de la vitesse à la date $t = 0s$.



3°/

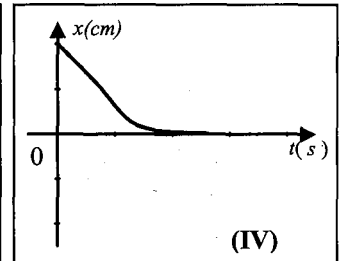
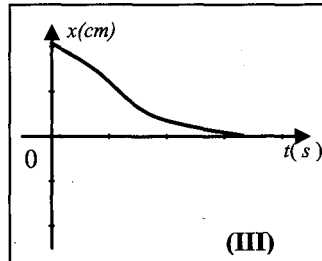
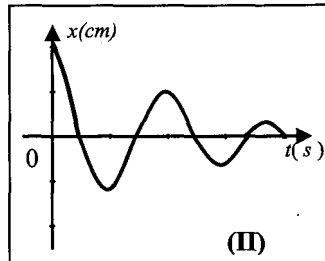
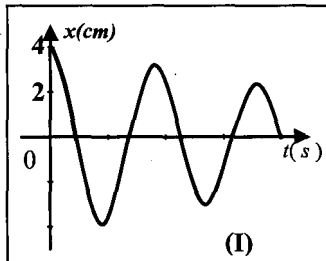
- a- Exprimer pour une position quelconque d'abscisse x , l'énergie mécanique E du système (solide, ressort) en fonction de m , K , x et v .
- b- En utilisant les équations horaires de x et v , montrer que l'énergie mécanique E du même système est constante.
- c- Sachant que $E=3,2 \cdot 10^{-2} J$, calculer la constante de raideur, K , du ressort et la masse, m , du solide.

4°/

- a- Représenter sur le même système d'axes l'énergie mécanique E , l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle E_p du système (S+T) en fonction de v .
- b- Déterminer les abscisses x et les vitesses v correspondantes pour que $E_c = E_p$.

5°/ En réalité les forces de frottements sont équivalentes à une force unique $\vec{f} = -h\vec{v}$ où h est une constante positive.

- a- Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide (S).
- b- Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur diminue au cours du temps.
- c- On donne ci-dessous, dans un ordre quelconque et à la même échelle, les variations de $x(t)$ obtenues en répétant l'expérience quatre fois de suite pour quatre valeurs différentes de h telles que $h_1 < h_2 < h_3 < h_4$.



c₁- A quelle valeur h_i ($i = 1, 2, 3, 4$) correspond chaque diagramme ?

c₂- Comment peut-on nommer les différents types de mouvements observés sachant que l'un des diagrammes, que l'on précisera, correspond au retour le plus rapide du solide vers son état d'équilibre?

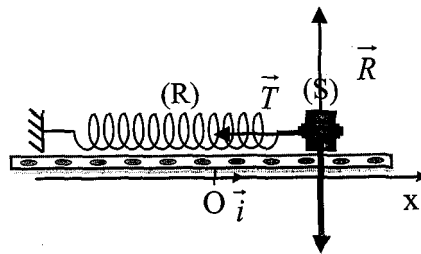
d- En se servant de l'enregistrement (I), déterminer l'énergie perdue pendant la première oscillation.

CORRECTION

Exercice N°1 :

1°/

a- Bilan des forces exercées sur (C) :

 \vec{P} : Poids du corps (C). \vec{T} : Tension du ressort. \vec{R} : Réaction du plan.En appliquant la RFD sur (C) : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m \vec{a}$ Par projection sur (O, \vec{i}) : $-K.x(t) = m \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2}$ d'où $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m}x(t) = 0$ on pose $\frac{K}{m} = \omega_0^2$ par suite $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = 0$ 

Cette équation différentielle admet comme solution $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ et la trajectoire du mouvement du corps est un segment de droite alors le corps (C) est en mouvement rectiligne sinusoïdal.

b- On a : $a = -\omega_0^2 x$ alors au point B $a_B = -\omega_0^2 x_B$ alors $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{-\frac{a_B}{x_B}}$ d'où $T_0 = 2\pi \sqrt{-\frac{x_B}{a_B}}$.

$$\text{AN : } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-2}}{-8}} = 0,1 \pi \text{ s.}$$

c- $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$ alors $T_0^2 = 4\pi^2 \frac{m}{K}$ d'où $m = \frac{T_0^2 K}{4\pi^2}$. AN : $m = \frac{(0,1\pi)^2 \times 40}{4\pi^2} = 0,1 \text{ kg.}$

2°/ * On a : $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ et $v(t) = X_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$

Au point A : $x_A = X_m \sin \varphi_x$ (1) et $v_A = X_m \omega_0 \cos \varphi_x$ (2) alors (1) d'où $\frac{x_A}{V_A} = \frac{1}{\omega_0} \text{tg} \varphi_x$ alors

$$\text{tg} \varphi_x = \frac{x_A \omega_0}{V_A} \text{ AN : } \text{tg} \varphi_x = \frac{3,5 \cdot 10^{-2} \times 20}{-0,7} = -1 \text{ alors } \varphi_x = -\frac{\pi}{4} \text{ ou } \varphi_x = \pi - \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4} \text{ rad.}$$

Au point A ($t=0\text{s}$) $v_A < 0$ alors $\left(\frac{dx}{dt}\right)_A < 0$ d'où $\cos \varphi_x < 0$ donc $\varphi_x = \frac{3\pi}{4}$ rad et $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 20 \text{ rad.s}^{-1}$.

* $x_A = X_m \sin \varphi_x$ alors $X_m = \frac{x_A}{\sin \varphi_x}$. AN : $X_m = \frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{\sin(\frac{3\pi}{4})} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$

$$x(t) = 5 \cdot 10^{-2} \sin\left(20t + \frac{3\pi}{4}\right) \text{ (m) et t (s).}$$

3°/ $x(t) = X_m \sin\left(\omega_0 t + \frac{3\pi}{4}\right) = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$ alors $\sin\left(\omega_0 t + \frac{3\pi}{4}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ par suite $\omega_0 t + \frac{3\pi}{4} = \frac{\pi}{4} + 2K\pi$

ou $\omega_0 t + \frac{3\pi}{4} = \frac{3\pi}{4} + 2K\pi$ avec $K \in \mathbb{Z}$ or $v < 0$ alors $\frac{dx}{dt} < 0$ d'où $\cos\left(\omega_0 t + \frac{3\pi}{4}\right) < 0$

d'où $\frac{2\pi}{T_0} t + \frac{3\pi}{4} = \frac{3\pi}{4} + 2K\pi$ alors $t = K T_0$ or $t > 0$ d'où $K T_0 > 0$ donc $K > 0$ d'où $K \in \{1;2;3;4;\dots\}$

3^{ème} passage correspond à $K=3$ par suite $t = 3 T_0 = 0,3 \pi$ s.

4°/ * $E = E_C + E_P$ alors $E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$ d'où $\frac{dE}{dt} = mVa + Kx V$ donc $\frac{dE}{dt} = V (ma + Kx)$ or d'après

l'équation différentielle $ma + Kx = 0$ par suite $\frac{dE}{dt} = 0$ alors $E = \text{constante}$.

* Si $x = X_m$ alors $V = 0$ d'où $E = \frac{1}{2} k X_m^2$. AN : $E = \frac{1}{2} 40 \times 0,05^2 = 0,05$ J.

5°/

a- * $E_p = \frac{1}{2} K x^2$ or $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ par suite $E_p = \frac{1}{2} K X_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x)$.

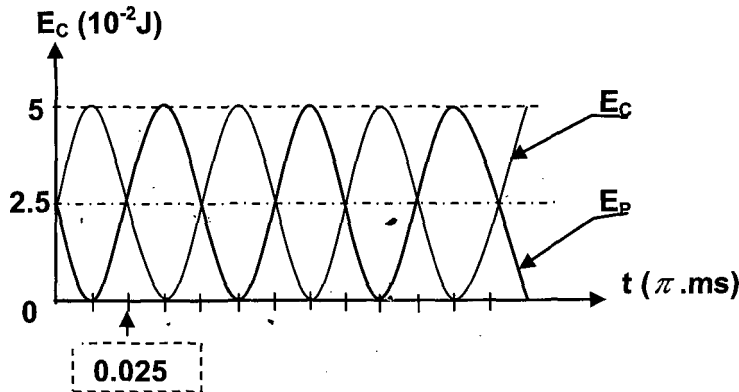
On a $\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$ par suite $E_p = \frac{1}{4} K X_m^2 [1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x)]$ d'où

$$E_p = 2,5 \cdot 10^{-2} [1 - \cos(40t - \frac{\pi}{2})]. (\text{J})$$

* E_p est périodique et de pulsation $\omega = 2\omega_0$ alors $\frac{2\pi}{T} = 2 \cdot \frac{2\pi}{T_0}$ d'où $T = \frac{T_0}{2}$. AN : $T = \frac{0,1\pi}{2} = 0,05 \pi$ s.

b-

i- $E_{Cm} = \frac{1}{2} m V_m^2 = E_{pm} = \frac{1}{2} K X_m^2 = 0,05$ J et $T = 0,05 \pi$ s.



ii-

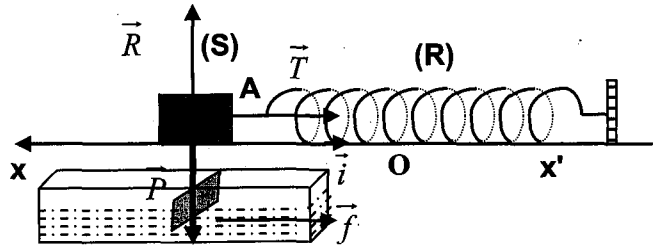
t (π.ms)	0	0,0125	0,025	0,0375
$E_c(10^{-2} \text{J})$	2,5	5	2,5	0
$E_p(10^{-2} \text{J})$	2,5	0	2,5	5

Exercice N°2 :

A-

1°/ RFD: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}$, projection sur x'x: $T + f = ma$ alors $ma + hv + Kx = 0$

alors $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = 0$.



2°/ $E = E_C + E_P$ alors $E = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{1}{2} k x^2$.

3°/ $\frac{dE}{dt} = mVa + Kx V$ alors $\frac{dE}{dt} = V (ma + Kx)$ or d'après l'équation différentielle $ma + Kx = -hV$

par suite $\frac{dE}{dt} = -hV^2 < 0$ alors E diminue au cours du temps.

4°/

a- $T_0 = T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$. AN : $T_0 = T = 2\pi \sqrt{\frac{0,2}{20}} = 0,2\pi s$.

b- A la date t_1 : $E_1 = \frac{1}{2} m V_{t_1}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_1}^2$. $x_{t_1} = 3 \cdot 10^{-2} m$ et

$V_{t_1} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_1}$ = coefficient de la tg à la courbe $x(t)$ au point à $t_1 = \frac{(5+1) \cdot 10^{-2}}{\frac{T}{2} - \frac{3T}{4}} = \frac{6 \cdot 10^{-2}}{\frac{0,2\pi}{4}} = -0,38 m \cdot s^{-1}$.

AN : $E_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot (-0,38)^2 + \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 = 0,023 J$.

A la date t_2 : $E_2 = \frac{1}{2} m V_{t_2}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_2}^2$; $x_{t_2} = -3 \cdot 10^{-2} m$ et

$V_{t_2} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_2}$ = coefficient de la tg à la courbe $x(t)$ au point à l'instant $t_2 = 0$, puisque x_{t_2} est un extremum.

AN : $E_2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (-3 \cdot 10^{-2})^2 = 0,009 J$ alors $\Delta E = E_2 - E_1 = -0,014 J$.

B-

1°/ $m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx = m \frac{d^2(X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x))}{dt^2} + K(X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)) = -m \cdot \omega_0^2 X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) + K(X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x))$

$\omega_0^2 = \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow m \cdot \omega_0^2 = K$ alors $-K \cdot X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) + K \cdot X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) = 0$

donc $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ est une solution de l'équation différentielle.

2°/ -

a- $X_m = 4 \cdot 10^{-2} m$.

$T_0 = \frac{\pi}{5}$ alors $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 10 rad \cdot s^{-1}$.

$$x(t=0) = X_m \sin(\varphi_x) = X_m \text{ par suite } \sin(\varphi_x) = 1 \text{ par suite } \varphi_x = \frac{\pi}{2} \text{ rad.}$$

$$\text{Donc : } x(t) = 4 \cdot 10^{-2} \sin\left(10t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ en (m) et t en s.}$$

$$\text{b- } v(t) = \frac{dx}{dt} \text{ alors } v(t) = V_m \sin(\omega_0 t + \varphi_v) \text{ or } V_m = X_m \omega_0 \text{ .AN : } V_m = 4 \cdot 10^{-2} \times 10 = 0,4 \text{ m.s}^{-1}.$$

$$\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} = \pi \text{ rad. Alors } v(t) = 0,4 \sin(10t + \pi) \text{ avec t en s et v en m.s}^{-1}.$$

$$\text{c- } x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ et } v(t) = X_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ alors } \frac{v(t)}{\omega_0} = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$$

$$x^2(t) = X_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ et } \frac{v^2(t)}{\omega_0^2} = X_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ d'où}$$

$$x^2(t) + \frac{v^2(t)}{\omega_0^2} = X_m^2 (\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x)) = X_m^2 \text{ alors } x^2(t) + \frac{v^2(t)}{\omega_0^2} = X_m^2 \text{ d'où } \frac{x^2(t)}{X_m^2} + \frac{v^2(t)}{\omega_0^2 X_m^2} = 1$$

$$\text{donc } \frac{x^2(t)}{X_m^2} + \frac{v^2(t)}{V_m^2} = 1. \text{ Numériquement } \frac{x^2(t)}{0,04^2} + \frac{v^2(t)}{0,4^2} = 1 \text{ alors } 625 \cdot x^2(t) + 6,25 \cdot v^2(t) = 1.$$

$$\text{d- } v^2(t) = \frac{1 - 625 \cdot 0,02^2}{6,25} \text{ alors } v(t) = -0,2 \sqrt{3} \text{ m.s}^{-1} = -0,34 \text{ m.s}^{-1} \text{ . puisque le 1}^{\text{er}} \text{ passage du mobile}$$

par l'abscisse $x = \frac{X_m}{2}$ se fait dans le sens négatif.

$$3^{\circ} E = \frac{1}{2} K X_m^2 [\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x)] = \frac{1}{2} K X_m^2 = \text{Constante.}$$

$$\text{AN : } E = \frac{1}{2} \times 20 \times (0,04)^2 = 0,016 \text{ J.}$$

Exercice N°3 :

$$1^{\circ} V_m = 2 \text{ m.s}^{-1}.$$

$$T_0 = 0,02 \cdot \pi \times 5 = 0,1 \pi \text{ s, alors } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 20 \text{ rad.s}^{-1}.$$

$$v(t=0) = V_m \sin(\varphi_v) = \sqrt{3} \text{ m.s}^{-1} \text{ par suite } \sin \varphi_v = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ puisque } v(t=0) \text{ est croissante d'où } \cos \varphi_v > 0$$

$$\text{alors } \varphi_v = \frac{\pi}{3} \text{ rad donc : } v(t) = 2 \sin\left(20t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ en (m.s}^{-1}) \text{ et t en s.}$$

$$2^{\circ} x(t) = \int v dt \text{ alors } x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) \text{ or } X_m = \frac{V_m}{\omega_0} \text{ .AN : } X_m = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ m.}$$

$$\varphi_x = \varphi_v - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6} \text{ rad alors } x(t) = 0,1 \sin\left(20t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ avec t en s et x en m.}$$

$$3^{\circ} \text{ a- } x(t) = X_m \sin\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{6}\right) = \frac{X_m}{2} \text{ alors } \sin\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{6}\right) = \frac{1}{2} \text{ par suite } \omega_0 t - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} + 2K\pi, \text{ avec } V > 0$$

ou $\omega_0 t - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6} + 2K\pi$, avec $V < 0$ sachant que $K \in \mathbb{Z}$ alors :

$$\omega_0 t - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} + 2K\pi \text{ alors } t = \left(\frac{1}{3} + 2K\right) \frac{T_0}{2} \text{ or } t \geq 0 \text{ alors } \left(\frac{1}{3} + 2K\right) \frac{T_0}{2} \geq 0 \text{ alors } K \geq -\frac{1}{6}.$$

$K \in \{0; 1; 2; 3; 4; \dots\}$ et le 1^{er} passage correspond à $K=0$ par suite $t_1 = \frac{T_0}{6} = 0,0166\pi s$.

$$\omega_0 t - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6} + 2K\pi \text{ alors } t = (1 + 2K) \frac{T_0}{2} \text{ or } t \geq 0 \text{ alors } (1 + 2K) \frac{T_0}{2} \geq 0 \text{ alors}$$

$K \geq -\frac{1}{2}$, $K \in \{0; 1; 2; 3; 4; \dots\}$ le 2^{ème} passage correspond au 1^{er} passage avec $V < 0$ alors $K=0$ par

suite $t_2 = \frac{T_0}{2} = 0,05\pi s$.

$$b- v(t_1) = 2 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t_1 + \frac{\pi}{3}\right) = 2 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{T_0}{6} + \frac{\pi}{3}\right) = 1,732 \text{ms}^{-1}.$$

$$a(t_1) = -\omega_0^2 x(t_1) = -20^2 \cdot 0,05 = -20 \text{m.s}^{-2}.$$

Exercice N°4 :

1°/ Bilan des forces exercées sur (S) :

\vec{P} : Poids du corps (S).

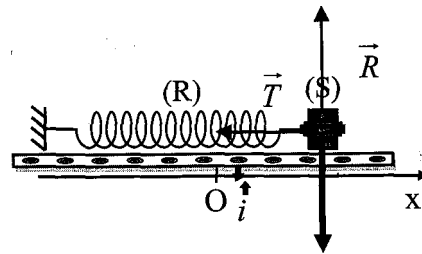
\vec{T} : Tension du ressort.

\vec{R} : Réaction du plan.

En appliquant la RFD sur (C) : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m \vec{a}$

Par projection sur (O, \vec{i}) : $-K \cdot x(t) = m \cdot \frac{d^2 x(t)}{dt^2}$ d'où $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m} x(t) = 0$ on pose $\frac{K}{m} = \omega_0^2$

$$\text{par suite } \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = 0$$



2°/

a- $X_m = 4 \cdot 10^{-2} \text{m}$.

$$T_0 = \frac{\pi}{60} \times 6 = 0,1\pi s, \text{ alors } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 20 \text{rad.s}^{-1}.$$

$$x(t=0) = X_m \sin(\varphi_x) = \frac{X_m}{2} \text{ par suite } \sin \varphi_x = \frac{1}{2} \text{ puisque } x(t=0) \text{ est croissante alors } \frac{dx}{dt} > 0$$

$$\text{d'où } \cos \varphi_x > 0 \text{ alors } \varphi_x = \frac{\pi}{6} \text{rad. } x(t) = 4 \cdot 10^{-2} \sin\left(20t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ en (m) et } t \text{ en (s).}$$

b- $v(t) = \frac{dx}{dt}$ alors $v(t) = V_m \sin(\omega_0 t + \varphi_v)$ or $V_m = X_m \omega_0$. AN : $V_m = 4 \cdot 10^{-2} \times 20 = 0,8 \text{ m.s}^{-1}$.

$$\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{3} \text{ rad alors } v(t) = 0,8 \sin\left(20t + \frac{2\pi}{3}\right) \text{ avec } t \text{ en s et } v \text{ en m.s}^{-1}.$$

c- $v(t_0=0) = 0,8 \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) = 0,69 \text{m.s}^{-1}$.

3°)

a- $E = E_C + E_P$ alors $E = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{1}{2} k x^2$.

b- $x(t) = x_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$, $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = x_m \cdot \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$ et $k = m\omega_0^2$ alors

$$E = \frac{1}{2} k x_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \frac{1}{2} m \omega_0^2 x_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x) = \frac{1}{2} k x_m^2 (\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi_x)) = \frac{1}{2} k x_m^2$$

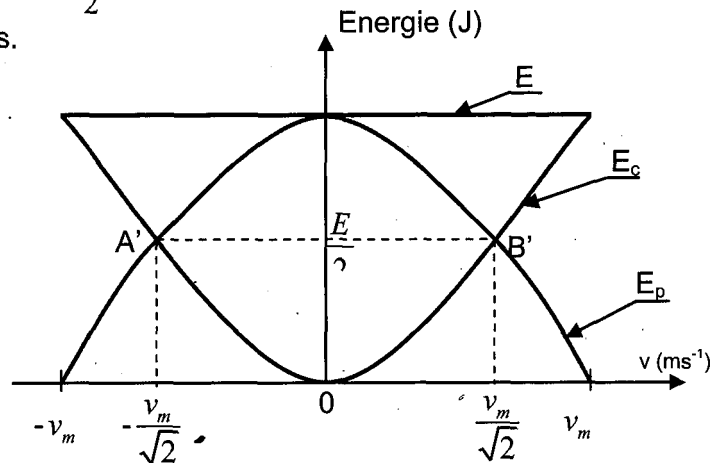
ou bien $E = \frac{1}{2} k x_m^2$, $k = m\omega_0^2$ et $v_m^2 = x_m^2 \omega_0^2$ alors $E = \frac{1}{2} m v_m^2$

c- $k = \frac{2E}{x_m^2}$ AN : $k = \frac{2 \times 3,2 \cdot 10^{-2}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 40 \text{ Nm}^{-1}$. $m = \frac{2E}{v_m^2}$ AN : $m = \frac{2 \times 3,2 \cdot 10^{-2}}{0,8^2} = 0,1 \text{ kg}$.

4°)

a- $E_C = \frac{1}{2} m v^2$. $E_C = f(v)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies positives.

$E_P(v) = \frac{1}{2} m v_m^2 - \frac{1}{2} m v^2 = E - \frac{1}{2} m v^2$. $E_P = f'(v)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies négatives.



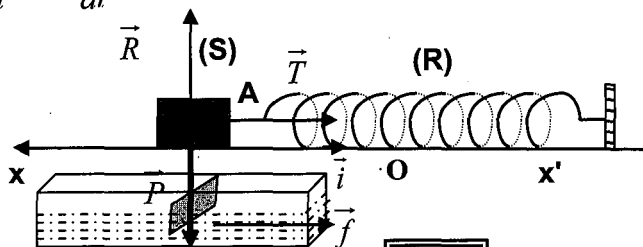
b- $E_P = E_C = \frac{E}{2}$ alors $\frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{4} k x_m^2$ car $E = \frac{1}{2} k x_m^2$ d'où $x^2 = \frac{x_m^2}{2}$ d'où $x = \pm \frac{x_m}{\sqrt{2}} = \pm 0,028 \text{ m}$.

$E_P = E_C = \frac{E}{2}$ alors $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{4} m v_m^2$ car $E = \frac{1}{2} m v_m^2$ d'où $v^2 = \frac{v_m^2}{2}$ d'où $v = \pm \frac{v_m}{\sqrt{2}} = \pm 0,56 \text{ m.s}^{-1}$.

5°)

a- RFD: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}$, projection sur x' : $T + f = ma$ alors $ma + hv + Kx = 0$

alors $m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = 0$.



b- $\frac{dE}{dt} = mVa + Kx V$ alors $\frac{dE}{dt} = V(ma + Kx)$ or d'après l'équation différentielle $ma + Kx = -hV$ par

suite $\frac{dE}{dt} = -hV^2 < 0$ alors E diminue au cours du temps.

c- On donne ci-dessous, dans un ordre quelconque et à la même échelle, les variations de $x(t)$ obtenus en répétant l'expérience quatre fois de suite pour quatre valeurs différentes de h telles que $h_1 < h_2 < h_3 < h_4$.

c₁- (I) : h_1 ; (II) : h_2 ; (VI) : h_3 ; (III) : h_4 .

c₂- (I) et (II) : Régime pseudopériodique.

(IV) : Régime critique.

(III) : Régime apériodique.

d- A la date $t_1=0$: $E_1 = \frac{1}{2} m V_{t_1}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_1}^2$ et $x_{t_1} = 3.10^{-2} m$ (est un extrémum) et

$$V_{t_1} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_1} = (\text{coefficient de la tg à la courbe } x(t) \text{ à } t_1) = 0 m.s^{-1}.$$

$$\text{AN : } E_1 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (0,04)^2 = 0,016 \text{ J.}$$

A la date t_2 : $E_2 = \frac{1}{2} m V_{t_2}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_2}^2$ et $x_{t_2} = 3.10^{-2} m$ et

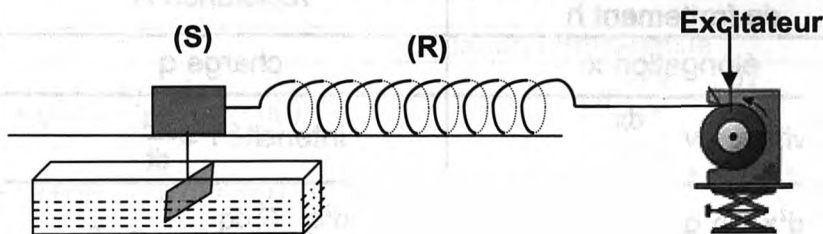
$$V_{t_2} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_2} = \text{coefficient de la tg à la courbe } x(t) \text{ au point à l'instant } t_2 = 0 \text{ puisque } x_{t_2} \text{ est un extremum.}$$

$$\text{AN : } E_2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (3.10^{-2})^2 = 0,009 \text{ J.} \quad E_{\text{perdue}} = |\Delta E| = |E_2 - E_1| = 0,007 \text{ J.}$$



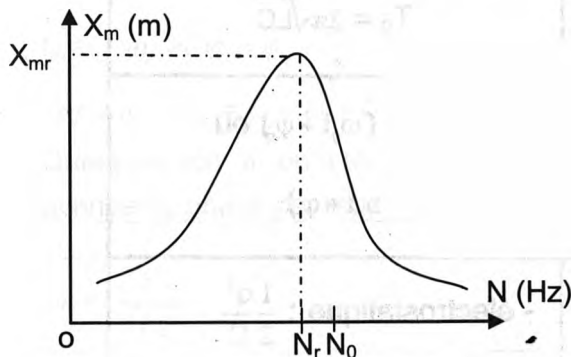
L'ESSENTIEL DU COURS

* Etant soumis à des oscillations périodiques sinusoïdales de fréquence N le pendule élastique (ressort+solide) effectue des oscillations forcées de même fréquence N imposée par l'excitateur (moteur). L'oscillateur (pendule élastique) est appelé résonateur.



* En régime sinusoïdal forcé l'amplitude X_m des oscillations d'un oscillateur mécanique dépend de la fréquence N de l'excitateur.

Lorsque X_m prend sa valeur maximale on dit qu'il ya le phénomène de résonance d'élongation.

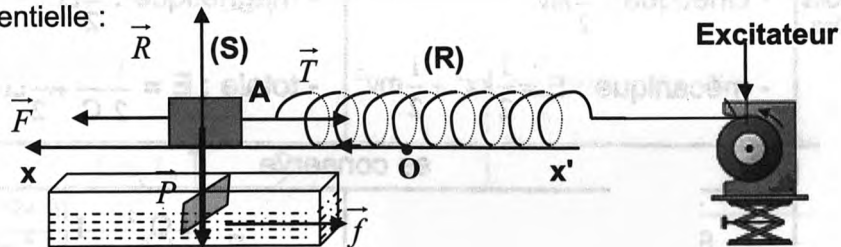


* N_r : fréquence de l'excitateur à la résonance d'élongation.

* X_{mr} : L'amplitude des oscillations du résonateur à la résonance d'élongation.

* N_0 : fréquence propre du résonateur $N_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

* Equation différentielle :



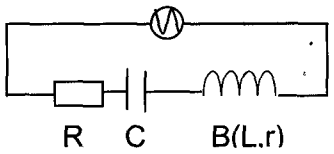
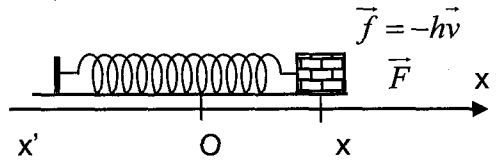
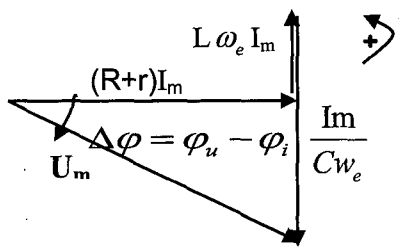
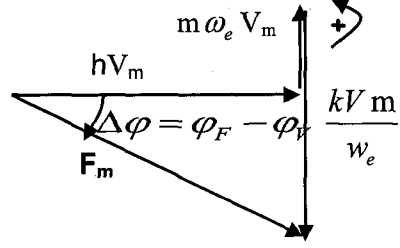
RFD : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}$, projection sur $x'x$: $T + f + F = ma$ alors $ma + hv + Kx = F(t)$ alors

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t).$$

Cette équation différentielle admet comme solution $x(t) = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_x)$.

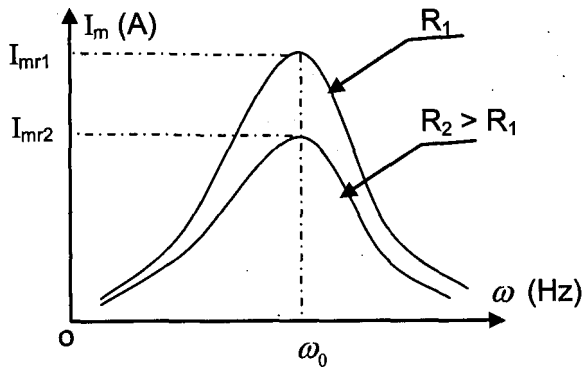
* Tableaux d'analogie :

Oscillateur		le pendule élastique	le circuit R L C série
Grandeurs caractéristiques	Coefficient d'inertie	masse m	inductance L
	Coefficient de rappel	raideur k	inverse de la capacité $\frac{1}{C}$
	Facteur dissipatif	coefficient de frottement h	résistance R
Grandeurs oscillantes		élongation x	charge q
		vitesse $v = \frac{dx}{dt}$	intensité $i = \frac{dq}{dt}$
Equation différentielle des oscillations	amorties	$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{h}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0$	$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$
	non amorties	$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$	$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$
Période propre de l'oscillateur		$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$
Equation horaire des oscillations non amorties		$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ ou $v = V_m \sin(\omega_0 t + \varphi_v)$	$q = Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_q)$ ou $i = I_m \sin(\omega_0 t + \varphi_i)$
Energie de l'oscillateur	Formes et expressions générales	- potentielle élastique : $\frac{1}{2} kx^2$	- électrostatique : $\frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$
		- cinétique : $\frac{1}{2} mv^2$	- magnétique : $\frac{1}{2} Li^2$
	- mécanique : $E = \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2$	- totale : $E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2$	
		se conserve	
	non amorti	$E = \frac{1}{2} kX_m^2 = \frac{1}{2} mV_m^2 = cte$	$E = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} = \frac{1}{2} LI_m^2 = cte$
	amorti	diminue	
		$\frac{dE}{dt} = -hv^2 < 0$	$\frac{dE}{dt} = -Ri^2 < 0$

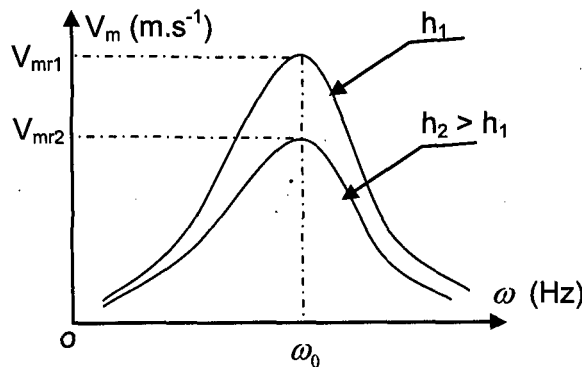
Les oscillations électriques forcées	Les oscillations mécaniques forcées
	
$u(t) = U_m \sin(\omega_e t + \varphi_u)$	$F(t) = F_m \sin(\omega_e t + \varphi_F)$
Equation différentielle	
$L \frac{d^2 q}{dt^2} + (R+r) \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = u(t)$ $L \frac{di}{dt} + (R+r)i + \frac{1}{C} \int i dt = u(t)$	$m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t)$ $m \frac{dV}{dt} + h V + K \int V dt = F(t)$
Solution de l'équation différentielle	
$q(t) = Q_m \sin(\omega_e t + \varphi_q)$ $i(t) = I_m \sin(\omega_e t + \varphi_i)$ $I_m = Q_m \omega_e$ et $\varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2}$ $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_c} = \varphi_u - \varphi_q > 0$ Quelques soit ω_e on a toujours $u(t)$ est en avance de phase par rapport à $q(t)$.	$x(t) = X_m \sin(\omega_e t + \varphi_x)$ $V(t) = V_m \sin(\omega_e t + \varphi_V)$ $V_m = X_m \omega_e$ et $\varphi_V = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$ $\Delta\varphi = \varphi_F - \varphi_x > 0$ Quelques soit ω_e on a toujours $F(t)$ est en avance de phase par rapport à $x(t)$.
Diagramme de FRESNEL	
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$
$L \omega_e < \frac{1}{C \omega_e}$ alors $\omega_e < \omega_0$ (circuit est capacitif) donc $-\frac{\pi}{2} < \varphi_u - \varphi_i < 0$	$m \omega_e < \frac{K}{\omega_e}$ alors $\omega_e < \omega_0$ alors $-\frac{\pi}{2} < \varphi_F - \varphi_V < 0$
	

Résonance de charge	Résonance d'élongation
$Q_m = \frac{Um}{\sqrt{(R+r)^2 \omega_e^2 + \left(\frac{1}{C} - L\omega_e^2\right)^2}}$ <p>Q_m est maximale</p>	$X_m = \frac{Fm}{\sqrt{h^2 \omega_e^2 + (K - m\omega_e^2)^2}}$ <p>X_m est maximale</p>
$\omega_r < \omega_0 \text{ et } \omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{(R+r)^2}{2L^2}$ $N_e^2 = N_0^2 - \frac{(R+r)^2}{8\pi^2 L^2}$	$\omega_r < \omega_0 \text{ et } \omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}$ $N_e^2 = N_0^2 - \frac{h^2}{8\pi^2 m^2}$
<p>La résonance de charge est possible lorsque</p> $R < \sqrt{\frac{2L}{C}}$	<p>La résonance d'élongation est possible lorsque</p> $h < \sqrt{2mk}$

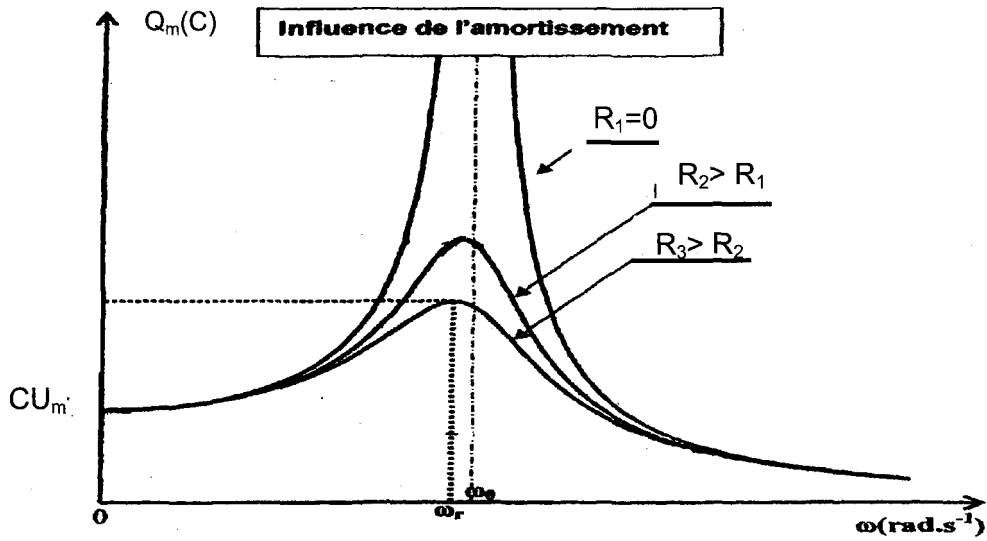
* La courbe d'évolution de I_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



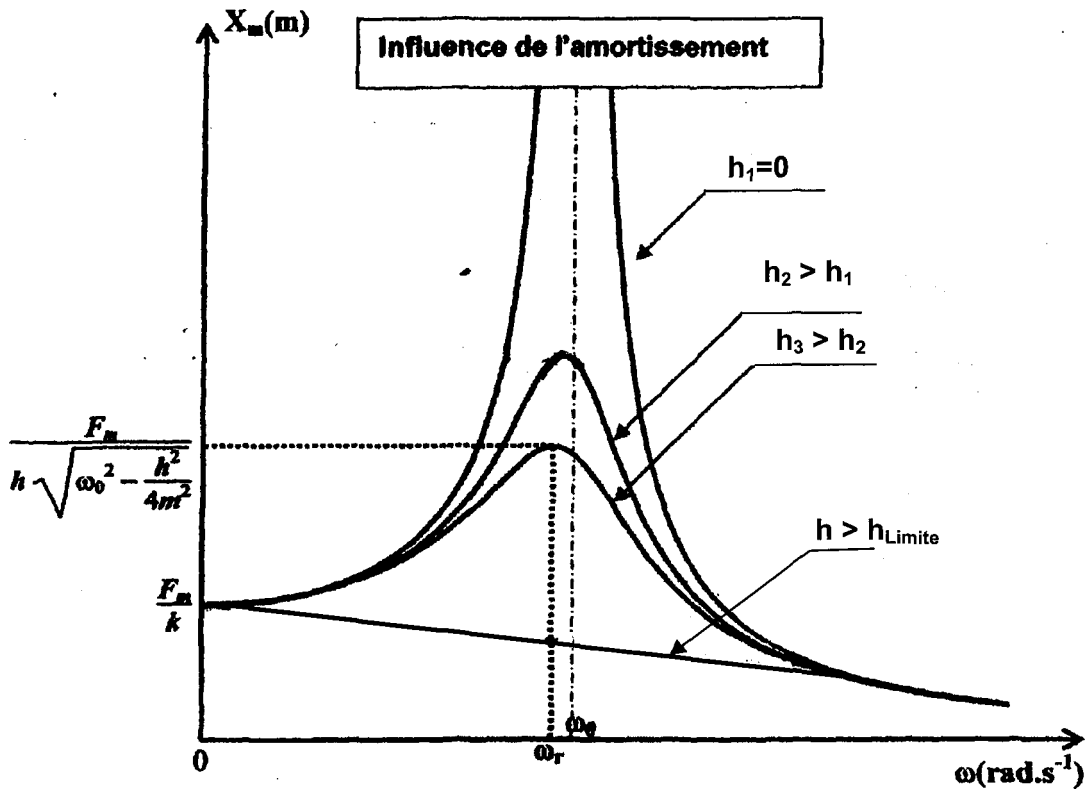
* La courbe d'évolution de V_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



* La courbe d'évolution de Q_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



* La courbe d'évolution de X_m en fonction de la pulsation ω de l'excitateur.



EXERCICES

Exercice N°1:

Un solide (S) de masse m est accroché à l'extrémité d'un ressort de raideur k dont l'autre extrémité est fixe. L'ensemble est horizontal et (S) subit des actions de frottement visqueux équivalentes à une force $\vec{f} = -h \vec{V}$ où \vec{V} est la vitesse du centre d'inertie G de (S) et h est une constante positive.

De plus, (S) subit une force \vec{F} dirigée suivant l'axe du ressort et dont la projection sur cet axe est : $F(t) = F_m \sin \omega t$.

1°/ Par recours à l'analogie formelle électrique-mécanique, établir l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse $x(t)$.

2°/ En utilisant la construction de Fresnel obtenue par analogie avec celle qui correspond à un

circuit RLC série, montrer que $Z = \frac{F_m}{V_m}$ est exprimé par : $Z = \sqrt{h^2 + (m\omega - \frac{k}{\omega})^2}$ où V_m est la vitesse

maximale de (S) et que le déphasage entre F et V est donné par $\text{tg}(\varphi_F - \varphi_V) = \frac{m\omega - \frac{k}{\omega}}{h}$.

3°/ En déduire l'expression de la vitesse V en fonction de t , F_m , Z , ω et φ_V .

4°/ De l'expression précédente, déduire celle de $x(t)$.

5°/ En faisant varier ω , mais en maintenant constante la valeur de F_m . Déterminer l'expression de ω pour laquelle V_m est maximale (résonance de vitesse).

Quel est alors le déphasage entre la vitesse V et la force F ?

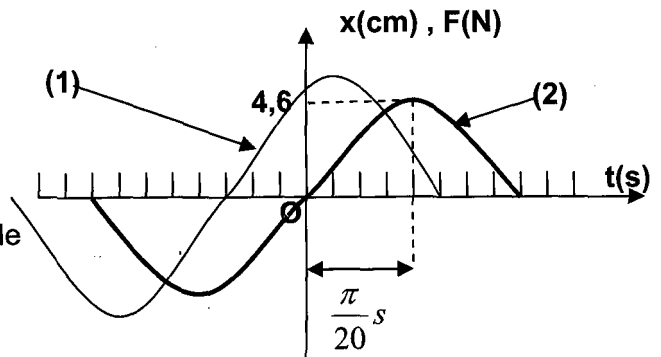
6°/ L'amplitude X_m des elongations varie également en fonction de ω .

Par recours à l'analogie formelle électrique-mécanique, établir l'expression de ω_r à la résonance d'élongation.

Exercice N°2:

Un solide(S) de masse $m=0,2 \text{ Kg}$ est lié à un ressort horizontal de constante de raideur $K=30 \text{ N.m}^{-1}$

1°/ Le solide (S) est soumis à une force de frottement $\vec{f} = -2,41 \vec{V}$ et à une force excitatrice \vec{F} horizontale tel que $F(t) = 1,2 \sin(\omega_1 t + \varphi_F)$. Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur avec le variable x .



2°/ On donne les courbes $x(t)$ et $F(t)$.

- a- Identifier les deux courbes (1) et (2). Justifier
- b- Déduire de la courbe la valeur de ω_1 . Comparer ω_1 avec la pulsation propre ω_0
- c- Déduire l'équation horaire $x(t)$ du mouvement
- d- Calculer le déphasage $\Delta\phi = \phi_F - \phi_x$.

3°/ Pour une valeur ω_2 , l'amplitude V_m de la vitesse prend sa valeur maximale.

- a- Qu'appelle-t-on le phénomène qui s'établit ? Comparer ω_1 et ω_2 .
- b- Exprimer l'énergie mécanique E de l'oscillateur en fonction de K , m , x et v .
- c- Montrer que l'énergie E est constante. Calculer sa valeur.

Exercice N°3: ETUDE D'UN DOCUMENT SCIENTIFIQUE

La suspension d'un véhicule permet de diminuer l'amplitude des oscillations verticales qui nuisent* (nuire :c'est faire du mal) au confort et à la sécurité des passagers; elle est constituée par un ressort de raideur $k= 6.10^5 \text{ N.m}^{-1}$ et d'un amortisseur.

L'ensemble du véhicule est équivalent à un oscillateur mécanique vertical amorti de masse $m=1,5.10^3 \text{ kg}$ et de raideur K ; Le centre d'inertie G du véhicule oscille autour de G_0 lors du passage sur une route constituée d'une succession de rigoles (déformation du sol).

On dispose de trois amortisseurs A_1, A_2 et A_3 de valeurs de coefficient d'amortissement respectives $h_1= 1,5.10^4 \text{ kg.s}^{-1}$; $h_2= 3.10^4 \text{ kg.s}^{-1}$ et $h_3= 5.10^4 \text{ kg.s}^{-1}$.

Pour tester chacun des amortisseurs ,on soumet les roues à une même excitation sinusoïdale de fréquence N produite par un support placé sous chaque roue.

On donne les courbes représentant $X_m = f(N)$.Figure-1-

(Extrait du P.C des Sciences physiques N. programmes).

1°/

- a- A quoi sert la suspension d'un véhicule.
- b- Préciser, à partir du texte l'excitateur et le résonateur.
- c- Calculer la fréquence propre N_0 du résonateur

2°/

a- Reproduire et compléter le tableau suivant

Courbe n°	1	2	3
Coefficient h			

- b- Le quel, parmi les trois amortisseurs A_1, A_2 et A_3 celui qui permet la conduite la plus confortable ?
- c- Pour le véhicule équipé de l'amortisseur de coefficient d'amortissement le plus faible. Déterminer graphiquement la fréquence de résonance d'élongation N_r .

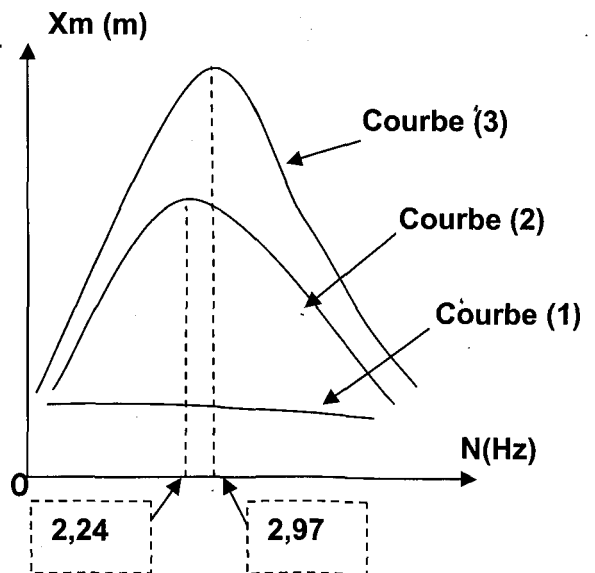


Figure-1-

CORRECTION

Exercice N°1:

1°/ $L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = u(t)$. Par analogie électrique mécanique : $u(t) \longrightarrow F(t)$; $R \longrightarrow h$

$\frac{1}{C} \longrightarrow K$; $L \longrightarrow m$ et $q(t) \longrightarrow x(t)$ d'où $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t)$

2°/ * En électrique et dans le cas où w est supérieure à la pulsation propre w_0

$w > w_0$ alors $w > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d'où $Lw > \frac{1}{Cw}$ on

obtient alors la construction de Fresnel suivante :

Par analogie électrique mécanique :

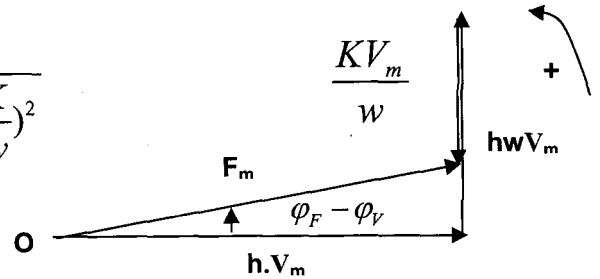
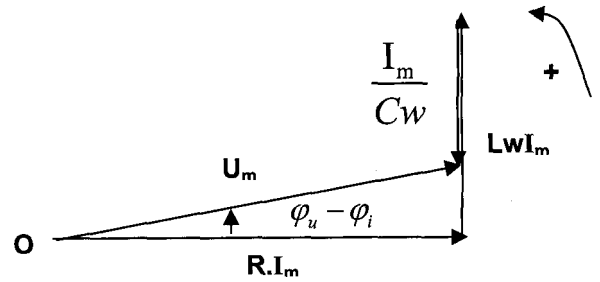
$U_m \longrightarrow F_m$; $I_m \longrightarrow V_m$

$$Z_n^2 = (hV_m)^2 + (mwV_m - \frac{K}{w}V_m)^2$$

$$F_m^2 = V_m^2 (h^2 + (mw - \frac{K}{w})^2) \text{ alors}$$

$$V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + (mw - \frac{K}{w})^2}} \text{ d'où } Z = \frac{F_m}{V_m} = \sqrt{h^2 + (mw - \frac{K}{w})^2}$$

$$\text{tg}(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{mwV_m - \frac{K}{w}V_m}{hV_m} = \frac{mw - \frac{K}{w}}{h}$$



3°/ $V(t) = V_m \sin(wt + \varphi_V) = \frac{F_m}{Z} \sin(wt + \varphi_V)$.

4°/ $x(t) = X_m \sin(wt + \varphi_x)$ avec $X_m = \frac{V_m}{w} = \frac{F_m}{Zw}$ et $\varphi_x = \varphi_V - \frac{\pi}{2}$ d'où $x(t) = \frac{F_m}{Zw} \sin(wt + \varphi_V - \frac{\pi}{2})$.

5°/ * A la résonance de vitesse $V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + (mw - \frac{K}{w})^2}}$ est maximale alors $(mw - \frac{K}{w}) = 0$ d'où

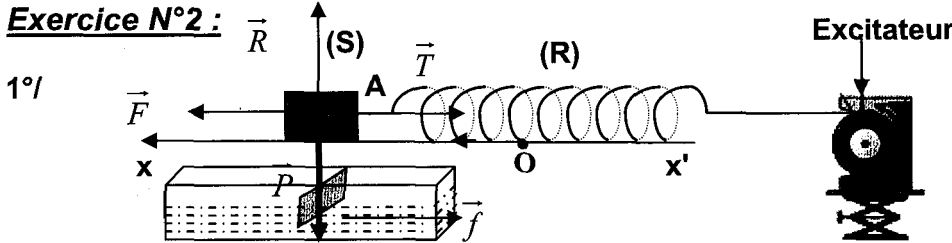
$$mw = \frac{K}{w} \text{ alors } w^2 = \frac{K}{m} = w_0^2 \text{ donc } w = w_0.$$

* $\text{tg}(\varphi_F - \varphi_V) = \frac{mw - \frac{K}{w}}{h} = 0$ car $mw = \frac{K}{w}$ or $-\frac{\pi}{2} < \varphi_F - \varphi_V < \frac{\pi}{2}$ alors $\varphi_F - \varphi_V = 0$.

6°/ A la résonance de charge on a : $\omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{R^2}{2L^2}$ alors $\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{R^2}{2L^2}}$ par analogie à la résonance

d'élongation $\omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}$ alors $\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}}$

Exercice N°2 :



RFD : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}$, projection sur $x'x$: $T + f + F = ma$ alors $ma + hv + Kx = F(t)$ alors

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t).$$

2°/

a- $\Delta\varphi = \varphi_F - \varphi_x > 0$ (quelques soit ω_e on a toujours $F(t)$ est en avance de phase par rapport à $x(t)$).
La courbe (1) prend sa valeur maximale avant la courbe (2) d'où la courbe (1) est associée à $F(t)$ et la courbe (2) est associée à $x(t)$.

b- * $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ or $T_1 = 4 \times \frac{\pi}{20} = \frac{\pi}{5}$ s alors $\omega_1 = 10 \text{ rad.s}^{-1}$

* $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = 12,24 \text{ rad.s}^{-1} > \omega_1 = 10 \text{ rad.s}^{-1}$.

c- $x(t) = X_m \sin(\omega_1 t + \varphi_x)$ avec $X_m = 4,6 \cdot 10^{-2}$ m, $\omega_1 = 10 \text{ rad.s}^{-1}$ et à $t=0$ s $x = X_m \sin \varphi_x = 0$ alors

$\varphi_x = 0$ et $\varphi_x = \pi$ or à $t=0$ la courbe $x(t)$ est croissante alors $\frac{dx}{dt} > 0$ donc $\cos \varphi_x > 0$ d'où

$\varphi_x = 0$ alors $x(t) = 4,6 \cdot 10^{-2} \sin(10 t)$.

d- $|\Delta\varphi| = \omega \times \Delta t = \frac{2\pi}{T_1} \times \frac{T_1}{16} \times 3 = \frac{3\pi}{8}$ rad, or $F(t)$ est en avance de phase par rapport à $x(t)$ lors

$\varphi_F - \varphi_x = \frac{3\pi}{8}$ rad.

3°/

a- V_m est maximale alors c'est le phénomène de résonance de vitesse donc $\omega_2 = \omega_0 < \omega_1$.

b- $E = E_C + E_P$ alors $E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$.

c- * $\frac{dE}{dt} = mVa + Kx V$ alors $\frac{dE}{dt} = V (ma + Kx)$ or d'après l'équation différentielle

$ma + Kx = F(t) - hv(t)$.

A la résonance de vitesse $F_m = h V_m$ alors $F_m \sin(\omega_2 t + \varphi_F) = h V_m \sin(\omega_2 t + \varphi_V)$ or $\varphi_F = \varphi_V$

par suite $F_m \sin(\omega_2 t + \varphi_F) = h V_m \sin(\omega_2 t + \varphi_V)$ donc $F(t) = h V(t)$ d'où $F(t) - h V(t) = 0$ alors

$$m a + Kx = F(t) - h v(t) = 0 \text{ d'où } \frac{dE}{dt} = 0 \text{ alors } E = \text{constante.}$$

* Si $x = 0$ alors $V = \pm V_m$ alors $E = \frac{1}{2} m V_m^2$.

A la résonance de vitesse $V_m = \frac{F_m}{h}$ par suite $E = \frac{1}{2} m \left(\frac{F_m}{h} \right)^2$ AN : $E = \frac{1}{2} 0,2 \times \left(\frac{1,2}{2,41} \right)^2 = 24,8 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$

Exercice N°3:

1°/

a- La suspension d'un véhicule permet de diminuer l'amplitude des oscillations verticales qui nuisent au confort et à la sécurité des passagers.

b- * Excitateur : support placé sous chaque roue.

* Résonateur : Véhicule.

c- $N_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{10}{\pi} = 3,18 \text{ Hz.}$

2°/

a-

Courbe n°	1	2	3
Coefficient h	h_3	h_2	h_1

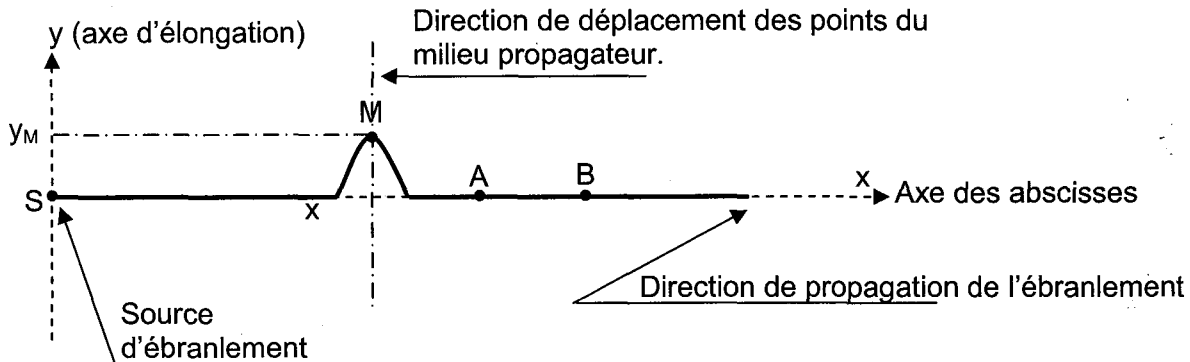
b- C'est l'amortisseur A_3 car c'est celui qui donne des oscillations d'amplitude minimale.

c- C'est h_1 le coefficient d'amortissement le plus faible alors $N_r = 2,97 \text{ Hz.}$

L'ESSENTIEL DU COURS

A/ Propagation d'un ébranlement.

- * Un ébranlement est une déformation rapide imposée dans un milieu propagateur (élastique).
- * Un ébranlement est dit transversal lorsque le déplacement des points du milieu propagateur s'effectue perpendiculairement à celle de propagation.



- * Principe de propagation d'un ébranlement : Tout point M du milieu propagateur reproduit le même mouvement que la source avec un retard de temps θ (durée pour que l'ébranlement se propage du point S au point M).

Soient : t_s : date de début du mouvement de S.

t_M : date de début du mouvement de M.

$$\theta = t_M - t_s.$$

$$y_M(t) = y_s(t - \theta) \text{ ou bien } y_s(t) = y_M(t + \theta) \text{ et } y_A(t) = y_M(t - \theta_A) \text{ avec } \theta_A = t_A - t_M.$$

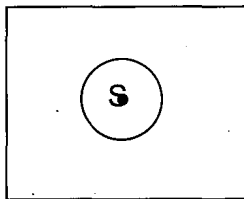
- * Au cours de la propagation d'un ébranlement il y a propagation de l'énergie et non pas de la matière.
- * La célérité, C, de propagation d'un ébranlement est constante dans le même milieu propagateur

homogène qui s'exprime par : $C = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A}$ (m.s⁻¹).

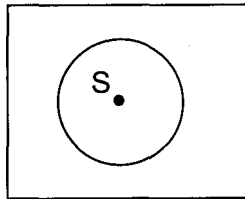
□ x_A et x_B sont les abscisses respectives des points A et B appartenant au même milieu propagateur.

□ t_A et t_B sont les dates respectives de début du mouvement des points A et B.

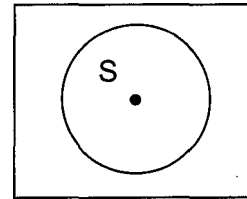
- * La propagation d'un ébranlement à la surface d'un liquide homogène est aussi transversal.



$$t_1 > 0$$



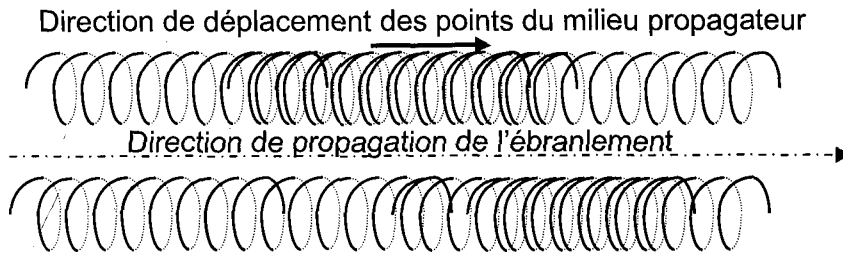
$$t_2 > t_1$$



$$t_3 > t_2$$

Tous les points du milieu propagateur appartenant au cercle de centre S et de rayon r sont atteints par l'ébranlement au même temps. C'est l'une des observations qui montre que la célérité de propagation d'un ébranlement est constante dans le même milieu propagateur.

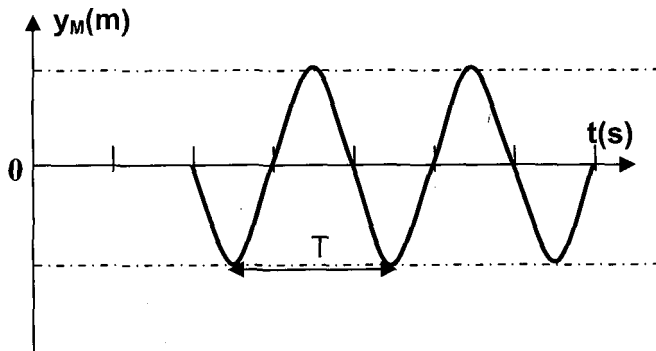
- * Un ébranlement est dit longitudinal lorsque le déplacement des points du milieu propagateur s'effectue parallèlement à celle de propagation.
- * L'ébranlement qui se propage le long d'un ressort est longitudinal.



- * L'ébranlement sonore est un ébranlement longitudinal qui ne se propage pas dans le vide.

B/ Propagation d'une onde progressive sinusoïdale entretenue le long d'une corde.

- * Une onde est le phénomène résultant de la propagation d'une succession d'ébranlement dans un milieu propagateur donné.
- * L'onde est dite progressive lorsqu'elle se propage dans un milieu propagateur en s'éloignant de la source.
- * En lumière ordinaire on observe une bande rectangulaire floue de largeur $2a$ (avec a est l'amplitude de vibration de la source). Cette observation montre que tous les points de la corde vibrent avec la même amplitude a .
- * Le diagramme de mouvement du point M de la corde d'abscisse x :
Une étude expérimentale dans laquelle on éclaire le point M de la corde par une source de lumière laser, l'ombre du point M projeté sur un miroir qui le réfléchit sur un écran à une forme sinusoïdale qui correspond au diagramme du mouvement du point M . C'est la sinusoïde de temps du point M .



Le mouvement du point M est rectiligne sinusoïdal de période temporelle T , de fréquence $N = \frac{1}{T}$ et d'amplitude a .

Le point M débute son mouvement à $t_M = t_S + \theta$ en allant dans le sens négatif, car elle reproduit le mouvement de la source S .

- * En lumière stroboscopique :

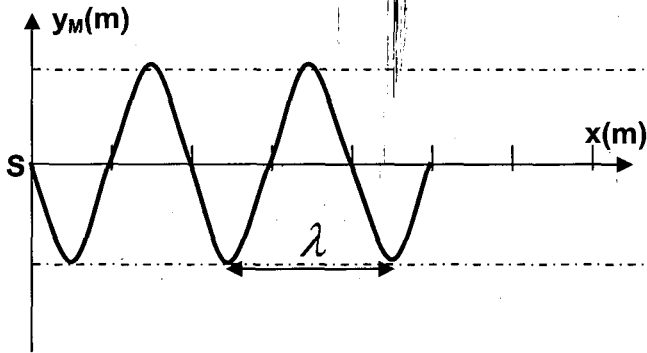
Soit T et N respectivement la période et la fréquence de vibration de la source tel que $N = \frac{1}{T}$.

Soit T_e et N_e respectivement la période et la fréquence des éclaires du stroboscope tel que $N_e = \frac{1}{T_e}$.

* 1^{er} Cas : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K$; ($k \in \mathbb{N}^*$), on observe une seule corde ayant la forme d'une sinusoïde

en immobilité apparente appelé sinusoïde d'espace ou l'aspect de la corde à un instant de date t donnée.

Entre deux éclaires successives du stroboscope, chaque point de la corde effectue k oscillations complètes parcourt une distance $d = 4ak$.



λ : La période spatiale de l'onde appelée la longueur d'onde exprimée dans le SIU en m.

Définition de la longueur d'onde :

C'est la distance parcourue par l'onde au bout d'une période temporelle.

* 2^{ème} Cas : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K + \varepsilon$; ($k \in \mathbb{N}^*$ et ε est très faible par rapport à 1) alors on observe une seule corde ayant la forme d'un sinusoïde en mouvement ralenti dans le sens réel de propagation.

* 3^{ème} Cas : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K - \varepsilon$; ($k \in \mathbb{N}^*$ et ε est très faible par rapport à 1) alors on observe une seule corde ayant la forme d'un sinusoïde en mouvement ralenti dans le sens inverse de propagation.

* L'onde progressive le long d'une corde à une double périodicité λ et T tel que : $\lambda = C T = \frac{C}{N}$ (m).

* Equation horaire du mouvement de la source.

La source S est en mouvement rectiligne sinusoïdal débutant son mouvement à l'instant de date $t_S=0$.

$$y_S(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_S\right) \text{ pour } t \geq t_S=0 ; y_S \text{ en m et } t \text{ en s.}$$

$$y_S(t) = 0 \text{ pour } t \leq t_S=0.$$

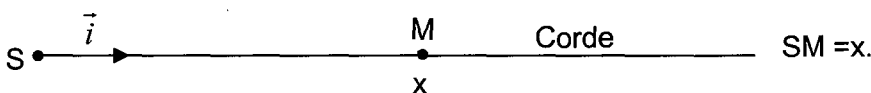
φ_S : phase initiale du mouvement de la source.

a : amplitude du mouvement de la source.

T : période temporelle du mouvement de la source.

* Equation horaire du mouvement d'un point M de la corde d'abscisse x.

La source S est en mouvement rectiligne sinusoïdal débutant son mouvement à l'instant de date $t_S=0$.



D'après le principe de propagation de l'onde $y_M(t) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x}{C} = x \frac{T}{\lambda}$.

$$y_M(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{C}\right) + \varphi_S\right) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{T} \frac{x}{C} + \varphi_S\right) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S\right) \text{ pour } t \geq t_M$$

$t_M = t_S + \theta = \theta$; t_M : date de début du mouvement du point M

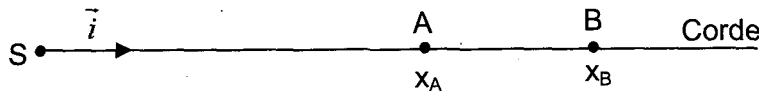
$$y_M(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_M\right) \text{ avec } \varphi_M = -\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S \text{ et } y_M = 0 \text{ pour } t \leq t_M.$$

* **Remarques :**

▫ La vitesse de vibration du point M de la corde est exprimée par : $v_M(t) = \frac{dy_M(t)}{dt} = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_S + \frac{\pi}{2}\right)$.

▫ La relation indépendante du temps entre $y_M(t)$ et $v_M(t)$: $v_M^2(t) = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 (a^2 - y_M^2(t))$.

* Le déphasage entre le mouvement de deux points A et B de la corde d'abscisses respectives x_A et x_B tel que $x_A < x_B$



$$y_A(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_A\right) \text{ avec } \varphi_A = -\frac{2\pi x_A}{\lambda} + \varphi_S \text{ pour } t \geq t_A = \frac{x_A}{C} = \frac{x_A T}{\lambda}$$

$$y_B(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_B\right) \text{ avec } \varphi_B = -\frac{2\pi x_B}{\lambda} + \varphi_S \text{ pour } t \geq t_B = \frac{x_B}{C} = \frac{x_B T}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = -\frac{2\pi x_A}{\lambda} + \varphi_S + \frac{2\pi x_B}{\lambda} - \varphi_S = \frac{2\pi}{\lambda}(x_B - x_A)$$

▫ Si A et B vibrent en phase: $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{\lambda}(x_B - x_A) = 2k\pi$ avec $k \in \mathbb{Z}^*$ alors $x_B - x_A = k\lambda$.

La distance minimale entre A et B vibrent en phase est λ .

▫ Si A et B vibrent en opposition de phase: $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{\lambda}(x_B - x_A) = (2k + 1)\pi$ avec $k \in \mathbb{Z}^*$

$$\text{alors } x_B - x_A = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda.$$

La distance minimale entre A et B vibrant en opposition de phase est $\frac{\lambda}{2}$.

▫ Si A et B vibrent en quadrature de phase: $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{\lambda}(x_B - x_A) = \frac{\pi}{2} + k\pi$ avec $k \in \mathbb{Z}^*$

$$\text{alors } x_B - x_A = \left(\frac{1}{2} + k\right)\frac{\lambda}{2}.$$

▫ Si A vibre en quadrature avance de phase par rapport à B : $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{\lambda}(x_B - x_A) = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$

$$\text{avec } k \in \mathbb{Z}^* \text{ alors } x_B - x_A = \left(\frac{1}{2} + 2k\right)\frac{\lambda}{2}.$$

La distance minimale entre A et B (A vibre en quadrature avance de phase par rapport à B) est $\frac{\lambda}{4}$.

Si A vibre en quadrature retard de phase par rapport à B : $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = \frac{2\pi}{\lambda} (x_B - x_A) = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi$

avec $k \in \mathbb{Z}^*$ alors $x_B - x_A = (-\frac{1}{2} + 2k) \frac{\lambda}{2}$.

La distance minimale entre A et B (A vibre en quadrature avance de phase par rapport à B) est $\frac{3\lambda}{4}$.

*** Remarque:**

Le déphasage entre le mouvement de la source et celui d'un point M de la corde d'abscisse x.

$$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M = \varphi_S - (-\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S) = \frac{2\pi x}{\lambda}$$

	S et M vibrent en phase	S et M vibrent en opposition de phase	S et M vibrent en quadrature de phase	S vibre en quadrature avance de phase devant M	S vibre en quadrature retard de phase devant M
$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_M$	$2k\pi$	$(2k+1)\pi$	$\frac{\pi}{2} + k\pi$	$\frac{\pi}{2} + 2k\pi$	$-\frac{\pi}{2} + 2k\pi$
x	$k\lambda$	$(2k+1)\frac{\lambda}{2}$	$(k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$	$(2k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$	$(2k - \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$

* L'aspect de la corde à un instant de date t_1 donnée représente la forme de la corde à la date t_1 c'est la sinusoïde d'espace elle représente ainsi les positions de tous les points de la corde à un l'instant de date t_1 caractérisée par l'équation $y = f(x)$ de période spatiale λ .

A un instant de date t_1 on a : $y(t_1, x) = a \sin(\frac{2\pi}{T} t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S)$ sachant que $\sin \alpha = \sin(\pi - \alpha)$

alors $y_{t_1}(x) = a \sin(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_S + \pi)$ pour $0 \leq x \leq \text{inferieur}(x_F; L)$

avec x_F : abscisse du front d'onde (l'abscisse du dernier point de la corde atteint par l'onde à t_1) et

L : la longueur de la corde tel que $x_F = C t_1 = \frac{\lambda t_1}{T}$.

*** Remarques :**

On a : $y_{t_1}(x) = a \sin(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_S + \pi)$ alors $\phi = -\frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_S + \pi$

(ϕ : phase initiale ($x=0$) de la fonction $y_{t_1}(x)$) d'où $y_{t_1}(x) = a \sin(\frac{2\pi x}{\lambda} + \phi)$.

$y(t_1; x) = a \sin(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S)$ alors $\frac{dy(t,x)}{dt} = a \frac{2\pi}{T} \cos(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S)$ et

$\frac{dy(t,x)}{dx} = -a \frac{2\pi}{\lambda} \cos(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S)$ d'où $v(t) = \frac{dy(t,x)}{dt}$ et $\frac{dy(t,x)}{dx}$ sont de signe contraire

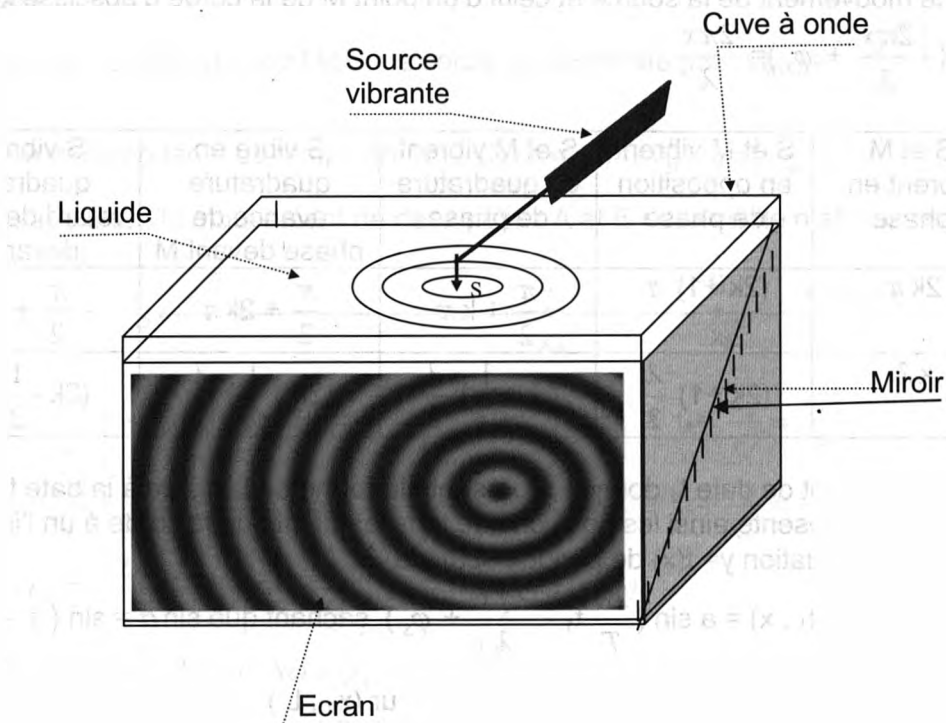
alors si le point M vibre dans le sens positif à un instant de date t donné alors $v(t) = \frac{dy(t,x)}{dt} > 0$

par suite à cette même instant t on a $\frac{dy(t,x)}{dx} < 0$

- ▣ Si la source a commencé son mouvement à partir de sa position d'équilibre en allant dans le sens positif alors le front d'onde est précédé d'une crête.
- Si la source a commencé son mouvement à partir de sa position d'équilibre en allant dans le sens négatif alors le front d'onde est précédé d'un creux.

C/ Propagation d'une onde progressive à la surface d'un liquide homogène et au repos.

- * Le dispositif expérimental permettant de mettre en évidence la propagation d'une onde progressive à la surface d'un liquide homogène et au repos.



- * Si on éclaire la surface libre d'un liquide par une lumière ordinaire, on observe des rides circulaires qui prennent naissance au point S en s'éloignant de la source.

- * Si on éclaire la surface libre d'un liquide par une lumière stroboscopique de période T_e et de fréquence N_e , on observe :

- **1^{er} Cas** : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K ; (k \in \mathbb{N}^*)$: On observe à la surface du liquide des rides circulaires

alternativement creux et crête en immobilité apparente toutes concentriques en S régulièrement espacées. Sur l'écran en verre dépoli, on observe une succession des rides circulaires qui apparaissent immobiles alternativement brillantes et sombres.

- **2^{ème} Cas** : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K + \varepsilon ; (k \in \mathbb{N}^* \text{ et } \varepsilon \text{ est très faible par rapport à } 1)$: On observe

des rides circulaires qui paraissent en progression en ralenti sans se déformer en s'éloignant de la source S.

- 3^{ème} Cas : Si $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = K - \varepsilon$; ($k \in \mathbb{N}^*$ et ε est très faible par rapport à 1) : On observe

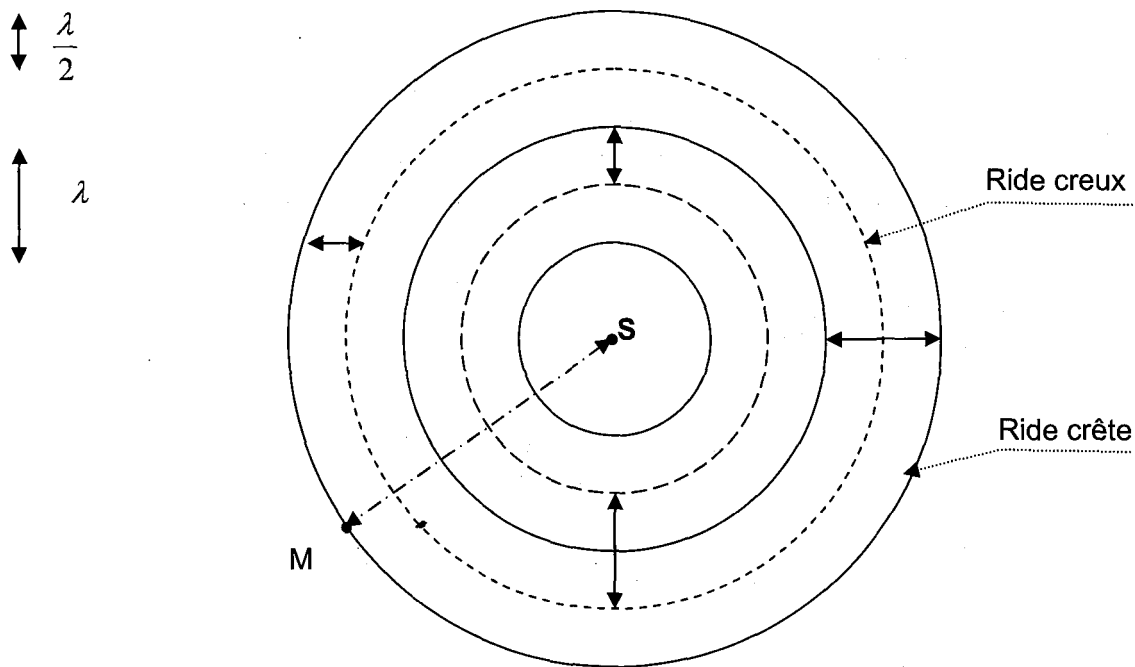
des rides circulaires qui paraissent en progression en ralenti sans se déformer en s'approchant de la source S.

* Tous les points du cercle de centre S et de rayon r vibrent en phase et avec la même équation horaire

tel que : $y_r(t) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ avec $\varphi = -\frac{2\pi r}{\lambda} + \varphi_s$ pour $t \geq t_r = \frac{r}{C} = \frac{rT}{\lambda}$.

* En réalité l'amplitude de vibration des points de la surface libre du liquide diminue toute en s'éloignant de la source S c'est le phénomène de dilution de l'énergie, c'est que l'énergie fournit au point S se partage sur des points d'une même ride circulaire, de plus en plus nombreux tout en s'éloignant de la source.

* Si à un instant de date t donné la surface du liquide présente l'aspect suivant (vue de dessus).



- La distance entre deux rides successives et de même nature est λ .

- La distance entre deux rides successives et de différente nature est $\frac{\lambda}{2}$.

- Le rayon de front d'onde $r_f = OM + \frac{\lambda}{4}$

EXERCICES

Exercice N°1:

On donne : La célérité de propagation de l'onde le long de la corde est : $C = 10 \text{ m.s}^{-1}$.
Une longue corde est tendu horizontalement comme la montre la figure -1-.

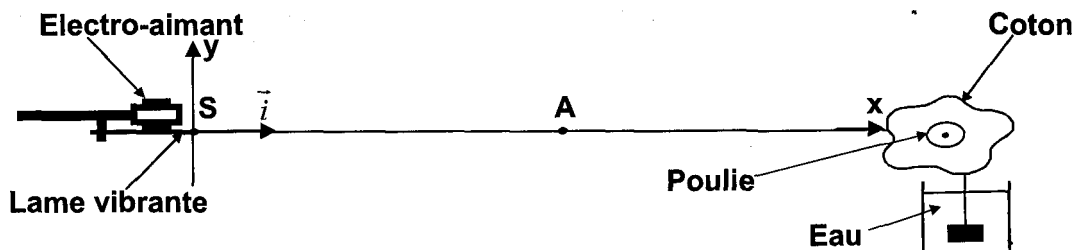


Figure -1-

L'extrémité S de la corde, choisie comme origine du repère (S, \vec{i}) est fixée à une lame vibrante qui communique des vibrations sinusoïdales d'amplitude $a = 4 \text{ mm}$ et de fréquence $N = 50 \text{ Hz}$.

- 1°/ Préciser le rôle du coton et de l'eau utilisés dans le dispositif.
- 2°/ Calculer la longueur d'onde, λ , de l'onde progressive qui s'établit le long de la corde.
- 3°/ En prenant comme origine des temps l'instant où débute le mouvement de la source S de sa position d'équilibre dans le sens positif des elongations.
 - a- Déterminer l'équation horaire du mouvement de la source S.
 - b- Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde d'abscisse x dans le repère (S, \vec{i}) .
- 4°/ Représenter, sur le même système d'axes, les diagrammes de mouvement de S et d'un point A d'abscisse $x_A = 35 \text{ cm}$. Comparer les mouvements de ces deux points.
- 5°/
 - a- Représenter l'aspect de la corde à l'instant de date $t = 65 \text{ ms}$.
 - b- Quels sont les points de la corde qui vibrent en opposition de phase par rapport à S à l'instant $t = 65 \text{ ms}$.
- 6°/ On éclaire la corde par une lumière stroboscopique de fréquence N_e .
Qu'observe-t-on aux fréquences des éclaires suivantes : $N_e = 25 \text{ Hz}$ et $N_e = 12,45 \text{ Hz}$.

Exercice N°2:

Une corde horizontale de longueur $L = SD = 1,68 \text{ m}$ est tendue entre un point S d'un vibreur et un dispositif qui évite la réflexion des ondes incidentes.

A l'origine des dates $t = 0 \text{ s}$ le point S commence à vibrer.

L'équation horaire de son mouvement est $y_S(t) = a \sin(2\pi Nt + \varphi_S)$ avec $N = 100 \text{ Hz}$.

Une onde progressive transversale prend naissance le long de la corde.

- 1°/ Expliquer les mots: "progressive" et "transversale".
- 2°/ Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde situé au repos à la distance $x = SM$ de S.
- 3°/ La figure-2- représente l'aspect de la corde à une date t_1 .

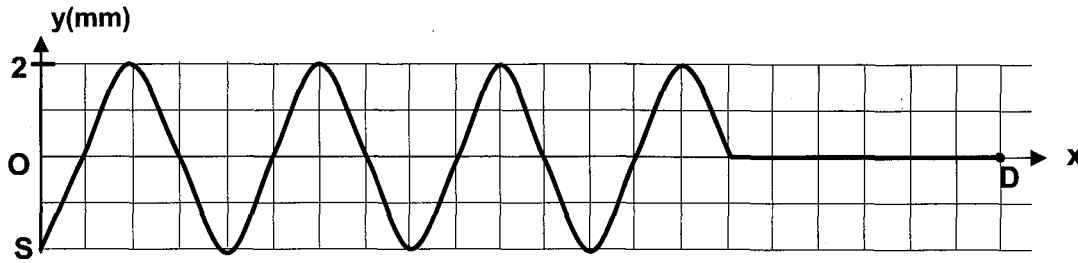


Figure-2-

- a- Déduire de la figure-2- la valeur de la date t_1 .
- b- Montrer que la longueur d'onde est $\lambda = 32 \text{ cm}$.
- c- Calculer la célérité de l'onde le long de la corde.
- d- Déterminer l'équation $y_{t_1}(x)$ de cette courbe. Déduire la valeur de φ_S .

4°/ Déterminer graphiquement les positions des points de la corde ayant à la date t_1 une elongation nulle et se déplaçant vers le haut.

5°/

- a- Etablir l'équation horaire du mouvement du point A situé au repos à $x_A = 52 \text{ cm}$ de S. On donne : $\varphi_S = 0$.

- b- Calculer sa vitesse à la date $t_2 = 10 \text{ ms}$.

6°/ Déterminer la position du point, situé entre S et A, vibrant en quadrature retard de phase avec le point A.

Exercice N°3:

Une pointe verticale (S) en contact permanent avec un liquide.

L'origine des temps $t=0\text{s}$ est choisie à l'instant où (S) commence à vibrer en se déplaçant vers le haut, sens choisi comme sens positif des elongations.

On suppose qu'il n'y a ni amortissement ni réflexion des ondes

L'équation horaire du mouvement de (S) est: $y_S(t) = a \sin(100\pi t) \text{ (m)}$

1°/ Donner la définition de la longueur d'onde.

2°/ Décrire l'aspect de la surface du liquide en lumière ordinaire.

3°/ Qu'observe-t-on si on éclaire la surface de l'eau avec un stroboscope de fréquence $N_e = 12,56 \text{ Hz}$?

Justifier.

4°/ Sachant qu'à l'instant de date $t = 0,02\text{s}$, le front d'onde est $r_f = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ de (S)

- a- Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .

- b- Déterminer la célérité C de propagation de l'onde.

5°/ Soit un point M de la surface de l'eau à une distance $r = 4,5 \lambda$ de la source (S)

- a- Etablir l'équation horaire $y(t)$ du mouvement du point M.

- b- A quelle date, le point M est-il une crête pour la première fois?

- c- Déterminer la position du point N, appartenant au segment [SM], le plus proche de M qui vibre en phase avec la source (S).

Exercice N°4:

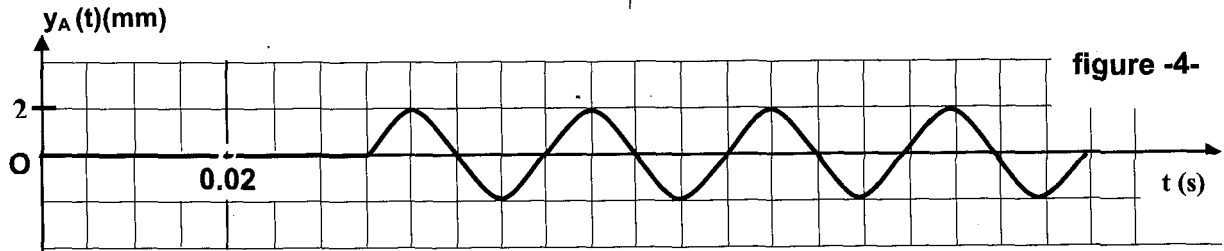
Une pointe vibrante affleure au repos un point O de la surface d'une nappe d'eau et lui impose à l'instant $t=0s$, des vibrations sinusoïdales verticales de fréquence $N=50Hz$.

1°/ La distance séparant la 3^{ème} et la 9^{ème} crête à partir du point O est $d=4,8cm$.

a- Déterminer la longueur d'onde λ .

b- On déduit la célérité de propagation des ondes à la surface du liquide.

2°/ On donne sur la figure -4- le diagramme de mouvement d'un point A situé à la distance $OA=r_A$.



a- A quelle distance r_A se trouve le point A du point O ?

b- Etablir l'équation du mouvement $y_A(t)$ du point A.

c- En déduire $y_O(t)$ celle du point O.

d- Trouver l'ensemble des points de la surface libre de l'eau les plus proche de la source O qui vibrent en phase avec A.

3°/ Représenter une coupe transversale de la surface du liquide passant par le point O à l'instant $t_1=0,045s$.

CORRECTION

Exercice N°1:

1°/ Le coton et l'eau ont un rôle de minimiser l'effet de l'onde réfléchi.

$$2°/ \lambda = \frac{C}{N} \text{ .AN : } \lambda = \frac{10}{50} = 0,2m.$$

$$3°/a- y_s(t) = a \sin(\omega t + \varphi_s) \text{ avec } a = 4 \cdot 10^{-3}m ; \omega = 2\pi N \text{ .AN : } \omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}.$$

à $t=0$ on a $y_s = 0$ par suite $\varphi_s = 0$ ou $\varphi_s = \pi$ rad et puisque $y_s(t)$ est croissante à $t=0$ alors

$$\frac{dy_s(t)}{dt} > 0 \text{ donc } \cos \varphi_s > 0 \text{ d'où } \varphi_s = 0 \text{ rad.}$$

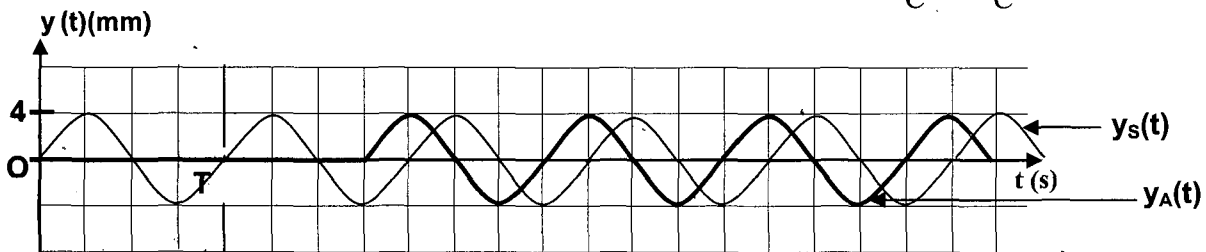
$$y_s(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t) \text{ } y_s \text{ en m et t en s quelque soit } t \geq 0.$$

b- D'après le principe de propagation de l'onde : $y_M(t) = y_s(t - \theta)$; avec : $\theta = \frac{x}{C}$.

$$\text{Donc : } y_M(t) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \forall t \geq \frac{x}{C} = 0,1x.$$

$$\text{Alors : } y_M(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t - 10\pi x) \forall t \geq \frac{x}{C} = 0,1x.$$

4°/ Le point A reproduit le mouvement de la source S avec un retard $\theta_A = \frac{x_A}{C} = \frac{1,75\lambda}{C} = 1,75T = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ s.}$



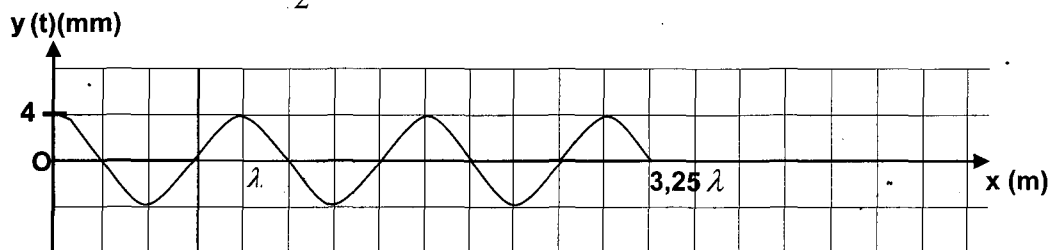
Sachant que $x_A = 0,35m = 1,75\lambda$ et que $\varphi_s - \varphi_A = \frac{2\pi x_A}{\lambda} = 3,5\pi \notin [-\pi, \pi] \Rightarrow \varphi_s - \varphi_A = -\frac{\pi}{2} \text{ rad.}$

Donc A vibre en quadrature avance de phase par rapport à la source S.

$$5°/ a- y_{t1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_s\right) \text{ or } t_1 = 3,25 T \text{ par suite } y_{t1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times 3,25 T - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \text{ alors}$$

$$y_{t1}(x) = a \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = a \sin\left(-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right) \text{ alors } y_{t1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}\right).$$

$$y_{t1}(x) = 4 \cdot 10^{-3} \sin\left(10\pi x + \frac{\pi}{2}\right) \text{ quelque soit } x \leq x_f \text{ avec } x_f = C \cdot \Delta t = C \cdot t_1 \text{ alors } x_f = 3,25\lambda.$$



b- Soit un point M de la corde d'abscisse x. Le déphasage du mouvement de la source et celui du point M vibrant en opposition de phase est exprimé par :

$$\varphi_S - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda} = (2K+1)\pi \text{ quelque soit } x \in [0, x_F] \text{ avec } x_F = 3,25\lambda.$$

D'où $0 \leq x \leq 3,25\lambda$ alors $0 \leq \frac{\lambda}{2}(2K+1) \leq 3,25\lambda$ par suite $-0,5 \leq K \leq 2,75$.

Les valeurs de K possibles sont : 0 ; 1 et 2.

Les points de la corde vibrant en opposition de phase avec la source sont, alors, les points d'abscisses :

$$x_1 = \frac{\lambda}{2} = 0,1\text{m}, \quad x_2 = \frac{3\lambda}{2} = 0,3\text{m} \text{ et } x_3 = \frac{5\lambda}{2} = 0,5\text{m}.$$

6°/ * Si $N_e = 25\text{ Hz}$ alors $\frac{N}{N_e} = \frac{50}{25} = 2.$ //

On observe l'immobilité apparente d'une corde ayant la forme d'une sinusoïdale.

* Si $N_e = 12,45\text{ Hz}$ alors $\frac{N}{N_e} = \frac{50}{12,45} = 4,04 = 4 + 0,04.$

On observe une corde ayant la forme d'une sinusoïde en mouvement ralenti dans le sens réel de propagation de l'onde.

Exercice N°2:

1°/ * Une onde est dite progressive lorsqu'elle se propage en s'éloignant de la source (sans retour).

* Une onde est transversale lorsque les points du milieu de propagation vibrent suivant une direction perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.

2°/ D'après le principe de propagation d'un ébranlement : $y_M(t) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x}{C}$.

$$y_M(t) = a \sin(\omega(t - \theta) + \varphi_S) = a \sin(\omega t - \omega \theta + \varphi_S) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{T} \frac{x}{C} + \varphi_S\right) = a \sin\left(2\pi N t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S\right) \quad t \geq \frac{x}{C}$$

3°/

a- $x_F = C t_1$ alors $t_1 = \frac{x_F}{C} = \frac{3,75\lambda}{C} = 3,75 T = \frac{3,75}{N}$. AN : $t_1 = \frac{3,75}{100} = 3,75 \cdot 10^{-2} \text{ s}.$

b- $L = 5,25\lambda$. AN : $\lambda = \frac{L}{5,25} = \frac{1,68}{5,25} = 0,32\text{m} = 32 \text{ cm}.$

c- $\lambda = \frac{C}{N}$ alors $C = \lambda \times N$. AN : $C = 0,32 \times 100 = 32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$

d- * $y_{t_1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \varphi\right)$, pour $x = 0$, on a $y_{t_1} = -a$ alors $\sin \varphi = -1$ alors $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ rad.

$$y_{t_1}(x) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(6,25\pi x - \frac{\pi}{2}\right) \text{ avec } x \leq 3,75\lambda = 1,2 \text{ m}.$$

* $y_{t_1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S\right) = a \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_S + \pi\right) = a \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \varphi\right)$ alors

$$-\frac{2\pi}{T} t_1 - \varphi_S + \pi = \varphi \text{ d'où } -\frac{2\pi}{T} 3,75 T - \varphi_S + \pi = \varphi \text{ alors } -6,5\pi - \varphi_S = -\frac{\pi}{2} - \varphi_S = \varphi = -\frac{\pi}{2} \text{ alors } \varphi_S = 0.$$

4°/ $y_{11}(x) = 0$ et $V > 0$ alors $\frac{dy}{dt} > 0$ d'où $\frac{dy}{dx} < 0$ alors il y a 4 points d'abscisse :

$$x_1 = 0,75 \lambda = 0,24\text{m} ; x_2 = 1,75 \lambda = 0,56\text{m} ; x_3 = 2,75 \lambda = 0,88\text{m} \text{ et } x_4 = 3,75 \lambda = 1,2\text{m}.$$

5°/ a- D'après le principe de propagation d'un ébranlement : $y_A(t) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x_A}{C}$.

$$y_A(t) = a \sin(\omega(t - \theta) + \varphi_S) = a \sin(\omega t - \omega \theta + \varphi_S) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{T} \frac{x_A}{C} + \varphi_S\right) = a \sin\left(2\pi N t - \frac{2\pi x_A}{\lambda} + \varphi_S\right)$$

$$\text{or } x_A = 1,625 \lambda \text{ alors } y_A(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(200\pi t - \frac{2\pi \times 1,625\lambda}{\lambda}\right) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(200\pi t + \frac{3\pi}{4}\right)$$

$$\text{pour } t \geq \frac{x_A}{C} = \frac{1,625\lambda}{C} = 1,625T = \frac{1,625}{N} = 1,625 \cdot 10^{-3} \text{ s}.$$

b- A t = 10 ms = T < t_A = 1,625T (instant de début du mouvement du point A) alors le point A est au repos d'où $V_A = 0$.

$$6°/ \Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_M = \frac{\pi}{2} + 2K\pi, \text{ avec } K \in \mathbb{Z} \text{ et } \varphi_M = \frac{-2\pi x}{\lambda} + \varphi_S \text{ alors } \frac{3\pi}{4} + \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2K\pi \text{ alors}$$

$$x = \left(-\frac{1}{4} + 2K\right) \frac{\lambda}{2} \text{ or } 0 \leq x \leq 1,625 \lambda \text{ alors } 0 \leq \left(-\frac{1}{4} + 2K\right) \frac{\lambda}{2} \leq 1,625 \lambda \text{ alors } 0,125 \leq K \leq 1,75$$

$$\text{d'où } K=1 \text{ et } x = 0,875 \lambda = 28 \text{ cm}.$$

Exercice N°3:

1°/ La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

2°/ On observe des rides circulaires concentriques en S qui se propagent.

$$3°/ \frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = \frac{50}{12,56} = 3,98 = 4 - 0,02. \text{ On observe de rides circulaires centrées en S alternativement creux}$$

et crêtes qui progressent lentement dans le sens inverse que celui du réel de propagation.

4°/

$$\text{a- On a : } r_F = C t, \text{ si } t = 0,02\text{s} = T = \frac{1}{N} \text{ alors } r_F = \lambda = 8 \cdot 10^{-3}\text{m}.$$

$$\text{b- } r_F = C t \text{ alors } C = \frac{r_F}{t}. \text{ AN : } C = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0,02} = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

5°/

a- D'après le principe de propagation d'un ébranlement : $y_M(t) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{r_1}{C}$.

$$y_M(t) = a \sin(\omega(t - \theta) + \varphi_S) = a \sin(\omega t - \omega \theta + \varphi_S) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{T} \frac{r_1}{C} + \varphi_S\right) = a \sin\left(2\pi N t - \frac{2\pi r_1}{\lambda} + \varphi_S\right)$$

$$\text{or } r_1 = 4,5 \lambda \text{ alors } y_M(t) = a \sin\left(100\pi t - \frac{2\pi \times 4,5\lambda}{\lambda}\right) = a \sin(100\pi t + \pi)$$

$$\text{pour } t \geq \frac{r_1}{C} = \frac{4,5\lambda}{C} = 4,5T = \frac{4,5}{N} = \frac{4,5}{50} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ s}.$$

b- $y_M(t) = a \sin(\omega t + \pi) = a$ alors $\sin(\omega t + \pi) = 1$ alors $\frac{2\pi}{T} t + \pi = \frac{\pi}{2} + 2K\pi$ d'où $t = (-\frac{1}{2} + 2K) \frac{T}{2}$

or $t \geq 4,5T$ alors $(-\frac{1}{2} + 2K) \frac{T}{2} \geq 4,5T$ alors $K \geq 4,75$ alors $K_{\min} = 5$ et $t = 4,75 T = 9,5 \cdot 10^{-2}$ s.

c- $\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_N = 2K\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ et $\varphi_N = \frac{-2\pi r}{\lambda} + \varphi_S$ alors $\frac{2\pi r}{\lambda} = 2K\pi$ alors $x = K\lambda$

or $0 \leq r \leq 4,5\lambda$ alors $0 \leq K \leq 4,5$. Le point N le plus proche de M correspond à $K_{\max} = 4$ et $x_N = 4\lambda$.
AN : $x_N = 4 \times 8 \cdot 10^{-3} = 32 \cdot 10^{-3}$ m.

Exercice N°4:

1°)

a- $d = 6\lambda$ alors $\lambda = \frac{d}{6} = 8 \cdot 10^{-3}$ m

b- $\lambda = \frac{C}{N}$ alors $C = \lambda \cdot N = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2°/a- $t_A = 1,75 T$ l'instant de début du mvt du point A. $t_A = t_0 + \theta = \theta = \frac{r}{C}$ alors $r = C \cdot t_A = 14 \cdot 10^{-3}$ m.

b- $y_A(t) = a \sin(\omega t + \varphi_A)$. à $t = 1,75 T$ alors $y_A = 0$ alors $a \sin(\frac{2\pi}{T} \cdot 1,75 T + \varphi_A) = 0$ or à $t = 1,75 T$

on a $\frac{dy_A}{dt} > 0$ par suite $-\frac{\pi}{2} + \varphi_A = 0$ alors $\varphi_A = \frac{\pi}{2}$ rad et $y_A(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ avec $t \geq 1,75 T$.

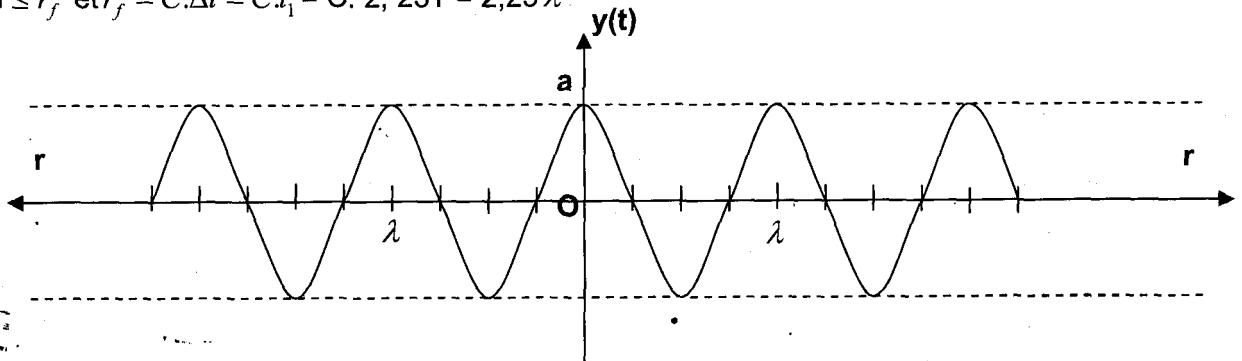
c- $\varphi_A = \frac{-2\pi r_A}{\lambda} + \varphi_O$ alors $\varphi_0 = \frac{2\pi r_A}{\lambda} + \varphi_A = \frac{\pi}{2} + 3,5\pi$ alors $\varphi_O = 0$ rad et $y_O(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t)$ avec $t \geq 0$.

d- $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_M = 2K\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ alors $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi r}{\lambda} = 2K\pi$ alors $r = (\frac{-1}{2} + 2K) \cdot \frac{\lambda}{2}$

L'ensemble des points les plus proche de O sont situés sur les cercles de centre O et de rayon $r = 0,75 \lambda = 6 \cdot 10^{-3}$ m, lorsque $(K = 1)$.

3°/ $y_{11}(r) = a \sin(\omega t_1 - \frac{2\pi r}{\lambda} + \varphi_O)$ avec $t_1 = 2,25 T$ alors $y_{11}(r) = a \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi r}{\lambda}) = a \sin(\frac{\pi}{2} - 250\pi r)$

Avec $r \leq r_f$ et $r_f = C \cdot \Delta t = C \cdot t_1 = C \cdot 2,25 T = 2,25 \lambda$.

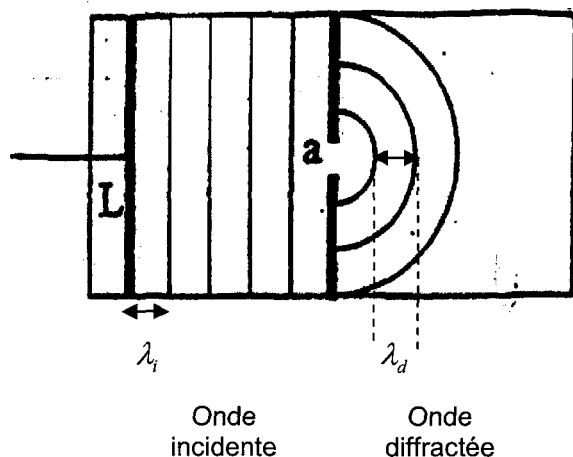


L'ESSENTIEL DU COURS

A/ La diffraction :

* La diffraction d'une onde mécanique est la modification de sa direction de propagation lorsque l'onde passe au voisinage des bords d'un obstacle ou traverse une petite fente de largeur (a) tel que la fréquence N, la célérité v et la longueur d'onde λ ne sont pas modifiées.

* Diffraction d'une onde mécanique :



λ_i : Longueur d'onde de l'onde incidente.

λ_d : Longueur d'onde de l'onde diffractée.

a : Largeur de la fente F.

$\lambda = \lambda_i = \lambda_d$.

$N = N_i = N_d$.

$v_i = \lambda_i N_i$: Vitesse de propagation de l'onde incidente.

$v_d = \lambda_d N_d$: Vitesse de propagation de l'onde diffractée.

$v = v_i = v_d$.

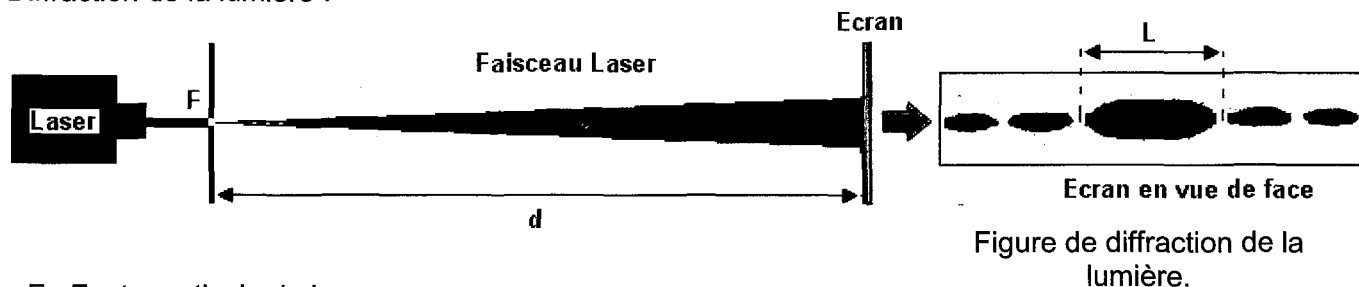
Le phénomène de diffraction d'une onde mécanique est appréciable lorsque a est inférieure ou égale à λ .

Ce phénomène devient plus appréciable lorsque le rapport $\frac{\lambda}{a}$ augmente.

* Remarque :

Le phénomène de diffraction d'une onde mécanique peut être obtenu en utilisant un obstacle de largeur convenablement choisie.

* Diffraction de la lumière :



F : Fente verticale de largeur a.

* Sur l'écran, on observe des taches lumineuses séparées par des zones sombres étalées suivant une direction perpendiculaire à la fente. La tache centrale est la plus large et la plus lumineuse.

* Remarque :

- Le phénomène de diffraction de la lumière devient plus appréciable lorsqu'on augmente le rapport $\frac{\lambda}{a}$.

- Le phénomène de diffraction de la lumière peut être obtenu en utilisant un obstacle de largeur a convenablement choisi (Cheveux par exemple).

* Par analogie avec la diffraction d'une onde mécanique on peut conclure que la lumière a un caractère ondulatoire.

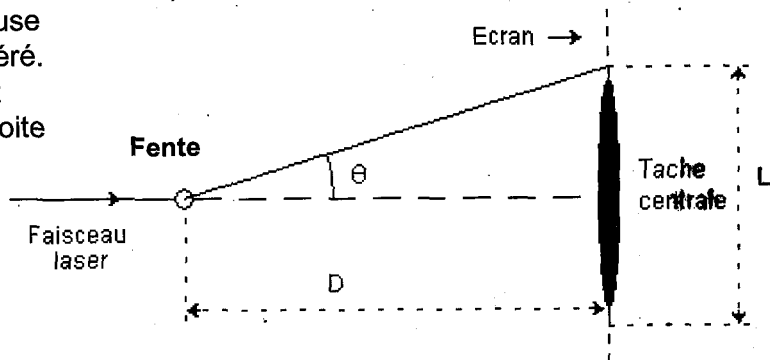
* Dans un milieu homogène et transparent toute lumière (ou radiation lumineuse) monochromatique est caractérisée par sa couleur, sa fréquence ν et sa célérité V tel que $V = \lambda \nu$. (λ est la longueur d'onde de la lumière monochromatique dans le milieu considéré).

* λ : Longueur d'onde de la radiation lumineuse monochromatique dans le milieu considéré.

θ : Ecart angulaire (rad) entre l'axe passant par le milieu de la tache centrale et la droite reliant la fente F et le milieu de la 1^{ère} zone sombre voisine de la tache centrale.

L : Largeur de la tache centrale.

D : Distance entre la fente et l'écran.



$$\text{tg}\theta = \frac{L}{2D}$$

Sachant que θ (rad) est faible alors $\text{tg}\theta = \theta(\text{rad}) = \frac{L}{2D}$, en admettant que $\theta = \frac{\lambda}{a}$ alors $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$

$$\text{d'où } L = \frac{2D\lambda}{a}$$

*Remarque :

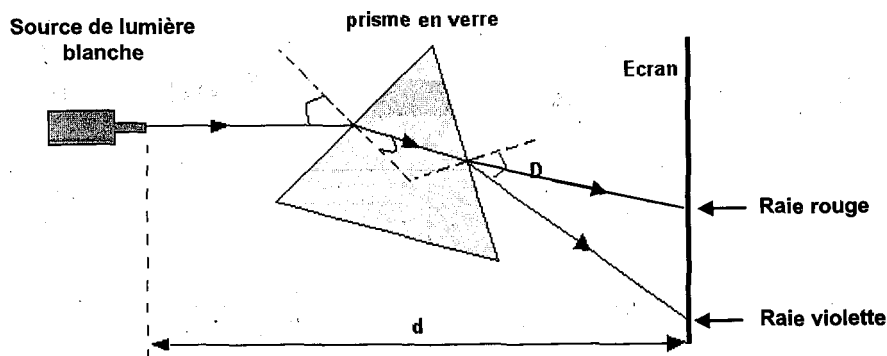
La courbe d'évolution de L en fonction de $\frac{1}{a}$ est une droite qui passe par l'origine de coefficient égale $2D\lambda$.

B/ La dispersion :

* La lumière blanche est formée par une infinité de lumière de couleurs différentes, elle est dite lumière polychromatique.

* Une lumière constituée d'une seule radiation est appelée lumière monochromatique caractérisée par une fréquence.

* Dispersion de la lumière blanche :



On observe sur l'écran le spectre visible de la lumière blanche limitée par un raie rouge (le moins dévié) et un raie violette (le plus dévié).

Les différentes radiations constituant la lumière blanche ne sont pas déviées du même angle D par un prisme, c'est le phénomène de dispersion.

- * On définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent, n , comme étant le quotient de la célérité, c , de propagation de la lumière dans le vide par la célérité, V , de propagation de la même radiation dans le milieu.

$$\text{Expression de } n : n = \frac{c}{V} = \frac{3 \cdot 10^8}{V} \text{ (sans unité).}$$

* Remarques:

- La célérité de propagation et la longueur d'onde d'une radiation lumineuse dépendent de la nature du milieu transparent alors que sa fréquence est invariante.
- L'indice de réfraction, n , d'un milieu dispersif dépend de la fréquence de la radiation lumineuse.
- Soient :

λ_0 : Longueur d'onde de la radiation dans le vide.

λ : Longueur d'onde de la même radiation dans un milieu transparent donnée.*

$$n = \frac{c}{V} = \frac{\lambda_0 \cdot N}{\lambda \cdot N} = \frac{\lambda_0}{\lambda} > 1.$$

- * Un milieu transparent d'indice de réfraction, n , dont la célérité d'une radiation lumineuse dépend de sa fréquence est appelé milieu dispersif.

Exemple :

L'air est un milieu non dispersif.

Le verre est un milieu dispersif.

EXERCICES

Exercice N°1 :

Un laser produisant une lumière de longueur d'onde, λ , éclaire une fente F de largeur a. Sur un écran E placé à une distance D de la fente, on observe une figure constituée de tâches lumineuses. Figure -1-

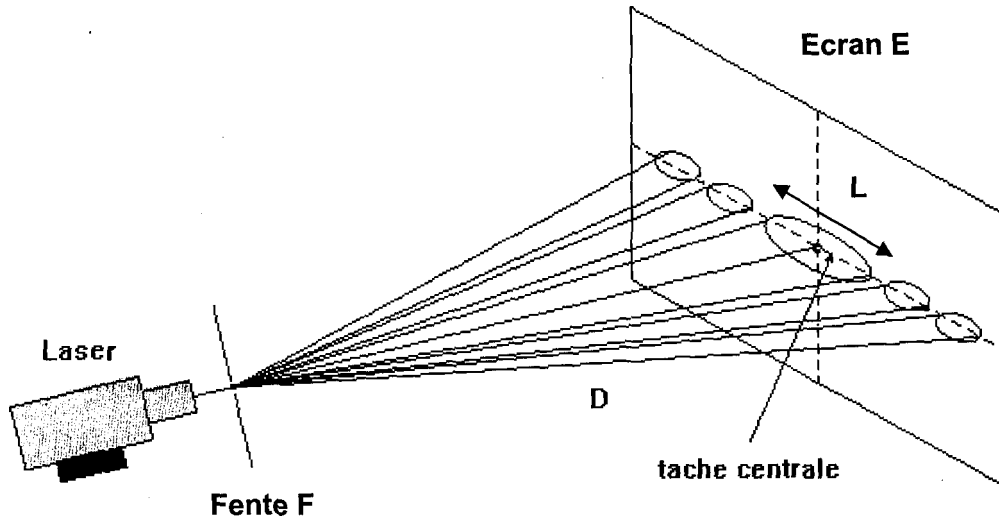


Figure-1-

1°/

a- De quel phénomène physique s'agit-il ?

b- Quel est l'aspect de la lumière mis en évidence par cette expérience?

2°/ L'écart angulaire, θ , entre les deux rayons lumineux limitant le faisceau lumineux qui forme la tache centrale de largeur L. figure -2-

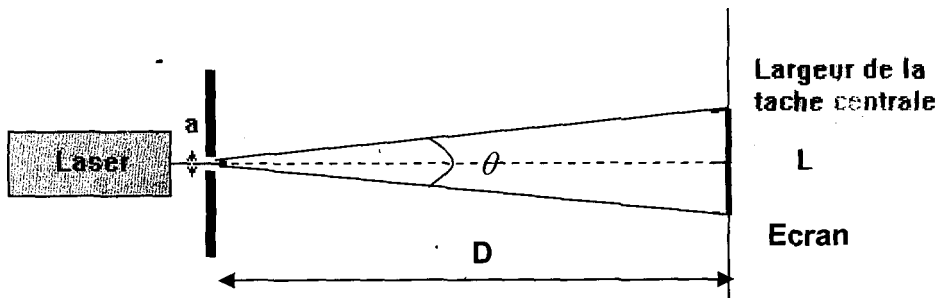


Figure-2-

-2-

a- Donner la relation entre θ , λ et a.

b- Etablir l'expression de la largeur, L, de la tache centrale en fonction de λ , D et a.

3°/ Pour une distance $D=1,5\text{m}$, on fait varier la largeur, a, de la fente et on mesure la valeur de L correspondante.

Les résultats de l'expérience ont permis de tracer la courbe $L = f\left(\frac{1}{a}\right)$ représentée par la **figure -3-**.

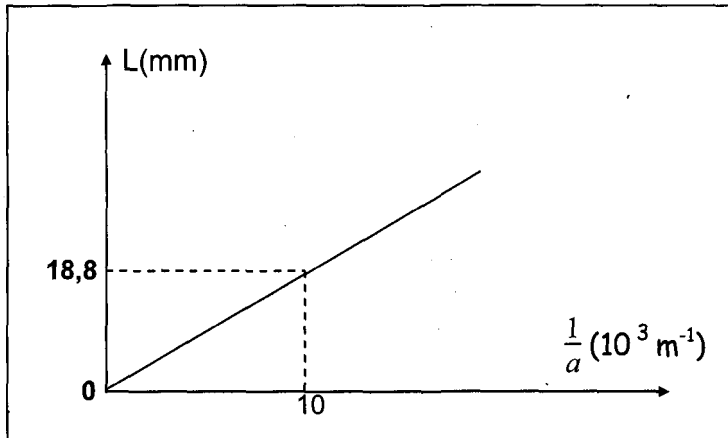


Figure-3-

Déterminer La longueur d'onde, λ , du laser utilisé.

4°/ La largeur de la fente est fixée à la valeur $a = 100\mu\text{m}$, on déplace l'écran et on mesure à chaque fois la largeur L de la tache centrale correspondante. On obtient le tableau suivant :

D(m)	1,7	1,5	1,2	1
L(mm)	21,5	19	15	12,5
$\frac{L}{D}$				

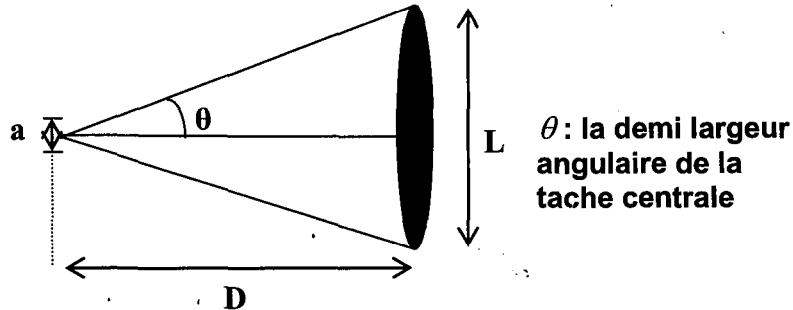
a- Reproduire et compléter le tableau. Déduire la valeur moyenne de $\frac{L}{D}$.

b- Retrouver la longueur d'onde, λ , du laser utilisé.

Exercice N°2 :

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une source Laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 inconnue.
 On se propose de déterminer expérimentalement la longueur d'onde, λ_0 , de la radiation Laser.
 On dispose pour cela :

- D'une fente rectangulaire de largeur a .
- D'un stylo laser.
- D'une autre source de lumière de longueur d'onde, λ_1 , connue est égale à **543 nm**.



On réalise deux expériences différentes, la figure obtenue est recueillie sur un écran situé à la distance D de la fente et chaque fois on mesure la largeur L de la tache centrale.
 Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant:

expérience	Longueur d'onde de la radiation émise.	Distance entre la fente et l'écran	Largeur de la fente	Largeur de la tache centrale
N°1	$\lambda_1 = 543 \text{ nm}$	D	a	$L_1 = 3,02 \text{ cm}$
N°2	λ_0	D	a	$L_0 = 4,00 \text{ cm}$

1°/

- a- De quel phénomène physique s'agit-il ? Décrire brièvement la figure formée sur l'écran.
- b- Quel caractère peut-on donner à la lumière suite de cette expérience.

2°/ Sachant que la valeur, en radian, de l'angle θ est très faible. Exprimer θ en fonction de L et D .

3°/ Etablir la relation entre L , λ , D et a , sachant que $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

4°/

- a- Etablir la relation entre L_1 , L_0 , λ_1 et λ_0 .
- b- Calculer λ_0 .

CORRECTION

Exercice N°1 :

1°/

a- Il s'agit d'un phénomène de diffraction lumineuse.

b- L'aspect ondulatoire.

2°/

a- $\frac{\theta}{2} = \frac{\lambda}{a}$.

b- $\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{L}{2.D}$, sachant que θ (rad) est faible alors $\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2}$ (rad) alors $\frac{\theta}{2} = \frac{L}{2.D} = \frac{\lambda}{a}$ d'où $L = \frac{2.D.\lambda}{a}$

3°/ La courbe d'évolution de L en fonction de $\frac{1}{a}$ est une droite qui passe par l'origine d'équation $L = K \cdot \frac{1}{a}$

K = Coefficient de la droite = $\frac{18,8.10^{-3}}{10.10^3} = 1,88.10^{-6} m^2$. D'autre part $L = 2.D.\lambda \frac{1}{a}$.

Par identification $2.D.\lambda = 1,88.10^{-6} m^2$ alors $\lambda = \frac{K}{2.D}$. AN : $\lambda = \frac{1,88 \times 10^{-6}}{2 \times 1,5} = 6,266.10^{-7} m$.

4°/

a- $\frac{L}{D}$: 1,264.10⁻² 1,266.10⁻² 1,264.10⁻² 1,250.10⁻² 1,250.10⁻².

$$\frac{L}{D_{(Moy)}} = \frac{1,264.10^{-2} + 1,266.10^{-2} + 1,264.10^{-2} + 1,250.10^{-2} + 1,250.10^{-2}}{5} = 1,258.10^{-2} m.$$

b- $\frac{L}{D_{(Moy)}} = \frac{2.\lambda}{a}$ alors $\lambda = \frac{L}{D_{(Moy)}} \cdot \frac{a}{2}$ AN : $\lambda = \frac{1,258.10^{-2} \cdot 10^{-4}}{2} = 6,29.10^{-7} m$

Exercice N°2 :

1°/

a- Diffraction de la lumière.

On observe sur l'écran la figure de diffraction formée par une tache centrale lumineuse (la plus large et la plus brillante) entourée par des taches lumineuses brillantes séparées par des zones sombres.

b- La lumière a une nature ondulatoire.

2°/ $\operatorname{tg} \theta = \theta = \frac{L}{2D}$.

3°/ $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ alors $L = \frac{2D\lambda}{a}$.

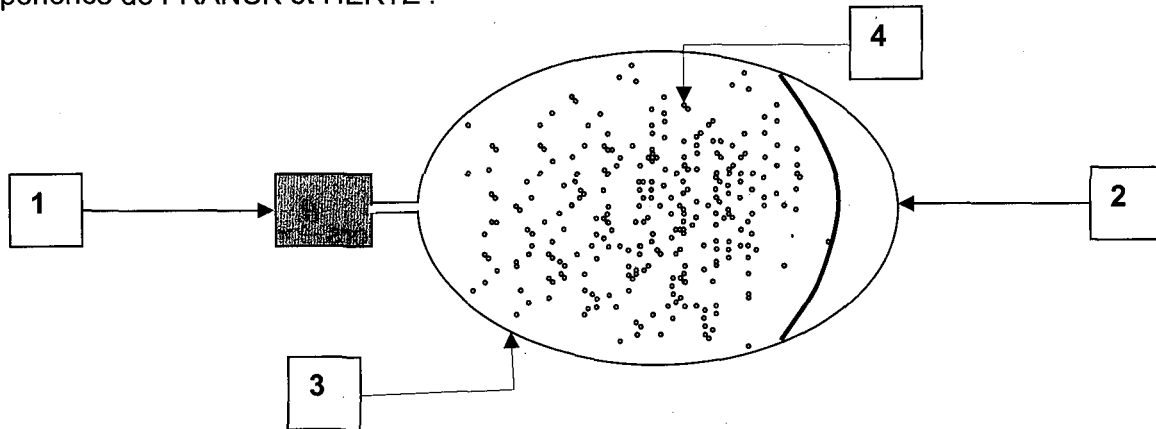
4°/

a- $L_0 = \frac{2D\lambda_0}{a}$, $L_1 = \frac{2D\lambda_1}{a}$ alors $\frac{L_0}{L_1} = \frac{\lambda_0}{\lambda_1}$.

b- $\lambda_0 = \lambda_1 \cdot \frac{L_0}{L_1} = 719 \text{ nm}$.

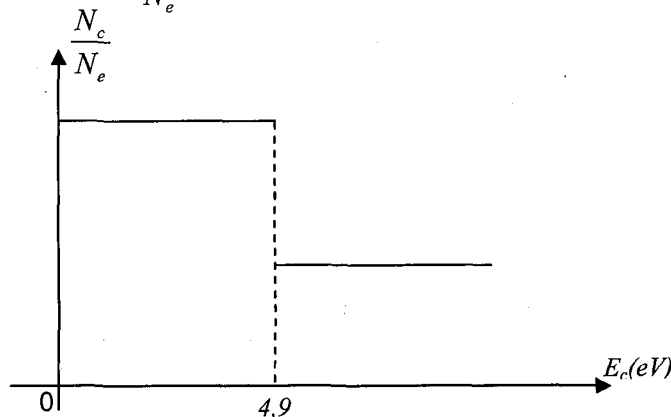
L'ESSENTIEL DU COURS

* Expérience de FRANCK et HERTZ :



- 1- Canon émetteur d'électrons de même énergie cinétique de départ E_c émettant le nombre N_e d'électrons par unité de temps.
- 2- Capteur analyseur permettant de compter seulement le nombre, N_c , d'électrons qui peuvent l'atteindre avec la même énergie cinétique de départ du canon par unité de temps.
- 3- Enceinte contenant de la vapeur de mercure à faible pression.
- 4- Atome de mercure.

La courbe d'évolution du rapport $\frac{N_c}{N_e}$ en fonction de l'énergie cinétique E_c de l'électron à l'émission du canon



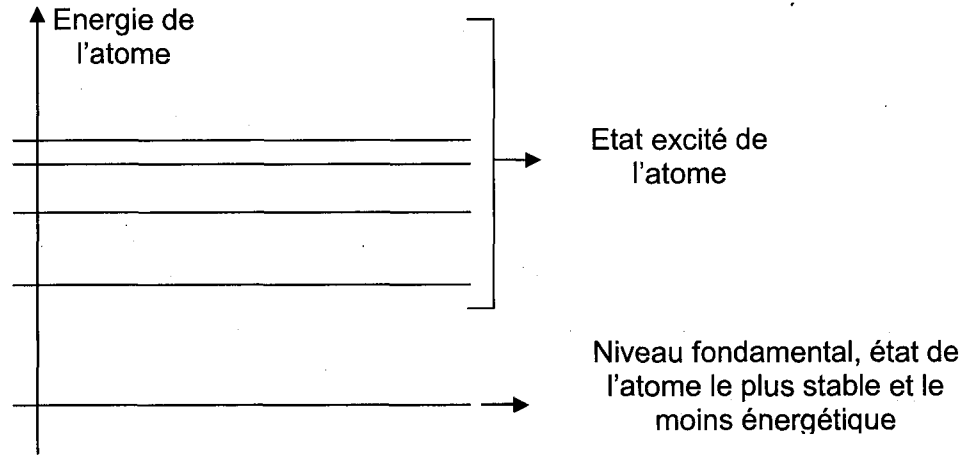
On constate que :

- Si $E_c < 4,9\text{eV}$: $\frac{N_c}{N_e} = 1$ d'où $N_c = N_e$, alors tous les électrons émis par le canon atteindraient le capteur analyseur avec la même énergie cinétique de départ ; le choc entre l'électron et l'atome de mercure est effectué sans perte d'énergie, il s'agit d'un choc élastique.
- Si $E_c \geq 4,9\text{eV}$: $\frac{N_c}{N_e} < 1$ d'où $N_c < N_e$, alors il ya des électrons émis par le canon n'arrivent pas au capteur avec la même énergie cinétique, E_c , de départ du canon ; le choc entre l'atome de mercure

et l'électron est effectué avec perte d'énergie, il s'agit d'un choc inélastique.

Conclusion : L'expérience de FRANCK et HERTZ montre que l'atome de mercure ne peut prendre que des valeurs d'énergie bien déterminées, c'est la quantification de l'énergie.

* L'énergie d'un atome donné ne peut prendre que certaines valeurs particulières appelées niveau d'énergie, l'ensemble des niveaux d'énergie associés à un atome est unique et appelé diagramme d'énergie.



Le passage d'un atome d'un niveau d'énergie à un autre est appelé transition.

* Tout atome est caractérisé par son propre spectre d'émission et d'absorption.

- Le spectre d'émission d'un atome est un spectre discontinu formé par des raies colorées sur un fond noir.
- Le spectre d'absorption d'un atome est un spectre discontinu formé par des raies noires (cannelures) sur un fond coloré qui correspond au spectre visible de la lumière blanche.

* L'aspect ondulatoire de la lumière ne permet pas d'expliquer le spectre atomique (d'émission ou d'absorption) d'un atome, pour cela on admet que toute radiation lumineuse de longueur d'onde λ et de fréquence ν est constitué d'un flux de corpuscules considérées comme des particules électriquement neutres qui n'ont pas de masse appelés photons, c'est le caractère corpusculaire de la lumière.

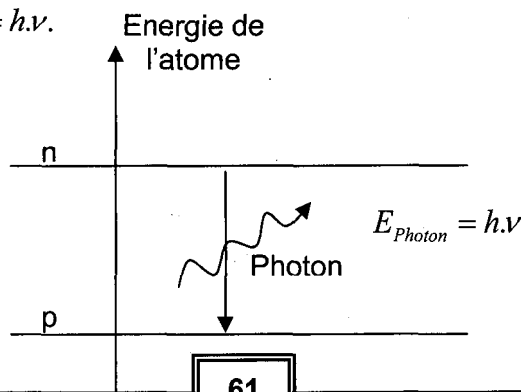
Chaque photon porte une énergie :

$$E_{\text{photon}} = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (\text{quantum d'énergie}).$$

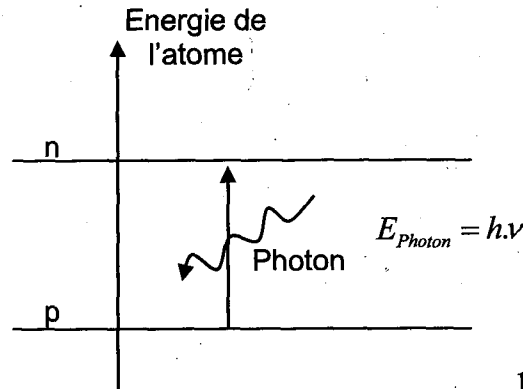
\uparrow \uparrow \uparrow
 J Js Hz

h : constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Js.

* Chaque raie colorée du spectre d'émission d'un atome correspond à une transition d'un niveau d'énergie supérieure E_n à un niveau d'énergie inférieure E_p ($E_p < E_n$) au cours de laquelle l'atome libère une énergie : $E_{\text{photon}} = E_n - E_p = h \cdot \nu$.



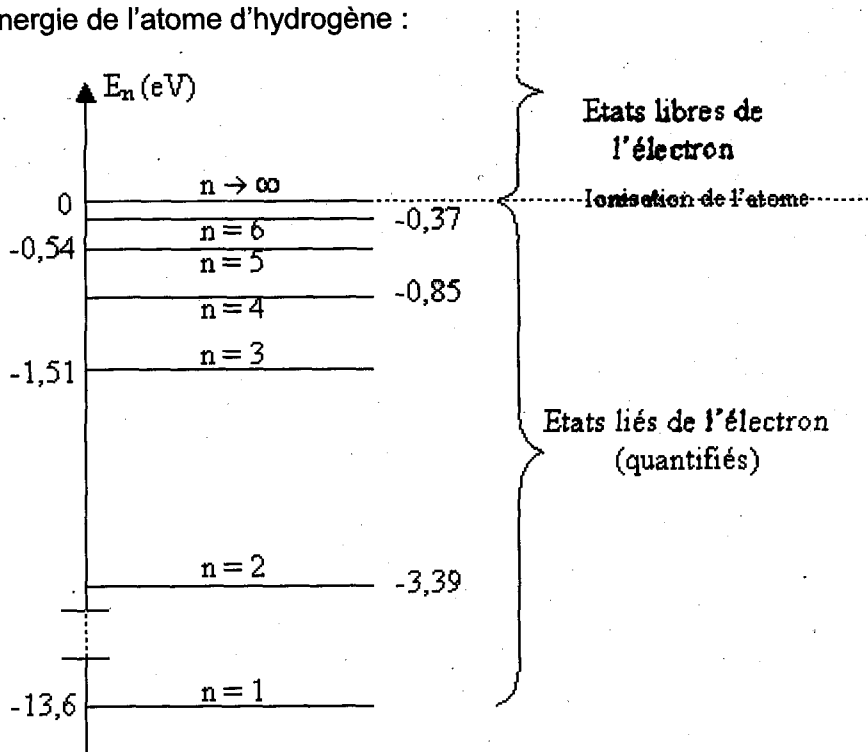
* Chaque raie noire du spectre d'absorption d'un atome correspond à une transition d'un niveau d'énergie inférieure E_p à un niveau d'énergie supérieure E_n ($E_p < E_n$) au cours de laquelle l'atome est excité par un photon (ou un électron...) d'énergie $E_{\text{photon}} = |E_p - E_n| = h\nu$.



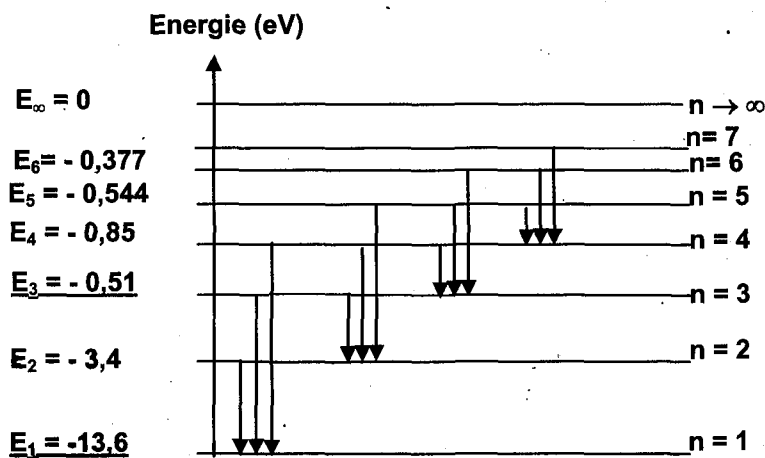
* L'énergie de l'atome d'hydrogène est donnée par l'expression : $E_n = -\frac{13,6}{n^2} (eV)$

tel que $n \in \mathbb{N}^*$: C'est le nombre quantique principal il désigne le numéro du niveau d'énergie de l'atome.

*Diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène :



- * -Toutes les transitions aboutissant au niveau fondamental $n=1$ constituent une série de raies invisibles appelée série de Lyman.
- Les raies correspondantes aux transitions qui aboutissent au niveau excité $n=2$ constituent la série de Balmer.
- La série de raies infrarouge correspondant au retour vers le niveau excité $n=3$ s'appelle série de Paschen et celle vers le niveau $n=4$ est la série de Brackett.



* L'énergie d'ionisation d'un atome est l'énergie minimale qu'il faut fournir à cet atome pour l'ioniser. L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène initialement à l'état fondamental est tel que :

$$E_1 + E_{ionisation} = 0 \text{ alors } E_{ionisation} = -E_1 = -\frac{(-13,6)}{1} = 13,6eV.$$

* Lorsqu' un atome d'hydrogène initialement au niveau p d'énergie E_p reçoit un photon d'énergie $E_{photon} = h\nu$, il existe 4 situations groupées en deux cas :

• **1^{er} cas :** L'électron reste lié à son noyau : $E_{photon} < E_{ionisation}$

- 1^{ère} situation : $E_p + E_{photon} = E_n$; E_n étant l'énergie de l'atome de l'hydrogène au niveau n .

Le photon est absorbé par l'atome qui passe du niveau p au niveau n .

- 2^{ème} situation : $E_p + E_{photon} \neq E_n$. Le photon est diffusé et l'atome reste au niveau p .

Pour montrer que le photon va être absorbé ou diffusé on peut utiliser la méthode suivante :

$$-\frac{13,6}{p^2} (eV) + E_{photon} (eV) = -\frac{13,6}{n^2} (eV) \text{ alors } \frac{13,6}{n^2} (eV) = \frac{13,6}{p^2} (eV) - E_{photon} (eV)$$

$$\text{d'où } n = \sqrt{\frac{13,6}{\left(\frac{13,6}{p^2} - E_{photon}\right)}}$$

Si $n \in \mathbb{N}^*$ le photon est absorbé par l'atome qui passe du niveau p au niveau n .

Si $n \notin \mathbb{N}^*$ le photon est diffusé et l'atome reste au niveau p .

• **2^{ème} cas :** L'électron devient libre : $E_{photon} \geq E_{ionisation}$ l'atome est ionisé.

- 1^{ère} situation : $E_{photon} = E_{ionisation}$:

Le photon est absorbé par l'atome d'hydrogène qui s'ionise tel que son électron est libéré sans énergie cinétique.

- 2^{ème} situation : $E_{photon} > E_{ionisation}$:

Le photon est absorbé par l'atome d'hydrogène qui s'ionise tel que son électron est libéré avec une énergie cinétique $E_c = E_{photon} - E_{ionisation}$.

EXERCICES

On donne : La constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s. La célérité de la lumière $C = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.
 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J. Masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

Exercice N°1 :

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ tel que } E_0 = 13,6 \text{ eV et } n \in \mathbb{N}^*.$$

1°/

a- Représenter le diagramme énergétique formé par les trois premiers niveaux d'énergie ($n=1$, $n=2$ et $n=3$) ainsi que le niveau d'énergie ionisé.

b- Expliquer la phrase : les niveaux d'énergie de l'atome sont quantifiés.

2°/ Lorsqu'un atome d'hydrogène absorbe une radiation de longueur d'onde, λ , il passe d'un niveau d'énergie n à un autre p .

a- Comparer p et n .

b- Montrer que la longueur d'onde, λ , de la radiation absorbée s'exprime par $\lambda = \frac{h \cdot C}{E_p - E_n}$.

c- Déterminer la plus grande longueur d'onde, λ , des radiations que peut absorber l'atome d'hydrogène supposé dans son état fondamental

3°/ On fournit à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental une énergie, w , d'un photon, l'atome est ionisé et que son électron quitte le noyau avec une vitesse initiale $v = 10^6$ m.s⁻¹.
 Calculer l'énergie, w , du photon.

4°/ Les radiations suivantes constituent le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène dans le domaine visible de la lumière.

Couleur	Rouge	Bleue	indigo	violet
Longueur d'onde λ (nm)	656	486	434	410

a- Laquelle (ou les quelles) des informations suivantes est correcte (ou sont correctes)? Corriger l'information fautive (ou les informations fautes).

a₁- Le dispositif qui permet d'obtenir un tel spectre nécessite une source de lumière blanche.

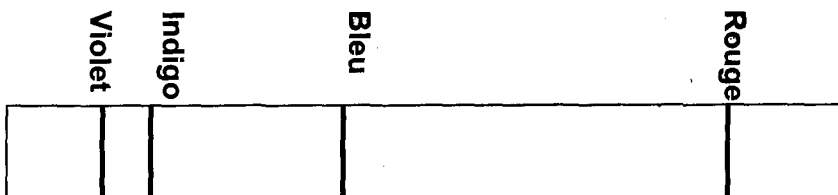
a₂- Le spectre obtenu est discontinu.

a₃- On peut avoir un autre élément chimique ayant le même spectre d'émission que celui de l'hydrogène.

b- Décrire le spectre d'absorption de l'hydrogène.

Exercice N°2 :

L'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène révèle un spectre formé de raies colorées sur un fond noir correspondant à des longueurs d'ondes bien déterminées.



- 1°/ Indiquer si le spectre obtenu est un spectre d'émission ou d'absorption et s'il est continu ou discontinu.
 2°/ On donne les longueurs d'ondes des raies du spectre précédent.

Raie	H _R	H _B	H _I	H _V
Couleur	Rouge	Bleue	indigo	violet
Longueur d'onde λ (nm)	656	486	434	410

Pour interpréter les raies spectrales de l'atome d'hydrogène, le modèle de Bohr impose à cet atome une énergie quantifiée $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ avec $E_0 = 13,6 \text{ eV}$, E_n est l'énergie de l'atome d'hydrogène en (eV) et n est un entier naturel non nul.

- a- Sur le diagramme de la figure -1-, sont portés quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène. Calculer les énergies E_1 et E_3 en (eV).
 b- Compléter le diagramme de la figure -2- en indiquant les valeurs de E_1 et E_3 et les termes : état fondamental, état excité et état ionisé.

- 3°/ En 1885, Balmer découvre une formule mathématique simple qui donne les valeurs des longueurs d'onde d'une série de quatre raies du spectre de l'atome d'hydrogène vérifiant la relation suivante :

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{9,13 \cdot 10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \quad \text{Avec : } n = 3, 4, 5, 6 \dots$$

$\lambda_{n \rightarrow 2}$: La longueur d'onde de la radiation émise lors de la transition d'un niveau énergétique d'ordre n vers le niveau énergétique d'ordre 2.

- a- Montrer la relation précédente de Balmer.
 b- Déterminer à quelles transitions électroniques correspond chacune des quatre raies.
 c- Représenter sur le diagramme de la figure -1- les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène pour ces quatre raies.

- 4°/ On fournit successivement à un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental les quanta (photons) d'énergies suivants :

- * E = 6 eV.
- * E' = 18 eV.

Dans quel cas l'atome d'hydrogène pourra-t-il absorber l'énergie fournie et dans quel état se trouvera-t-il?

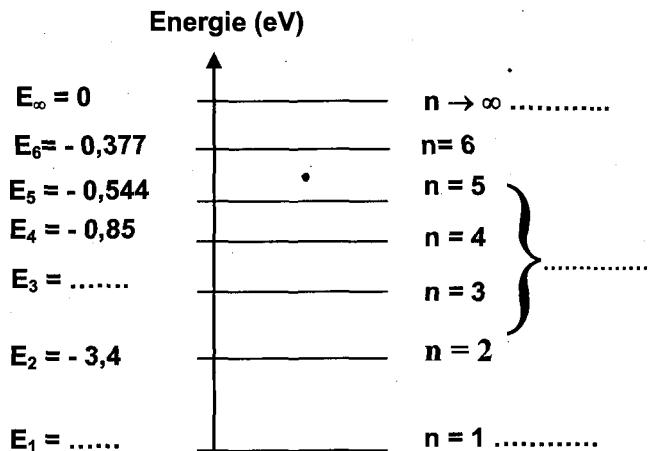


Figure-1-

CORRECTION

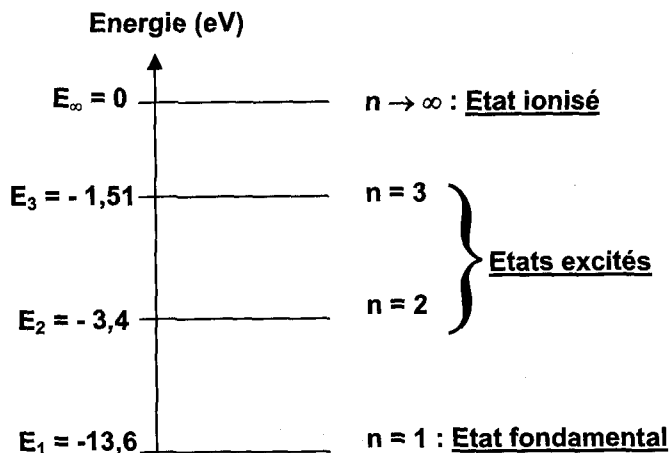
Exercice N°1 :

1°/

a- Pour $n=1$: $E_1 = -E_0$.AN : $E_1 = -13,6$ eV et

Pour $n=2$: $E_2 = -\frac{E_0}{2^2}$.AN : $E_2 = -3,4$ eV

Pour $n=3$: $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$.AN : $E_3 = -1,51$ eV



b- L'atome ne peut prendre que des valeurs d'énergie bien déterminées.

2°/

a- $n < p$.

b- $E_{\text{photon}} = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_p - E_n$ d'où $\lambda = \frac{h \cdot c}{E_p - E_n}$.

c- La longueur d'onde la plus grande correspondante à la radiation absorbée lors de la transition de

l'atome du niveau $n=1$ au niveau $p=2$, alors $\lambda = \frac{h \cdot c}{E_2 - E_1}$ AN: $\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(-3,4 + 13,6) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,22 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

3°/ $E_{\text{photon}} = E_{\text{ionisation}} + E_c$ Avec $E_{\text{ionisation}} = E_0 = 13,6$ eV

$E_c = \frac{1}{2} m v^2$ AN : $E_c = 0,5 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{12} = 4,55 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,84$ eV.

AN: $E_{\text{photon}} = 13,6 + 2,84 = 16,44$ eV.

4°/

a-

a_2 est correcte.

a_1 : Le dispositif qui permet d'obtenir un tel spectre nécessite une source de lumière à vapeur d'hydrogène.

a_3 : On ne peut pas avoir un élément chimique ayant le même spectre d'émission que celui de l'hydrogène

b- Le spectre d'absorption de l'atome d'hydrogène est formé par des raies noires sur le spectre visible de la lumière.

Exercice N°2 :

1°/ Le spectre obtenu est d'émission et discontinu.

2°/

a- $E_1 = -E_0$.AN : $E_1 = -13,6$ eV et $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$.AN : $E_3 = -1,51$ eV.

b-

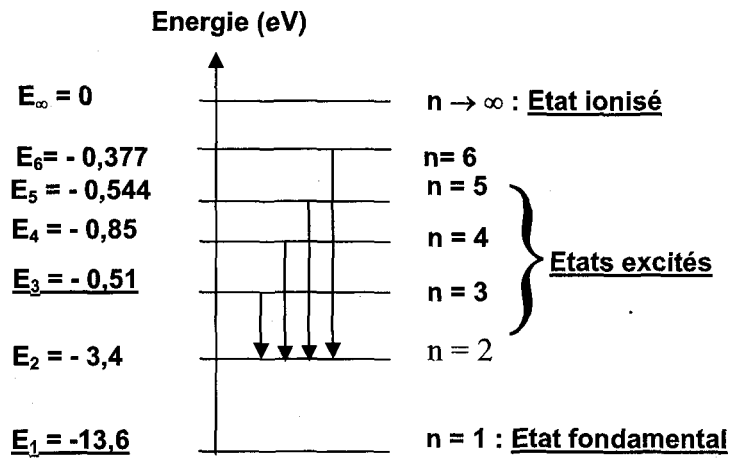


Figure-1-

3°/

a- W_{photon} : Energie libérée par l'atome d'hydrogène lors de la transition d'un niveau énergétique d'ordre n vers le niveau énergétique d'ordre 2.

$$W_{\text{photon}} = E_n - E_2 = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{2^2} = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } E_0 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{h \times C}{E_0 \times \lambda_{n \rightarrow 2}}$$

$$\text{alors } \frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{h \times C}{E_0 \times \lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ AN : } \frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times \lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } \frac{1}{n^2} \approx \frac{1}{4} - \frac{9,13 \cdot 10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}}$$

$$\text{b- } n = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{9,13 \cdot 10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}}}}$$

- ** $\lambda_{\text{(rouge)}} = 656 \text{ nm}$ alors $n=3$ par suite l'émission de la radiation rouge (H_R) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=3$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.
- ** $\lambda_{\text{(bleue)}} = 486 \text{ nm}$ alors $n=4$ par suite l'émission de la radiation bleue (H_B) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=4$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.
- ** $\lambda_{\text{(indigo)}} = 434 \text{ nm}$ alors $n=5$ par suite l'émission de la radiation indigo (H_I) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=5$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.
- ** $\lambda_{\text{(violet)}} = 410 \text{ nm}$ alors $n=6$ par suite l'émission de la radiation violet (H_V) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=6$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.

c- Figure-2-

4°/

- ** $E_1 + E = -13,6 + 6 = -7,6 \text{ eV}$. Cette énergie $-7,6 \text{ eV}$ ne correspond à aucun niveau énergétique de l'atome d'hydrogène par suite le photon est diffusé et l'atome d'hydrogène reste à l'état fondamental.
- ** $E_1 + E' = -13,6 + 18 = 4,4 \text{ eV}$. Cette énergie $4,4 \text{ eV}$ est positive par suite l'atome d'hydrogène absorbe le photon et s'ionise avec une énergie de $13,6 \text{ eV}$ et le reste d'énergie $4,4 \text{ eV}$ est communiquée à son électron sous forme d'énergie cinétique.

L'ESSENTIEL DU COURS

A/ Noyau atomique :

- * Le noyau atomique est formé par des nucléons (protons et neutrons).
- Le proton est une particule chargée d'électricité positive ($q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$) et de masse $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
Le nombre de proton dans le noyau est appelé nombre de charge ou numéro atomique noté Z.
- Le neutron est une particule électriquement neutre de masse $m_n = 1,6750 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
Le nombre de neutrons dans le noyau noté N
- Le nombre total de nucléons dans le noyau noté A est appelé le nombre de masse tel que $A = N + Z$.
- * ${}^A_Z X$ est le symbole du noyau d'élément X.
- * Les isotopes d'un élément chimique est l'ensemble des noyaux ayant le même nombre de charge Z et de nombre de masse A différents.
- * L'unité de masse atomique noté u tel que $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
Exemple : m (proton) = 1,0072 u et m(neutron) = 1,00867 u.
- * Tout corps au repos de masse m dans un référentiel donné possède une énergie de masse E_0 exprimée par :

$$J \longrightarrow E_0 = m \cdot C^2 \longleftarrow 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

↑
kg

*Remarques :

- L'énergie peut être exprimée en électron Volt (eV) ou en méga électron Volt (MeV) tel que :
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$ et $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{J}$.
- La masse peut être exprimée en $\text{MeV} \cdot \text{C}^{-2}$ tel que : $1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$.

$$\text{MeV} \longrightarrow E_0 = m \cdot C^2$$

↑
 $\text{MeV} \cdot \text{C}^{-2}$

Exemple : Si $m = 2 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$ alors $E_0 = 2 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2} \times C^2 = 2 \text{ MeV}$.

- * Le défaut de masse d'un noyau atomique ${}^A_Z X$ noté Δm est égale à la différence de la somme des masses de ses nucléons pris séparément et la masse du noyau considéré, il est toujours positive.
 $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m({}^A_Z X) > 0$.
- * L'énergie de liaison ou de cohésion d'un noyau atomique notée, E_l , est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en nucléons isolés et immobiles.

$$J \longrightarrow E_l = \Delta m \cdot C^2 \longleftarrow 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

↙ MeV ↘ $\text{MeV} \cdot \text{C}^{-2}$
 ↑ kg

* L'énergie de liaison par nucléon d'un noyau atomique notée E_l/A est l'énergie qu'il faut fournir à ce noyau au repos pour séparer un seul nucléon isolé et immobile et exprimée par : $E_l/A = \frac{E_l}{A}$.

* Pour comparer la stabilité des noyaux il suffit de comparer leurs énergies de liaisons par nucléon, le noyau le plus stable est celui qui possède l'énergie de liaison par nucléon la plus grande.

* Dans le cas où les noyaux ont le même nombre de masse A, la comparaison de leurs énergie de liaison permet de comparer leurs stabilité.

B/ Réactions nucléaire spontanées (Radioactivité) :

* La radioactivité est une réaction nucléaire spontanée au cours de la quelle certains noyaux atomiques (radioéléments ou noyaux radioactifs) émettent spontanément des rayonnement radioactifs.

* Il existe trois types de radioactivité :

- Radioactivité α : Emission spontanée des noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

- Radioactivité β^- : Emission des électrons (négaton) ${}^0_{-1}e$.

- Radioactivité β^+ : Emission des positons ${}^0_{+1}e$ c'est une radioactivité artificielle.

Le rayonnement γ est une émission de photon qui accompagne généralement les radioactivités précédentes.

* Au cours d'une réaction nucléaire spontanée il y a conservation :

- du nombre de masse A.

- du nombre de charge Z.

- de l'énergie totale du système.

* Equation de la radioactivité α : ${}^A_Z X \text{ (Noyau père)} \longrightarrow {}^4_2\text{He (Particule émise)} + {}^{A'}_{Z'} Y \text{ (Noyau fils)}$.

D'après la loi de conservation du nombre de masse : $A=A'+4$.

D'après la loi de conservation du nombre de charge : $Z=Z'+2$.

* Equation de la radioactivité β^- : ${}^A_Z X \text{ (Noyau père)} \longrightarrow {}^0_{-1}e \text{ (Particule émise)} + {}^{A'}_{Z'} Y \text{ (Noyau fils)}$.

D'après la loi de conservation du nombre de masse : $A=A'$.

D'après la loi de conservation du nombre de charge : $Z=Z'-1$.

L'émission de ${}^0_{-1}e$ résulte à la transformation d'un neutron 1_0n du noyau père en un proton 1_1p

selon l'équation : ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$.

* Equation de la radioactivité β^+ : ${}^A_Z X \text{ (Noyau père)} \longrightarrow {}^0_{+1}e \text{ (Particule émise)} + {}^{A'}_{Z'} Y \text{ (Noyau fils)}$.

D'après la loi de conservation du nombre de masse : $A=A'$.

D'après la loi de conservation du nombre de charge : $Z=Z'+1$.

L'émission de ${}^0_{+1}e$ est résulte à la transformation d'un proton 1_1p du noyau père en un neutron 1_0n

selon l'équation : ${}^1_1p \longrightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$.

* Le rayonnement γ est dû à la transformation d'un noyau de l'état excité (énergétiquement instable) au quel il est formé à l'état fondamental

${}^A_Z X \text{ (Noyau père)} \longrightarrow {}^a_b X \text{ (Particule émise)} + {}^{A'}_{Z'} Y^* \text{ (Noyau fils à l'état excité)}$

${}^{A'}_{Z'} Y^* \text{ (Noyau fils à l'état excité)} \longrightarrow \gamma \text{ (Photon)} + {}^{A'}_{Z'} Y \text{ (Noyau fils à l'état fondamental)}$

* Au cours d'une réaction nucléaire spontanée il y a toujours diminution de masse qui se transforme en énergie libérée w_{lib} exprimée par : $w_{lib} = (m_{\text{(Noyau père)}} - (m_{\text{(Noyau fils)}} + m_{\text{(Particule émise)}})) c^2$.

Cette énergie libérée peut être aussi exprimée en fonction des énergies de liaison des noyaux réactifs et des noyaux produits.

$$w_{lib} = \sum E_{\ell} (\text{Noyaux produits}) - \sum E_{\ell} (\text{Noyaux réactifs})$$



$$w_{lib} = E_{\ell(Y)} + E_{\ell(He)} - E_{\ell(X)} = (m_X - (m_Y + m_{He})) \cdot c^2.$$

* Remarque : Les particules ${}^1_0 n$, ${}^1_1 p$, ${}^0_{-1} e$ et ${}^0_{+1} e$ n'ont pas d'énergie de liaison.

* Conservation de l'énergie totale au cours d'une réaction nucléaire spontanée.



alors : $w_{lib} = E_{c(Y)} + E_{c(X)}$.

- Si la réaction nucléaire spontanée se fait en présence de γ alors $w_{lib} = E_{c(Y)} + E_{c(X)} + E\gamma$ avec

$$E\gamma = w_{\text{Photon}} = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}.$$

* Loi de décroissance radioactive : $N = N_0 e^{-\lambda t}$.

N : Nombre de noyau père non désintégrés à l'instant de date t .

N_0 : Nombre de noyau père initial (à $t_0=0$).

λ : Constante radioactive du noyau père exprimée dans le système international d'unité en s^{-1} .

* Remarques :

- Soit N' : nombre de noyaux fils formé à l'instant de date t (c'est aussi le nombre de noyau père désintégrés à la date t).

$$N' = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

- m_0 : masse d'échantillon initial des noyaux père (à $t_0=0$).

m : masse restante des noyaux père à l'instant date t .

$$m_0 = N_0 \cdot m (\text{Noyau père}) \quad \text{et} \quad m = N \cdot m (\text{Noyau père})$$

Puisque $N = N_0 e^{-\lambda t}$ alors $\frac{m}{m_{\text{noyau père}}} = \frac{m_0}{m_{\text{noyau père}}} e^{-\lambda t}$ alors $m = m_0 e^{-\lambda t}$

- n_0 : nombre de mole de noyau père initial (à $t_0=0$).

n : nombre de mole de noyau père à la date t .

$$n_0 = \frac{m_0}{M} \quad \text{et} \quad n = \frac{m}{M}; \quad M \text{ étant la masse molaire du noyau père.}$$

Partant de la relation déjà établie : $n \cdot M = n_0 \cdot M e^{-\lambda t}$ alors $n = n_0 e^{-\lambda t}$.

- $M = \mathcal{N} \cdot m (\text{Noyau père})$, avec $\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23}$: Nombre d'Avogadro.

- $M ({}^A_Z X) \approx A (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$

- $m_{\text{Noyau}} ({}^A_Z X) \approx A(u)$, u est l'unité de masse atomique.

* La période radioactive, T , ou la demi vie, d'une source radioactive est la durée au bout de la quelle la moitié des noyaux père initialement présents sont désintégrés exprimée dans le système international d'unité en seconde (s).

Expression de T : A $t=0$, on a $N = \frac{N_0}{2}$ alors $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$ d'où $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$ par suite $\ln 2 = \lambda T$

donc $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

* L'activité, A, d'une substance radioactive à un instant de date t est le nombre de désintégration subit par la substance radioactive pendant une seconde exprimée dans le système international d'unité en Becquerel (Bq)

Expression de l'activité A :

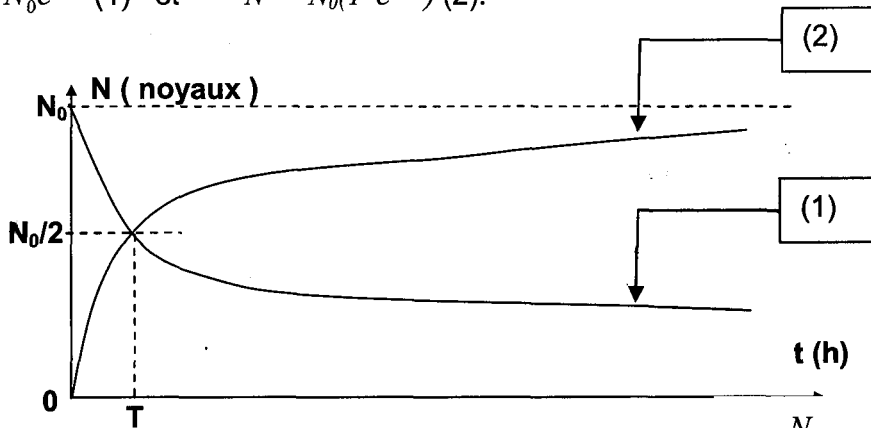
$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \text{ si on pose } A_0 = \lambda N_0 : \text{activité (maximale) de la substance radioactive à } t_0=0.$$

alors $A = A_0 e^{-\lambda t}$ finalement :

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N = A_0 e^{-\lambda t}.$$

*Représentation graphique :

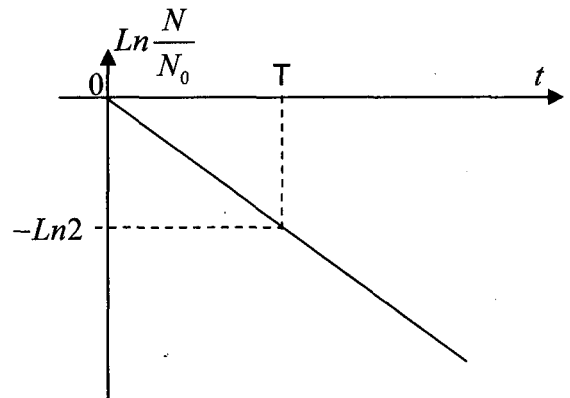
- $N = N_0 e^{-\lambda t}$ (1) et $N' = N_0(1 - e^{-\lambda t})$ (2).



- $\ln \frac{N}{N_0} = f(t)$

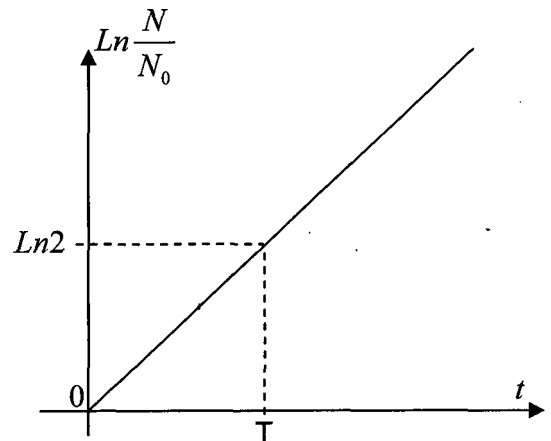
$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ alors } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \text{ d'où}$$

$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$: est une droite linéaire décroissante de coefficient $-\lambda$.



- $\ln \frac{N_0}{N} = f(t)$

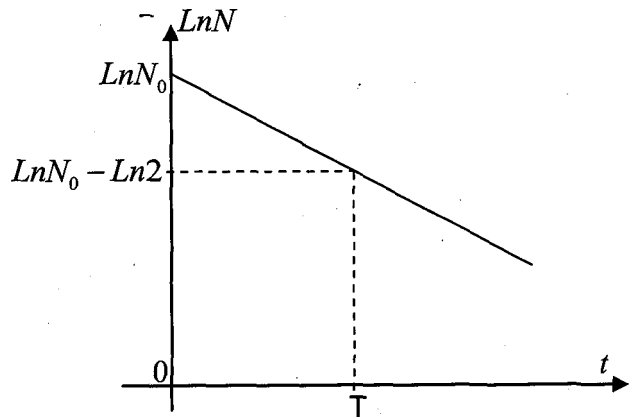
$\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t$: est une droite linéaire croissante de coefficient λ .



• $\text{Ln}N = f(t)$

$\text{Ln} \frac{N}{N_0} = -\lambda t$ alors $\text{Ln}N - \text{Ln}N_0 = -\lambda t$ d'où

$\text{Ln}N = -\lambda t + \text{Ln}N_0$: est une droite affine décroissante de coefficient $-\lambda$



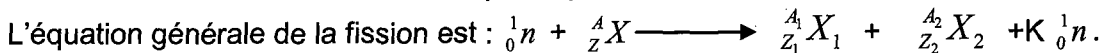
* La famille radioactive est un ensemble des noyaux issus d'un même noyau père.

C/ Réactions nucléaire provoquées :

* La fission est une réaction nucléaire au cours de la quelle un noyau lourd se scinde en deux noyaux plus légers et de masse comparable.

Les noyaux qui subissent la fission sont dites fissiles.

La fission est une réaction nucléaire provoquée, enchainée, très énergétique et qui peut être contrôlée.

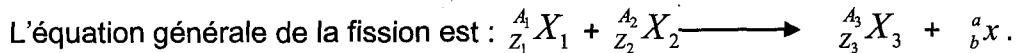


D'après la loi de conservation du nombre de masse : $A+1 = A_1 + A_2 + K$.

D'après la loi de conservation du nombre de charge : $Z = Z_1 + Z_2$.

* La fusion est une réaction nucléaire au cours de la quelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

La fusion est une réaction nucléaire provoquée, plus énergétique que la fission et non contrôlée.



D'après la loi de conservation du nombre de masse : $A_1 + A_2 = A_3 + a$.

D'après la loi de conservation du nombre de charge : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + b$.

EXERCICES

Exercice N°1:

1° Donner la composition du noyau $^{206}_{82}\text{Pb}$.

2° Calculer en joule l'énergie de masse du noyau $^{206}_{82}\text{Pb}$.

3° Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

Est-elle suffisante pour comparer la stabilité des noyaux?

4° Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{11} et l'énergie de liaison par nucléon du noyau $^{206}_{82}\text{Pb}$.

5° L'énergie de liaison du noyau tritium ^3_1H est 8,481 MeV. Calculer la masse de ce noyau en u.

6° Comparer la stabilité des noyaux ^3_1H , $^{206}_{82}\text{Pb}$ et de polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ d'énergie de liaison

$E_{22}=1648 \text{ MeV}$. On donne : $m_p = 1,00727 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m(\text{Pb}) = 205,9295 \text{ u}$

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}\cdot\text{C}^{-2}$ et $\text{C} = 3\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $1 \text{ Mev} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Exercice N°2:

I/ On considère la réaction nucléaire suivante :



1° Déterminer les nombres Z et A. Enoncer les lois utilisées.

2° Qu'appelle-t-on cette réaction?

3° On donne :

Noyau	^2_1H	^A_ZX	^4_2He
Masse (u)	2,0140	3,0151	4,0015
Energie de liaison(MeV)	1,807	8,849	28,289

$m(^1_0\text{n}) = 1,00899 \text{ u}$.

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}\cdot\text{c}^{-2}$.

a- Comparer les stabilités des noyaux ^2_1H et ^A_ZX .

b- Déterminer l'énergie libérée lors de la formation d'un noyau ^4_2He .

II/ On donne

Particule	$^{198}_{79}\text{Au}$	^{80}Hg	β^-	^1_1p	^1_0n
Masse (u)	197,92493u	197,92291 u	0,00055 u	1,0073u	1,0087u

$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$; $\text{C} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $1 \text{ Mev} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

Le noyau d'or $^{198}_{79}\text{Au}$ est radioactif β^- . Sa période radioactif est $T = 65 \text{ heure}$.

1°/ On donne l'équation de sa réaction de désintégration : ${}_{79}^{198}\text{Au} \longrightarrow {}_Z^A\text{X} + \beta^-$

- En précisant les lois utilisées identifier le noyau fils X parmi la liste suivante ${}_{78}\text{Pt}$, ${}_{80}\text{Hg}$, ${}_{77}\text{Ir}$
- Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau ${}_{79}^{198}\text{Au}$. L'exprimer en Mev
- Les noyaux fils ont des énergies cinétiques $E_c(\beta^-) = 0,005 \text{ Mev}$ et $E_c(\text{X}) = 0,04 \text{ Mev}$.
En supposant que le noyau père est au repos. Montrer que dans ce cas, il n'y a pas de conservation de l'énergie totale
- En réalité le phénomène de désintégration est accompagné de l'émission d'une radiation lumineuse de longueur d'onde λ . Interpréter ce phénomène. Calculer λ

2°/

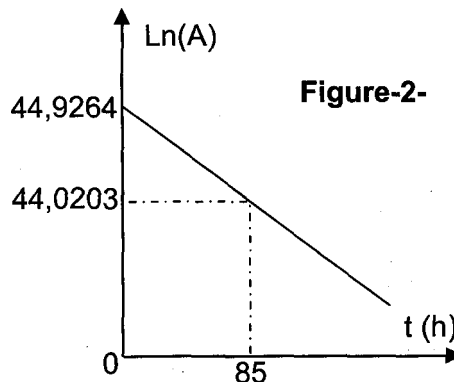
- Montrer que $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
 N_0 : nombre de noyau présents à l'instant $t = 0$ s.
 N : nombre de noyau présents à l'instant t .
 λ : constante radioactive.
- Définir la période radioactive d'un radioélément. Donner son expression en fonction de la constante radioactive λ , calculer la valeur de λ pour le noyau Au.

3°/ On considère à une date $t = 0$, une masse $m_0 = 1 \text{ g}$ d'or ${}_{79}^{198}\text{Au}$

- Calculer le nombre N_0 de noyaux présents dans la masse m_0 .
- Sachant que $N_0 = 30,436 \cdot 10^{20}$ noyaux, déterminer le nombre de noyau $N(\text{Au})$ non désintégré à l'instant de date $t = 65 \text{ h}$
- Exprimer le nombre N' de noyaux ${}_Z^A\text{X}$ formés à la date t en fonction de λ , N_0 et t

4°/

- Définir l'activité A d'une source radioactive. Donner son expression.
- Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe de variation de $\text{Ln}(A)$ en fonction du temps. Figure-2-
Justifier, théoriquement, l'allure de cette courbe.
- Retrouver les valeurs de λ et de N_0 .



Exercice N°3:

Application à la datation :

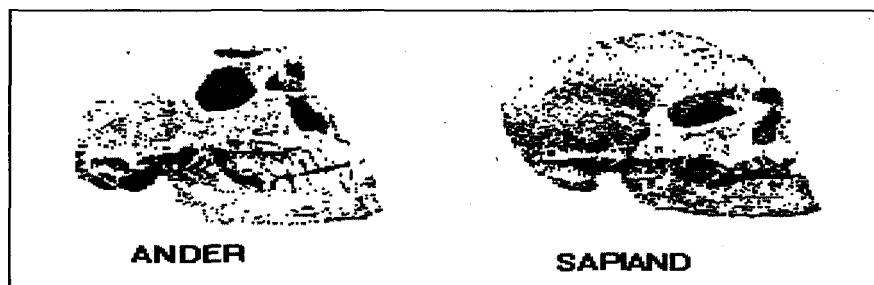
C'est en préparant les fondations du parc aquatique qu'a été exhumé, le 27 septembre 2006, le premier fragment fossile : un crâne pratiquement complet apparenté au genre HOMO, de l'espèce SAPIENS⁽¹⁾ NEANDERTHAL⁽²⁾. On l'a "baptisé"⁽³⁾ du nom d'ANDER.

Les autorités ont suspendu les projets d'aménagement pour permettre l'étude de ce site. Depuis lors les équipes de fouille sont allées de surprise en surprise. On a exhumé⁽⁴⁾ le squelette d'ANDER mais aussi celui d'un autre fossile inattendu, SAPIAND : un HOMO de l'espèce SAPIENS.

On sait que ces deux espèces d'hominidés⁽⁵⁾ ont cohabité en Europe entre -60 000 ans et -30 000 ans mais la découverte de ces deux individus, dans un tel état de conservation, est exceptionnelle. De plus les deux fossiles sont séparés d'à peine deux mètres de distance, mais il est possible que des glissements de terrain (ou les travaux d'aménagement) les aient par hasard rapprochés. Les spécialistes s'interrogent : ces deux individus se sont-ils réellement rencontrés ? Et la question prend la dimension d'une enquête policière puisque ANDER présente manifestement les signes crâniens d'une mort violente !

Agence de Presse - juin 2007

SAPIAND a-t-il pu massacrer⁽⁶⁾ ANDER ?



Il semble que SAPIAND et ANDER aient bien vécu au même endroit. Y étaient-ils même temps ? Pour répondre à cette question, on utilise la méthode de datation du carbone 14. Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau suivant :

Nature des échantillons sélectionnés	N / N ₀
Ossements ANDER	1,64.10 ⁻²
Ossement SAPIAND	1,87.10 ⁻²

(1) Homo sapiens : nom scientifique de l'espèce humaine, dont fait partie l'homme actuel.

(2) Neanderthal : homme fossile qui vivait en Europe, en Afrique du nord et au Proche orient à l'ère quaternaire (la
crâne volumineux).

(3) Baptisé : appelé

(4) Exhumer : faire sortir de la terre

(5) Hominidé : homme fossile

(6) Massacrer : tuer

Données

Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ (période radioactive) du carbone 14 est de 5570 ans.

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

1°/ Définir la radioactivité. Calculer la valeur de la constante radioactive λ du carbone 14.

2°/

a- A partir du résultat concernant ANDER, calculer l'âge de ses ossements.

b- A partir du résultat concernant SAPIAND, calculer l'âge de ses ossements.

c- Les données fournies par l'agence de presse en juin sont-elles en accord avec ce résultat ?

d- Répondre à la question posée par le journaliste : SAPIAND a-t-il pu massacrer ANDER ?

CORRECTION

Exercice N°1:

1°/ Le noyau ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ est formé par 82 protons et $(206 - 82 = 124)$ neutrons.

2°/ $E_0({}_{82}^{206}\text{Pb}) = m({}_{82}^{206}\text{Pb}) C^2$. AN : $E_0({}_{82}^{206}\text{Pb}) = (205,9295 \times 931,5) \text{ MeV} \cdot C^2 \times C^2 = 191823 \text{ MeV}$

$$E_0({}_{82}^{206}\text{Pb}) = 191823 \times 1,6 \cdot 10^{-13} = 3,069 \cdot 10^{-8} \text{ J.}$$

3°/ L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie qu'on doit fournir à un noyau au repos pour séparer ses nucléons immobiles et isolés.

Pour comparer la stabilité des noyaux, on doit comparer leurs énergie de liaison par nucléon.

Le noyau le plus stable est celui qui a l'énergie de liaison par nucléon la plus élevée.

4°/ * $E_{t1}({}_{82}^{206}\text{Pb}) = (82 m_p + 124 m_n - m({}_{82}^{206}\text{Pb})) C^2$.

$$\text{AN: } E_{t1}({}_{82}^{206}\text{Pb}) = ((82 \times 1,00727) + (124 \times 1,00866) - 205,9295) \times 931,5 \text{ MeV} \cdot C^2 \times C^2 = 1621,257 \text{ MeV.}$$

$$* E_{t1}({}_{82}^{206}\text{Pb}) / \text{nucléon} = \frac{E_{t1}({}_{82}^{206}\text{Pb})}{206} \text{ AN : } E_{t1}({}_{82}^{206}\text{Pb}) / \text{nucléon} = \frac{1621,257}{206} = 7,870 \text{ MeV.}$$

5°/ $E_t({}_1^3\text{H}) = \Delta m C^2$ alors $\Delta m = \frac{E_t({}_1^3\text{H})}{C^2} = \frac{8,481 \text{ MeV}}{C^2} = 8,481 \text{ MeV} \cdot C^{-2} = \frac{8,481}{931,5} = 9,104 \cdot 10^{-3} \text{ u}$ or

$$\Delta m = m_p + 2 m_n - m({}_1^3\text{H}) \text{ alors } m({}_1^3\text{H}) = m_p + 2 m_n - \Delta m.$$

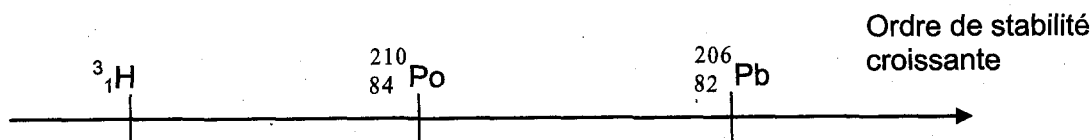
$$\text{AN : } m({}_1^3\text{H}) = 1,00727 + 2 \times 1,00866 - 9,104 \cdot 10^{-3} = 3,01548 \text{ u.}$$

6°/ $E_t({}_{82}^{206}\text{Pb}) / \text{nucléon} = 7,870 \text{ MeV}$ et $E_{t1}({}_1^3\text{H}) / \text{nucléon} = \frac{8,481}{3} = 2,827 \text{ MeV}$ et

$$E_{t1}({}_{84}^{210}\text{Po}) / \text{nucléon} = \frac{1648}{210} = 7,847 \text{ MeV.}$$

Le noyau le plus stable est celui qui a $E_{t1} / \text{nucléon}$ la plus élevée.

$$E_{t1}({}_1^3\text{H}) / \text{nucléon} < E_{t1}({}_{84}^{210}\text{Po}) / \text{nucléon} < E_t({}_{82}^{206}\text{Pb}) / \text{nucléon}$$



Exercice N°2:

I/

1°/ * Conservation du nombre de masse A : $2 + A = 4 + 1$ alors $A = 3$.* Conservation du nombre de charge Z : $1 + Z = 2 + 0$ alors $Z = 1$.

2°/ Réaction de fusion.

3°/

$$a- E_t({}_1^2\text{H}) / \text{nucléon} = \frac{1,807}{2} = 0,9035 \text{ MeV} \text{ et } E_t({}_X^A\text{X}) / \text{nucléon} = \frac{8,849}{3} = 2,95 \text{ MeV}$$

Le noyau le plus stable est celui qui a $E_t / \text{nucléon}$ la plus élevée d'où ${}_X^A\text{X}$ est plus stable que ${}_1^2\text{H}$.

$$b- E_{\text{Libéré}} = \Delta m C^2 \text{ or } \Delta m = (m({}_1^2\text{H}) + m({}_X^A\text{X})) - (m({}_2^4\text{He}) + m({}_0^1\text{n})). \text{AN : } \Delta m = 0,01861 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,01861 \times 931,5 = 17,335 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \text{ alors } E_{\text{Libéré}} = 17,335 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \times C^2 = 17,335 \text{ MeV}.$$

II/

1°/

a- * Conservation du nombre de masse A : $198 = A + 0$ alors $A = 198$.* Conservation du nombre de charge Z : $79 = -1 + Z$ alors $Z = 80$.Le noyau ${}_{80}^{198}\text{X}$ correspond à ${}_{80}^{198}\text{Hg}$.

$$b- E_{\text{Libéré}} = \Delta m C^2 \text{ or } \Delta m = m({}_{79}^{198}\text{Au}) - (m(\beta^-) + m({}_{80}^{198}\text{Hg})). \text{AN : } \Delta m = 0,00147 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,00147 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,44 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \text{ alors } E_{\text{Libéré}} = 2,44 \cdot 10^{-30} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 2,196 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$E_{\text{Libéré}} = \frac{2,196 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1,3726 \text{ MeV}.$$

c- $E_c(\beta^-) + E_c({}_Z^A\text{X}) = 0,045 \text{ MeV} < E_{\text{Libéré}} = 1,3726 \text{ MeV}$ alors pas de conservation de l'énergie totale.d- * L'émission de la radiation lumineuse γ est dû à la transformation du noyau fils de l'état excité à l'état fondamental.* Conservation de l'énergie totale : $E_{\text{Libéré}} = E_c(\beta^-) + E_c({}_Z^A\text{X}) + E_\gamma$ alors

$$E_\gamma = E_{\text{Libéré}} - (E_c(\beta^-) + E_c({}_Z^A\text{X})). \text{AN : } E_\gamma = 1,3276 \text{ MeV} \text{ or } E_\gamma = \frac{hC}{\lambda} \text{ alors } \lambda = \frac{hC}{E_\gamma} = 9,35 \cdot 10^{-13} \text{ m}.$$

2°/

$$a- dN = -\lambda N dt \text{ alors } \frac{dN}{N} = -\lambda dt \text{ alors } \int \frac{dN}{N} = - \int \lambda dt \text{ alors } \ln N = -\lambda t + \text{Cte} \text{ or à } t=0$$

on a $N=N_0$ alors $\ln N_0 = -\lambda \cdot 0 + \text{Cte}$ d'où $\text{Cte} = \ln N_0$ par suite $\ln N = -\lambda t + \ln N_0$

$$\text{alors } \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \text{ alors } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \text{ d'où } N = N_0 e^{-\lambda t}.$$

b- La période radioactive T ou demi vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initiaux sont désintégrés.

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ alors } \lambda = \frac{\ln 2}{T}. \text{AN : } \lambda = 1,066 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1}.$$

3°/

$$a- N_0 = \frac{m_0}{m({}_{79}^{198}\text{Au})} = 30,436 \cdot 10^{20} \text{ noyaux}.$$

$$\text{b- } A t = 65 \text{ h} = T \text{ alors } N = \frac{N_0}{2} = \frac{30,436 \cdot 10^{20}}{2} = 15,221 \cdot 10^{20} \text{ noyaux.}$$

$$\text{c- } N' = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

4°/

a- L'activité A d'une substance radioactive à la date t est le nombre de désintégrations subit par la substance pendant une seconde.

b- $A = A_0 e^{-\lambda t}$ alors $\ln A = \ln(A_0 e^{-\lambda t}) = \ln A_0 + \ln e^{-\lambda t}$ d'où $\ln A = -\lambda t + \ln A_0$ alors la courbe $\ln A = f(t)$ est une droite décroissante qui ne passe pas par l'origine de coefficient directeur $a = -\lambda < 0$.

c- $\ln A = -1,066 \cdot 10^{-2} t + 44,9264$ alors $\lambda = 1,066 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1}$ et $\ln A_0 = 44,9264$ d'où

$$A_0 = e^{44,9264} = 32,455 \cdot 10^{18} \text{ désint / h or } A_0 = \lambda N_0 \text{ alors } N_0 = \frac{A_0}{\lambda} \text{ AN : } N_0 = \frac{32,455 \cdot 10^{18}}{1,066 \cdot 10^{-2}} = 30,446 \cdot 10^{20}.$$

Exercice N°3:

1°/ La radioactivité est une réaction nucléaire spontanée et $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ alors $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$.

$$\text{AN : } \lambda = 1,2444 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}.$$

2°/

a- Ander : $N = N_0 e^{-\lambda t_A}$ alors $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t_A$ alors $t_A = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = 33031,77 \text{ ans.}$

b- $t_S = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = 31977,11 \text{ ans.}$

c- Oui car t_A et t_S sont supérieures à 30 000 ans.

d- Sapiand n'a pas pu massacrer Ander car $t_S < t_A$.

CHIMITE



L'ESSENTIEL DU COURS

A/ Application de la loi d'action de masse aux réactions acide base : (Voir tome I)

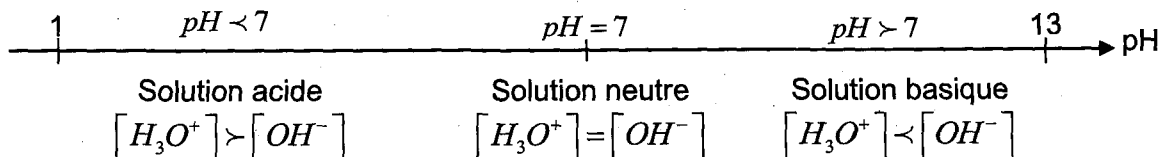
B/ pH des solutions aqueuses :

* Pour caractériser la quantité de matière des ions H_3O^+ dans une solution aqueuse, on définit le pH de cette solution par la relation $pH = -\log[H_3O^+]$ alors $[H_3O^+] = 10^{-pH}$.

Cette relation est vérifiée pour toute solution aqueuse dans laquelle $10^{-13} \text{ mol.L}^{-1} \leq [H_3O^+] \leq 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ou $1 \leq pH \leq 13$.

A une température quelconque : $[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_e = 10^{-pK_e}$ et $[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pK_e}$.

A 25°C $K_e = 10^{-14}$ et $pK_e = 14$.



* pH des solutions aqueuses :

Lorsque le rapport des concentrations molaires des entités chimiques A et B est tel que $\frac{[A]}{[B]} < 0,05$

alors on néglige [A] par rapport à [B] c'est-à-dire que $[A] + [B] \approx [B]$.

- pH d'une solution aqueuse d'un monoacide AH fort de concentration molaire $C_A > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH < 6$.



$$\text{A } t=0 \quad C_A \quad - \quad 0 \quad 10^{-\frac{pK_e}{2}} \quad \text{en mol.L}^{-1}.$$

$$\text{A } t_f \quad C_A - y_f \quad - \quad y_f \quad 10^{-pH} \quad \text{en mol.L}^{-1}.$$

La concentration molaire des ions H_3O^+ dans le mélange est exprimée par :

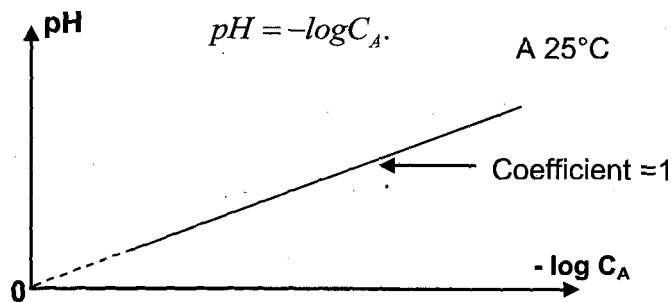
$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2 = [OH^-] + y_f.$$

La solution est acide de concentration molaire $C_A > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH < 6$, alors on néglige

$$[OH^-] \text{ par rapport à } [H_3O^+] \text{ donc } [H_3O^+] = 10^{-pH} = y_f.$$

L'acide est fort alors, $\tau_f = \frac{y_f}{y_m} = \frac{10^{-pH}}{C_A} = 1$ d'où $C_A = 10^{-pH}$ alors $pH = -\log C_A$.

- Représentation graphique de l'évolution du $pH = f(-\log C_A)$:



- pH d'une solution aqueuse d'un monoacide AH faible (faiblement dissocié dans l'eau ($\tau_f < 0,05$)) de concentration molaire $C_A > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH < 6$.



At=0 C_A - 0 $10^{\frac{-pK_e}{2}}$ en mol.L^{-1} .

At_f $C_A - y_f$ - y_f 10^{-pH} en mol.L^{-1} .

La concentration molaire des ions H_3O^+ dans le mélange est exprimée par :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2 = [OH^-] + y_f.$$

La solution est acide de concentration molaire $C_A > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH < 6$, alors on néglige

$$[OH^-] \text{ par rapport à } [H_3O^+] \text{ donc } [H_3O^+] = 10^{-pH} = y_f.$$

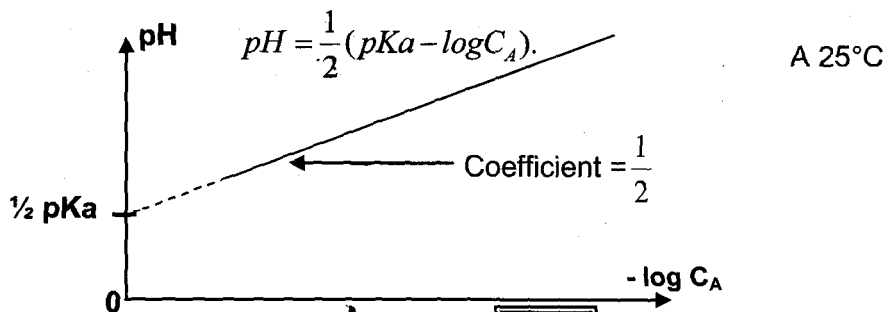
L'acide est faible, $\tau_f = \frac{y_f}{y_m}$ alors $y_f = \tau_f \cdot C_A$.

$$Ka = \frac{[A^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}} = \frac{y_f \cdot 10^{-pH}}{(C_A - y_f)} = \frac{10^{-2pH}}{C_A - \tau_f C_A} = \frac{10^{-2pH}}{C_A(1 - \tau_f)}$$

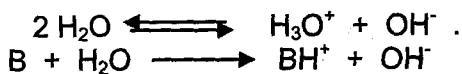
AH est un acide faiblement dissocié ($\tau_f < 0,05$) alors on néglige τ_f par rapport à l'unité d'où

$$1 - \tau_f \approx 1 \text{ par suite } Ka = \frac{10^{-2pH}}{C_A} \text{ donc } pH = \frac{1}{2}(pKa - \log C_A).$$

- Représentation graphique de l'évolution du $pH = f(-\log C_A)$:



- pH d'une solution aqueuse d'une monobase forte B de concentration molaire $C_B > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH > 8$.



A t=0	C	-	0	$10^{\frac{pK_e}{2}}$	en mol.L^{-1} .
A t _f	C-y _f	-	y _f	10^{pH-pK_e}	en mol.L^{-1} .

La concentration molaire des ions OH^- dans le mélange est exprimée par :

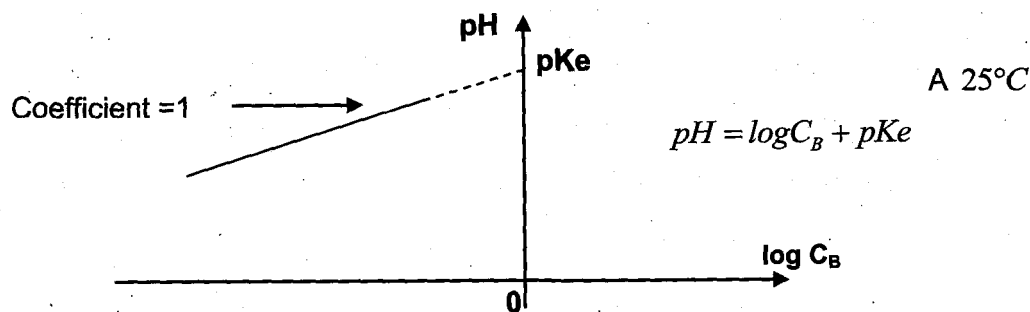
$$[\text{OH}^-] = 10^{pH-pK_e} = [\text{OH}^-]_1 + [\text{OH}^-]_2 = [\text{H}_3\text{O}^+] + y_f.$$

La solution basique de concentration molaire $C_B > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH > 8$ alors on néglige $[\text{H}_3\text{O}^+]$ par rapport à $[\text{OH}^-]$ donc $y_f = 10^{pH-pK_e}$.

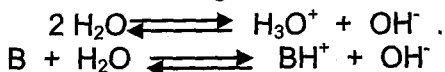
La base est forte alors $\tau_f = \frac{y_f}{y_m} = \frac{y_f}{C_B} = 1$ d'où $y_f = C_B$ donc $C_B = 10^{pH-pK_e}$ alors $pH - pK_e = \log C_B$

par suite : $pH = \log C_B + pK_e$.

- Représentation graphique de l'évolution du $pH = f(\log C_B)$:



- pH d'une solution aqueuse d'une monobase faible B (faiblement dissocié dans l'eau ($\tau_f < 0,05$)) de concentration molaire $C_B > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH > 8$.



A t=0	C _B	-	0	$10^{\frac{pK_e}{2}}$	en mol.L^{-1} .
A t _f	C _B -y _f	-	y _f	10^{pH-pK_e}	en mol.L^{-1} .

Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_f = \frac{y_f}{C_A}$.

La concentration molaire des ions OH^- dans le mélange est exprimée par $[\text{OH}^-] = y_f + [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Puisque la solution est basique $pH > 8$ et que la concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$, alors on néglige

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ devant $[\text{OH}^-]$ donc $[\text{OH}^-] = y_f = 10^{pH-pK_e}$ d'où $\tau_f = \frac{10^{pH-pK_e}}{C_B}$.

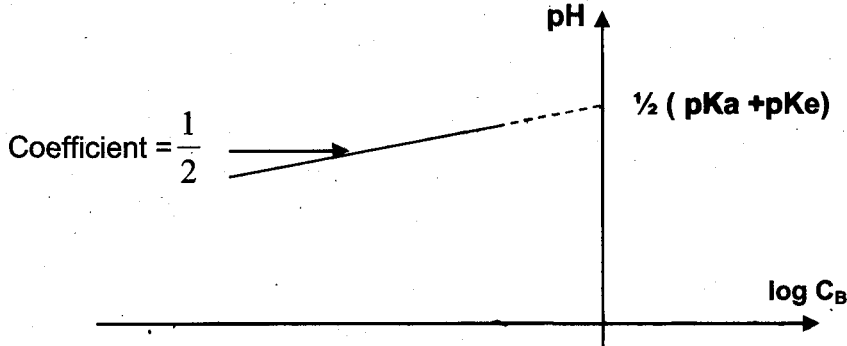
$$K_a = \frac{[\text{B}]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{BH}^+]_{\text{éq}}} = \frac{(C_B - y_f) \cdot 10^{-pH}}{y_f} = \frac{C_B \cdot (1 - \tau_f) \cdot 10^{-pH}}{\tau_f \cdot C_B} = \frac{(1 - \tau_f) \cdot 10^{-pH}}{\tau_f}$$

Sachant que la base est faiblement ionisée alors on néglige τ_f par rapport à l'unité, par suite

$$K_a = \frac{10^{-pH}}{\tau_f} = C_B \times 10^{-pH+pKe} \times 10^{-pH} = C_B \times 10^{-2pH+pKe} \text{ d'où } \frac{K_a}{C_B} = 10^{-2pH+pKe} \text{ donc}$$

$$\log K_a - \log C_B = -2pH + pKe \text{ par suite } pH = \frac{1}{2}(pKe + pK_a + \log C_B).$$

- Représentation graphique de l'évolution du $pH = f(\log C_B)$:



* Après une dilution, n fois tel que $n > 1$, d'une solution mère (S_1) de concentration molaire C_1 et de volume V_1 , on obtient une solution fille (S_2) de concentration molaire C_2 et de volume V_2 tel que :

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \text{ alors } n = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}.$$

* Protocole expérimental de préparation d'une solution fille (S_2) de volume V_2 à partir d'un volume V_1 d'une solution mère diluée n fois tel que $n > 1$: A l'aide d'une pipette de volume V_1 , on prélève un volume V_1 de la solution mère (S_1) qu'on l'introduit dans une fiole jaugée de volume V_2 puis on ajoute de l'eau jusqu'au trait de jauge.

* La dilution d'une solution aqueuse neutre n'a pas d'effet sur son pH , qui reste constante et égal à $\frac{pKe}{2}$.

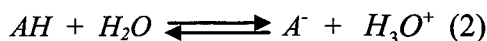
* La dilution, n fois tel que $n > 1$, d'une solution aqueuse d'acide fort de concentration molaire C_1 et de $pH = pH_1$ augmente son pH de $\log n$ tel que $pH_2 = pH_1 + \log n$ avec pH_2 : pH de la solution aqueuse d'acide diluée.

* Remarque :

La dilution de la solution aqueuse d'acide fort n'a pas d'effet sur τ_f qui reste constante et égale 1.

* La dilution, n fois tel que $n > 1$, d'une solution aqueuse d'acide faiblement dissocié dans l'eau de concentration molaire C_1 et de $pH = pH_1$ augmente son pH de $\frac{1}{2} \log n$ tel que $pH_2 = pH_1 + \frac{1}{2} \log n$.

* Remarque :



$$\text{A } t=0 \quad C_A V_A \quad - \quad 0 \quad 10^{\frac{pKe}{2}} V_A \quad \text{en mol.}$$

$$\text{A } t_f \quad C_A V_A - x_f \quad - \quad x_f \quad 10^{-pH} V_A \quad \text{en mol.}$$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_m}, \text{ en supposant que la réaction est totale : } C_A V_A - x_m = 0 \text{ alors } C_A V_A = x_m = n_A.$$

$$K_a = \frac{[A^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}} = \frac{\frac{n_{A^-})_{\text{éq}}}{V_A} \cdot \frac{n_{H_3O^+})_{\text{éq}}}{V_A}}{\frac{n_{AH})_{\text{éq}}}{V_A}} = \frac{n_{A^-})_{\text{éq}} \cdot n_{H_3O^+})_{\text{éq}}}{V_A \times n_{AH})_{\text{éq}}}$$

Partant de l'état d'équilibre et en ajoutant de l'eau jusqu'à atteindre une solution aqueuse d'acide de volume $V = V_A + V_{aj}$ alors $\pi = \frac{n_{A^-})_{\text{éq}} \cdot n_{H_3O^+})_{\text{éq}}}{V \times n_{AH})_{\text{éq}}} < K_a$ donc le système n'est plus en équilibre chimique elle est en évolution dans le sens direct sens qui tend à augmenter x_f pour la même valeur de x_m donc τ_f augmente.

Dans le cas où l'addition de l'eau est modérée (en faible quantité tel que le volume V de la solution reste pratiquement constant) on peut utiliser dans ce cas la loi de modération relative à la concentration ce qui démontre que le système évolue dans le sens direct par suite x_f augmente pour la même valeur de x_m donc τ_f augmente.

* La dilution, n fois tel que $n > 1$, d'une solution aqueuse de base forte de concentration molaire C_1 et de $pH = pH_1$ diminue son pH de $\log n$ tel que $pH_2 = pH_1 - \log n$ avec pH_2 : pH de la solution aqueuse de base diluée.

* Remarque :

La dilution de la solution aqueuse de base forte n'a pas d'effet sur τ_f qui reste constante et égale 1.

* La dilution, n fois tel que $n > 1$, d'une solution aqueuse d'une base faiblement dissociée dans l'eau de concentration molaire C_1 et de $pH = pH_1$ diminue son pH de $\frac{1}{2} \log n$ tel que $pH_2 = pH_1 - \frac{1}{2} \log n$.

* Remarque : $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$ (2)

$$\text{A } t=0 \quad C_B V_B \quad - \quad 0 \quad 10^{\frac{-pK_e}{2}} V_B \quad \text{en mol.}$$

$$\text{A } t_f \quad C_B V_B - x_f \quad - \quad x_f \quad 10^{pH - pK_e} V_B \quad \text{en mol.}$$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_m}, \text{ en supposant que la réaction est totale : } C_B V_B - x_m = 0 \text{ alors } C_B V_B = x_m = n_B.$$

$$K_b = \frac{[BH^+]_{\text{éq}} \cdot [OH^-]_{\text{éq}}}{[B]_{\text{éq}}} = \frac{\frac{n_{BH^+})_{\text{éq}}}{V_B} \cdot \frac{n_{OH^-})_{\text{éq}}}{V_B}}{\frac{n_{B})_{\text{éq}}}{V_B}} = \frac{n_{BH^+})_{\text{éq}} \cdot n_{OH^-})_{\text{éq}}}{V_B \times n_{B})_{\text{éq}}}$$

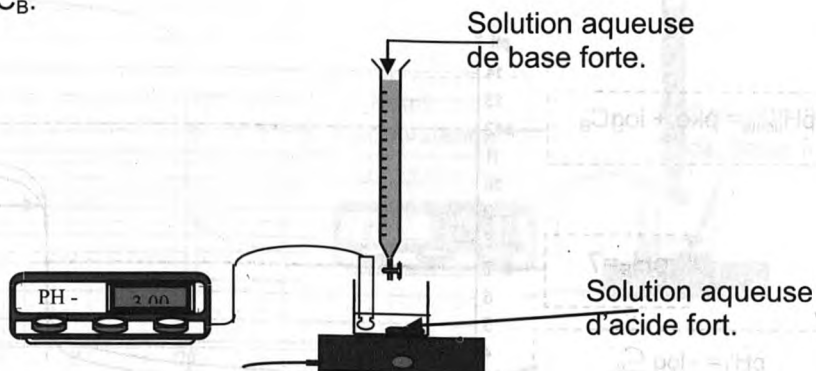
Partant de l'état d'équilibre et en ajoutant de l'eau jusqu'à atteindre une solution aqueuse basique de volume $V = V_B + V_{aj}$ alors $\pi = \frac{n_{BH^+})_{\text{éq}} \cdot n_{OH^-})_{\text{éq}}}{V \times n_{B})_{\text{éq}}} < K_b$ donc le système n'est plus en équilibre chimique elle est en évolution dans le sens direct sens qui tend à augmenter x_f pour la même valeur de x_m donc τ_f augmente.

Dans le cas où l'addition de l'eau est modérée (en faible quantité tel que le volume V de la solution reste pratiquement constant) on peut utiliser dans ce cas la loi de modération relative à la concentration ce qui démontre que le système évolue dans le sens direct par suite x_f augmente pour la même valeur de x_m donc τ_f augmente.

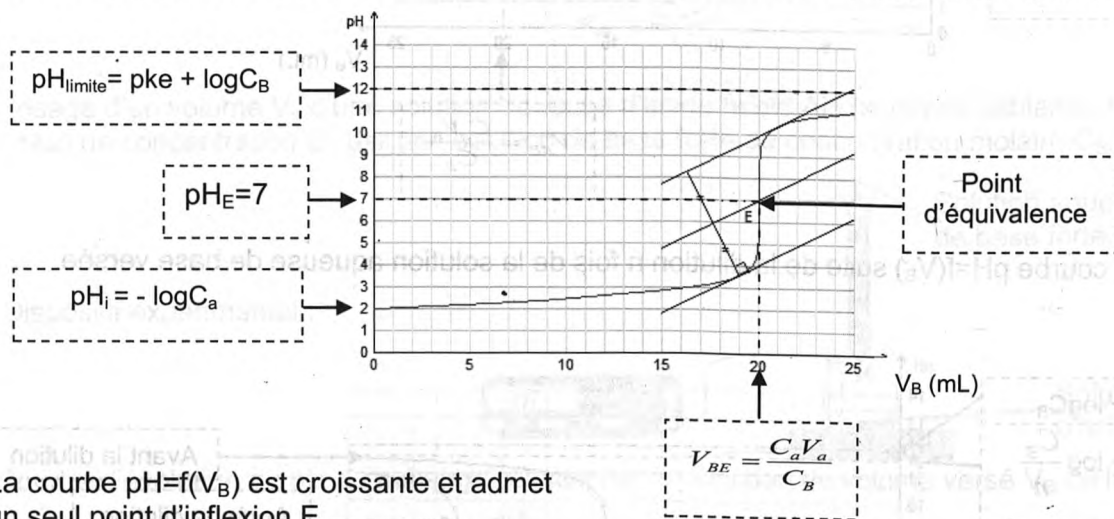
C/ Variation du pH au cours d'une réaction entre une solution aqueuse d'acide et une solution aqueuse basique.

* Dosage d'un volume V_a d'une solution aqueuse d'acide fort de concentration C_a par une solution de base forte de concentration molaire C_B .

- Dispositif expérimental :

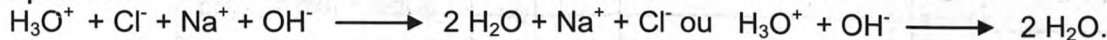


- Courbe d'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume versé V_B de la solution basique



La courbe $pH=f(V_B)$ est croissante et admet un seul point d'inflexion E.

- Equation de la réaction acide base : Soient S_A solution aqueuse d'acide chlorhydrique HCl et S_B solution aqueuse de soude NaOH.



$$K = \frac{1}{[H_3O^+][OH^-]} = \frac{1}{k_e} = 10^{pK_e} = 10^{14} > 10^4 \text{ alors la réaction acide base est totale, en plus qu'elle est}$$

spontanée, rapide et exothermique.

- L'équivalence acide base est un état du système chimique dans lequel l'acide et la base sont pris en proportions stoechiométriques alors $n_{Acide} = n_{Base}$ d'où $C_a V_a = C_B V_{BE}$.

- Le mélange obtenu à l'équivalence acide base est une solution aqueuse saline contenant les ions Na^+ et Cl^- , avec Na^+ l'acide conjugué d'une base forte, c'est un acide inerte (plus faible que l'eau) et Cl^- la base conjuguée d'un acide fort, c'est une base inerte (plus faible que l'eau) donc la solution obtenue à l'équivalence est neutre.

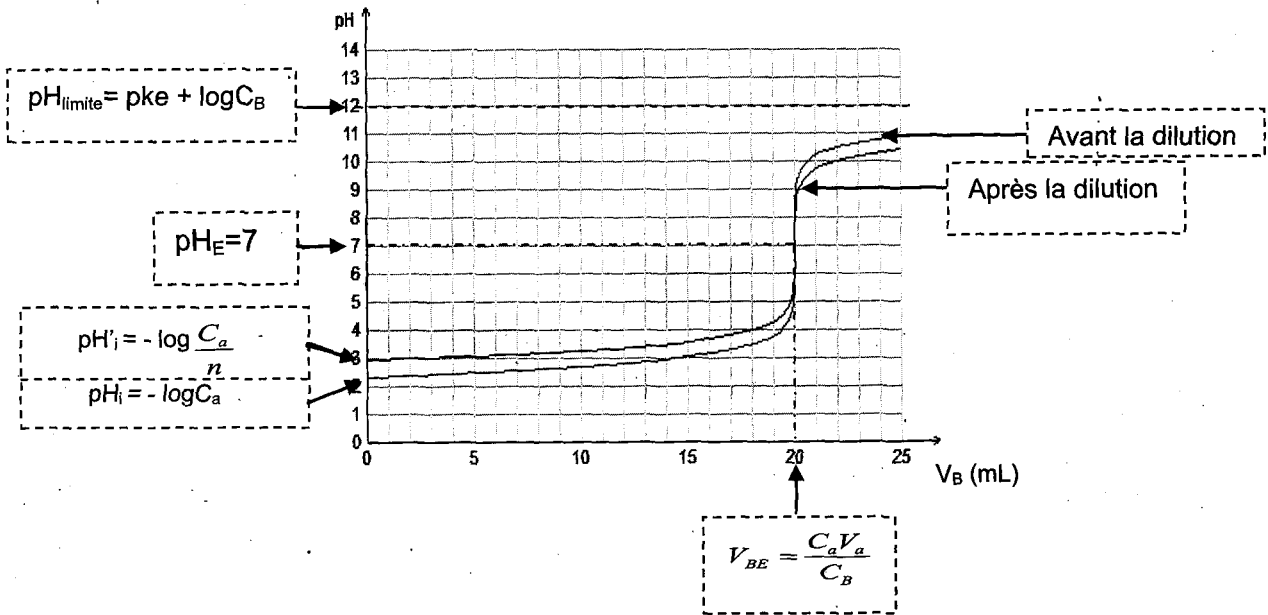
Autrement : D'après le principe d'électro neutralité : $[Na^+] + [H_3O^+] = [OH^-] + [Cl^-]$, avec

$$[Na^+] = \frac{C_B V_{BE}}{V_a + V_{BE}} \text{ et } [Cl^-] = \frac{C_a V_a}{V_a + V_{BE}} \text{ or à l'équivalence, on a : } C_a V_a = C_B V_{BE} \text{ alors } [Na^+] = [Cl^-]$$

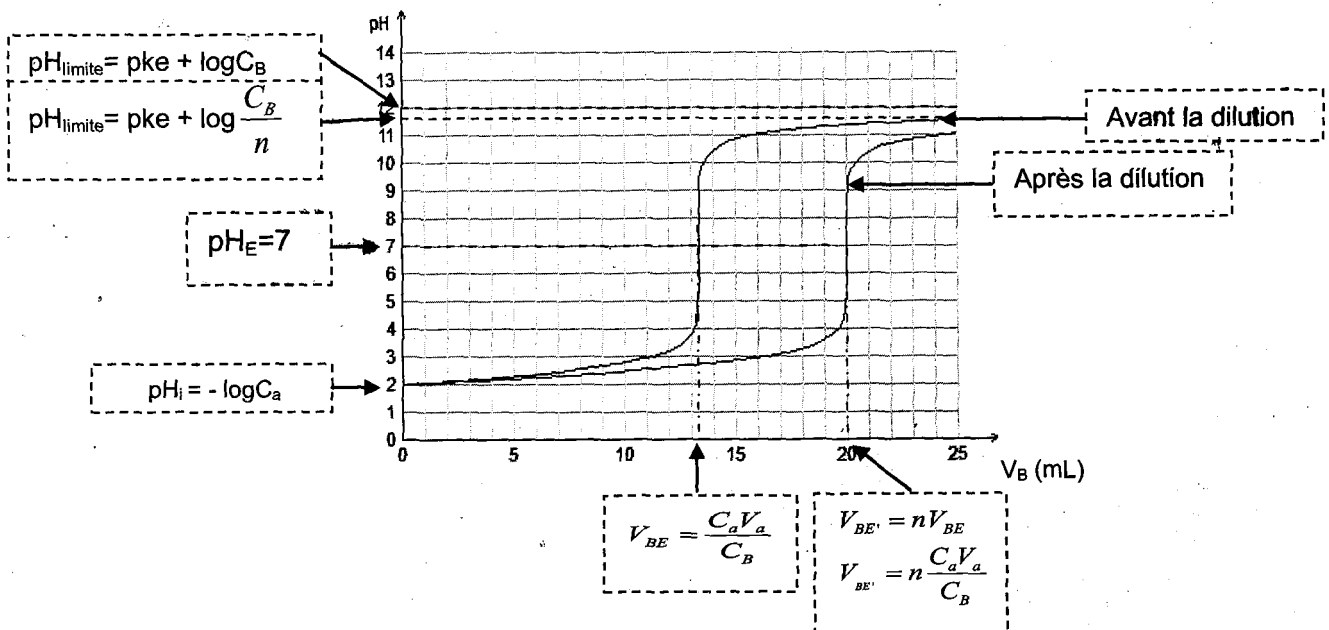
$$\text{d'où } [H_3O^+] = [OH^-].$$

- Remarques :

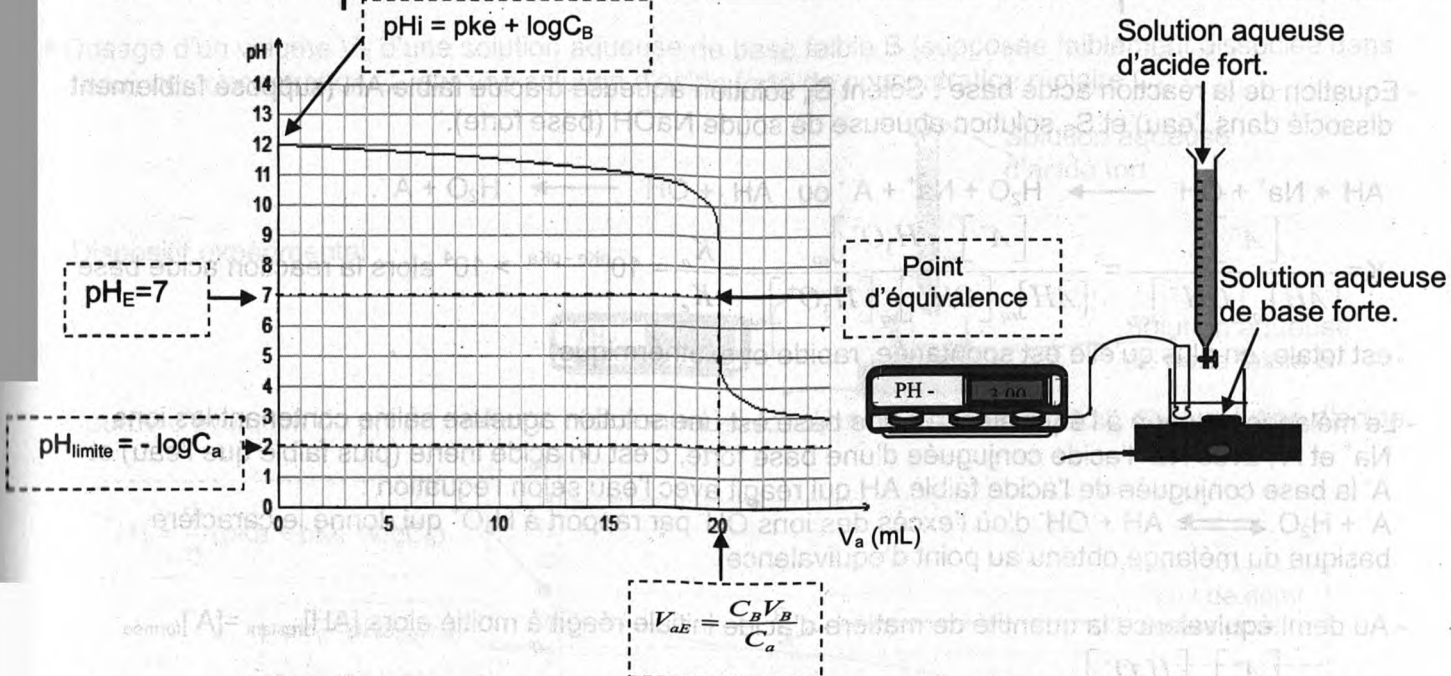
▣ L'allure de la courbe $pH=f(V_B)$ suite de la dilution n fois du volume V_a de la solution aqueuse d'acide.



▣ L'allure de la courbe $pH=f(V_B)$ suite de la dilution n fois de la solution aqueuse de base versée.

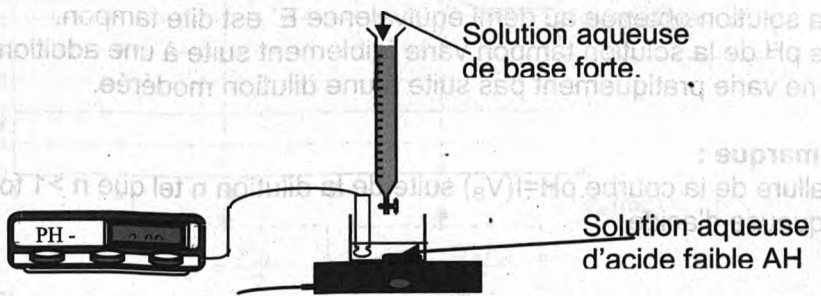


- L'allure de la courbe d'évolution du $pH=f(V_a)$ lors du dosage d'un volume V_B d'une solution aqueuse de base forte de concentration molaire C_B par une solution aqueuse d'acide de concentration C_a .

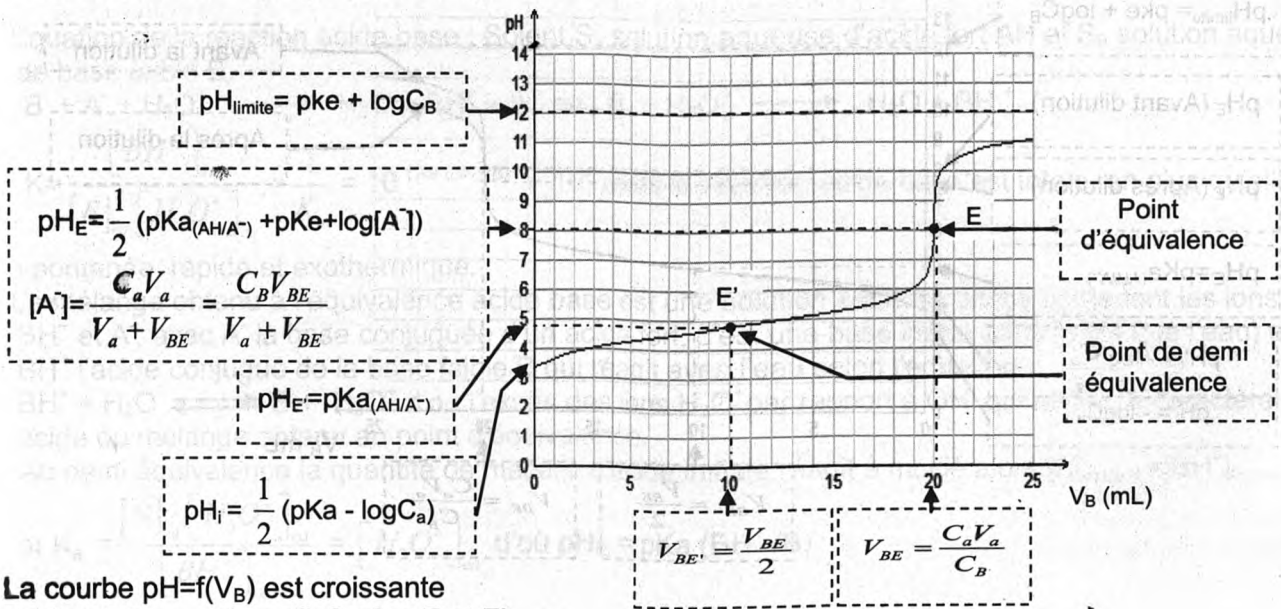


* Dosage d'un volume V_a d'une solution aqueuse d'acide faible AH (supposé faiblement dissocié dans l'eau) de concentration C_a par une solution de base forte de concentration molaire C_B .

- Dispositif expérimental :

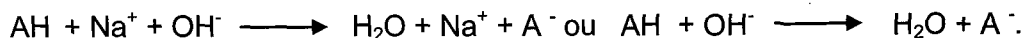


- Courbe d'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume versé V_B de la solution basique.



La courbe $pH=f(V_B)$ est croissante et admet deux points d'inflexion E et E'.

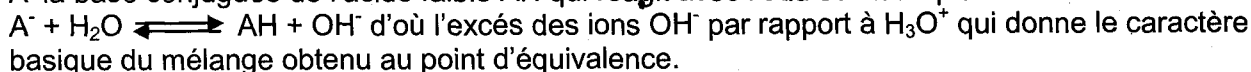
- Equation de la réaction acide base : Soient S_a solution aqueuse d'acide faible AH (supposé faiblement dissocié dans l'eau) et S_B solution aqueuse de soude NaOH (base forte).



$$K = \frac{[A^-]_{eq}}{[AH]_{eq} [OH^-]_{eq}} = \frac{[A^-]_{eq} [H_3O^+]_{ea}}{[AH]_{eq} [OH^-]_{eq} [H_3O^+]_{ea}} = \frac{K_a}{K_e} = 10^{pK_e - pK_a} > 10^4 \text{ alors la réaction acide base}$$

est totale, en plus qu'elle est spontanée, rapide et exothermique.

- Le mélange obtenu à l'équivalence acide base est une solution aqueuse saline contenant les ions Na^+ et A^- , avec Na^+ l'acide conjuguée d'une base forte, c'est un acide inerte (plus faible que l'eau) et A^- la base conjuguée de l'acide faible AH qui réagit avec l'eau selon l'équation :



- Au demi équivalence la quantité de matière d'acide initiale réagit à moitié alors $[AH]_{restant} = [A^-]_{formée}$

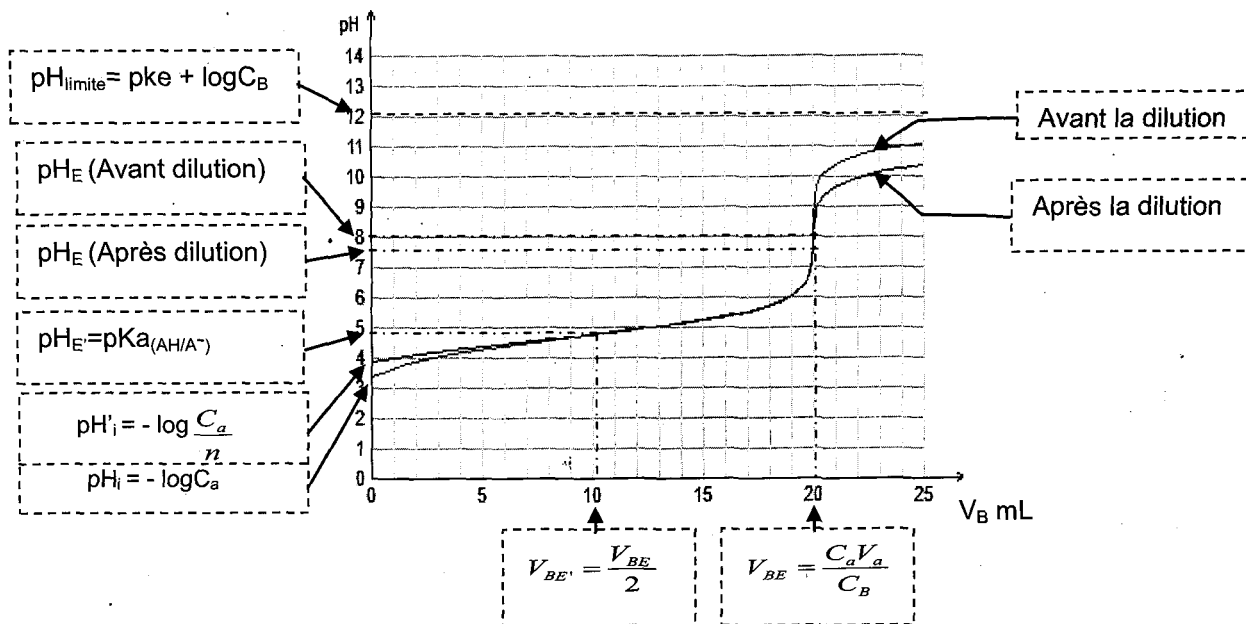
$$\text{or } K_a = \frac{[A^-]_{eq} [H_3O^+]_{ea}}{[AH]_{eq}} = [H_3O^+]_{ea} \text{ d'où } pH_{E'} = pK_a (AH/A^-)$$

- La solution obtenue au demi équivalence E' est dite tampon.

Le pH de la solution tampon varie faiblement suite à une addition d'une quantité d'acide ou de base et ne varie pratiquement pas suite à une dilution modérée.

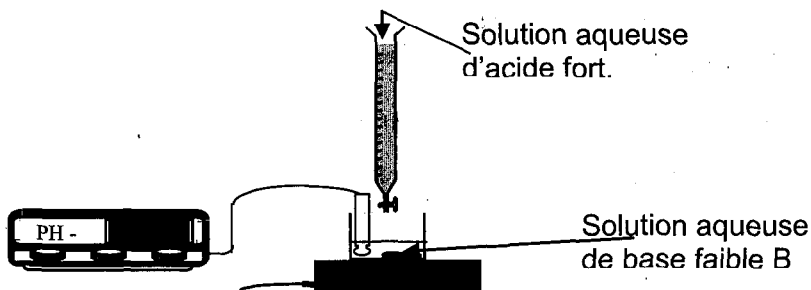
Remarque :

L'allure de la courbe $pH=f(V_B)$ suite de la dilution n tel que $n > 1$ fois du volume V_a de la solution aqueuse d'acide.

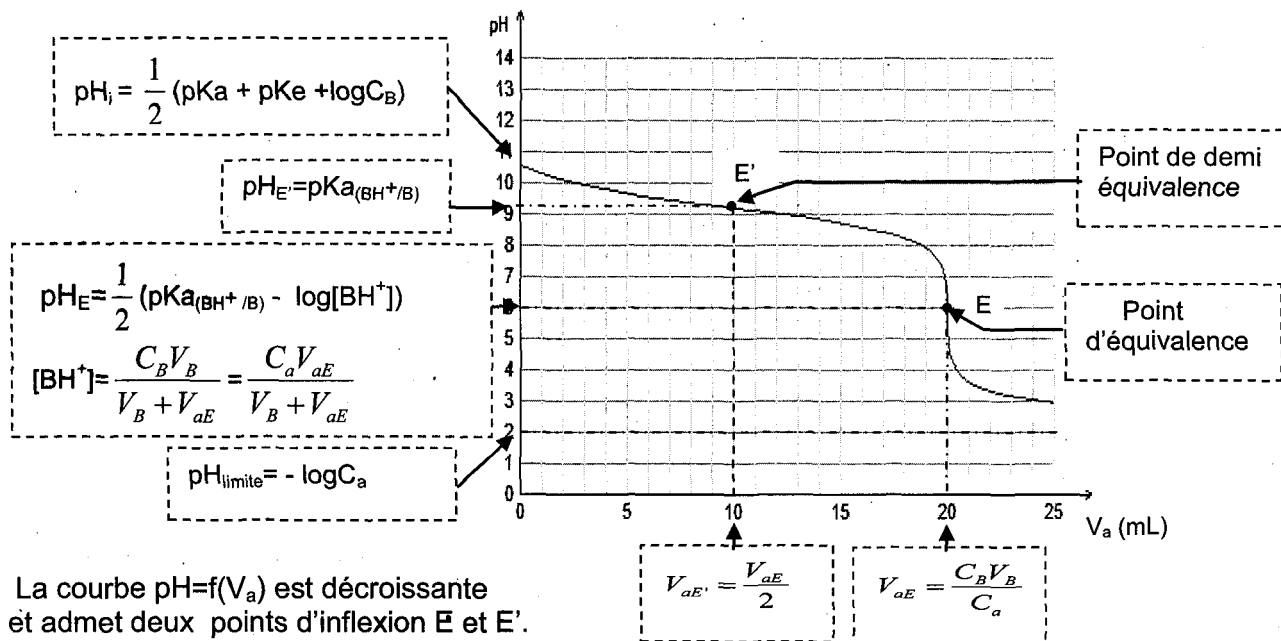


* Dosage d'un volume V_B d'une solution aqueuse de base faible B (supposée faiblement dissociée dans l'eau) de concentration C_B par une solution d'acide forte de concentration molaire C_A .

- Dispositif expérimental :



- Courbe d'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume versé V_a de la solution d'acide.



La courbe $pH=f(V_a)$ est décroissante et admet deux points d'inflexion E et E'.

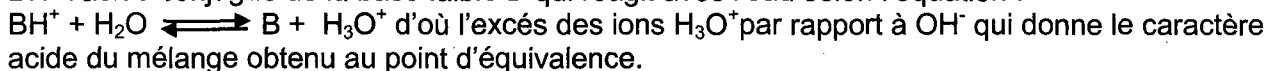
- Equation de la réaction acide base : Soient S_a solution aqueuse d'acide fort AH et S_B solution aqueuse de base faible B.



$$K = \frac{[BH^+]_{eq}}{[B]_{eq} [H_3O^+]_{eq}} = \frac{1}{K_a} = 10^{pK_a(BH^+/B)} > 10^4 \text{ alors la réaction acide base est totale, en plus qu'elle est}$$

spontanée, rapide et exothermique.

- Le mélange obtenu à l'équivalence acide base est une solution aqueuse saline contenant les ions BH^+ et A^- , avec A^- la base conjuguée d'un acide fort, c'est une base inerte (plus faible que l'eau) et BH^+ l'acide conjugué de la base faible B qui réagit avec l'eau selon l'équation :



- Au demi équivalence la quantité de matière d'acide initiale réagit à moitié alors $[B]_{\text{réactant}} = [BH^+]_{\text{formé}}$

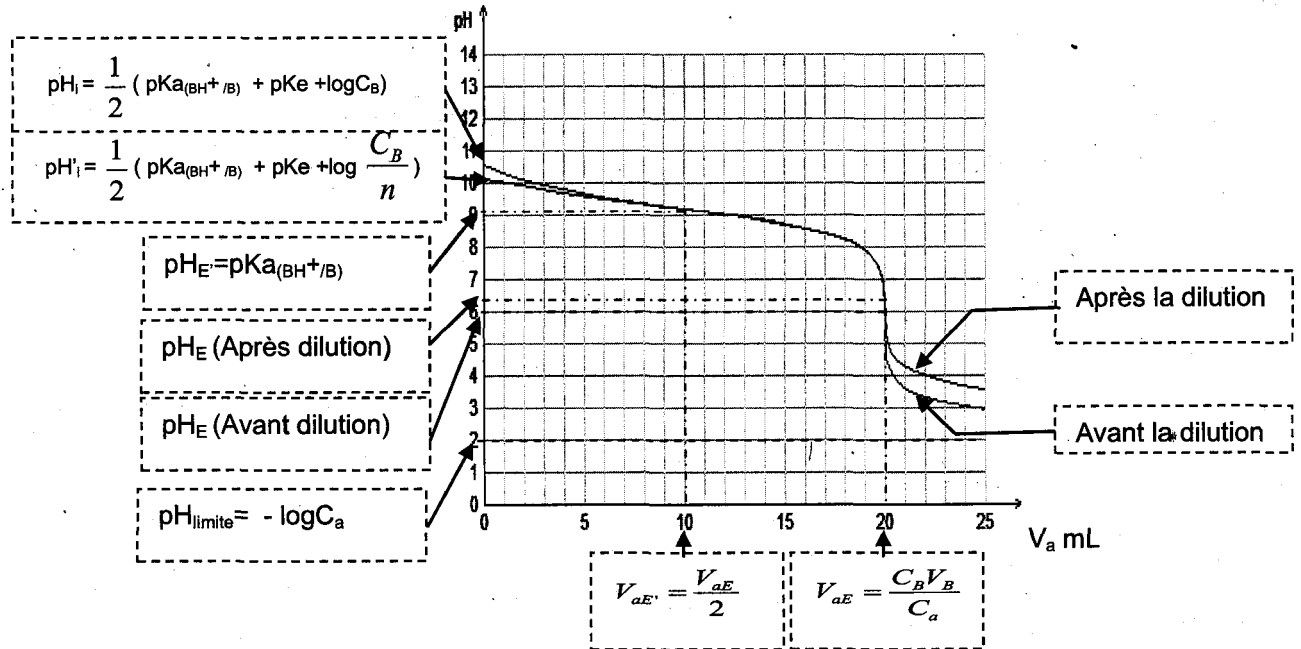
$$\text{or } K_a = \frac{[B]_{eq} [H_3O^+]_{ea}}{[BH^+]_{eq}} = [H_3O^+]_{ea} \text{ d'où } pH_{E'} = pK_a(BH^+/B)$$

- La solution obtenue au demi équivalence E' est dite tampon.

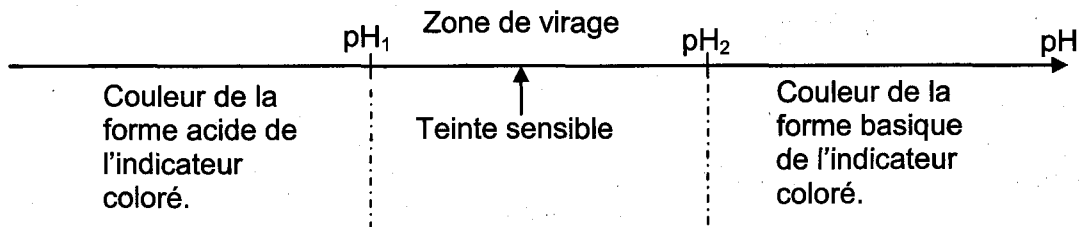
Le pH de la solution tampon varie faiblement suite à une addition d'une quantité d'acide ou de base et ne varie pratiquement pas suite à une dilution modérée.

Remarque :

L'allure de la courbe pH=f(V_B) suite de la dilution n fois du volume V_B de la solution aqueuse de base.



- * Un indicateur coloré de pH utilisé en faible quantité dans les dosages acide base correspond à un couple acide base et possède deux couleurs différentes l'une pour sa forme acide et l'autre pour sa forme basique.
- * La zone de virage d'un indicateur coloré de pH est l'intervalle de pH dans lequel l'indicateur coloré garde pratiquement une couleur intermédiaire entre celle de la forme basique et de la forme acide.
- * La teinte sensible d'un indicateur coloré de pH est la teinte qu'il prend lorsqu'il est introduit dans une solution de pH appartenant à la zone de virage tel que la concentration de la forme acide de l'indicateur est égale à celle de sa forme basique.



- * Un indicateur coloré de pH peut être utilisé pour :
 - Déterminer approximativement le pH d'une solution.
 - Détecter le point d'équivalence approximativement lors d'un dosage acide base, en utilisant un indicateur tel que pH_E appartient à sa zone de virage.

EXERCICES

Toutes les solutions sont prises à 25°C. Le produit ionique de l'eau à cette température est $K_e = 10^{-14}$.

Exercice N°1 :

On considère les solutions aqueuses d'acide (S_1) et (S_2) de même concentration molaire C .

* (S_1) : Solution d'acide (A_1H) de $pH_1 = 2$.

* (S_2) : Solution d'acide (A_2H) de $pH_2 = 3,35$.

1°/ Comparer les forces des deux acides (A_1H) et (A_2H). Justifier.

2°/ Sachant que la concentration molaire $C_0 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

a- Montrer que l'acide (A_1H) est fort et que l'acide (A_2H) est faible.

b- En précisant les approximations utilisées, montrer que le pH de la solution aqueuse d'acide (A_2H)

est exprimé par la relation suivante : $pH = \frac{1}{2} (pK_a - \log C)$.

K_a : Constante d'acidité du couple acide base A_2H / A_2^- .

c- Déterminer la valeur de K_a .

d- Déterminer les concentrations molaires des entités chimiques autres que l'eau présentes dans la solution (S_2).

3°/ Par dilution successive de la solution (S_2), on trace la courbe d'évolution du pH de la solution diluée en fonction de $-\log c$ (c étant la concentration molaire de la solution diluée) représentée par la figure -1-

a- Déterminer l'équation de la courbe.

b- Retrouver la valeur de la constante d'acidité, K_a , du couple A_2H / A_2^- .

c- Le pH d'une solution aqueuse d'acide fort est exprimé par la relation : $pH = -\log c$.

Représenter, sur la figure -1- et avec la même échelle, la courbe d'évolution du pH de la solution (S_1) diluée en fonction de $-\log c$ (c étant la concentration molaire de la solution diluée).

4°/ On réalise la dilution d'un même volume $V_0 = 50 \text{ mL}$ de chacune des solutions d'acides (S_1) et (S_2) en ajoutant le même volume d'eau.

a- Quel volume d'eau doit-on ajouter dans la solution (S_2) pour que son pH augmente de 0,35.

b- Déterminer le pH de la solution (S_1) après cette dilution.

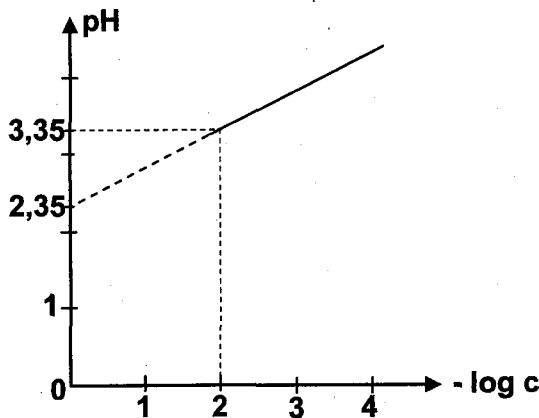


Figure -1-

Exercice N°2 :

II/ On dispose de deux solutions aqueuses basiques S_1 et S_2 de même concentration molaire C supérieure à $10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

- S_1 : Solution aqueuse d'ammoniac (NH_3) supposée comme base faible.
- S_2 : Solution aqueuse de potasse (KOH) supposée comme base forte.

La mesure du pH des deux solutions a fourni les résultats suivants : $\text{pH}_A=12$ et $\text{pH}_B=10,6$.

1°/ Faire associer chacune des solutions à la valeur du pH qui lui correspond.

2°/a- Etablir l'expression du pH d'une solution de base forte et montrer, en précisant l'approximation faite qu'elle est exprimée par : $\text{pH} = \text{pK}_e + \log C$.

b- Dédurre la concentration commune C des deux solutions S_1 et S_2 .

3°/a- Montrer que le taux d'avancement final, τ_f , de l'ionisation de l'ammoniac dans l'eau est

$$\text{exprimé par : } \tau_f = \frac{10^{\text{pH} - \text{pK}_e}}{C} \cdot \text{Calculer } \tau_f.$$

b- Montrer, en précisant l'approximation faite, que la constante de basicité du couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ est donnée par la relation suivante : $K_b = C \cdot \tau_f^2$

d- Déterminer le pK_a du même couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$.

4°/ Déterminer la concentration molaire des différentes entités chimiques présentes dans la solution S_1 .

5°/ A **10 mL** de chacune des solutions S_1 et S_2 on ajoute de l'eau jusqu'à atteindre la même valeur du pH égale à **10,4**. Déterminer le volume d'eau qu'il faut ajouter dans chacune des solutions.

II/

La détermination de la concentration C peut être assurée par un dosage pH- métrique d'un volume $V_B=10 \text{ mL}$ de la solution aqueuse S_2 par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (HCl) de concentration molaire $C_A=5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Pour que la mesure de la valeur du pH du mélange réactionnel à l'aide d'un pH mètre soit plus précise, on ajoute **40mL** d'eau dans le bécher contenant la solution basique initiale.

1°/a- Expliquer comment, par l'ajout de l'eau dans la solution basique initiale, la valeur du pH devient plus précise ?

b- Laquelle (ou les quelles) des propositions est (ou sont) fausse(s)? Justifier..

L'ajout de l'eau à la solution basique S_2 :

b₁- Rend l'ionisation de KOH dans l'eau totale.

b₂- Diminue son pH de **0,35**.

b₃- Augmente la concentration en ion OH^- .

2°/ Ecrire l'équation de la réaction qui aura lieu. Montrer qu'elle est totale.

2°/

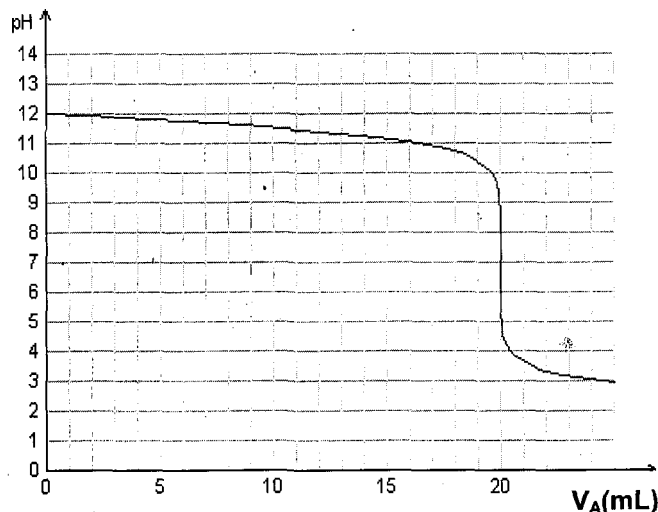
a- La figure -1- représente l'évolution du pH du mélange réactionnel lors du dosage de la solution basique S_2 par la solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

Déterminer graphiquement, en laissant des traces sur la figure -1-, les coordonnées du point d'équivalence E.

b-

b₁- Dédurre le caractère (acide, basique ou neutre) du mélange obtenu à l'équivalence acide base.

b₂- Déterminer la concentration molaire C de la solution S_2 .



Exercice N°3 :

On dispose des deux solutions aqueuses suivantes

* (S₁) : Une solution aqueuse d'un acide A₁H.

* (S₂) : Une solution aqueuse d'un acide A₂H.

Les deux solutions (S₁) et (S₂) sont de même concentration C.

Dans le but de déterminer la concentration C et d'identifier les deux acides A₁H et A₂H on réalise : chacune des solutions (S₁) et (S₂) par une solution C_B = 0,02 mol.L⁻¹.

Sur la figure -1- sont représentées les courbes (1) réactionnel en fonction du volume V_B de la solution des deux solutions (S₁) et (S₂).

1°/

- a- Déterminer les coordonnées des points d'équivalence E₁ et E₂ respectivement des dosages de (S₁) et (S₂).
- b- Montrer que les acides A₁H et A₂H sont faibles?
- c- Déterminer la concentration C des solutions (S₁) et (S₂).

2°/

- a- Montrer que le pH du mélange obtenu au point de demi-équivalence est égal au pKa du couple acide base correspondant à la forme acide dosé. Quelles sont les propriétés d'un tel mélange ?
- b- Déterminer le pKa de chacun des acides A₁H et A₂H.
- c- Identifier ces deux acides à partir du tableau suivant :

Acide	CH ₂ ClCOOH	HCOOH	C ₆ H ₅ COOH	CH ₃ COOH
pKa	2,9	3,75	4,2	4,75

3°/

- a- Dédire une comparaison de la force des acides A₁H et A₂H.
- b- Peut-on comparer la force des acides A₁H et A₂H en utilisant les pH des deux points d'équivalence ? Justifier.

4°/

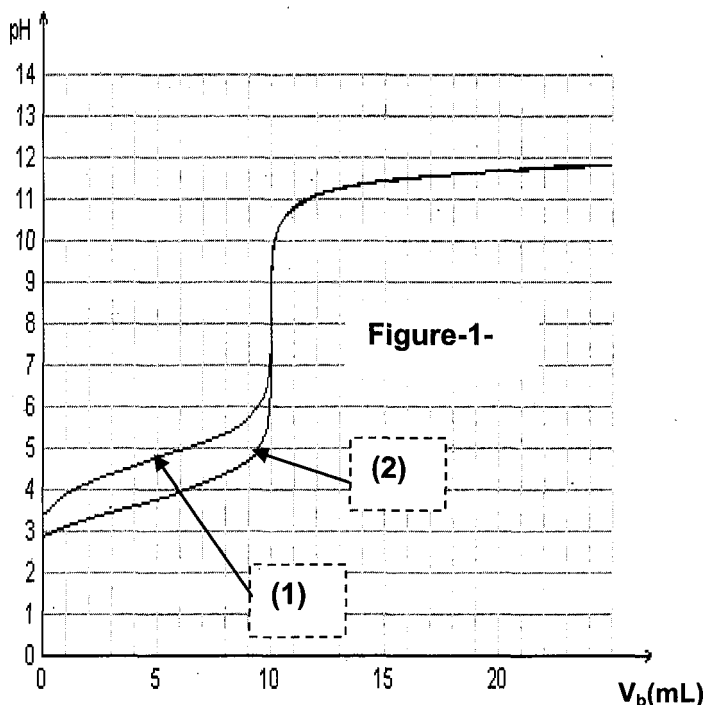
- a- Ecrire l'équation de la réaction chimique responsable à l'évolution du pH lors du dosage de l'acide A₁H par la soude.
- b- En utilisant les entités chimiques justifier le caractère basique du mélange obtenu à l'équivalence lors du dosage de l'acide A₁H par la solution de soude.

Exercice N°4 :

A/ Les courbes représentées sur le graphique de la figure -1- ont été obtenues en mesurant le pH au cours de l'addition progressive d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration C_B = 10⁻² mol.L⁻¹

* A 10 mL d'une solution aqueuse (S₁) d'un acide A₁H de concentration molaire C₁ = 10⁻² mol.L⁻¹ (Courbe-1).

* A 10 mL d'une solution aqueuse (S₂) d'un acide A₂H de concentration molaire C₂ (Courbe -2-).



1°/ A partir de l'observation de ces deux courbes, montrer, sans faire de calculer, que A_1H est fort et que A_2H est faible.

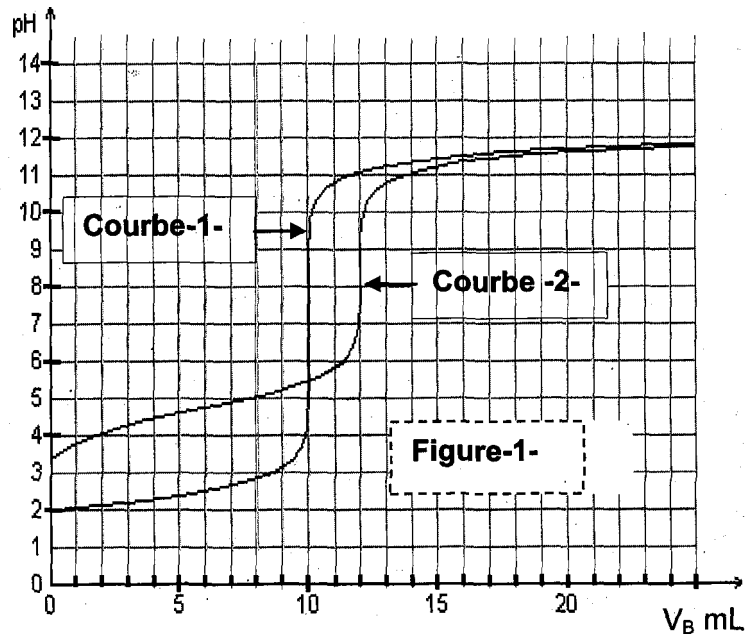
2°/ Ecrire les équations des réactions qui se produisent lors du dosage de chacun de ces deux acides.

3°/ a- Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence du dosage de l'acide A_2H .

b- En déduire la concentration C_2 de la solution d'acide faible.

c- En se basant sur la nature des espèces chimiques présentes dans le mélange à l'équivalence, justifier son caractère.

4°/ a- Déterminer le pK_{a2} du couple acide base correspondant à l'acide A_2H .
 b- En refait le dosage de l'acide A_2H après avoir diluer sa solution. Représenter sur la figure -1- l'allure de la courbe $pH=f(V_B)$ suite à cette dilution.



Exercice N°5 :

Dans un bécher contenant $V_B = 20\text{cm}^3$ d'une solution aqueuse (S) d'ammoniac NH_3 de concentration C_B inconnue, on verse progressivement une solution d'acide chlorhydrique HCl de concentration $C_A = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

Il a été possible de tracer la courbe de variation du pH du mélange réactionnel au cours de ce dosage en fonction du volume V_A de la solution acide ajoutée. On porte dans le tableau suivant les résultats des mesures relatifs seulement à deux points de la courbe :

	Volume de la solution acide ajoutée (cm^3)	pH du mélange réactionnel
Point d'équivalence	18	5,3
Point de demi-équivalence	9	9,2

1°/ Ecrire l'équation bilan de la réaction chimique acidebase.

2°/ a- Déterminer la concentration C_B de la solution (S).
 b- Montrer qu'au point de demi-équivalence le pH du mélange réactionnel est égal au pK_a du couple NH_4^+/NH_3 . Déduire sa valeur.

3°/ Retrouver par le calcul la valeur du pH du mélange à l'équivalence acido-basique.

4°/ A 100 cm^3 de la solution (S), on ajoute 45 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

a- Quel sera approximativement le pH de la solution obtenue ?
 b- Quelles propriétés possède cette solution ?

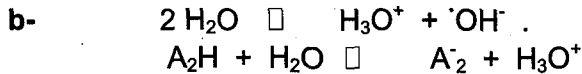
CORRECTION

Exercice N°1 :

1°/ Les deux solutions d'acide (S₁) et (S₂) ont la même concentration initiale C₀, l'acide le plus fort est celui dont sa solution aqueuse a le pH le plus faible or pH₁ < pH₂ par suite l'acide A₁H est plus fort que A₂H.

2°/a- * $[H_3O^+]_{(S_1)} = 10^{-pH_1} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = C_0$ alors l'acide A₁H est fort.

* $[H_3O^+]_{(S_2)} = 10^{-pH_2} = 10^{-3,35} = 4,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} < C_0$ alors l'acide A₂H est faible.



A t=0 C₀ - 0 $10^{\frac{pK_e}{2}}$ en mol.L⁻¹.

A t_f C₀ - y_f - y_f 10^{-pH} en mol.L⁻¹.

* $[H_3O^+]_{(solution)} = [H_3O^+]_{(acide)} + [H_3O^+]_{(eau)} = y_f + [OH^-]$.

1^{ère} approximation : La solution (S₂) étant acide de pH < 6 et C > 10⁻⁶ mol.L⁻¹ alors on néglige

$[OH^-]$ devant $[H_3O^+]$ par suite $[H_3O^+] = y_f = 10^{-pH}$ (1) alors $y_f = \tau_f \cdot C_0$ (2) et

$K_a = \frac{[A^-] \times [H_3O^+]}{[AH]} = \frac{y_f \times 10^{-pH}}{C_0 - y_f}$ (3) alors (1) et (2) dans (3) alors $K_a = \frac{10^{-pH} \times 10^{-pH}}{C_0 - \tau_f \cdot C_0} = \frac{10^{-2pH}}{C_0(1 - \tau_f)}$

2^{ème} approximation L'acide AH est très faiblement ionisé dans l'eau alors $\tau_f < 0,05$ alors

1- $\tau_f \ll 1$ par suite $K_a = \frac{10^{-2pH}}{C_0}$ donc $10^{-2pH} = K_a \cdot C_0$ alors $-\log 10^{-2pH} = -\log K_a - \log C_0$ alors

2 pH = pKa - log C₀ d'où $pH = \frac{1}{2} (pKa - \log C_0)$.

c- $K_a = \frac{10^{-2pH_2}}{C_0}$. AN : $K_a = \frac{10^{-2 \times 3,35}}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-5}$.

d- $[H_3O^+] = 10^{-pH_2} = 10^{-3,35} = 4,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$, $[OH^-] = K_e \cdot 10^{pH_2} = 10^{-14} \times 10^{3,35} = 2,24 \cdot 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$.

$[A_2^-] = y_f = 10^{-pH_2} = [H_3O^+] = 4,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[A_2H] = C_0 - y_f = 10^{-2} - 4,46 \cdot 10^{-4} = 9,55 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

3°/

a- La courbe pH = f(- log c) est une droite qui ne passe pas par l'origine d'équation pH = a (-log c) + b

* a = Coefficient de la droite = $\frac{3,35 - 2,35}{2 - 0} = \frac{1}{2}$.

* b = L'ordonnée pour (- log C = 0) = 2,35. D'où $pH = -\frac{1}{2} \log c + 2,35$.

a- On a $pH = -\frac{1}{2} \log c + 2,35$ et $pH = \frac{1}{2} (pKa - \log C_0) = -\frac{1}{2} \log c + \frac{1}{2} pKa$ par suite $\frac{1}{2} pKa = 2,35$ alors

$pKa = 2 \times 2,35 = 4,7$ alors $K_a = 10^{-pKa}$. AN : $K_a = 10^{-4,7} = 2 \cdot 10^{-5}$.

b- Pour un acide fort on a: $\text{pH} = -\log c$ alors la courbe $\text{pH} = f(-\log c)$ est une droite qui passe par l'origine tel que si $-\log c = 2$ alors $\text{pH} = 2$. Figure-1-

4°/

a- L'acide A_2H est très faiblement ionisé dans l'eau

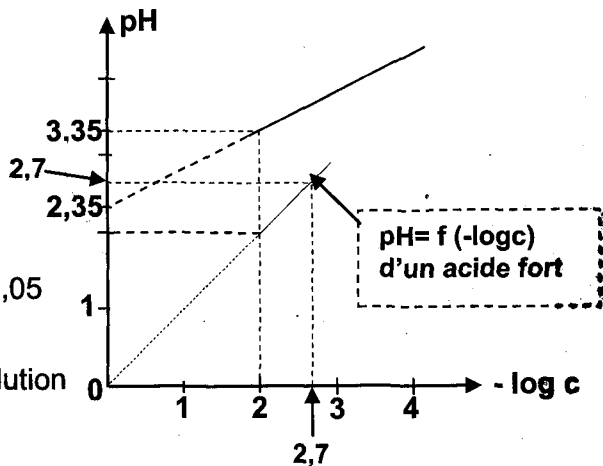
car son $\tau_f = \frac{y_f}{C_0} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_0} = \frac{10^{-\text{pH}_2}}{C_0}$. AN : $\tau_f = 0,044 < 0,05$

donc $\text{pH}'_2 = \text{pH}_2 + \frac{1}{2} \log n$ (avec n : nombre de fois de dilution et $\text{pH}'_2 = 3,35 + 0,35 = 3,7$).

$\text{pH}'_2 = \text{pH}_2 + \frac{1}{2} \log n$ alors $\log n = 2(\text{pH}'_2 - \text{pH}_2)$. AN : $\log n = 2 \times (3,7 - 3,35) = 0,7$ d'où $n = 10^{0,7} = 5$.

Or $V = n V_0$. AN : $V = 5 \times 50$ alors $V = 250 \text{ mL}$ apr suite $V_{\text{eau ajoutée}} = 250 - 50 = 200 \text{ mL}$.

b- A_1H est un acide fort alors $\text{pH}'_1 = \text{pH}_1 + \log n$. AN : $\text{pH}'_1 = 2 + \log 5 = 2,7$.

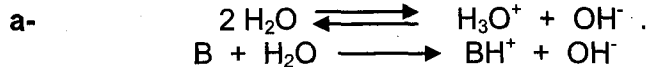


Exercice N°2 :

I-

1°/ De deux solutions aqueuses basiques de même concentration, celle qui possède le pH le plus grand renferme la base la plus forte, et comme KOH est une base forte et NH_3 est une base faible et que pH_A est supérieur à pH_B alors la solution S_2 est de $\text{pH}_A = 12$ et que la solution S_1 est de $\text{pH}_B = 10,6$.

2°/



A t=0	C	-	0	$10^{\frac{\text{pKe}}{2}}$	en mol.L ⁻¹ .
A t _f	C-y _f	-	y _f	$10^{\text{pH}-\text{pKe}}$	en mol.L ⁻¹ .

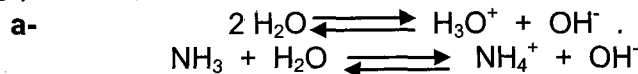
La concentration molaire des ions OH^- dans le mélange est exprimée par $[\text{OH}^-] = y_f + [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Puisque la solution est basique $\text{pH} > 8$ et que la concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$, alors on néglige $[\text{H}_3\text{O}^+]$ devant $[\text{OH}^-]$ donc $[\text{OH}^-] = y_f = 10^{\text{pH}-\text{pKe}}$.

La base est forte alors, $y_f = C$ d'où $C = 10^{\text{pH}-\text{pKe}}$ alors $\text{pH} - \text{pKe} = \text{Log} C$ donc : $\text{pH} = \text{Log} C + \text{pKe}$.

b- $C = 10^{\text{pH}-\text{pKe}}$. AN : $C = 10^{12-14} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

3°/



A t=0	C	-	0	$10^{\frac{\text{pKe}}{2}}$	en mol.L ⁻¹ .
A t _f	C-y _f	-	y _f	$10^{\text{pH}-\text{pKe}}$	en mol.L ⁻¹ .

Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_f = \frac{y_f}{C}$.

On supposant que la réaction est totale $C - y \geq 0$ alors $C \geq y$ donc $y_m = C$

La concentration molaire des ions OH^- dans le mélange est exprimée par $[\text{OH}^-] = y_f + [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Puisque la solution est basique $pH > 8$ et que la concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$, alors on néglige $[H_3O^+]$ devant $[OH^-]$ donc $[OH^-] = y_f = 10^{pH-pK_e}$ d'où $\tau_f = \frac{10^{pH-pK_e}}{C}$.

$$\tau_f = \frac{10^{10,6-14}}{10^{-2}} = 10^{-1,4} = 3,98 \cdot 10^{-2} < 0,05.$$

c- $K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{y_f \cdot 10^{pH-pK_e}}{(c-y_f)} = \frac{\tau_f \cdot C \cdot 10^{pH-pK_e}}{C \cdot (1-\tau_f)} = \frac{\tau_f \cdot 10^{pH-pK_e}}{(1-\tau_f)}$. Sachant que la base est

faiblement ionisée alors on néglige τ_f par rapport à l'unité alors $K_b = \tau_f \cdot 10^{pH-pK_e} = \tau_f \cdot y_f = C \cdot \tau_f^2$

d- AN: $K_b = 10^{-2} \cdot (3,98 \cdot 10^{-2})^2 = 1,58 \cdot 10^{-5}$ et $K_a = \frac{K_e}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,58 \cdot 10^{-5}} = 6,33 \cdot 10^{-10}$ d'où $pK_a = -\text{Log}K_a \approx 9,2$.

4°/ $[H_3O^+] = 10^{-pH}$. AN: $[H_3O^+] = 10^{-10,6} = 2,51 \cdot 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$.

$$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \text{ AN: } [OH^-] = \frac{10^{-14}}{2,51 \cdot 10^{-11}} = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$[NH_4^+] = [OH^-] = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [NH_3] = C - [OH^-] = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

5°/ Dans la solution S_1 : $\text{Log}n = (10,6 - 10,4) \times 2 = 0,4$ alors $n = 2,5$ d'où $v_{\text{tot}} = 2,5 \times 10 = 25 \text{ mL}$
alors $v_{\text{ajouté}} = 25 - 10 = 15 \text{ mL}$.

Dans la solution S_1 : $\text{Log}n = 12 - 10,4 = 1,6$ alors $n = 10^{1,6} \approx 40$ d'où $v_{\text{tot}} = 40 \times 10 = 400 \text{ mL}$
alors $v_{\text{ajouté}} = 400 - 10 = 390 \text{ mL}$.

II

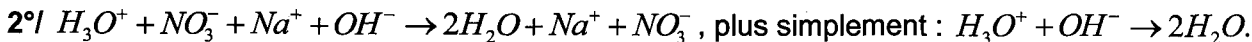
1°/

a- L'ajout de l'eau dans la solution basique rend la valeur du pH plus précise puisque l'électrode du pH-mètre devient plus immergée dans la solution.

b- Les propositions fausses sont :

b₁- KOH est une base forte son ionisation dans l'eau est totale.

b₂- Diminue son pH de $\text{Log}n = \text{Log}\left(\frac{50}{10}\right) = \text{Log}5 = 0,7$.



$$K = \frac{1}{[OH^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{1}{K_e} = 10^{14} > 10^4 \text{ donc la réaction est totale.}$$

3°/a- Coordonnées du point d'équivalence E :

E ($V_{AE} = 20 \text{ mL}$, $pH_E = 7$).

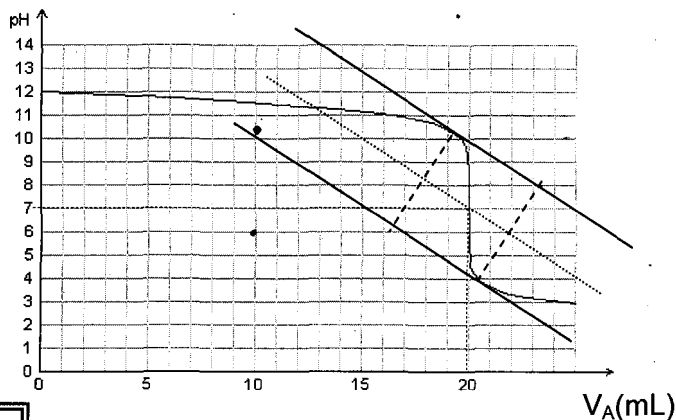
b-

b₁- $pH_E = 7$: Le mélange est neutre.

b₂- Concentration de la solution dosée :

$$C_d = \frac{C_A \times V_{AE}}{V_B} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$C = C_d \times 5 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}.$$



Exercice N°3 :

1°/

a- La courbe (1) : E_1 ($V_b = 10$ mL ; pH = 8,25) et la courbe (2) : E_2 ($V_b = 10$ mL ; pH = 7,81).b- Les deux acides A_1H et A_2H sont des acides faibles, car les deux courbes (1) et (2) présentent chacune deux points d'inflexions et NaOH est une base forte.c- Au point d'équivalence E_1 on a : $n(A_1H)_0 = n(NaOH)_{\text{éq}}$ alors $C V_a = C_B \cdot V_{B\text{éq}}$ alors $C = \frac{C_b \times V_{bE}}{V_a} = 10^{-2}$ mol.L⁻¹2°/a- * Au point de demi-équivalence on a : $V_b \frac{V_{bE}}{2} = 5$ mL, l'acide AH réagit en moitié alors $[AH] = [A^-]$

$$\text{or } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]} \text{ alors } K_a = [H_3O^+] \text{ alors } -\log[H_3O^+] = -\log K_a \text{ alors } \text{pH} = \text{p}K_a.$$

* Au demi-équivalence, la solution est dite tampon. Le pH de la solution tampon :

- ne varie pratiquement pas suite à une dilution modérée.

- varie faiblement suite à une addition d'une faible quantité de solution d'acide ou de base.

b- La courbe (1) : $\text{p}K_{a1} = 4,75$ et la courbe (2) : $\text{p}K_{a2} = 3,75$.c- A_1H correspond à l'acide CH_3COOH et A_2H correspond à l'acide HCOOH .

3°/

a- L'acide, le plus fort est celui qui a le $\text{p}K_a$ la plus faible or $\text{p}K_{a2} < \text{p}K_{a1}$ alors l'acide A_2H est plus fort A_1H .b- Au point d'équivalence du dosage A_1H et A_2H , on a deux solutions aqueuse de base faible :

$$(Na^+ + A_1^-) \text{ et } (Na^+ + A_2^-) \text{ de même concentration } \frac{CV_a}{V_a + V_{bE_1}} = \frac{CV_a}{V_a + V_{bE_2}}$$

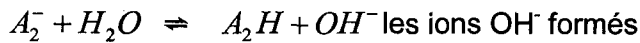
Avec V_{bE_3} : Volume de la solution de NaOH versé à l'équivalence du dosage de l'acide A_3H .la base la plus forte est celle qui a le pH le plus élevé or $\text{pH}_{E_1} > \text{pH}_{E_2}$ par suite la base A_2^- est plus faible que la base A_1^- or plus la base est faible, plus son acide conjugué est fort alors l'acide A_2H est plus fort que A_1H .4°/a- $A_1H + OH^- \longrightarrow A_1^- + H_2O$.b- Au point d'équivalence A_1H et OH^- réagissent pratiquement en totalité, on obtient ainsi une solution aqueuse de base faible ($A_1^- + Na^+$) or Na^+ est un ion inerte et A_1^- réagit avec l'eau.
$$A_1^- + H_2O \rightleftharpoons A_1H + OH^-$$
 d'où les ions OH^- formés imposent le caractère basique au point d'équivalence.
Exercice N°4 :

1°/ NaOH est une base forte.

- La courbe -1- possède un seul point d'inflexion alors A_1H est un acide fort.- La courbe -2- possède deux points d'inflexion alors A_2H est un acide faible.2°/ Dosage de l'acide A_1H : $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$ et dosage de l'acide A_2H : $A_2H + OH^- \longrightarrow A_2^- + H_2O$ 3°/a- $V_{bE_2} = 12$ ml ; $\text{pH}_{E_2} = 8,2$

b- Au point d'équivalence $C_2V_2 = C_b.V_{bE2}$ alors $C_2 = C_b \frac{V_{bE2}}{V_2} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

c- Au point d'équivalence A_2H et OH^- réagissent pratiquement en totalité, on obtient ainsi une solution aqueuse de base faible ($A_2^- + Na^+$) or Na^+ est un ion inerte et A_2^- réagit avec l'eau.

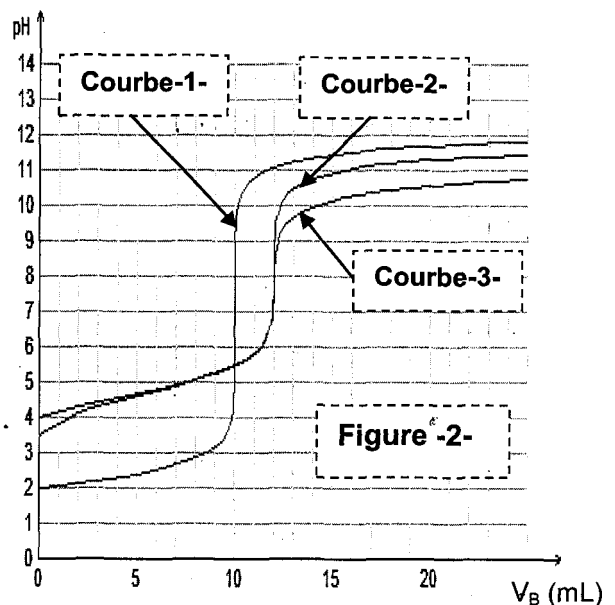


imposent le caractère basique au point d'équivalence.

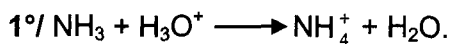
4°/a- Au demi équivalence $V_b = \frac{V_{bE2}}{2} = 6 \text{ ml}$

on a $\text{pH} = \text{p}K_a = 4,8$.

b- pH_1 diminue ; pH_{E2} diminue et $V_{bE2} = 12 \text{ mL} = \text{cte}$.
courbe -3-Figure -2-



Exercice N°5 :



2°/

a- Au point d'équivalence : $C_B V_B = C_a.V_{aE}$ alors $C_B = \frac{C_a.V_{aE}}{V_B} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

b- Au demi équivalence $V_a = \frac{V_{aE}}{2}$ alors NH_3 réagit en moitié d'où $[NH_3] = [NH_4^+]$ or $K_a = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$

alors $K_a = [H_3O^+]$ alors $-\log[H_3O^+] = -\log K_a$ alors $\text{pH} = \text{p}K_a = 9,2$.

3°/ Au point d'équivalence du dosage NH_3 , on a une solution aqueuse d'acide faible :

$$(NH_4^+ + Cl^-) \text{ de concentration } C = \frac{C_a V_{aE}}{V_b + V_{aE}} = \frac{C_b V_b}{V_b + V_{aE}} = 4,74 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH}_E = \frac{1}{2} (\text{p}K_a - \log C) = 5,26$$

4°/

a- soit V_{aE} : volume d'acide nécessaire pour doser $V_B = 100 \text{ mL}$.

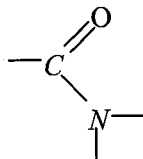
Au point d'équivalence : $V_{aE} = \frac{C_B \cdot V_B}{C_a} = 90 \text{ mL}$ or $V_a = 45 \text{ mL} = \frac{V_{aE}}{2}$ d'où le mélange est obtenu

au demi équivalence alors $\text{pH} = \text{p}K_a (NH_4^+ / NH_3) = 9,2$.

b- Le pH d'une solution tompon ne varie pratiquement pas suite à une addition d'une faible quantité d'acide ou de base ou une dilution modérée.

L'ESSENTIEL DU COURS

* Un amide est un composé organique oxygéné et azoté dont la molécule renferme le groupe fonctionnel :



* Formule brute d'un amide : $C_nH_{2n+1}NO$.

Masse molaire d'un amide : $M_{\text{Amide}} = 14n+31$.

* Dans un amide de masse molaire $M_{\text{Amide}} = 14n+31$ on a :

$$\%C = \frac{m_C}{M} \times 100 = \frac{12n}{14n+31} \times 100.$$

$$\%H = \frac{m_H}{M} \times 100 = \frac{2n+1}{14n+31} \times 100.$$

$$\%N = \frac{m_N}{M} \times 100 = \frac{14}{14n+31} \times 100.$$

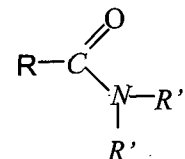
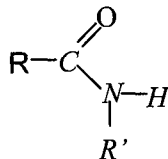
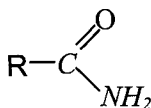
$$\%O = \frac{m_O}{M} \times 100 = \frac{16}{14n+31} \times 100.$$

* Il existe trois types d'amides :

- Amide *N*- non substitué :

- Amide *N*- monosubstitué :

- Amide *N,N*- disubstitué :

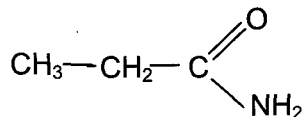


Avec R' , R'' sont des groupes alkyles et R peut être un atome d'hydrogène ou un groupe alkyle.

* Pour nommer un amide il faut :

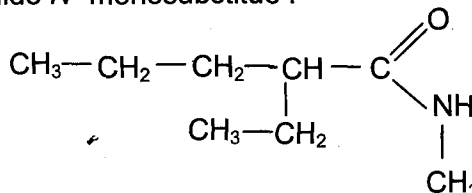
- Identifier la chaîne carbonée la plus longue contenant obligatoirement le groupe amide.
- Identifier la (ou les) substituant(s) alkyle(s) sur l'atome d'azote.

* - Amide *N*- non substitué :



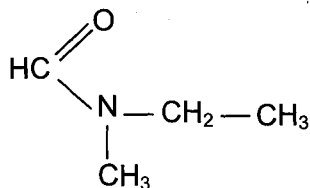
Propanamide

- Amide *N*- monosubstitué :

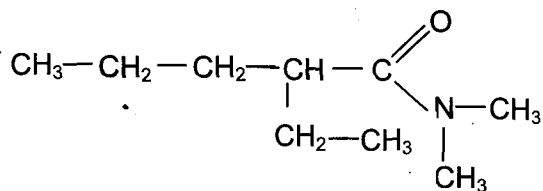


N-méthyl 2-éthylpentanamide.

- Amide *N,N*- disubstitué :

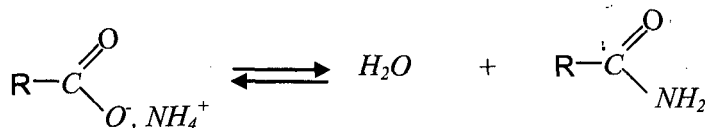


N-éthyl *N*-méthylméthanamide



N,N-diméthyl 2-éthylpentanamide.

* Un amide N- non substitué peut être préparé à partir de la réaction de déshydratation d'un carboxylate d'ammonium

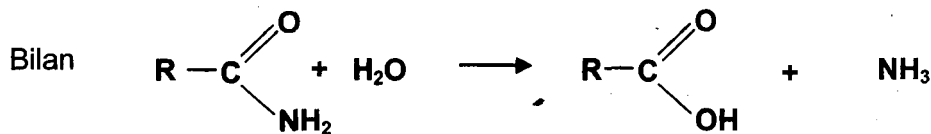
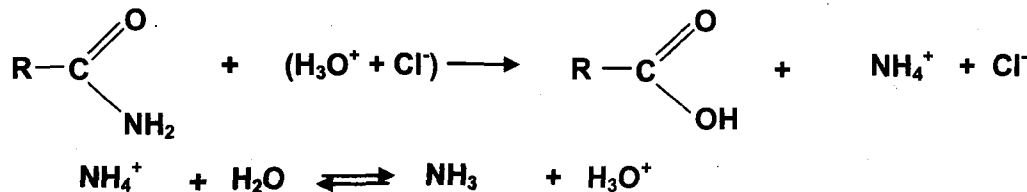


C'est une réaction lente, amorcée (chauffage jusqu'à 240°C pendant 30min) est limitée qui aboutit à un état d'équilibre chimique.

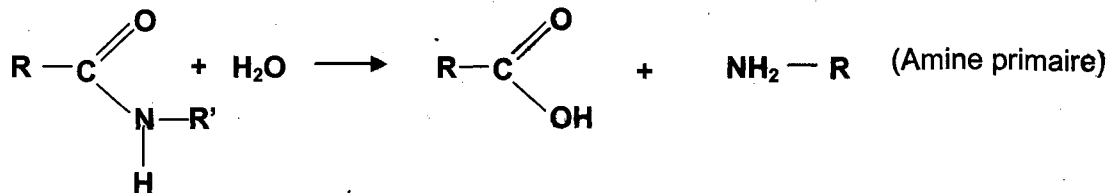
* L'hydrolyse d'un amide (réaction de l'amide avec l'eau) est une réaction qui se produit en milieu acide (présence d'excès d'ions H_3O^+) ou en milieu basique (présence d'excès d'ions OH^-) tel que H_3O^+ et OH^- jouent le rôle d'un catalyseur.

1^{er} Cas : En milieu acide :

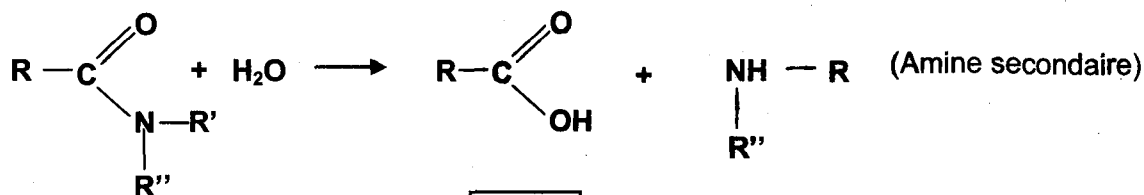
▣ Avec un amide N- non substitué



▣ Avec un amide N- monosubstitué

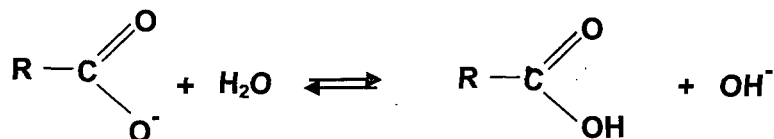
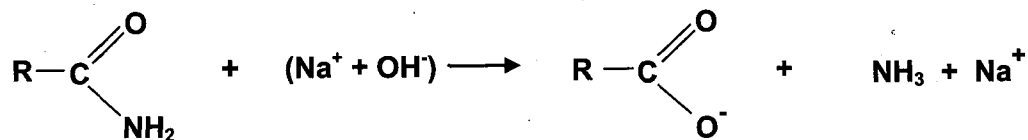


▣ Avec un amide N,N- disubstitué

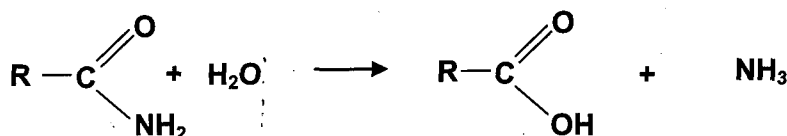


2^{ème} Cas : En milieu basique :

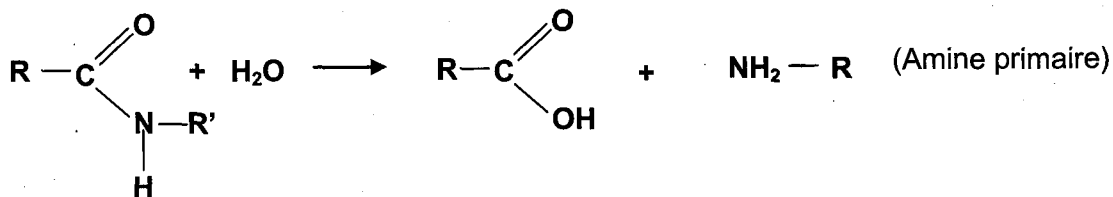
▣ Avec un amide N- non substitué.



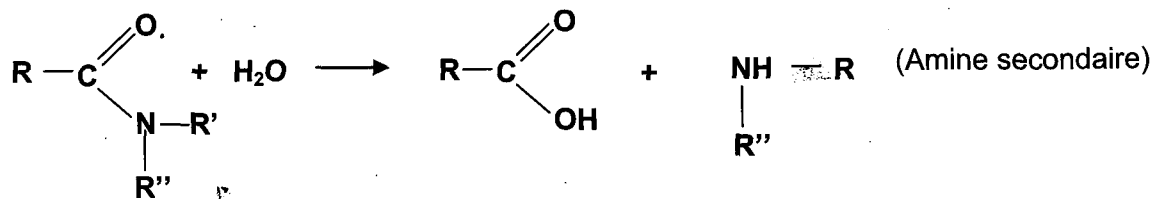
Bilan :



▣ Avec un amide N- monosubstitué



▣ Avec un amide N,N- disubstitué



* Les dérivés d'acides carboxyliques :

Lorsqu'on remplace le groupe hydroxyle -OH de l'acide carboxylique RCO-OH par un autre groupe X on obtient un dérivé de l'acide carboxylique RCO-X.

X	Dérivé de l'acide carboxylique	Fonction chimique
Cl	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{Cl} \end{array}$	Chlorure d'acyle
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}'-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O} \\ \\ \text{R}'-\text{C} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	Anhydride d'acide
<p>—O—R' R' est différent de H</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{R}' \end{array}$	Ester
<p>R₁ et R₂ peuvent être en hydrogène ou alkyle</p> $\begin{array}{c} -\text{N}-\text{R}_1 \\ \\ \text{R}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{N}-\text{R}_1 \\ \\ \text{R}_2 \end{array}$	Amide

Dérivé de l'acide carboxylique	Chlorure d'acyle	Anhydride d'acide	Ester
Formule générale	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O} \\ \\ \text{R}'-\text{C} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{R}' \end{array}$ <p>R' est différent de H</p>
Formule brute	C _n H _{2n-1} OCl	C _n H _{2n-2} O ₃	C _n H _{2n} O ₂
Masse molaire	14n + 50,5	14n + 46	14n + 32

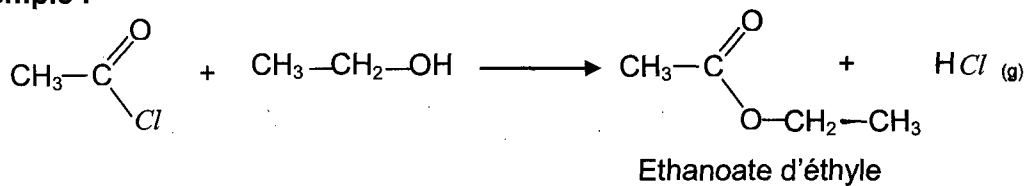
Dérivé de l'acide carboxylique	Chlorure d'acyle	Anhydride d'acide	Ester
Nomenclature	$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{array}$ <p>Chlorure d'éthanoyle</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \end{array}$ <p>Anhydride éthanoïque</p>	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ <p>Méthanoate d'éthyle</p>
	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{array}$ <p>Chlorure de 3-méthylbutanoyle</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \end{array}$ <p>Anhydride éthanoïque et propanoïque</p>	$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \end{array}$ <p>Ethanoate de 1-méthyléthyle</p>

* La formation d'un ester à partir de la réaction d'un chlorure d'acyle et d'un alcool d'équation :



C'est une réaction rapide, totale et exothermique.

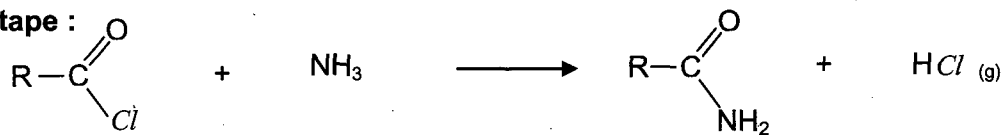
Exemple :



* La formation d'un amide à partir de la réaction d'un chlorure d'acyle d'équation :

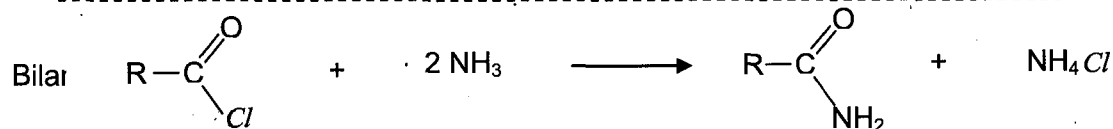
- La formation d'un amide N-non substitué.

1^{ère} étape :



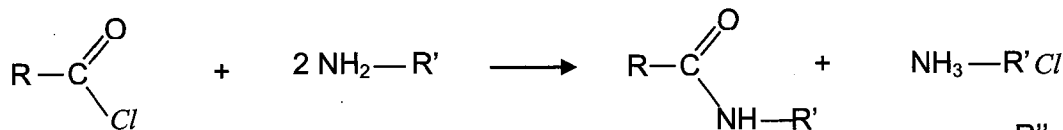
En présence d'un excès de NH₃.

2^{ème} étape :

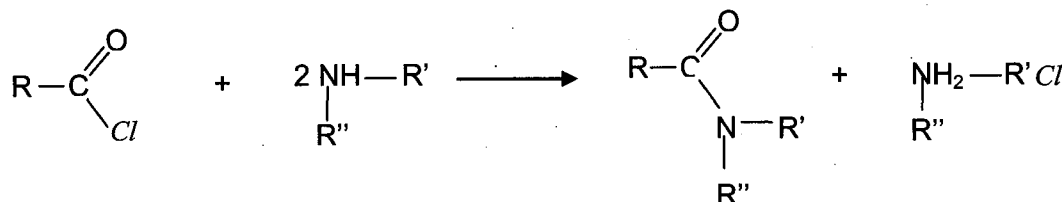


Remarque : Si l'ammoniac n'est pas en excès la réaction de chlorure d'acyle avec l'ammoniac s'arrête au niveau de la 1^{ère} étape.

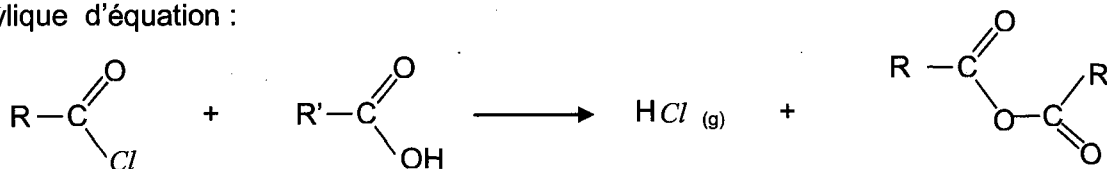
- La formation d'un amide N-monosubstitué en présence d'un excès d'amine primaire ($\text{NH}_2\text{—R}'$) :



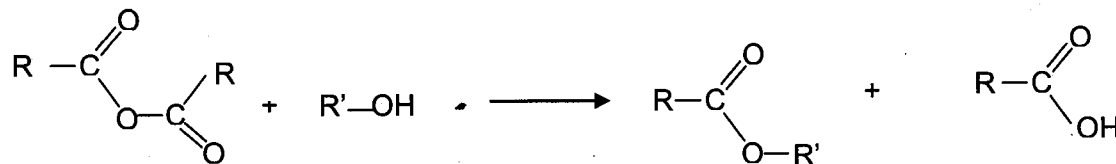
- La formation d'un amide N,N- disubstitué en présence d'un excès d'amine secondaire ($\text{NH—R}'$)



* La formation d'un anhydride d'acide à partir de la réaction d'un chlorure d'acyle et d'un acide carboxylique d'équation :



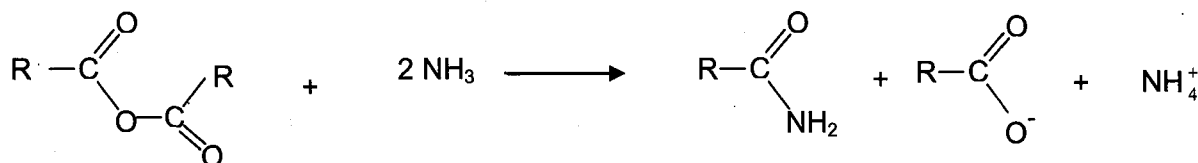
* La formation d'un ester à partir de la réaction d'un anhydride d'acide et d'un alcool d'équation :



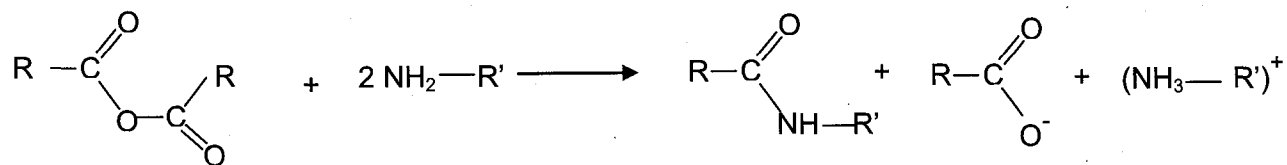
C'est une réaction rapide, totale et exothermique contrairement à la réaction d'estérification.

* La formation d'un amide à partir de la réaction d'un anhydride d'acide d'équation :

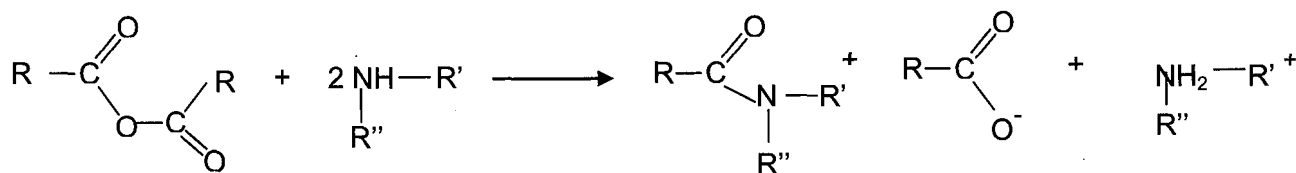
- La formation d'un amide N-non substitué en présence d'ammoniac en excès :



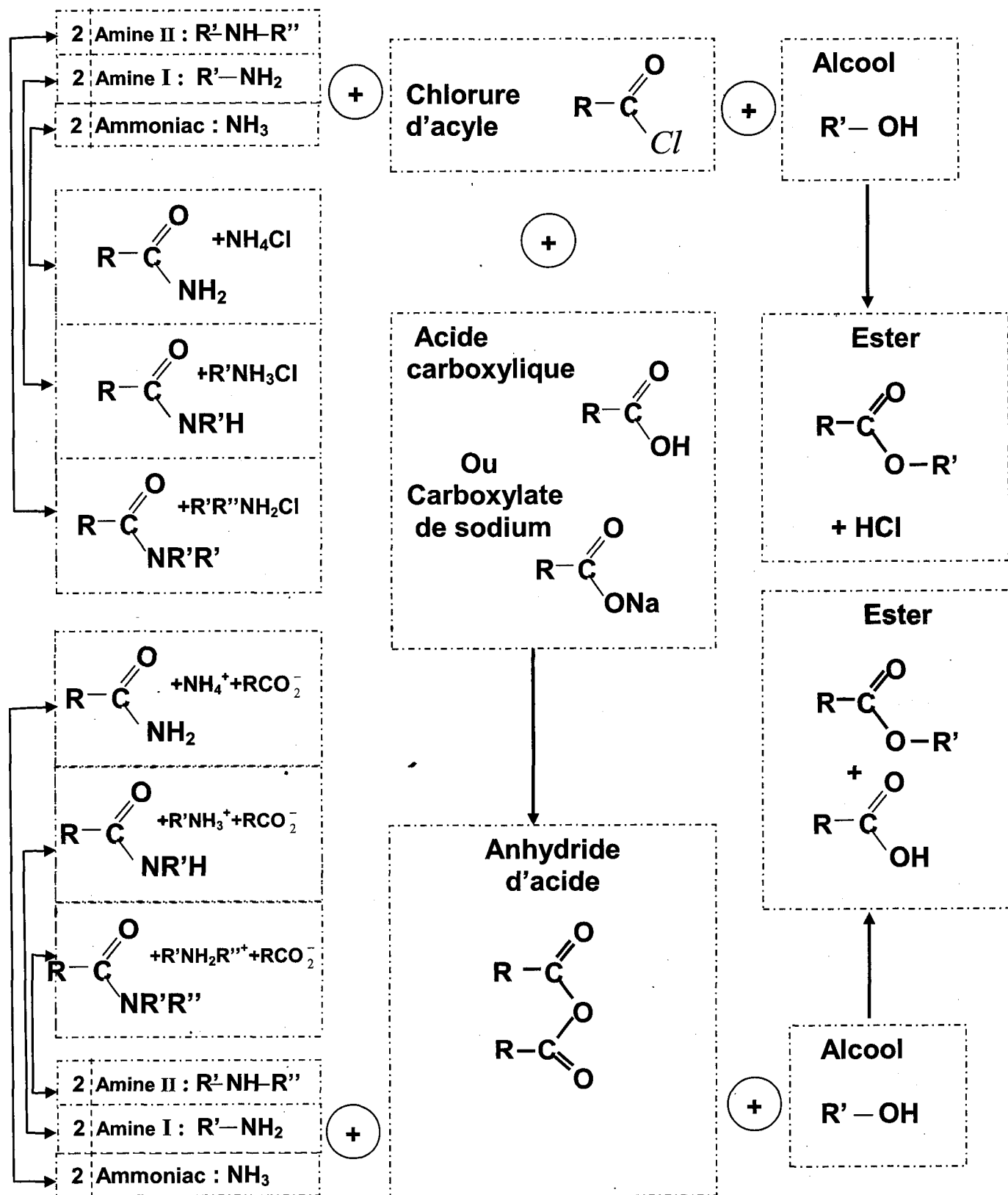
- La formation d'un amide N-monosubstitué en présence d'un excès d'amine primaire ($\text{NH}_2\text{—R}'$) :



- La formation d'un amide N,N- disubstitué en présence d'un excès d'amine secondaire ($\text{NH—R}'$) :



* Les réactions de passage entre les différentes fonctions dérivées des acides carboxyliques.

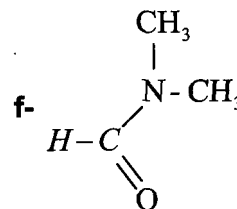
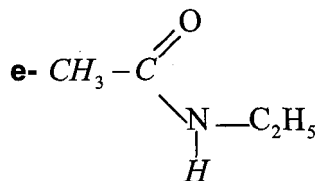
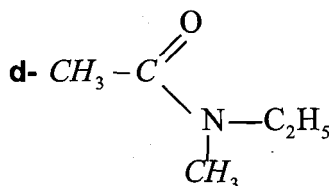
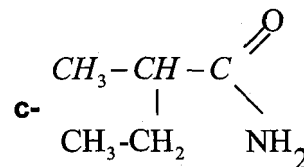
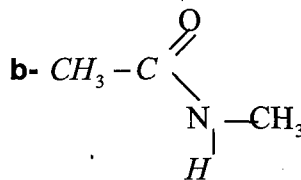
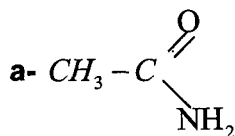


EXERCICES

Exercice N°1 :

1°/ Donner la définition d'un amide.

2°/ Donner le nom de chacun des amides suivants. Préciser son type.



3°/ Ecrire la formule semi développée de chacun des amides suivants :

a- N-éthyl N-méthyl-2, 2-diméthylbutanamide.

b- Méthanamide

c- N-éthyl N-éthyléthanamide

4°/ Un amide N- disubstitué A de masse molaire $M=87\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

a- Déterminer la formule brute de l'amide A.

b- Déterminer la formule semi développée et le nom de chacun des isomères possibles de A.

Exercice N°2 :

Le pourcentage massique d'hydrogène d'un amide N,N- disubstitué (D) est 9,59%.

1°/ La formule brute de D.

2°/

a- Montrer que l'amide D peut être disubstitué.

b- Déterminer le nom et la formule semi développée de D.

Exercice N°3 :

Le pourcentage massique de l'azote dans un amide (A) N- substitué est égale 23,73 %.

1°/ Déterminer :

a- La masse molaire de cet amide.

b- La formule brute de (A).

2°/ Déterminer la formule semi développée et le nom de (A).

3°/ L'hydrolyse en milieu basique de A est réalisée en chauffant à reflux l'amide A en présence d'une solution d'hydroxyde de potassium. On obtient deux composés organique :

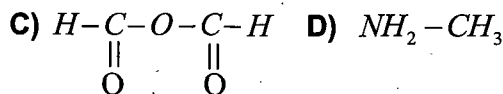
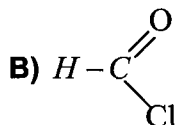
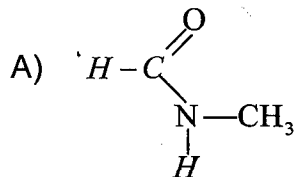
- Un carboxylate de potassium B.

- Une amine primaire C.

- a- Ecrire, en formule semi développée, l'équation de la réaction modélisant cette transformation.
- b- Donner le nom de l'amine C.
- c- Ecrire la formule semi développée et le nom de l'acide carboxylique B' correspondant au sel formé.

Exercice N°4 :

On considère les composés suivants :



1°/

- a- Cocher par (x) la case correspondante.

	A	B	C	D
Composé organique				
Dérivé d'un acide carboxylique				
Hydrocarbure				

- b- Compléter le tableau suivant :

	A	B	C	D
Famille				
Groupe fonctionnel				
Nom				

2°/

- a- Ecrire l'équation de la réaction de formation du corps (A) à partir de (B).

- b- Montrer que le corps (A) peut être formé aussi à partir du composé (C).

3°/ Le composé (C) réagit avec l'éthanol pour former un ester E et un autre produit (F).

- a- Ecrire l'équation de cette réaction et préciser ces caractères.

- b- Donner le nom des produits formés.

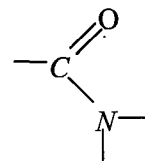
- c- Le composé E est-il un dérivé de l'acide carboxylique? Lequel.

- d- Donner le nom d'une autre réaction qui permet de former le composé E. Quels sont ses caractères.

CORRECTION

Exercice N°1 :

1°/ Un amide est un composé organique oxygéné et azoté dont la molécule renferme le groupe fonctionnel :



2°/

a- éthanamide ;

b- N- méthyléthanamide ;

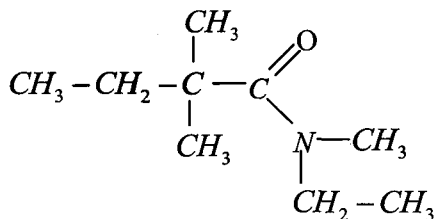
d- N-éthyl N- méthyléthanamide ; e- N-éthyléthanamide ;

c- 2- méthylbutanamide.

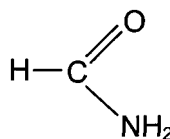
f- N,N- diméthylméthanamide.

3°/

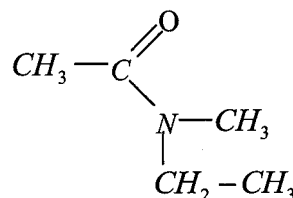
a-



b-



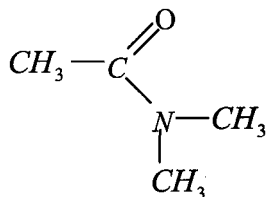
c-



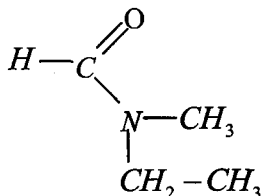
4°/

a- $M = 14n + 31$ alors $n = \frac{M-31}{14} = 4$ d'où la formule brute de (A) : $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$.

b-



: N,N- diméthyléthanamide.



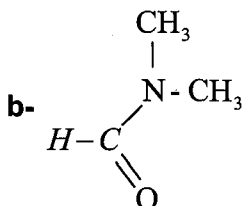
: N-éthyl N-méthylméthanamide.

Exercice N°2 :

1°/ $\%(\text{H}) = \frac{2n+1}{(14n+31)} \times 100 = 9,59$ alors $1,3462.n + 2,9729 = 2n + 1$ d'où $0,6574n = 1,9729$ donc $n \approx 3$.

Formule brute de l'amide (D) : $\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$.

2°/

a- $n \geq 3$ alors l'amide peut être disubstitué.

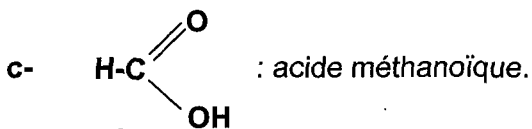
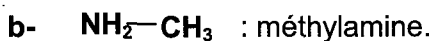
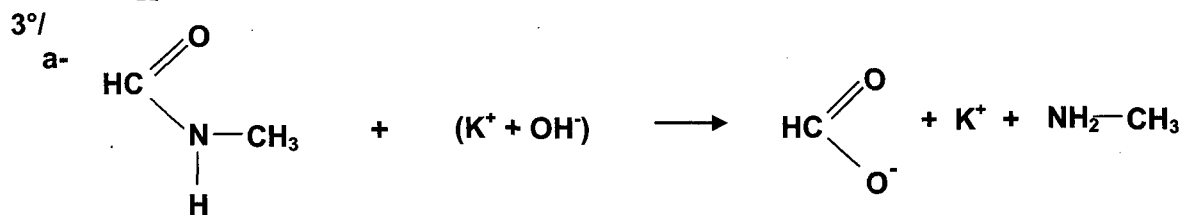
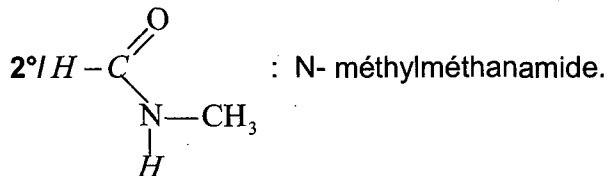
: N,N- diméthylméthanamide.

Exercice N°3 :

1°/

a- $\% (N) = \frac{14}{M} \times 100$ alors $M = \frac{14}{\% (N)} \times 100$ AN : $M = \frac{14}{23,73} \times 100 = 59 \text{ g.mol}^{-1}$.

b- $M = 14n + 31$ alors $n = \frac{M - 31}{14} = 2$ d'où la formule brute de (A) : C_2H_5NO .

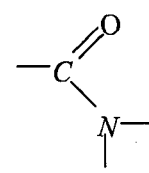
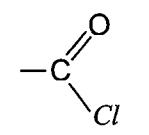
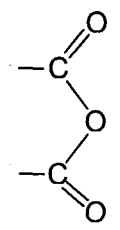
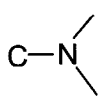


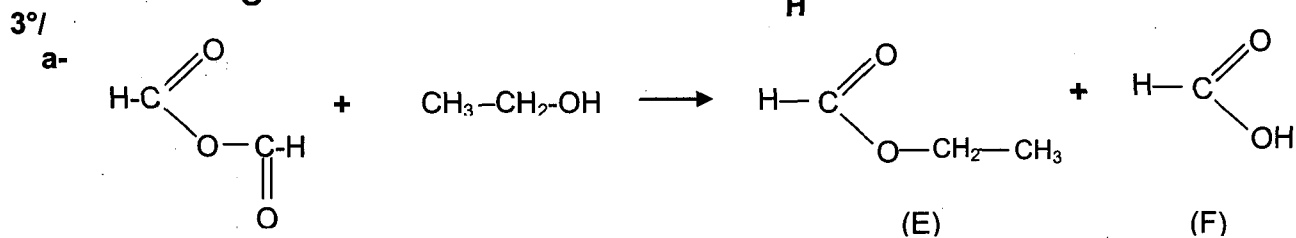
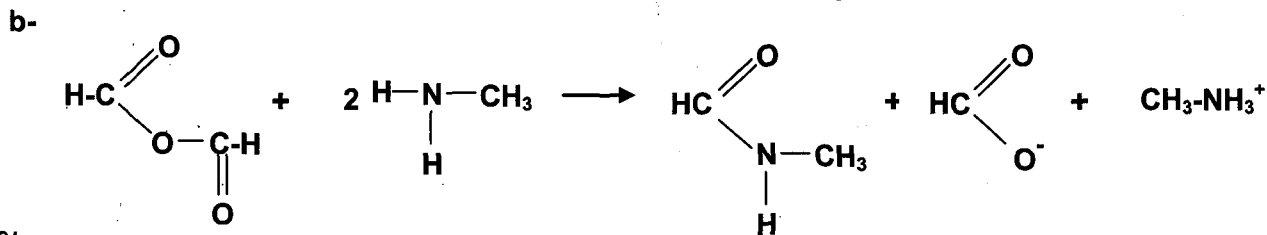
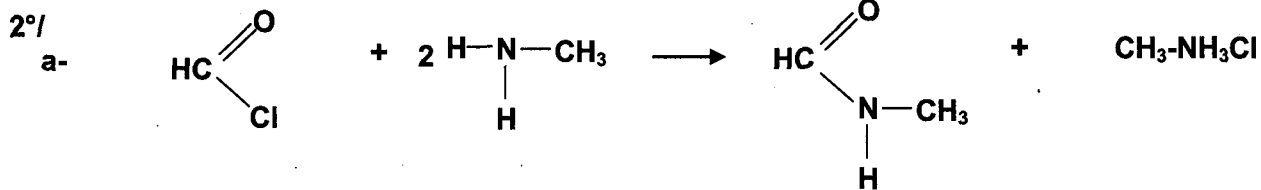
Exercice N°4

1°/ a-

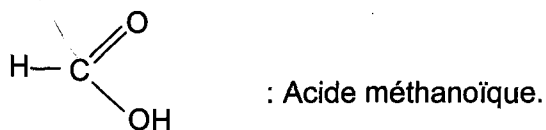
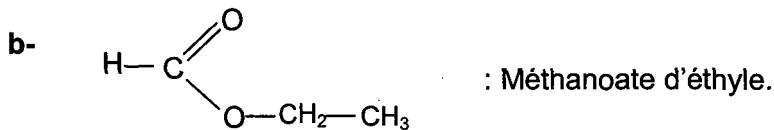
	A	B	C	D
Composé organique	x	x	x	x
Dérivé d'un acide carboxylique	x	x	x	
Hydrocarbure				

b-

	A	B	C	D
Famille	Amide	Chlorure d'acyle	Anhydride d'acide	Amine
Groupe fonctionnel				
Nom	N-méthylméthanamide	Chlorure de méthanoyle	Acide méthanoïque	méthylamine



C'est une réaction totale, rapide et exothermique.



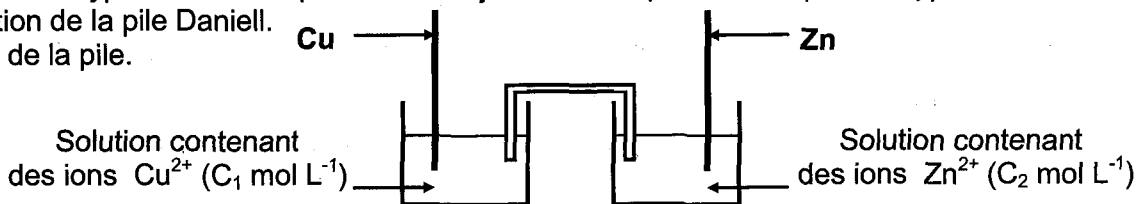
c- (E) est un est un dérivé de l'acide carboxylique HCOOH.

d- Estérification, c'est une réaction lente, limitée et athérmique.

L'ESSENTIEL DU COURS

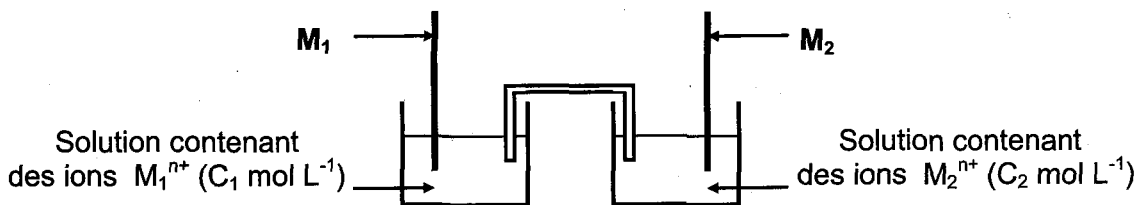
A- Etude de la pile Daniell et de type Daniell.

- * Une pile électrochimique est un dispositif capable de débiter un courant électrique grâce à une réaction.
- * La pile Daniell est la pile électrochimique qui met en jeu les couples redox Cu^{2+}/Cu et Zn^{2+}/Zn .
- * Une pile est de type Daniell lorsqu'elle met en jeu deux couples métalliques de types $\text{M}_1^{n+}/\text{M}_1$ et $\text{M}_2^{n+}/\text{M}_2$.
- * Présentation de la pile Daniell.



- Symbole de la pile : $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}(\text{C}_1 \text{ mol L}^{-1}) || \text{Zn}^{2+}(\text{C}_2 \text{ mol L}^{-1}) | \text{Zn}$.
- L'équation de la réaction chimique associée à la pile : $\text{Cu} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Zn}$.

- * Présentation d'un exemple de pile de type Daniell.



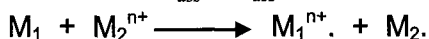
- Symbole de la pile : $\text{M}_1 | \text{M}_1^{n+}(\text{C}_1 \text{ mol L}^{-1}) || \text{M}_2^{n+}(\text{C}_2 \text{ mol L}^{-1}) | \text{M}_2$.
- L'équation de la réaction chimique associée à la pile : $\text{M}_1 + \text{M}_2^{n+} \rightleftharpoons \text{M}_1^{n+} + \text{M}_2$.
- * La force électromotrice (fem) d'une pile notée E est la différence de potentiel entre le compartiment droit et le compartiment gauche de la pile en circuit ouvert est exprimée en volt (V).
 $E = V_D - V_G$, avec V_D : potentiel du compartiment droit et V_G : potentiel du compartiment gauche.
 La fem E d'une pile est mesurée à l'aide d'un voltmètre branchée aux bornes de la pile en circuit ouvert.

- * $\text{M}_1 + \text{M}_2^{n+} \rightleftharpoons \text{M}_1^{n+} + \text{M}_2$.

- * $\pi_{ass} = \frac{[\text{M}_1^{n+}]}{[\text{M}_2^{n+}]}$ et la loi d'action de masse : $k_{ass} = \frac{[\text{M}_1^{n+}]_{eq}}{[\text{M}_2^{n+}]_{eq}}$.

Condition d'évolution spontanée :

- Si $E > 0$ ou $\pi_{ass} < k_{ass}$ alors la réaction se fait spontanément dans le sens direct de l'équation associée.

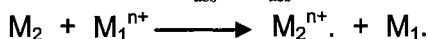


$E = V_D - V_G = V(\text{M}_2) - V(\text{M}_1) > 0$ alors $V(\text{M}_2) > V(\text{M}_1)$ d'où la borne droite de la pile (M_2) est positive et la borne gauche (M_1) est négative.

Dans le circuit extérieur le courant électrique circule de la borne positive (M_2) vers la borne négative (M_1) donc les électrons circulent de (M_1) vers (M_2).

Au cours de la réaction il y a formation d'un dépôt sur la lame (M_2) et dégradation de la lame (M_1).

- Si $E < 0$ ou $\pi_{ass} > k_{ass}$ alors la réaction se fait spontanément dans le sens inverse de l'équation associée.



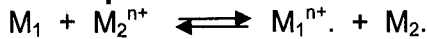
$E = V_D - V_G = V(\text{M}_2) - V(\text{M}_1) < 0$ alors $V(\text{M}_2) < V(\text{M}_1)$ d'où la borne droite de la pile (M_2) est négative et la borne gauche (M_1) est positive.

Dans le circuit extérieur le courant électrique circule de la borne positive (M_1) vers la borne négative (M_2) donc les électrons circulent de (M_2) vers (M_1).

Au cours de la réaction il y a formation d'un dépôt sur la lame (M_1) et dégradation de la lame (M_2).

- Si $E = V_D - V_G = V(M_2) - V(M_1) = 0$ alors $\pi_{ass} = k_{ass}$ d'où le système est en état d'équilibre.

* **Remarques**



- Si $k_{ass} > 10^4$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens direct de l'équation associée.
- Si $k_{ass} < 10^{-4}$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens inverse de l'équation associée.
- Si $k_{ass} > 1$ alors le réducteur M_1 est plus fort que M_2 et l'oxydant M_2^{n+} est plus fort que M_1^{n+} .
- Si $k_{ass} < 1$ alors le réducteur M_2 est plus fort que M_1 et l'oxydant M_1^{n+} est plus fort que M_2^{n+} .
- Si $k_{ass} = 1$ alors la force de deux réducteurs M_1 et M_2 sont comparables et de même pour les deux oxydants M_1^{n+} et M_2^{n+} .

* Le pont salin (pont électrolytique ou pont de jonction) permet la fermeture du circuit électrique et assure la neutralité électrique dans les solutions contenus dans les deux compartiments.

* L'expression de la fem de la pile donnée par la formule de Nerst à 25°C et à la pression atmosphérique normale: $M_1 + M_2^{n+} \rightleftharpoons M_1^{n+} + M_2.$

$$E = E^0 - \frac{0,06}{n} \log \pi_{ass}, \text{ avec } \pi_{ass} = \frac{[M_1^{n+}]}{[M_2^{n+}]} \text{ et } E^0: \text{ fem normale de la pile qui dépend de la température}$$

et la nature des couples redox qui forment la pile et $E^0 = E$ (lorsque $[M_1^{n+}] = [M_2^{n+}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$)

n : le nombre d'électrons échangés entre les deux couples redox.

* Courbe d'évolution de la fem E de pile en fonction de $\log \pi_{ass}$ est une droite affine décroissante de

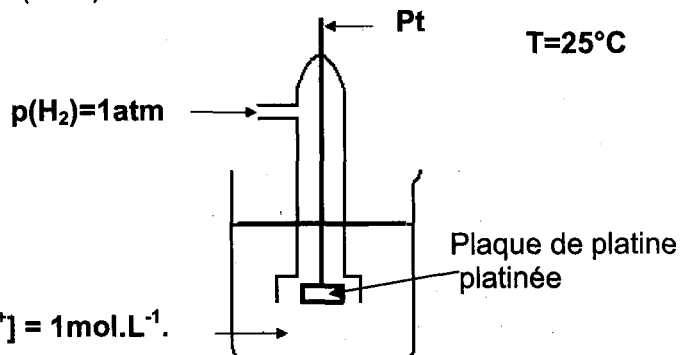
coefficient $(-\frac{0,06}{n})$.

- * Si $E_{initiale} > 0$ alors E diminue au cours du temps pour s'annuler.
- Si $E_{initiale} < 0$ alors E augmente au cours du temps pour s'annuler.

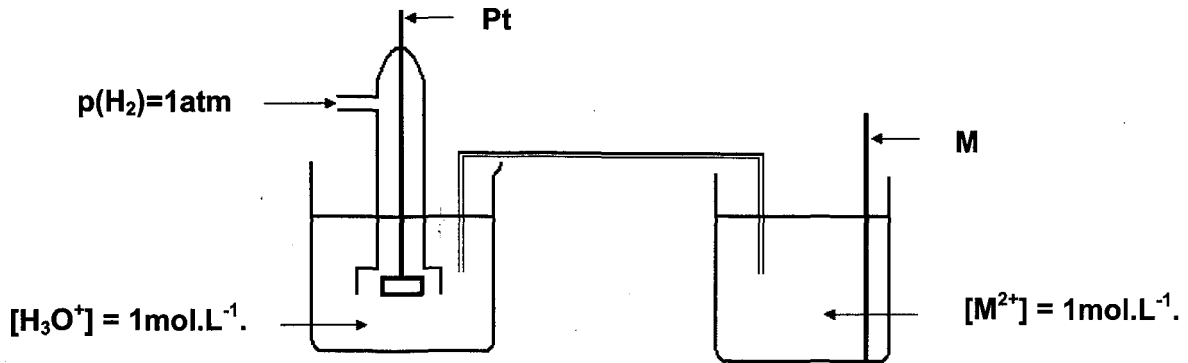
* A l'état d'équilibre dynamique : $\pi_{ass} = k_{ass}$ et $E=0$

$$\text{alors } 0 = E^0 - \frac{0,06}{n} \log k_{ass} \text{ d'où } E^0 = \frac{0,06}{n} \log k_{ass} \text{ donc } k_{ass} = 10^{\frac{nE^0}{0,06}}$$

* Schéma de la demi pile normale à hydrogène (ENH)



* Le potentiel normal d'électrode d'un couple redox M^{2+} / M noté $E^0 (M^{2+} / M)$ est la fem de la pile formée par une demi pile normale à hydrogène placée à gauche et une demi pile qui correspond au couple (M^{2+} / M) placée à droite tel que $[M^{2+}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$.



- Symbole de la pile: $\text{Pt, H}_2 (1\text{atm}) \mid \text{H}_3\text{O}^+ (1\text{mol.L}^{-1}) \parallel \text{M}^{2+} (1\text{mol.L}^{-1}) \mid \text{M}$.

- L'équation de la réaction chimique associée à la pile : $\text{H}_2 + \text{M}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{O}^+ + \text{M}$.
 $E = E^0 = E^0(\text{M}^{2+}/\text{M})$.

* Le couple $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$ est choisi comme étant le couple de référence tel que $E^0(\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2) = 0$.

* $\text{M}_1 + \text{M}_2^{n+} \rightleftharpoons \text{M}_1^{n+} + \text{M}_2$

$$E = E^0 - \frac{0,06}{n} \log \pi_{\text{ass}}, \text{ avec } n=2 \text{ et } E^0 = E^0_{\text{D}} - E^0_{\text{G}} = E^0(\text{M}_2^{n+} / \text{M}_2) - E^0(\text{M}_1^{n+} / \text{M}_1).$$

* De deux couples redox celui qui possède le potentiel normal d'électrode le plus élevé renferme l'oxydant le plus fort et le réducteur le plus faible.

EXERCICES

Toutes les solutions sont prises à 25°C.

Exercice N°1 :

A 25 °C, on considère la pile schématisée sur la figure ci-dessous : Le pont salin est un papier filtre imbibé dans une solution concentrée de chlorure de potassium (KCl).

1°/

- a- Donner le symbole de la pile.
b- Ecrire l'équation chimique associée à la pile.

2°/ K₁ fermé et K₂ ouvert :

Le voltmètre branché aux bornes de la pile indique que les tensions, V_{bcO} (borne de cobalt) et V_{bNi} (borne de nickel), sont telle que : $(V_{bcO} - V_{bNi}) = +0,01V$.

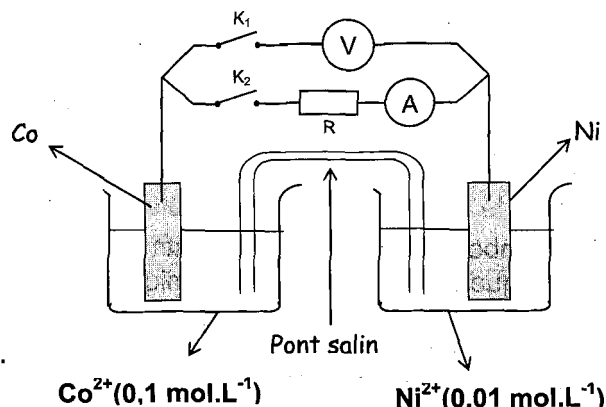
- a- Déterminer la f.é.m E de cette pile.
b- Indiquer les signes des pôles de cette pile.

3°/ On ferme K₂ :

- a- Déterminer le sens du courant dans le circuit extérieur.
b- Ecrire l'équation chimique de la réaction spontanée lorsque la pile débite un courant.

4°/a- Préciser le rôle du pont salin.

- b- Expliquer la nature du courant électrique dans le pont salin.

**Exercice N°2:**

I-

1°/

- a- Représenter le schéma annoté de la pile permettant la mesure du potentiel normal du couple Ni^{2+}/Ni noté $E^0 (Ni^{2+}/Ni)$.
b- Donner le symbole, et écrire l'équation associée de cette pile.

2°/ On donne $E^0 (Pb^{2+}/Pb) = -0,13 V$ et $E^0 (Ni^{2+}/Ni) = -0,25 V$.

Comparer les pouvoirs réducteurs des deux couples Ni^{2+}/Ni et Pb^{2+}/Pb .

3°/ On réalise une pile (P) à l'aide des deux couples redox Pb^{2+}/Pb et Ni^{2+}/Ni .

L'expression de la f.e.m, E , de cette pile est donnée par la relation : $E = E^0 - 0,03 \log \frac{[Pb^{2+}]}{[Ni^{2+}]}$.

- a- Donner, en le justifiant, l'équation chimique associée à cette pile.
b- Déterminer la f.e.m de cette pile. On donne : $[Pb^{2+}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ et $[Ni^{2+}] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
c- Déduire la polarité de la pile.

II- On considère la pile d'équation associée : $Cd + Fe^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + Fe$.

La constante d'équilibre relative à l'équation chimique associée à cette pile est $K = 21,5$.

Les volumes de solutions dans les deux compartiments sont égaux à $V = 0,1L$.

1°/ On prend $[Cd^{2+}] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[Fe^{2+}] = 0,8 \text{ mol.L}^{-1}$. Ecrire l'équation de la réaction spontanée.

2°/

- a- On laisse la pile débite un courant électrique, calculer les nouvelles concentrations molaires des ions Cd^{2+} et Fe^{2+} à l'équilibre.
b- Déduire la masse de dépôt du métal formé

Exercice N°3:

On réalise la pile symbolisée par: $\text{Sn} / \text{Sn}^{2+} // \text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$.

1°/

- Ecrire l'équation de la réaction associée à cette pile.
- Donner l'expression de la f.é.m. E de la pile en fonction de sa f.é.m normale, E° , et des concentrations $[\text{Pb}^{2+}]$ et $[\text{Sn}^{2+}]$.

2°/ A 25°C on fait varier les concentrations $[\text{Pb}^{2+}]$ et $[\text{Sn}^{2+}]$ et on mesure la f.é.m E de la pile

On obtient alors la courbe représentant la variation de E , en fonction de $-\log \frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Pb}^{2+}]}$. Figure -1-

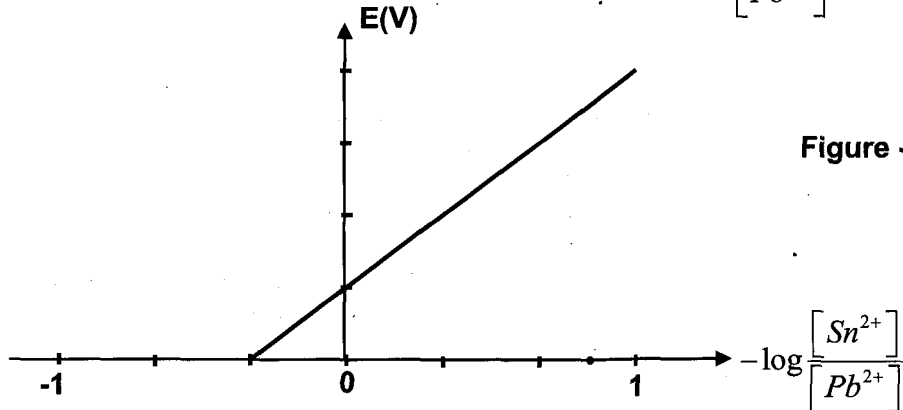


Figure -1-

- Quelle est la valeur de la f.e.m, E , de la pile lorsqu'elle est usée ?
- En exploitant la courbe de la figure -1-, déterminer la valeur de la constante d'équilibre K de l'équation chimique associée.
- Déduire la valeur de la f.é.m normale, E° , de la pile.
- Lequel des deux métaux est le plus réducteur? Justifier.

Exercice N°4:

On réalise la pile symbolisée par : $\text{Ba} / \text{Ba}^{2+} (10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}) // \text{Ca}^{2+} (10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}) / \text{Ca}$.

1°/

- Faire le schéma de la pile avec toutes les indications nécessaires.
- Ecrire l'équation de la réaction associée à cette pile.

2°/

- Sachant que la f.é.m normale de cette pile est $E^\circ = 0,03\text{V}$, déterminer la valeur du potentiel normal d'électrode $E^\circ (\text{Ba}^{2+}/\text{Ba})$.

On donne: $E^\circ (\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}) = -2,87\text{V}$

- Schématiser avec toutes les indications nécessaires, la pile permettant de mesurer le potentiel normal d'électrode $E^\circ (\text{Ca}^{2+}/\text{Ca})$. Donner son symbole.

3°/ On relie les électrodes de la pile relative à la question 1°/ un conducteur ohmique.

- Déterminer la valeur de la force électromotrice initiale, E_i , de la pile.
- Déduire l'équation de la réaction qui se produit spontanément lorsque la pile débite du courant.
- On laisse la pile débiter, on constate qu'après une durée Δt , la valeur de la f.é.m de la pile devient $E = 0,03 \text{ V}$.

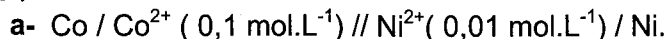
Calculer les concentrations molaires des ions Ba^{2+} et des ions Ca^{2+} après cette durée Δt .

On suppose que les deux solutions des deux demi piles ont le même volume V .

CORRECTION

Exercice N°1 :

1°/



2°/

a- $E = V_{\text{bD}} - V_{\text{bG}} = V_{\text{BNi}} - V_{\text{BCo}} = -0,01 \text{ V}$.

b- $E = V_{\text{BNi}} - V_{\text{BCo}} < 0$ alors la borne positive est Co et la borne négative est Ni.

3°/

a- Le courant électrique circule dans le circuit extérieur de Co vers Ni.

b- $E < 0$ alors le sens de la réaction spontanée est donné par le sens inverse de l'équation associée :
 $\text{Co}^{2+} + \text{Ni} \longrightarrow \text{Co} + \text{Ni}^{2+}$.

4°/

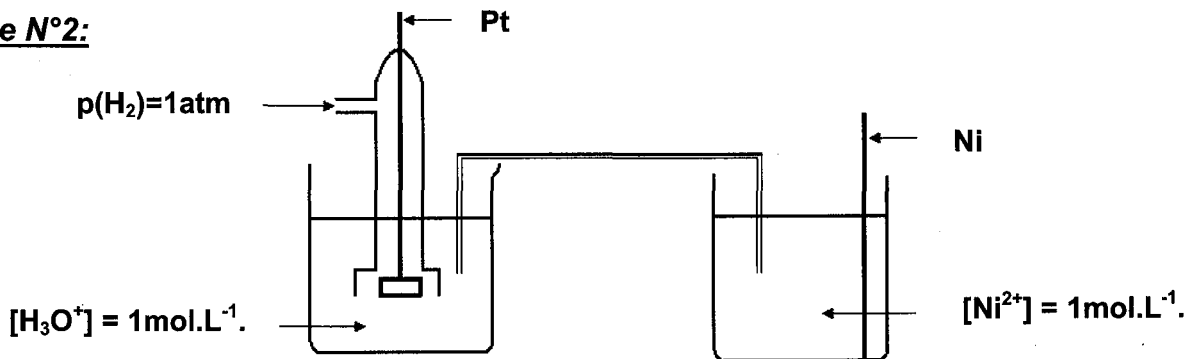
a- le pont salin permet la fermeture du circuit électrique et assure la neutralité électrique des deux solutions.

b- le passage du courant électrique dans le pont salin résulte au déplacement des ions (les ions Cl^- migrent vers le compartiment de la borne négative et les ions K^+ migrent vers le compartiment de la borne positive).**Exercice N°2:**

I-

1°/

a-

2°/ Le couple le plus réducteur est celui qui a le potentiel normal, le moins élevé or $E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) > E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$ alors le couple Ni^{2+}/Ni est plus réducteur que Pb^{2+}/Pb .

3°/

a- $E = E^\circ - 0,03 \cdot \log \left(\frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} \right)$ alors $\pi_{\text{ass}} = \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]}$ alors $\text{Pb} + \text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{Ni}$.

b- $E^\circ = E^\circ_{\text{d}} - E^\circ_{\text{g}} = E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) - E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$. AN : $E^\circ = -0,25 + 0,13 = -0,12 \text{ V}$.

$$E = E^\circ - 0,03 \cdot \log \left(\frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} \right)$$
. AN : $E = -0,12 - 0,03 \cdot \log \left(\frac{1}{10^{-2}} \right) = -0,18 \text{ V}$.

c- $E = V_{\text{BD}} - V_{\text{BG}} = V_{\text{BNi}} - V_{\text{BPb}} = -0,18 \text{ V} < 0$ alors $V_{\text{BNi}} < V_{\text{BPb}}$ alors Pb est la borne (+) et Ni est la borne (-).

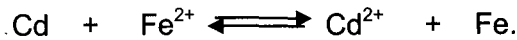
II-

1°/ $\pi_{\text{ass}} = \frac{[Cd^{2+}]}{[Fe^{2+}]}$. AN: $\pi_{\text{ass}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,8} = 0,025$ alors $\pi_{\text{ass}} < K_{\text{ass}}$ par suite la réaction qui a lieu

spontanément est la réaction direct de l'équation associée. $Cd + Fe^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Fe$.

2°/

a-



à t=0	-	0,8	$2 \cdot 10^{-2}$	-	En mol.L ⁻¹ .
à t≠0	-	$0,8 - y_f$	$2 \cdot 10^{-2} + y_f$	-	En mol.L ⁻¹ .

$$K_{\text{ass}} = \frac{[Cd^{2+}]_{\text{éq}}}{[Fe^{2+}]_{\text{éq}}} = \frac{2 \cdot 10^{-2} + y_f}{0,8 - y_f} = 21,5 \text{ d'ou } 17,2 - 21,5y_f = 2 \cdot 10^{-2} + y_f \text{ alors}$$

$$y_f (1 + 21,5) = 17,2 - 2 \cdot 10^{-2} \text{ donc } y_f = 0,763 \text{ mol.L}^{-1}.$$

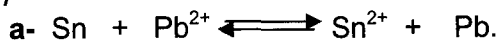
$$\text{Par suite : } [Fe^{2+}]_{\text{éq}} = 0,8 - 0,763 = 37 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$[Cd^{2+}] = 2 \cdot 10^{-2} + 0,763 = 0,783 \text{ mol.L}^{-1}.$$

b- La masse de la lame de fer augmente au cours de la réaction alors $n(\text{Fe})_{\text{formé}} = x_f = y_f \cdot V$.
 $m(\text{Fe})_{\text{formé}} = n(\text{Fe})_{\text{formé}} \cdot M_{\text{Fe}} = y_f \cdot V \cdot M_{\text{Fe}}$. AN : $m(\text{Fe})_{\text{formé}} = 0,763 \times 0,1 \times 56 = 4,273 \text{ g}$.

Exercice N°3:

1°/



b- $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[Sn^{2+}]}{[Pb^{2+}]}$.

2°/

a- La pile est usée $\pi_{\text{ass}} = K_{\text{ass}}$ et $E=0$.

b- Graphiquement : Pour $E=0$ on a, $-\log K_{\text{ass}} = -0,33$ alors $K_{\text{ass}} = 10^{+0,33}$. AN : $K_{\text{ass}} = 2,15$.

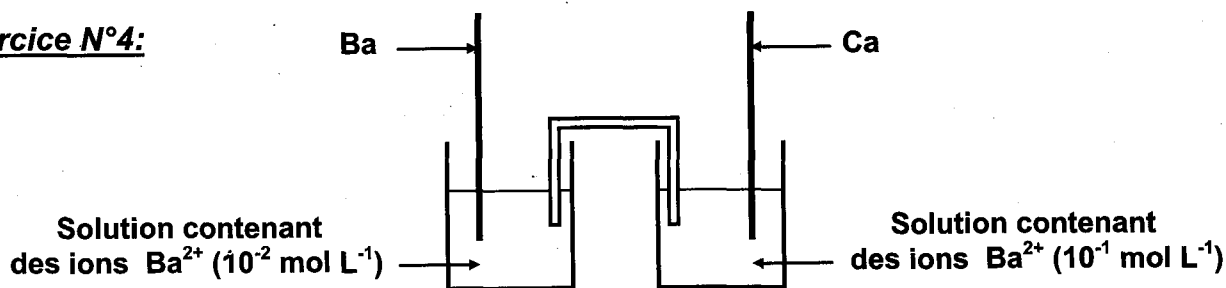
c- $E^\circ = 0,03 \log K$. AN : $E^\circ = 0,01V$.

d- $E^\circ = E^\circ d - E^\circ g = E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) - E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) > 0$ alors $E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) > E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})$.

Des deux couples rédox celui qui possède la potentiel normal le plus grand renferme l'oxydant le plus fort et le réducteur le plus faible, alors Sn est plus réducteur que Pb.

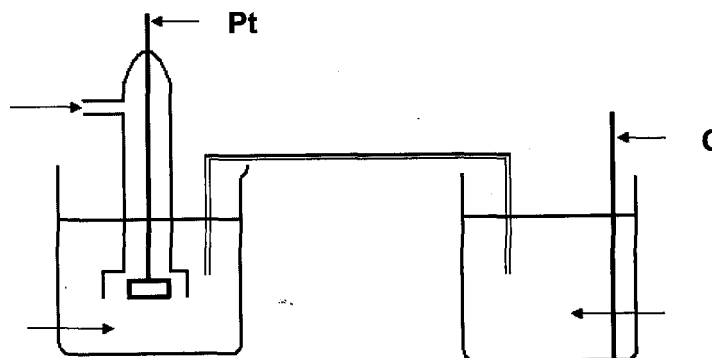
Exercice N°4:

1°/
a-



2°/
a- $E^\circ = E^\circ_d - E^\circ_g = E^\circ(Ca^{2+}/Ca) - E^\circ(Ba^{2+}/Ba)$ d'où $E^\circ(Ba^{2+}/Ba) = E^\circ(Ca^{2+}/Ca) - E^\circ.$
AN : $E^\circ(Ba^{2+}/Ba) = -2,87 - 0,03 = -2,9V.$

b-



3°/

a- $E_i = 0,03 - 0,03 \cdot \log \left(\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} \right)$ AN : $E_i = 0,03 - 0,03 \cdot \log \left(\frac{10^{-2}}{10^{-1}} \right) = 0,06 V.$

b- $E_i > 0$: La réaction se fait spontanément dans le sens direct d'équation associée :
 $Ba + Ca^{2+} \rightarrow Ba^{2+} + Ca.$

c- $E = 0,03 V.$

$E = 0,03 - 0,03 \cdot \log \left(\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} \right)$ alors $\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} = 1$

	Ba	+	Ca ²⁺		Ba ²⁺	+	Ca.	
à t=0	-		0,1		0,01		-	En mol.L ⁻¹ .
à t≠0	-		0,1-y		0,01+y		-	En mol.L ⁻¹ .

On trouve : $\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} = \frac{0,01+y}{0,1-y} = 1$ d'où $0,01 + y = 0,1 - y \Rightarrow 2 \times y = 0,09$ donc $y = 0,045 mol.L^{-1}.$

Par suite : $[Ca^{2+}] = 0,1 - 0,045 = 0,055 mol.L^{-1}.$ et $[Ba^{2+}] = 0,01 + 0,045 = 0,055 mol.L^{-1}.$

DEVOIRS



DUREE : 3 H

EPREUVE -1-

CHIMIE :

On donne $pK_e = 14$ à 25°C .**EXERCICE N°1 :**

Soit une solution aqueuse (S) d'une monobase faible B de concentration molaire C.

1°/ Ecrire l'équation de dissociation ionique de la base B dans l'eau.

2°/ Montrer, en précisant l'approximation faite, que le taux d'avancement final, τ_f , de la réaction de dissociation ionique de la base B dans l'eau en fonction de pK_e , C et du pH de la solution (S)

$$\text{est exprimé par la relation suivante : } \tau_f = \frac{10^{pH-pK_e}}{C}$$

3°/ On étudie à 25°C la variation du pH de la solution aqueuse (S) de la monobase B supposée faiblement ionisée dans l'eau en fonction de sa concentration molaire initiale C qu'on peut faire varier par dilution, on obtient la courbe $\text{pH} = f(\log C)$ de la figure -1-

a- Déterminer l'équation de la courbe $\text{pH} = f(\log C)$.

b- Sachant que le pH d'une solution aqueuse d'une base faiblement ionisée est exprimé par :

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (pK_e + pK_a + \log C). \text{ Dédurre la valeur du } pK_a \text{ du couple } \text{BH}^+/\text{B}.$$

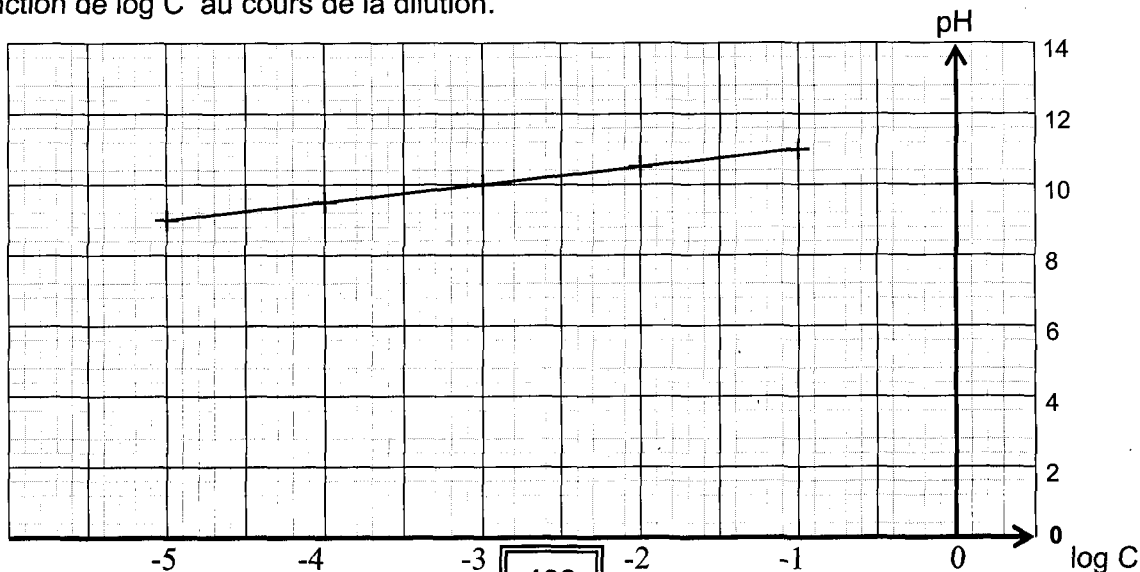
c-

c₁- En utilisant la courbe $\text{pH} = f(\log C)$ de la figure -1-, copier puis compléter le tableau suivant :

Concentration (mol.L^{-1})	pH	Taux d'avancement final τ_f
10^{-1}
.....	10,4

c₂- En examinant le tableau, déduire l'effet de la dilution sur la dissociation de la monobase B dans l'eau et sur le pH de la solution.

4°/ Représenter, sur la même figure -1-, la courbe de variation de pH d'une solution de monobase forte en fonction de $\log C$ au cours de la dilution.



EXERCICE N°2 :

On a une solution aqueuse (S_A) d'un acide fort AH de volume $V=500\text{mL}$ et de concentration molaire C_A . On ajoute dans cette solution une masse m de cet acide dans l'eau distillée. On titrage cette solution acido-basique d'un volume $V_A=20\text{ mL}$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse de l'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire $C_B=0,1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, ce qui permet d'observer la variation du pH du mélange en fonction du volume, V_B , de la solution basique versée. On indique la figure-2-

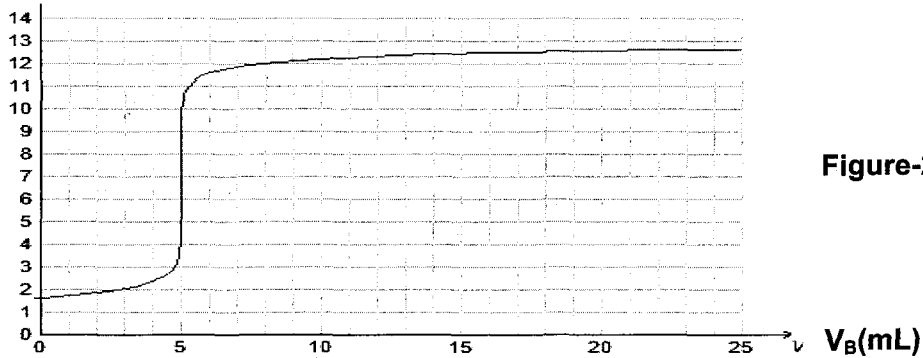


Figure-2-

1°/

- Définir l'équivalence acido-basique.
- Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
- Déduire la valeur de la concentration C_A de la solution (S_A).
- Déterminer, alors, la masse, m , de soluté dissout dans la solution (S_A).

On donne la masse molaire AH : $M = 36,5\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2°/ Ecrire l'équation de la réaction acide base qui aura lieu et montrer qu'elle est totale.

3°/ On refait le dosage de 20 mL de la solution (S_A) par une solution de base forte (S'_B) obtenue par dilution **2 fois** de la solution (S_B). Représenter, sur la figure-2-, l'allure de la courbe de pH en fonction du volume, V_B , de la solution basique versée. Justifier.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

L'extrémité S d'une corde horizontale de longueur $L = 1\text{ m}$ est reliée à une lame vibrante animée d'un mouvement sinusoïdal transversal d'amplitude a et de fréquence N . Figure -3-.

L'onde se propage sans amortissement avec une célérité C constante.

A l'instant $t_0 = 0\text{ s}$, S commence son mouvement.

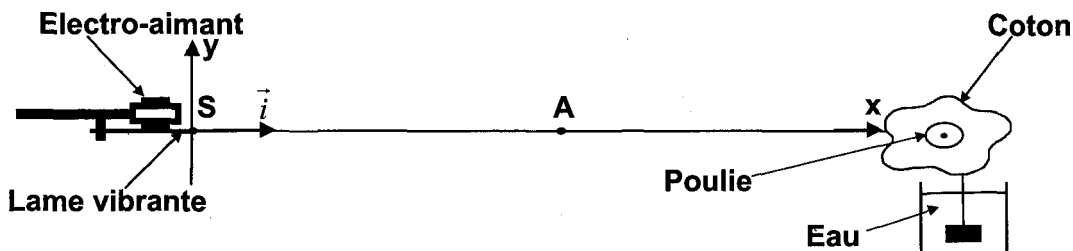


Figure -3-

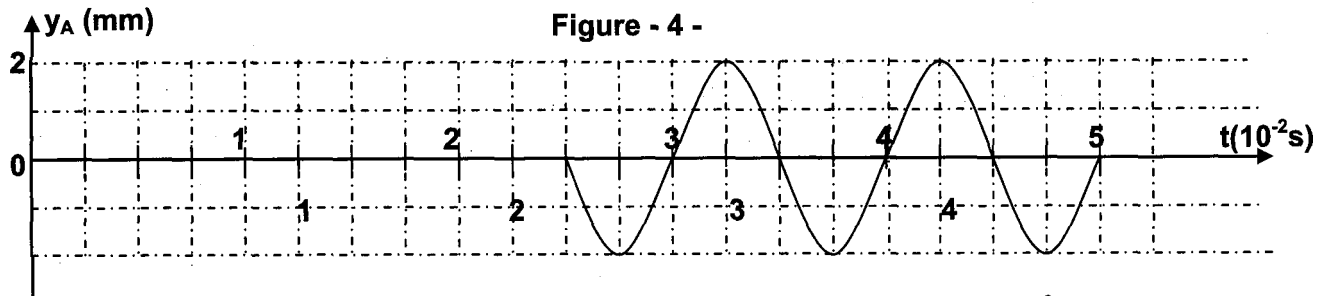
1°/ La figure -4- représente le diagramme du mouvement d'un point A repéré par son abscisse

$x_A=0,5\text{ m}$ dans le repère (S, \vec{i}) .

- Déterminer la fréquence N du mouvement.
- Montrer que la célérité de propagation de l'onde le long de la corde est $C = 20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Donner la définition de la longueur d'onde λ , calculer sa valeur.

d- Montrer que l'équation horaire du mouvement de point A s'écrit sous la forme de:

$$y_A(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi t) \text{ si } t \geq 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$



2°/ Vérifier que l'équation horaire de la vibration de la source S est : $y_s(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi t + \pi)$ si $t \geq 0$.

3°/ a- Etablir l'équation qui traduit l'aspect de la corde à l'instant de date $t_1 = 3,25 \cdot 10^{-2}$ s.

b- Représenter l'aspect de la corde à $t_1 = 3,25 \cdot 10^{-2}$ s.

c- Indiquer sur la figure de la courbe représentée en 3°/ b- le point, B, le plus loin de la source ayant une élongation $y = 1$ mm en allant dans le sens négatif.

d- Dédurre, à l'instant t_1 , la vitesse de vibration du point B.

4°/ A un instant t où toute la corde est en vibration, on l'éclaire avec un stroboscope émettant des éclaires de fréquences N_e . Qu'observe-t-on dans les deux cas suivants : $N_e = 50$ Hz et $N_e = 49$ Hz.

EXERCICE N°2 :

Enquête après une catastrophe

De nombreux témoins ont entendu deux explosions distinctes le vendredi 21 septembre 2001 après l'explosion de l'usine AZF de Toulouse.

Les relevés sismiques effectués dans une station située à **4 km** du lieu de la catastrophe montrent que trois ondes ont été émises par l'explosion du nitrate d'ammonium. La première onde enregistrée par la sismographe, dite « onde de terre » se déplace à une vitesse moyenne de **$2,5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$** et possède la caractéristique d'être audible. Il s'agit ainsi d'une onde sonore voyageant dans la terre.

La seconde onde, dite de surface, se déplace à **$1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$** . C'est elle qui engendre le tremblement de terre. Enfin, la troisième onde, acoustique, se déplace dans l'air à environ **$330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$** . Il s'agit de la classique propagation du son.

Ces trois phénomènes peuvent donc expliquer que les témoignages recueillis à une distance de **4 km** du lieu de l'explosion sont cohérents avec les relevés du sismographe qui établissent que l'onde de surface est arrivée environ **2,5 s** après l'onde de terre et que **10 secondes** se sont écoulées entre cette dernière et l'onde acoustique.

Extrait d'un article de presse

1°/ Lors de sa propagation sur une longue distance des ondes progressives émises par l'explosion, qu'est-ce qui se propage ? On choisira la ou les réponses parmi les mots suivants : matière, énergie, air, nitrate d'ammonium gazeux.

2°/ L'explosion de Toulouse a engendré trois ondes.

a- Construire un tableau dans lequel apparaîtra pour chacune d'elles : son nom, la durée de propagation pour une distance de **2,5 km**. Faire le calcul nécessaire.

b- Classer ces ondes par ordre de rapidité de propagation croissante.

c- Expliquer pourquoi les célérités de l'onde acoustique et celle de l'onde de terre sont différentes?

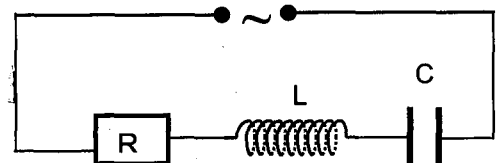
EXERCICE N°3 :

I- On considère le circuit électrique représenté sur la figure-5-

* G: Générateur de basse fréquence maintenant entre ces bornes une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(\omega t)$

avec u en volt et t en seconde et de pulsation ω réglable.

figure -5-



- * Un condensateur de capacité C.
- * Une bobine purement inductive, d'inductance $L=0,1H$.
- * Un résistor de résistance R.

1°/ L'équation différentielle régissant les oscillations vérifiée par la charge $q(t)$ du condensateur.

est exprimée par :
$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = u(t).$$

Cette équation différentielle admet comme solution $q(t) = Q_m \sin(\omega t + \varphi_q)$ tel que $\text{tg } \varphi_q = \frac{R\omega}{L\omega^2 - \frac{1}{C}}$.

- a- Donner la valeur maximale I_m de l'intensité du courant oscillant en fonction de U_m , R, L, C et ω .
- b- Déduire l'expression de la valeur maximale Q_m de la charge q en fonction de U_m , R, L, C et ω .

2°/ Soient :

ω_{r_1} : La pulsation du générateur à la résonance d'intensité.

ω_{r_2} : La pulsation du générateur à la résonance de charge.

a- Etablir l'expression de ω_{r_1} en fonction de L et C.

b- Etablir l'expression de ω_{r_2} en fonction de ω_{r_1} , R et L.

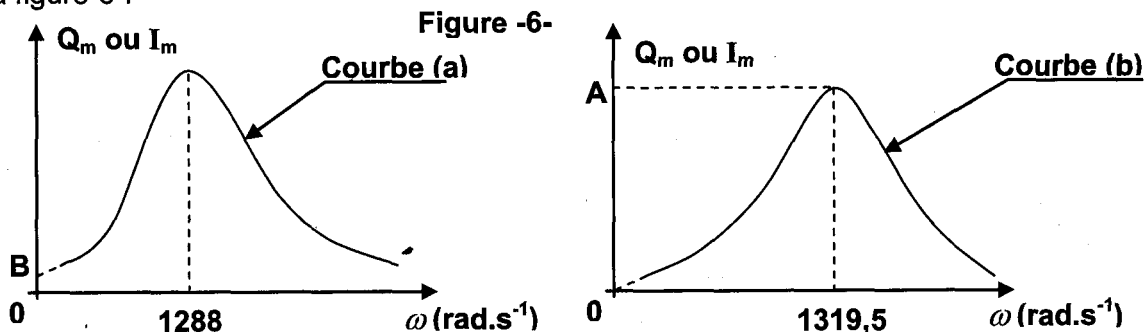
3°/ Pour différentes valeurs de la pulsation ω , on mesure les valeurs maximales Q_m de la charge q et I_m de l'intensité i du courant qui circule dans le circuit.

Les résultats des mesures ont permis de tracer les courbes (a) et (b) de la figure-6-

a- Identifier, en le justifiant par deux arguments, la courbe correspondante à $Q_m = f(\omega)$.

b- En déduire les valeurs de ω_{r_1} , ω_{r_2} , C, R.

c- Etablir l'expression de la constante du temps τ du dipôle RC en fonction de A et B indiquées sur la figure-6-



II- Un pendule élastique est formé par un solide (S), supposé ponctuel, de masse $m=0,1\text{kg}$ et d'un ressort (R) de raideur $K=40\text{N.m}^{-1}$.

Le solide (S) est soumis au cours de ces oscillations à une force excitatrice $F(t) = 1,2 \sin(18 t)$ (N) et t en (s) et à une force de frottement $\vec{f} = -h\vec{V}$, avec $h=0,8\text{N.s.m}^{-1}$.

1°/ En utilisant l'analogie électrique-mécanique écrire :

a- L'équation différentielle reliant l'abscisse x à sa dérivée première et sa dérivée seconde des oscillations du solide (S).

b- L'expression de $x(t)$ en précisant son amplitude X_m et sa phase initiale φ_x .

2°/ On modifie la pulsation de l'excitateur. Pour une valeur ω_1 de celle-ci l'amplitude des oscillations devient maximale.

a- Nommer le phénomène dont l'oscillateur est le siège à la pulsation ω_1 .

b- Déduire par analogie, l'expression de la pulsation ω_1 en fonction de h, m et K. Calculer sa valeur.

DUREE : 3 H

EPREUVE -2-

CHIMIE :EXERCICE N°1 :On donne $pK_e = 14$ à 25°C .

On considère une solution aqueuse (S) d'un acide AH de concentration molaire $C = 0,1\text{mol.L}^{-1}$ de volume V et de $\text{pH} = 2,9$.

1°/ La solution (S) est préparée par dilution en prélevant un volume V_0 d'une solution (S_0) du même acide AH de concentration $C_0 = 1\text{mol.L}^{-1}$.

- a- Etablir la relation liant V , C_0 , V_0 et C et en déduire qu'il s'agit d'une dilution au dixième.
- b- Décrire, en choisissant le matériel adéquat, la démarche à suivre pour préparer la solution (S). Le matériel disponible au laboratoire est :
 - Pipettes de 2mL, 5mL, 10mL, 20mL.
 - Fioles jaugées de 25mL, 50mL, 250mL et 500mL.

2°/

a- En précisant l'approximation utilisée, montrer que le taux d'avancement final de la réaction de

l'acide AH avec l'eau s'écrit: $\tau_f = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$.

b- Déduire que l'acide AH est faiblement dissocié dans l'eau.

c- Exprimer la constante d'acide K_a du couple AH / A^- en fonction de C et τ_f .

d- Montrer que : $\log \tau_f = -\frac{1}{2} (pK_a + \log C)$.

e- Sachant que $\tau_f = 1,25\%$, déterminer le pK_a du couple AH/ A^- .

3°/ L'ionisation de l'acide AH dans l'eau est endothermique, quelle est l'influence d'une élévation de température à pression constante sur le pH de la solution (S) et sur la valeur du pK_a du couple AH/ A^- ?

EXERCICE N°2 :

Deux groupes d'élèves G_1 et G_2 disposent :

- D'une solution aqueuse (S_b) d'hydroxyde de potassium KOH de volume $V_b = 10\text{mL}$ et de concentration molaire C_b .
- D'une solution aqueuse (S_a) d'acide nitrique HNO_3 de concentration molaire $C_a = 0,01\text{mol.L}^{-1}$.

I- Le premier groupe G_1 dose le volume V_b de la solution (S_b) par la solution (S_a), leur dosage a permis de tracer la courbe $\text{pH} = f(V_a)$ de la figure-1-

1°/

- a- Faire un schéma annoté du dispositif qui permet de réaliser ce dosage pH-métrique.
- b- Montrer qu'il s'agit d'un dosage d'une solution de base forte par une solution d'acide fort.
- c- Trouver les coordonnées du point d'équivalence noté E.

2°/ Ecrire l'équation de la réaction qui se produit lors du dosage.

3°/

- a- Définir l'équivalence acido-basique.
- b- Déduire la concentration molaire C_b de la solution (S_b).

II- Le 2^{ème} groupe ajoute un volume $V_e = 90\text{cm}^3$ d'eau pure au volume $V_b = 10\text{mL}$ de la solution (S_b) et effectue le même dosage que le 1^{er} groupe, l'équivalence est obtenue pour un volume d'acide versé V_{aE} .

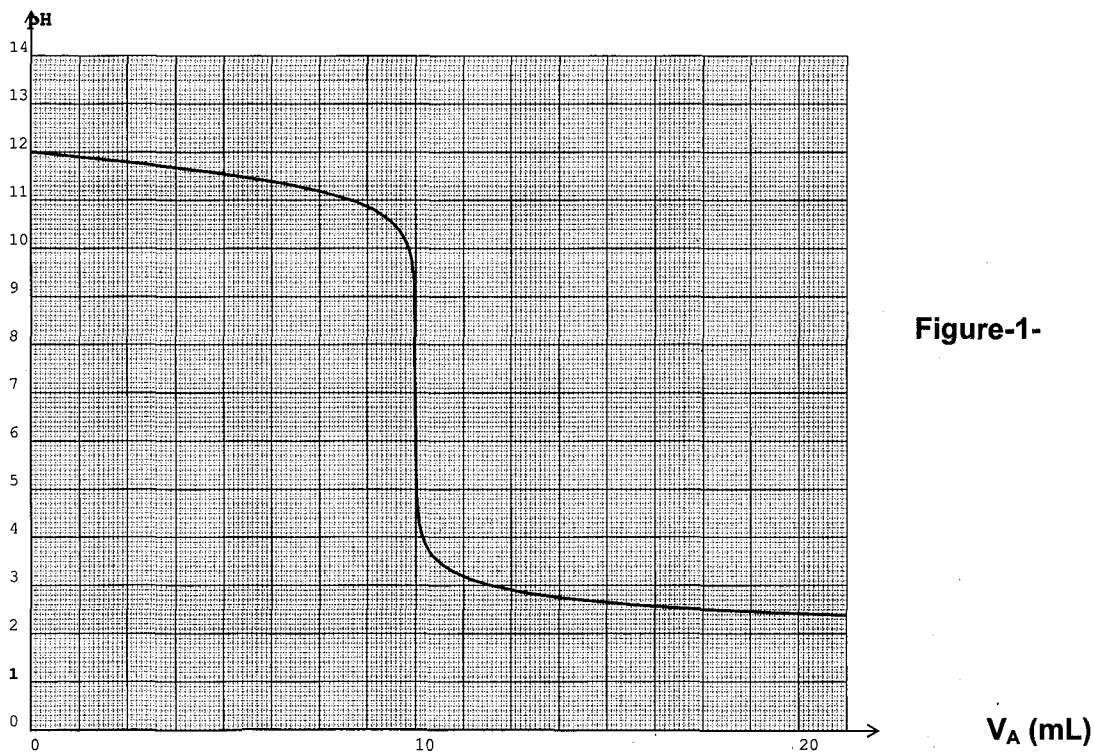


Figure-1-

- 1°/ Justifier que le volume de la solution d'acide ajouté pour atteindre l'équivalence est le même pour les deux groupes?
- 2°/ Déterminer la concentration initiale C_b de la solution (S_b) diluée. En déduire la valeur de son pH.
- 3°/ Tracer l'allure de la courbe $\text{pH}=\text{f}(V_a)$ de 2^{ème} groupe sur la figure-1-.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

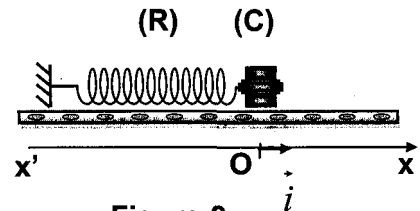


Figure-2-

Un système oscillant (S) est formé d'un corps (C) de masse $m=100\text{g}$, accroché à l'extrémité libre d'un ressort (R) de constante de raideur k et horizontal dont l'autre extrémité est fixe. Figure-2-.

Dans le repère (O, i) , la position du centre d'inertie G du corps (C) est repérée par l'abscisse x .

A l'équilibre G occupe la position O dans le repère (O, i) .

On écarte le corps (C) de sa position d'équilibre en déplaçant le centre d'inertie G.

Il est ensuite lâché sans vitesse initiale.

Les frottements agissant sur le corps (C) en mouvement sont représentés par une force de même direction que le mouvement et de vecteur $\vec{f} = -h\vec{V}$, ou h est le coefficient de frottement visqueux.

I- Première expérience : le coefficient h est supposé nul.

1°/ Quelle est la nature du mouvement du centre d'inertie G du corps (C)? Justifier.

2°/ L'évolution en fonction du temps de l'abscisse x du centre d'inertie G du corps (C) est représentée par la figure-3-.

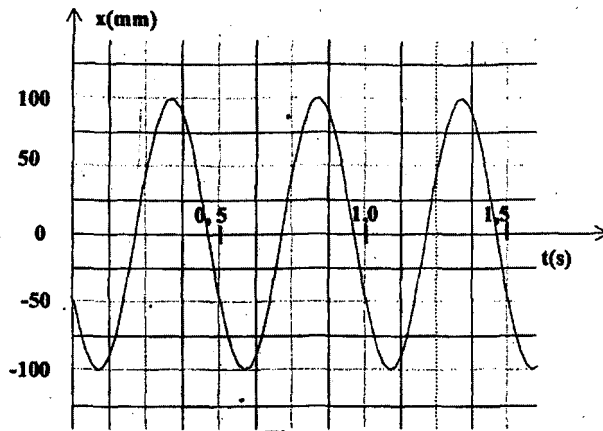


Figure-3-

a- Déterminer l'équation horaire du mouvement du corps (C).

b- Montrer que la constante de raideur du ressort est $k = 16 \text{ N.m}^{-1}$. On prendra : $\pi^2 = 10$.

3°/

a- Montrer que le système (S) conserve l'énergie mécanique. Calculer sa valeur.

b- Déduire à l'origine de temps ($t = 0\text{s}$) la valeur algébrique de la vitesse du mouvement du corps (C).

II- Seconde expérience : le coefficient h est non nul.

Dans les mêmes conditions à $t = 0\text{s}$, que la première expérience en refait une seconde expérience en tenant compte des effets des forces frottements.

La figure-4- donne l'évolution en fonction du temps de l'énergie cinétique $E_C(t)$ du corps (C), l'énergie potentielle élastique $E_P(t)$ et l'énergie mécanique E du système (S).

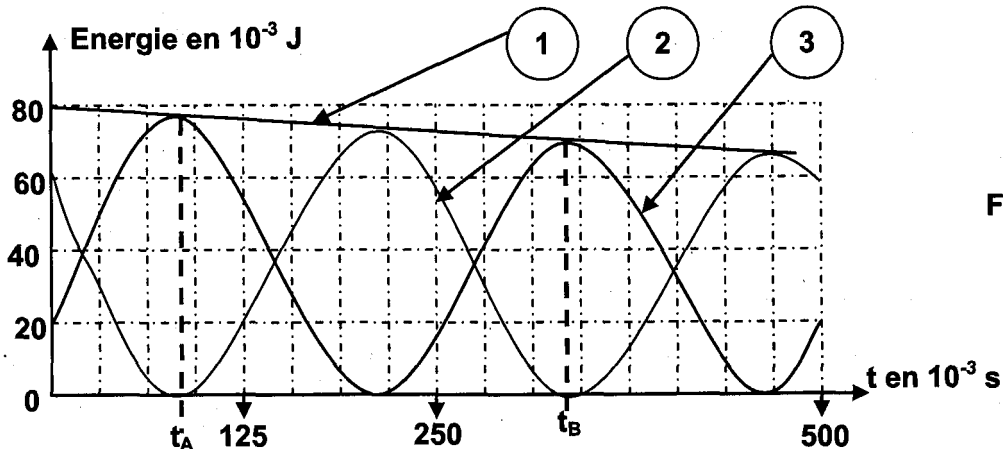


Figure-4-

1°/

a- Montrer que la courbe (2) correspond à $E_C(t)$ et la courbe (3) correspond à $E_P(t)$.

b- Quel est le régime du mouvement du centre d'inertie G du corps (C).

c- Comment évolue l'énergie mécanique E au cours du temps?

2°/ Déduire à partir de la figure-4- :

a- Une valeur approchée de la période T du mouvement du corps (C).

b- Le nombre des oscillations effectuées par le corps (C) entre $t_0 = 0\text{s}$ et $t_1 = 500\text{ms}$.

3°/ On donne le rapport $\frac{E_A}{E_B} = 1,12$ (E_A est l'énergie mécanique du système (S) à l'instant t_A et E_B est

l'énergie mécanique du système (S) à l'instant t_B). Figure-4-

Déduire une relation entre l'amplitude X_{Am} du mouvement de G à l'instant t_A et son amplitude X_{Bm} à l'instant t_B .

EXERCICE N°2 :

On considère le dispositif de la figure-6- formé par un solide (S) de masse m est liée à l'extrémité libre A d'un ressort horizontal (R) de raideur $K = 20\text{N.m}^{-1}$.

On suppose que le solide (S) est soumis à une force de frottement de type visqueux $\vec{f} = -h\vec{v}$ où h est une constante positive et \vec{v} la vitesse du corps à l'instant t .

Les oscillations de (S) sont entretenues à l'aide d'une force $\vec{F} = F_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_F) \cdot \vec{i}$ exercée à l'aide d'un dispositif jouant le rôle d'excitateur.

A un instant de date, t , le centre d'inertie du corps passe par la position d'abscisse x avec la vitesse v relativement au repère (O, \vec{i}) .

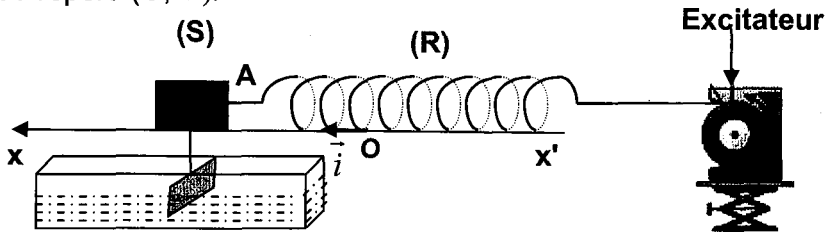


Figure-6-

1°/ Dans le cas d'un circuit électrique RLC forcé en régime sinusoïdal les variations, au cours du temps, l'intensité $i(t)$ du courant électrique est régit par l'équation différentielle suivante :

$$L \frac{di(t)}{dt} + R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$$

Par recours à l'analogie formelle électrique – mécanique, donner l'équation différentielle qui régit les variations de la vitesse v de G au cours du temps.

2°/ Cette équation différentielle admet comme solution : $v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v)$.

Par recours à l'analogie formelle électrique – mécanique, établir :

- a- La construction de Fresnel en fonction de V_m dans le cas où ω est inférieur à la pulsation propre ω_0 .
- b- L'expression de V_m en fonction de F_m , K , m , h et ω .

3°/ Déduire l'expression de X_m à partir de celle de V_m .

4°/ Pour la même pulsation ω les fonctions $x(t)$ et $F(t)$ sont représentées par les courbes (C_1) et (C_2) de la figure-7-

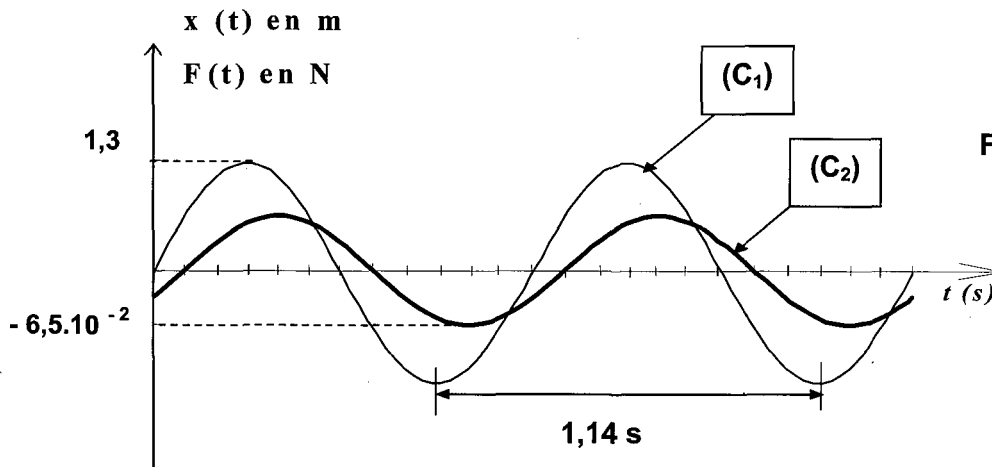


Figure-7-

- a- Laquelle des courbes (C_1) ou (C_2) qui représente $x(t)$? Justifier.
b- Déterminer à partir de la figure -7- les lois horaires de $F(t)$ et $x(t)$.
c- Déduire le déphasage $\varphi_F - \varphi_v$.
5°/ En déduire la valeur de h et m .

EXERCICE N°3 :

Dans le cas où la partie tournante d'une machine n'est pas parfaitement équilibrée, elle joue par ses trépidations, le rôle d'excitateur pour les autres parties de la machine susceptibles de vibrer. Pour une voiture par exemple et pour certains régimes de rotation du moteur, on observe parfois des vibrations inconfortables ou bruyantes dues à des pièces légèrement desserrées de la carrosserie. A des vitesses bien déterminées ces oscillations peuvent devenir tellement importantes et même dangereuses, car elles peuvent provoquer la rupture de ces pièces. C'est aussi l'une des raisons pour lesquelles, on équilibre les roues des véhicules en plaçant une masselotte de plomb sur la jante de la roue. Pour les mêmes raisons, les machines représentant une partie tournante sont souvent munies de supports amortisseurs.

- 1°/ Dans le texte, on assiste à une voiture en régime d'oscillations forcées. Préciser l'excitateur et le résonateur.
2°/ Pourquoi ces oscillations sont plus importantes à des vitesses bien déterminées et non pas d'autres.
3°/ Comment peut-on éviter les dangers que peut produire un tel phénomène. Expliquer.

DUREE : 3 H

EPREUVE -3-

CHIMIE :EXERCICE N°1 :On donne $pK_e = 14$ à 25°C .

On dispose de deux solutions aqueuses S_1 et S_2 de même concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

* S_1 est une solution aqueuse d'acide A_1H (acide fort).

* S_2 est une solution aqueuse d'acide A_2H (acide faible).

I- La mesure du pH des deux solutions S_1 et S_2 a donné les valeurs suivantes $\text{pH}=3,25$ et $\text{pH}'=1,7$.

1°/ Accorder à chaque solution la valeur de son pH, justifier.

2°/

a- Ecrire l'équation modélisant l'ionisation de l'acide A_1H dans l'eau.

b- Déterminer la concentration molaire C des deux solutions S_1 et S_2 .

3°/ Pour la solution aqueuse d'acide A_2H .

a- Déterminer les concentrations molaires des différentes entités chimiques (autres que l'eau) présentes dans la solution S_2 .

b- Appliquer la loi d'action de masse pour trouver le pK_a du couple (A_2H / A_2^-) .

c- Calculer le taux d'avancement final τ_{2f} de l'ionisation de A_2H dans la solution S_2 . Conclure.

d- Etablir l'expression du pH de la solution S_2 en précisant les approximations nécessaires.

II- On dilue les deux solutions précédentes S_1 et S_2 , pour différentes concentrations molaires, on mesure le pH de chacune des solutions.

On donne, sur la figure-1-, les courbes de pH des deux solutions en fonction de $(-\log C)$: $\text{pH}=f(-\log C)$.

N.B : A_2H sera supposé faiblement ionisé dans toutes les solutions.

1°/ Identifier la courbe qui correspond à la dilution de la solution S_2 .

2°/ Retrouver le pK_a du couple A_2H / A_2^- .

3°/ On réalise la dilution d'un même volume $V_0=10\text{mL}$ des solutions S_1 et S_2 , on ajoutant dans chacune le même volume d'eau V_e .

On constate que le pH de la solution S_2 augmente de 0,238.

a- Déterminer le pH de la solution S_1 après cette dilution, soit pH'_1 .

b- Déterminer le volume d'eau ajouté V_e .

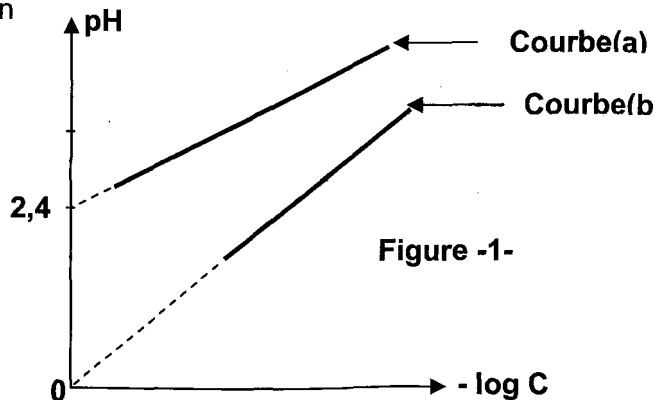


Figure -1-

EXERCICE N°2 :

On prépare une solution aqueuse (S_A) d'un acide fort AH de volume $V=500\text{mL}$ et de concentration molaire C_A en dissolvant une masse m de cet acide dans l'eau distillée.

On réalise le dosage acido-basique d'un volume $V_A=20 \text{ mL}$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse de base forte (S_B) d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire $C_B=0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, ce qui permet de tracer la courbe d'évolution du pH du mélange en fonction du volume, V_B , de la solution basique versée comme l'indique la figure-2-.

1°/

- a- Définir l'équivalence acido-basique.
- b- Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
- c- Déduire la valeur de la concentration C_A de la solution (S_A).
- d- Déterminer, alors, la masse, m , de soluté dissout dans la solution (S_A).

On donne la masse molaire de AH : $M = 36,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

2°/ Ecrire l'équation de la réaction acide base qui aura lieu et montrer qu'elle est totale.

3°/ On refait le dosage de **30 mL** de la solution (S_A) par une solution de base forte (S'_B) obtenue par dilution **2 fois** de la solution (S_B). Représenter, sur la figure-2-, l'allure de la courbe (a) de l'évolution du pH en fonction du volume, V_B , de la solution basique versée, en faisant les calculs nécessaires.

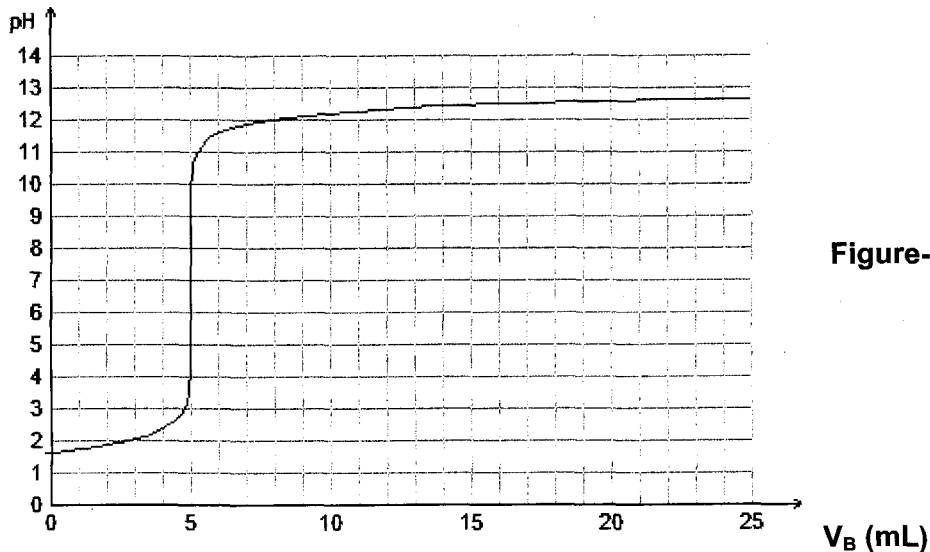


Figure-2-

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

On néglige l'amortissement et la réflexions des ondes.

Une longue corde élastique est attachée horizontalement par l'une de ces extrémités S à un vibreur électrique qui impose à S un mouvement rectiligne sinusoïdal de fréquence N et d'amplitude a .

La célérité de propagation de l'onde le long de la corde est $C = 5 \text{ m.s}^{-1}$.

S débute son mouvement à l'instant $t=0\text{s}$ partant de sa position de repos choisie comme origine des élongations (S,y) et des abscisses (S,x). Figure -3-.

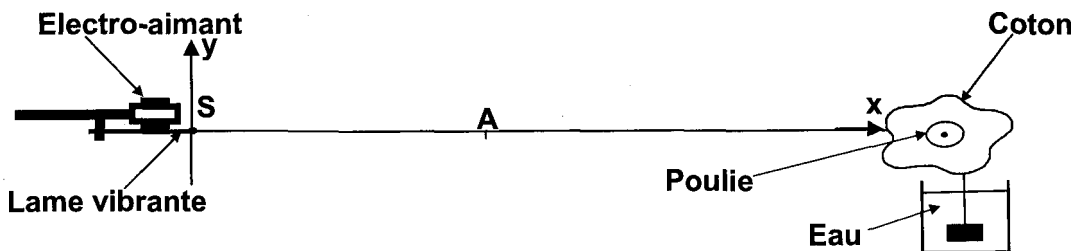


Figure -3-

1°/ On donne l'équation horaire du mouvement de la source S :

$$y_s(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t + \pi) \text{ si } t \geq 0 \text{ s ; } y_s(\text{m}) \text{ et } t(\text{s}).$$

- a- Montrer que la source S débute son mouvement en allant dans le sens négatif.
- b- Calculer la longueur d'onde λ .

2°/

- a- Déterminer l'équation horaire du mouvement d'un point A de la corde d'abscisse $x_A = SA = 17,5 \text{ cm}$.
- b- Représenter sur le même système d'axes les diagrammes de mouvement de S et du point A .
- c- Déterminer la vitesse du mouvement du point A lorsqu'il se trouve à une élongation $y=1 \text{ mm}$ en se déplaçant dans le sens négatif.

3°/

- a- Représenter l'aspect de la corde à l'instant de date $t_1 = 0,075 \text{ s}$.
- b- Déterminer le nombre et les positions des points de la corde qui ont, à la date t_1 , une élongation $y=0$ en allant dans le sens négatif.

4°/ On éclaire la corde en mouvement par une lumière stroboscopique.

Qu'observe-t-on pour la fréquence $N_e = 24,5 \text{ Hz}$?

EXERCICE N°2 :

On considère le dispositif de la figure-4- formé par un solide (S) de masse $m = 0,3 \text{ kg}$ est liée à l'extrémité libre A d'un ressort horizontal (R) de raideur $K = 20 \text{ N.m}^{-1}$.

On suppose que le solide (S) est soumis à une force de frottement de type visqueux $\vec{f} = -h \cdot \vec{V}$ où h est une constante positive et \vec{V} la vitesse du solide à l'instant t .

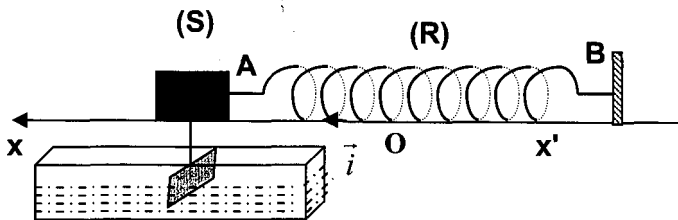


Figure-4-

A- On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre de x_0 puis on le lâche à un instant de date $t=0\text{s}$.

1°/ Etablir l'équation différentielle vérifier par $x(t)$.

2°/ Donner l'expression de l'énergie totale E du système $\{(S), (R), \text{Terre}\}$ en fonction de m , k , x et v .

3°/ Montrer que cette énergie ne se conserve pas.

4°/ La courbe de la figure-5- représente l'évolution de l'élongation x en fonction du temps.

Déterminer l'énergie mécanique du système à instant de date t_1 indiqué sur la figure-5-.

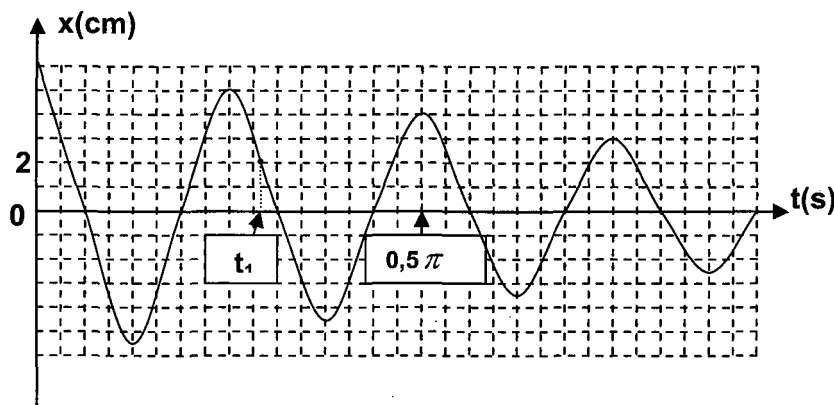


Figure-5-

B- Après avoir enlevé le crochet, un système approprié communiqué à l'extrémité B du ressort une force excitatrice sinusoïdale \vec{F} exprimée par : $F(t) = F_m \sin(\omega t)$ et impose des oscillations forcées à l'oscillateur.

En régime permanent la réponse du résonateur est $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$.

1°/ Par recours à l'analogie formelle électrique – mécanique, établir :

- a- L'équation différentielle du mouvement vérifiant l'élongation x .
- b- L'expression de X_m en fonction de F_m , K , m , h et ω .
- c- L'expression de la pulsation ω_r de l'excitateur à la résonance d'élongation en fonction de ω_0 (pulsation propre de l'excitateur), h et m .

2°/ Pour une valeur de $h = h_1$, en faisant varier la pulsation ω du moteur, on obtient la courbe de la figure-6- qui traduit l'évolution de l'amplitude X_m du résonateur en fonction de ω .

- a- Déterminer la valeur de h_1 .
- b- Calculer l'amplitude X_m à la résonance d'élongation.

On donne: $F_m = 2\text{N}$.

3°/ On remplace (S) par un autre solide (S_2) de masse m_2 et on donne à h une valeur $h_2 \neq h_1$.

- a- Par recours à l'analogie formelle électrique – mécanique, établir en fonction de F_m , K , m_2 , h_2 et ω l'expression de l'amplitude de la vitesse V_m du mouvement du solide (S_2).

b- Pour une pulsation ω' de l'excitateur les courbes d'évolution de $F(t)$ et $v(t)$ sont celles. Figure-7-

- * Déterminer les lois horaires de $F(t)$ et $V(t)$.
- * Montrer que l'oscillateur est en état de résonance de vitesse.
- * Déterminer les valeurs de m_2 et h_2 .

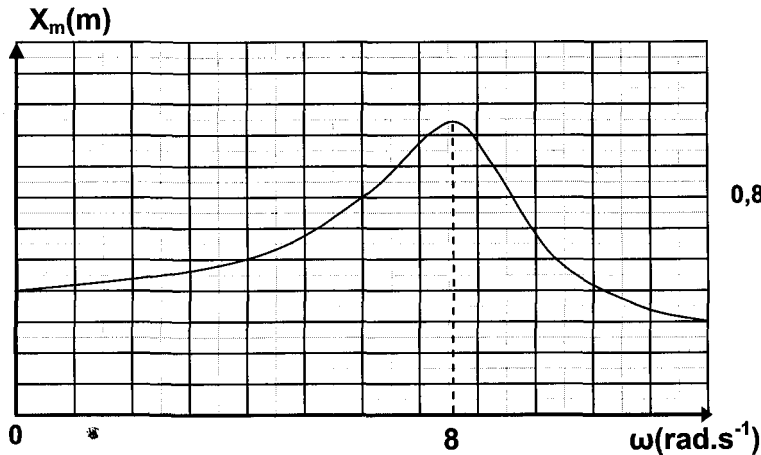


Figure-6-

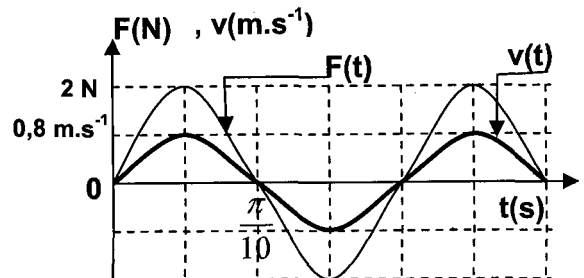


Figure-7-

EXERCICE N°3 :

Etude d'un document scientifique

Quand la Terre tremble...

Quand la Terre tremble, les vibrations se propagent dans toutes les directions à partir du foyer du tremblement de terre situé dans les profondeurs de la couche terrestre. Les vibrations sont initialement de deux types: celles qui compriment et détendent alternativement les roches à la manière d'un accordéon et celles plus destructrices qui les cisailent. Les premières, les plus rapides (appelées ondes P), voyagent dans la croûte à une vitesse de 6 km.s^{-1} environ, mais peuvent être ralenties dans les roches peu consolidées.

Les secondes (appelées ondes S) sont, à cause des propriétés élastiques des roches, systématiquement deux fois plus lentes mais environ cinq fois plus fortes que les premières. Ainsi, lors d'un séisme lointain ayant ressenti l'onde P, on peut anticiper l'arrivée des ondes S.

Les ondes P vibrent dans leur direction de propagation, elles soulèvent ou affaissent le sol, tandis que les ondes S vibrent perpendiculairement et nous secouent horizontalement.

Heureusement, lors de leur voyage à travers les sous sol, les ondes perdent de leur énergie.

En s'éloignant du foyer, elles s'amortissent et leurs effets s'atténuent. Voilà pourquoi les séismes superficiels, trop proches pour être affaiblis, sont les plus destructeurs.

D'après la revue « La Recherche »

Questions

- 1°/ Relever du texte deux passages qui montrent que l'auteur confond entre vibrations et ondes.
- 2°/ Pour chacune des ondes sismiques S et P, relever du Texte une phrase qui montre si elle est transversale ou bien longitudinale.
- 3°/ Expliquer pourquoi lors d'un séisme, les ondes S nous secouent horizontalement.

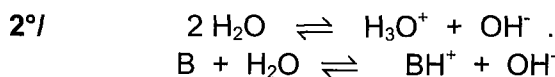
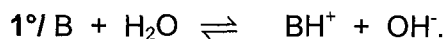
DUREE : 3 H

EPREUVE -1-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :



$$A \text{ à } t=0 \quad C \quad - \quad 0 \quad 10^{\frac{pK_e}{2}} \text{ en mol.L}^{-1}.$$

$$A \text{ à } t_f \quad C-y_f \quad - \quad y_f \quad 10^{pH-pK_e}$$

Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_f = \frac{y_f}{C}$.

La concentration molaire des ions OH^- dans le mélange est exprimée par $[OH^-] = y_f + [H_3O^+]$.

Puisque la solution est basique $pH > 8$ et que la concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$,

alors on néglige $[H_3O^+]$ devant $[OH^-]$ donc $[OH^-] = y_f = 10^{pH-pK_e}$ d'où $\tau_f = \frac{10^{pH-pK_e}}{C}$.

3°/

$$a-\alpha = \text{Coefficient de la droite} = \frac{9-11}{-5+1} = \frac{-2}{-4} = 0,5.$$

$$\beta = \text{L'ordonnée pour } (\log C = 0) = 11,6. \text{ D'où } pH = 0,5 \log C + 11,6.$$

$$b- pH = \frac{1}{2} (pK_e + pK_a + \log C) \text{ d'où } pK_a = 2 pH - \log C - pK_e. \text{ Pour } \log C = 0 ; pH = 11,6.$$

$$AN : pK_a = 9,2.$$

c-

c₁-

Concentration (mol.L ⁻¹)	pH	Taux d'avancement final τ_f
<u>10⁻¹</u>	<u>11</u>	<u>0,01</u>
<u>10⁻²</u>	<u>10,4</u>	<u>0,025</u>

c₂- Par dilution, la concentration molaire de la solution diminue se qui résulte :

- L'augmentation de τ_f : Donc la dilution favorise la dissociation de la base dans l'eau.
- La diminution du pH de la solution.

4°/ Pour une solution de base forte de concentration molaire $C > 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ de $\text{pH} > 8$ $\text{pH} = \text{p}K_e + \log C$.

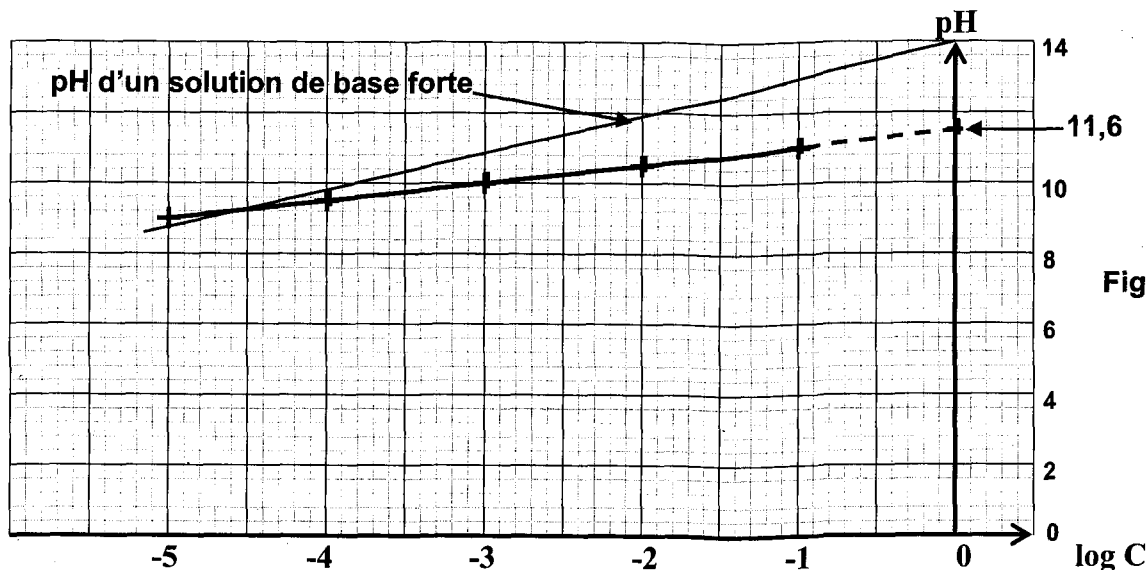


Figure-1-

EXERCICE N°2 :

1°/

a- L'équivalence acido basique est l'état du système dans lequel les quantités de matière de l'acide et de la base introduite dans le mélange sont prises en proportions stochiométriques.

b- E ($V_{BE} = 5 \text{ mL}$; $\text{pH}_E = 7$)

$$c- C_A = \frac{C_B \times V_{BE}}{V_A}$$

$$\text{AN : } C_A = \frac{5 \times 0,1}{20} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

d- $m = C_A \cdot M \cdot V$

$$\text{AN : } m = 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \cdot 36,5$$

$$m = 0,456 \text{ g}$$

2°/ $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

$$K = \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_e}$$

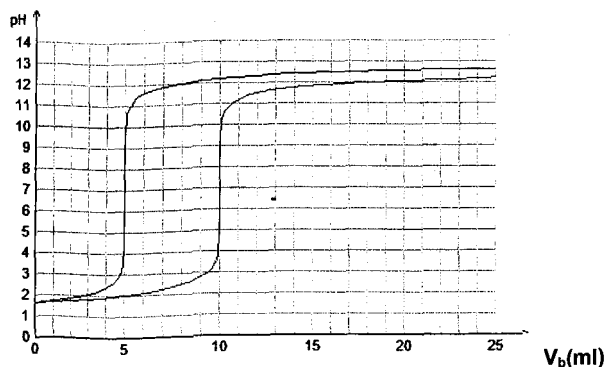
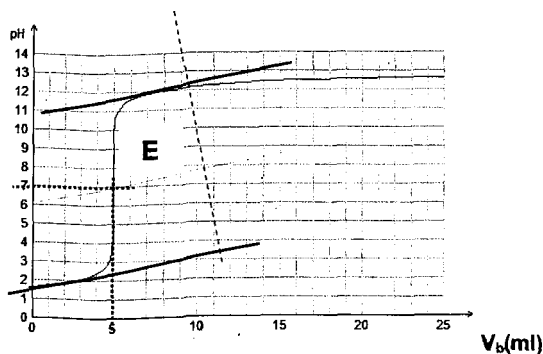
$$\text{AN : } K = 10^{14}$$

Puisque $K > 10^4$ alors la réaction est totale.

$$3°/ C'_B = \frac{C_B}{2} = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V'_{BE} = \frac{C_A \times V_A}{C'_B} \text{ AN : } V'_{BE} = 10 \text{ mL}$$

$$\text{pH}'_E = 7$$



PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/

a- $N = \frac{1}{T}$ or $T = 10^{-2}$ s . AN : $N = \frac{1}{10^{-2}} = 100$ Hz.

b- t_A : l'instant de début du mouvement du point A. $t_A = t_0 + \theta = \theta = \frac{x_A}{C}$ alors $C = \frac{x_A}{t_A}$.

AN : $C = \frac{0,5}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 20$ m.s⁻¹.

c- La longueur d'onde λ d'une onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T de vibration de la source S. $\lambda = \frac{C}{N}$. AN : $\lambda = \frac{20}{100} = 0,2$ m .

d- $y_A(t) = a \sin(\omega t + \varphi_A)$ avec $a = 2 \cdot 10^{-3}$ m , $\omega = 2\pi N$. AN : $\omega = 200\pi$ rad.s⁻¹ .

à $t = 2,75 T$ on a $y_A = -a$ par suite $y_A(t=2,75T) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times 2,75 T + \varphi_A\right) = -a$ alors

$\sin(5,5\pi + \varphi_A) = -1$ or $5,5\pi = 6\pi - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{2}$ rad alors $\sin\left(-\frac{\pi}{2} + \varphi_A\right) = -1$ alors $-\frac{\pi}{2} + \varphi_A = -\frac{\pi}{2}$

par suite $\varphi_A = 0$ d'où $y_A(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi t)$ pour $t \geq t_A$ or $t_A = 2,5 \cdot 10^{-2}$ s.

2°/ $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$ or $\varphi_A = -\frac{2\pi x_A}{\lambda} + \varphi_S$ alors $\varphi_S = \varphi_A + \frac{2\pi x_A}{\lambda}$ puisque $x_A = 2,5\lambda$

$\varphi_S = \frac{2\pi \times 2,5\lambda}{\lambda} = 5\pi = 4\pi + \pi = \pi$ rad en fin $y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi t + \pi)$ pour $t \geq 0$.

3°/

a- $y_{t_1}(x) = a \sin\left(\omega t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S\right)$ or $t_1 = 3,25 T$ par suite $y_{t_1}(x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times 3,25 T - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right)$ alors

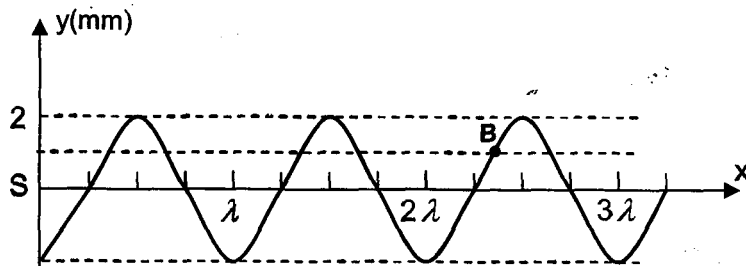
$y_{t_1}(x) = a \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right) = a \sin\left(-\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = a \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right)$ alors

$y_{t_1}(x) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(10\pi x - \frac{\pi}{2}\right)$ pour $x \leq x_f$ avec $x_f = C \times \Delta t = C \times (t_1 - t_0) = C t_1$ alors

$x_f = 3,25 C \times T = 3,25 \lambda$. AN : $x_f = 3,25 \times 0,2 = 0,65$ m.

b-

X	0	$\frac{\lambda}{4}$
y	-a	0



c- $y_B = 1$ mm et en allant dans le sens négatif alors $\frac{dy_B}{dt} < 0$ alors $\frac{dy_B}{dx} > 0$. Figure ci-dessus .

d- $v_B^2 = -\omega^2 y_B^2 + \omega^2 a^2$ alors

$v_B = -\sqrt{\omega^2 (a^2 - y_B^2)}$. AN : $v_B = -\sqrt{(200\pi)^2 \left((2 \cdot 10^{-3})^2 - (1 \cdot 10^{-3})^2 \right)} = -1,09$ ms⁻¹

4°/ ** Si $N_e=50$ Hz alors $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = 2$

On observe la corde sous forme d'une courbe sinusoïdale immobile (l'immobilité apparente)

** Si $N_e=49$ Hz alors $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = \frac{100}{49} = 2,04 = 2 + 0,04$ alors T_e est légèrement supérieure à $2T$.

On observe la corde sous forme d'une courbe sinusoïdale en mouvement apparent lent dans le sens réel de propagation de l'onde.

EXERCICE N°2 :

1°/ Energie.

2°/a-

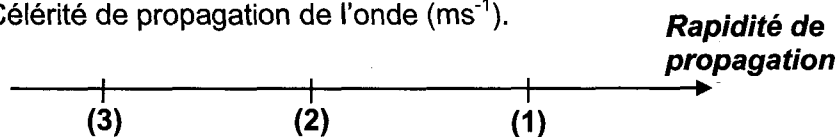
Nom de l'onde	Durée Δt (s)
Onde de terre (1)	1s
Onde de surface (2)	2,5s
Onde acoustique (3)	7.57s

Détermination de la durée : $\Delta t = \frac{d}{c}$ avec :

d : Distance parcourue par l'onde (m).

c : Célérité de propagation de l'onde (ms^{-1}).

b-



c- Les célérités de l'onde de terre et celle de l'onde acoustique sont différentes, ceci est dû au milieu propagateur sachant que la première se propage dans la terre (solide) et que la 2^{ème} se propage dans l'air (gaz).

EXERCICE N°3 :

V/

1°/ a- $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{C\omega} - L\omega)^2}}$

b- $i(t) = \frac{dq}{dt}$ d'où $I_m = Q_m \cdot \omega$ alors $Q_m = \frac{I_m}{\omega} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2\omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}}$

2°/ a- A la résonance d'intensité I_m est maximale d'où $\frac{1}{C\omega_{r1}} - L\omega_{r1} = 0$ d'où $\omega_{r1} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$

b- A la résonance de charge Q_m est maximale alors $f(\omega) = R^2\omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2$ est minimale d'où

$$\frac{d}{d\omega}(R^2\omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2) = 0 \text{ alors } \omega_{r2}^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2} \text{ d'où } \omega_{r2} = \sqrt{\omega_{r1}^2 - \frac{R^2}{2L^2}}$$

3°/

- a- La courbe (a) atteint son extremum à une pulsation inférieure à celle atteinte par la courbe (b)
La courbe (a) part lorsque ω tend vers 0 par une valeur A différent de 0 . D'autre part

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} Q_m = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}} = U_m \cdot C \neq 0 \quad \text{Tandisque } I_m = 0 \text{ lorsque } \omega \rightarrow 0.$$

$\omega \rightarrow 0$

Ces deux arguments permettent d'affirmer que la courbe (a) représente $Q_m = f(\omega)$.

- b- $\omega_{r1} = 1319,5 \text{ rad.s}^{-1}$ et $\omega_{r2} = 1288 \text{ rad.s}^{-1}$.

$$\omega_{r1}^2 = \frac{1}{LC} \text{ alors } C = \frac{1}{L\omega_{r1}^2} = \frac{1}{0,1 \times (1319,5)^2} = 5,7 \cdot 10^{-6} F.$$

$$\omega_{r2}^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2} \text{ alors } R = \sqrt{(\omega_{r1}^2 - \omega_{r2}^2) \times 2 \times (0,1)^2} = 40,5 \Omega.$$

c- $B = U_m \cdot C$ et $A = \frac{U_m}{R}$ d'autre part $\tau = R \cdot C = \frac{U_m}{A} \times \frac{B}{U_m} = \frac{B}{A}$.

II/

1°/

- a- $L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = u(t)$. Par analogie électrique mécanique :

$$u(t) \longrightarrow F(t) \quad ; R \longrightarrow h \quad ; \frac{1}{C} \longrightarrow K \quad ; L \longrightarrow m \quad \text{et } q(t) \longrightarrow x(t)$$

$$\text{d'où } m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t)$$

b- $Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}}$ or $Q_m \longrightarrow X_m$ et $U_m \longrightarrow F_m$ d'où $X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega^2 + (K - m\omega^2)^2}}$.

$$X_m = \frac{1,2}{\sqrt{0,8^2 \times 18^2 + (40 - 0,1 \times 18^2)^2}} = 7,37 \cdot 10^{-2} m.$$

$$\text{tg } \varphi_x = \frac{h\omega}{m\omega^2 - K} = \frac{0,8 \times 18}{0,1 \times 18^2 - 40} = -1,89 \text{ alors } \varphi_x = -1,085 \text{ rad ou } \varphi_x = 2,05 \text{ rad}$$

Puisque $F(t)$ est toujours en avance de phase par rapport à $x(t)$ alors $\varphi_F - \varphi_x > 0$ d'où

$$\varphi_x = -1,085 \text{ rad donc } x(t) = 7,37 \cdot 10^{-2} \sin(18t - 1,085) ; x(m) \text{ et } t(s).$$

2°/

- a- Phénomène de résonance d'élongation.

- b- A la résonance de charge on a : $\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}$ par analogie à la résonance de charge on a :

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K}{m} - \frac{h^2}{2m^2}} \quad \text{AN : } \omega_1 = \sqrt{\frac{40}{0,1} - \frac{0,8^2}{2 \times 0,1^2}} = 19,18 \text{ rad.s}^{-1}.$$

DUREE : 3 H

EPREUVE -2-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

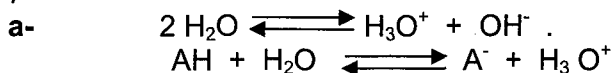
1°/

a- * A la dilution on a : $n_0(\text{après dilution}) = n_0(\text{avant dilution})$ alors $CV = C_0 V_0$.

* n : Nombre de fois de dilution. $n = \frac{C_0}{C} = \frac{V}{V_0}$ AN : $n = \frac{1}{0,1} = 10$, il s'agit d'une dilution au dixième.

b- On réalise un prélèvement de volume $V_0 = 5$ mL de la solution S_0 à l'aide d'une pipette de 5 mL, qu'on l'introduit dans une fiole jaugée de volume $V = 50$ mL, on ajoute l'eau jusqu'au trait de jauge.

2°/



	C	-	0	$10^{-\frac{pK_e}{2}}$	en mol.L ⁻¹ .
A t=0					
A t _f	C-y _f		y _f	$10^{-\text{pH}}$	en mol.L ⁻¹ .

Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_f = \frac{y_f}{C}$.

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{solution}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eau}} + [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{Acide}} = [\text{OH}^-] + y_f.$$

Approximation : On a : $\text{pH} = 2,9 < 6$ et $C = 0,1 > 10^{-6}$ mol.L⁻¹ alors on néglige $[\text{OH}^-]$ devant

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \text{ d'où } y_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{solution}} = 10^{-\text{pH}} \text{ alors } \tau_f = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}.$$

b- $\tau_f = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$.AN : $\tau_f = \frac{10^{-2,9}}{0,1} = 0,0125 < 0,05$ d'où l'acide AH est faiblement dissocié dans l'eau.

$$\text{c- } K_a = \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}} [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{AH}]_{\text{éq}}} = \frac{y_f^2}{C - y_f} \text{ or } \tau_f = \frac{y_f}{C} \text{ alors } y_f = \tau_f C \text{ alors } K_a = \frac{C^2 \tau_f^2}{C - C \tau_f} = \frac{C \tau_f^2}{1 - \tau_f} \text{ or}$$

l'acide AH est faiblement dissocié dans l'eau alors $\tau_f < 0,05$ par suite $1 - \tau_f \approx 1$ d'où $K_a = C \tau_f^2$.

d- $K_a = C \tau_f^2$ alors $\tau_f^2 = \frac{K_a}{C}$ alors $\log \tau_f^2 = \log K_a - \log C = -\text{p}K_a - \log C$ alors $2 \log \tau_f = -(\text{p}K_a + \log C)$

$$\text{d'où } \log \tau_f = -\frac{1}{2} (\text{p}K_a + \log C).$$

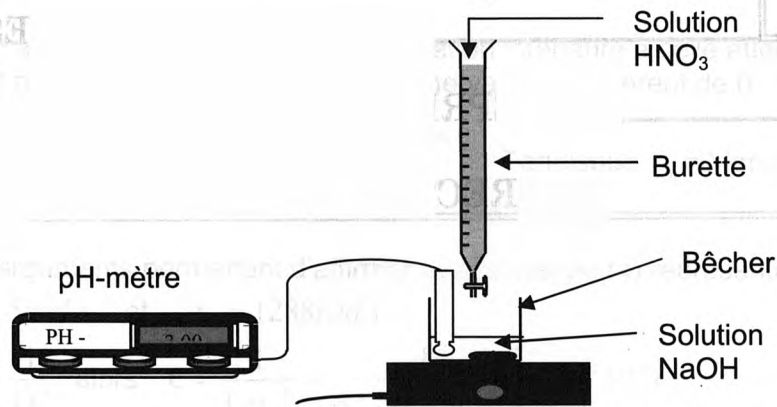
e- $\log \tau_f = -\frac{1}{2} (\text{p}K_a + \log C)$ alors $\text{p}K_a = -(2 \log \tau_f + \log C)$. AN : $\text{p}K_a = -(2 \log 1,25 \cdot 10^{-2} + \log 0,1) = 4,8$.

3°/ Un système fermé est en état d'équilibre à pression constante, une élévation de la température entraîne l'évolution du système dans le sens de la réaction endothermique c'est le sens direct de dissociation de AH dans l'eau alors $[\text{H}_3\text{O}^+]$ augmente or $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ alors pH diminue et K_a augmente et $\text{p}K_a$ diminue.

EXERCICE N°2 :

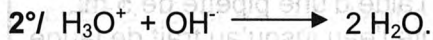
I-
1°/

a-



b- La courbe pH= f(V_a) admet un seul point d'inflexion, il s'agit d'un dosage d'une réaction entre une solution d'acide fort HNO₃ par une solution de base forte NaOH.

c- V_{aE}= 10 mL et pH_E= 7.



3°/

a- L'équivalence acido- basique est l'état du système dans lequel les quantités de matière de l'acide et de la base introduite dans le mélange sont prises en proportions stœchiométriques.

b- Au point d'équivalence on a : $n(\text{NaOH})_0 = n(\text{HNO}_3)_{\text{éq}}$ alors $C_b V_b = C_a V_{aE}$ alors $C_b = \frac{C_a V_{aE}}{V_b}$.AN :

$$C_b = \frac{0,01 \times 10}{10} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}.$$

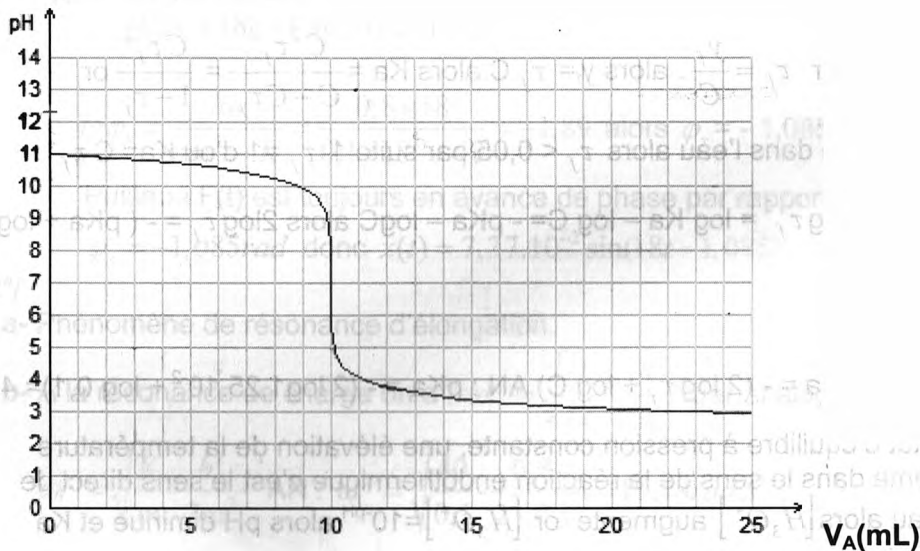
II-

1°/ Au point d'équivalence on a : $n(\text{NaOH})_0 = n(\text{HNO}_3)_{\text{éq}}$ or la dilution de la solution de base NaOH ne varie pas $n(\text{NaOH})_0$ alors $n(\text{HNO}_3)_{\text{éq}} = \text{Cte}$ alors $C_a V_{aE} = \text{Cte}$ or $C_a = \text{Cte}$ d'où $V_{aE} = \text{Cte}$ pour les deux groupes.

2°/ $\text{pH}' = \text{pK}_e + \log C'_b$ or $C'_b = \frac{C_b}{10} = \frac{0,01}{10} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ car $V_b' = V_b + V_{\text{eau}} = 100 \text{ mL}$ et $V_b = 10 \text{ mL}$ alors

$$\text{pH}' = 14 + \log 10^{-3} = 11.$$

3°/



PHYSIQUE

EXERCICE N°1 :

I-

1°/ Bilan des forces exercées sur (C) :

\vec{P} : Poids du corps (C) ; \vec{T} : Tension du ressort.

\vec{R} : Réaction du plan. En appliquant la RFD sur (C) : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m \vec{a}$

Par projection sur (O, \vec{i}) : $-K \cdot x(t) = m \cdot \frac{d^2 x(t)}{dt^2}$ d'où $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \frac{K}{m} x(t) = 0$ on pose $\frac{K}{m} = \omega_0^2$

par suite $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \omega_0^2 x(t) = 0$

Cette équation différentielle admet comme solution $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ et la trajectoire du mouvement du corps est un segment de droite alors le corps (C) est en mouvement rectiligne sinusoïdal.

2°/ a- $X_m = 100 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,1 \text{ m}$; $T_0 = 0,5 \text{ s}$ alors $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 4\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

$x(t=0) = X_m \sin(\varphi_x) = X_m$ par suite $\sin(\varphi_x) = -\frac{X_m}{2}$ par suite $\sin \varphi_x = -\frac{1}{2}$ alors $\varphi_x = -\frac{\pi}{6}$ ou $\varphi_x = -\frac{5\pi}{6}$

or à $t=0$ on a la courbe $x(t)$ est décroissante alors $\frac{dx(t)}{dt} < 0$ alors $\cos \varphi_x < 0$ d'où $\varphi_x = -\frac{5\pi}{6}$.

donc : $x(t) = 0,1 \sin(4\pi t - \frac{5\pi}{6})$ en (m) et t en s.

b- $\omega_0^2 = \frac{K}{m}$ alors $K = m \cdot \omega_0^2$. AN : $K = 0,1 \times (4\pi)^2 = 16 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

3°/ a- * $E = E_C + E_P$ alors $E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$ alors $\frac{dE}{dt} = m v a + k x v$ alors $\frac{dE}{dt} = v (m a + k x)$ or

d'après l'équation différentielle $m a + k x = 0$ par suite $\frac{dE}{dt} = 0$ alors $E = \text{constante}$.

* Si $x = X_m$ alors $v = 0$ alors $E = \frac{1}{2} k X_m^2$. AN : $E = \frac{1}{2} 16 \times 0,1^2 = 0,08 \text{ J}$.

b- $E = \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{1}{2} k x_0^2$ alors $v_0^2 = \frac{2E - k x_0^2}{m}$ or à $t=0$ la courbe $x(t)$ est décroissante alors

$\frac{dx(t)}{dt} = v < 0$ d'où $v_0 = -\sqrt{\frac{2E - k x_0^2}{m}}$ AN : $v_0 = -\sqrt{\frac{2 \times 0,08 - 16 \times (-50 \cdot 10^{-3})^2}{0,1}} = -1,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

II-

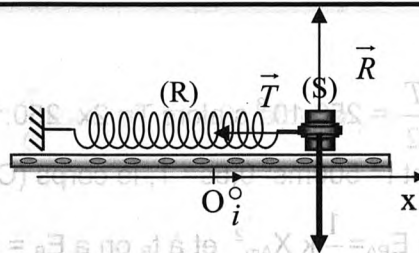
1°/ a- * A $t=0$, $x = x_0 = -50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ alors $E_P = \frac{1}{2} k x_0^2$; AN : $E_P = \frac{1}{2} 16 \times (-50 \cdot 10^{-3})^2 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ d'où la courbe (3) correspond à E_P .

* A $t=0$, $v = v_0 = -1,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ alors $E_C = \frac{1}{2} m v_0^2$; AN : $E_C = \frac{1}{2} 0,1 \times (-1,09)^2 = 60 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ d'où la courbe (2)

correspond à E_C .

b- D'après les courbes de la figure-4-, il y a une transformation mutuelle non intégrale entre E_P et E_C d'une façon permanente alors il s'agit du régime pseudo-périodique.

c- L'énergie mécanique E diminue au cours du temps, car sa courbe (1) est décroissante.



2°/

a- $T_{Ep} = T_{Ec} = \frac{T}{2} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ alors $T = 2 \times 250 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ s}$.

b- Entre $t=0 \text{ s}$ et $t=500 \text{ ms} = 0,5 \text{ s} = T$, le corps (C) effectue une seule oscillation.

3°/ A t_A on a $E_A = E_{PA} = \frac{1}{2} k X_{Am}^2$ et à t_B on a $E_B = E_{PB} = \frac{1}{2} k X_{Bm}^2$ alors $\frac{E_A}{E_B} = \left(\frac{X_{Am}}{X_{Bm}} \right)^2 = 1,12$.

EXERCICE N°2 :

1°/ $L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$. Par analogie électrique mécanique :

$u(t) \longrightarrow F(t) \quad ; \quad R \longrightarrow h \quad ; \quad \frac{1}{C} \longrightarrow K \quad ; \quad L \longrightarrow m \quad \text{et} \quad i(t) \longrightarrow v(t)$

d'où $m \frac{dv}{dt} + hv + K \int v \cdot dt = F(t)$.

2°/

a- En circuit électrique et dans le cas où w est inférieur à la pulsation propre w_0

$w < w_0$ alors $w < \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d'où $Lw < \frac{1}{Cw}$

on obtient alors la construction de Fresnel suivante :

Par analogie électrique mécanique :

$U_m \longrightarrow F_m \quad I_m \longrightarrow V_m$

b- $F_m^2 = (hV_m)^2 + \left(\frac{K}{W} V_m - mWV_m \right)^2$

$F_m^2 = V_m^2 \left(h^2 + \left(\frac{K}{w} - mw \right)^2 \right)$ alors

$$V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{K}{w} - mw \right)^2}}$$

3°/ $X_m = \frac{V_m}{w} = \frac{F_m}{w \sqrt{h^2 + (K - mw)^2}} = \frac{F_m}{\sqrt{(hw)^2 + (K - mw)^2}}$

4°/

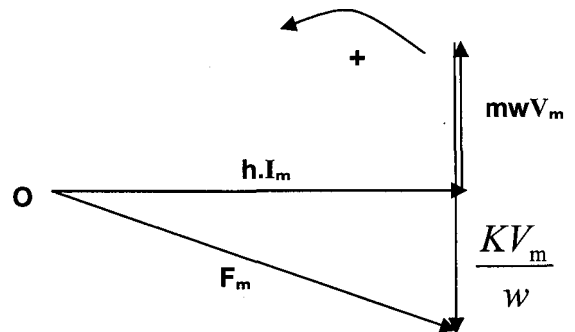
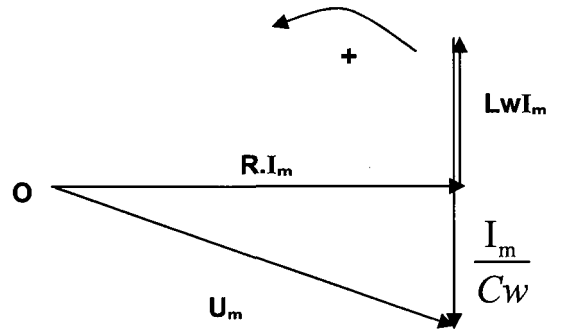
a- $F(t)$ est toujours en avance de phase par rapport à $x(t)$.

D'autre part la courbe C_1 est en avance de phase par rapport à la courbe C_2 puisqu'elle atteint la valeur maximale la première donc la courbe C_2 représente $x(t)$.

b- $F_m = 1,3 \text{ N}$. A $t=0$; $F = F_m \sin \varphi_F = 0$ alors $\sin \varphi_F = 0$ alors $\varphi_F = 0$ ou $\varphi_F = \pi$ or à $t=0$ la courbe $F(t)$ est

croissante alors $\frac{dF(t)}{dt} > 0$ alors $\cos \varphi_F > 0$ par suite $\varphi_F = 0$ or $w = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1,14} = 5,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

d'où $F(t) = 1,3 \cdot \sin(5,5 t)$ F(N) et t(s).



$$X_m = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

$$|\Delta\varphi| = w \times \Delta t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{12} = \frac{\pi}{6} \text{ rad} \quad \text{alors } \varphi_F - \varphi_X = \frac{\pi}{6} \text{ rad} \quad \text{or } \varphi_F = 0 \quad \text{alors } \varphi_X = -\frac{\pi}{6} \text{ rad.}$$

$$x(t) = 6,5 \cdot 10^{-2} \sin\left(5,5t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ x(m) et t(s).}$$

$$\text{c- } \varphi_V = \varphi_X + \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{3} \text{ rad par suite : } \varphi_F - \varphi_V = -\frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

$$5^\circ \cos(\varphi_F - \varphi_V) = \frac{hV_m}{F_m} = \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right) \quad \text{d'où } h = \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right) \frac{F_m}{V_m} \quad \text{AN : } h = \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right) \frac{1,3}{6,5 \cdot 10^{-2} \cdot 5,5} = 1,8 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$X_m = 6,5 \cdot 10^{-2} = \frac{F_m}{w \sqrt{h^2 + \left(mw - \frac{K}{w}\right)^2}} = \frac{1,3}{5,5 \sqrt{3,3 + \left(5,5m - \frac{K}{5,5}\right)^2}} \quad \text{alors}$$

$$6,5 \cdot 10^{-2} = \frac{1,3}{5,5 \sqrt{3,3 + \left(5,5m - \frac{K}{5,5}\right)^2}} \quad \text{alors } 3,3 + \left(5,5m - \frac{K}{5,5}\right)^2 = 13,22 \quad \text{par suite } 5,5m - \frac{K}{5,5} = -3,14$$

$$\text{Donc } 30,25m - K = -17,3 \quad \text{alors } m = \frac{-17,3 + K}{30,25} \quad \text{AN : } m = \frac{-17,3 + 20}{30,25} = \frac{2,7}{30,25} = 0,09 \text{ Kg.}$$

EXERCICE N°3 :

1°/ L'excitateur : Le moteur

Le résonateur : Les pièces légèrement desserrées de la carrosserie.

2°/ Les oscillations sont plus importantes à des vitesses bien déterminées, car la fréquence de vibration des pièces s'approche de la fréquence de résonance d'élongation.

3°/ Pour éviter les dangers, il suffit d'augmenter l'amortissement.

DUREE : 3 H

EPREUVE -3-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

I/

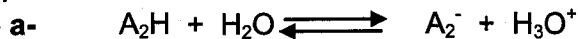
1°/ De deux solutions aqueuses d'acide de même concentration, celle qui possède le pH le plus petit renferme l'acide le plus fort, et comme A_1H est un acide fort et A_2H est un acide faible et que $pH > pH'$ alors la solution S_1 est de pH égal 1,7 et que la solution S_2 est de pH égale 3,25.

2°/



$$b- C = 10^{-pH'} = 10^{-1,7} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

3°/



$$A \text{ à } t=0 \quad C \quad - \quad 0 \quad 10^{-\frac{pK_e}{2}} \quad \text{en mol.L}^{-1}$$

$$A \text{ à } t_f \quad C - y_f \quad - \quad y_f \quad 10^{-pH} \quad \text{en mol.L}^{-1}$$

Entités chimiques présentes dans la solution (S_2) : A_2H , A_2^- , H_3O^+ et OH^- .

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ AN : } [H_3O^+] = 10^{-3,25} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \text{ AN : } [OH^-] = \frac{10^{-14}}{5,6 \cdot 10^{-4}} = 1,778 \cdot 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] \ll [H_3O^+] \text{ alors } [H_3O^+] = y_f = [A_2^-] = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[A_2H] = C - y_f = 2 \cdot 10^{-2} - 5,6 \cdot 10^{-4} = 0,0194 \text{ mol.L}^{-1}$$

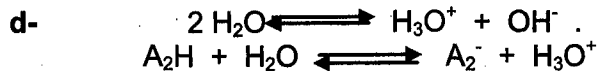
$$b- K_a = \frac{[A_2^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[A_2H]_{\text{éq}}} = \frac{10^{-2pH}}{0,0194} = 1,63 \cdot 10^{-5} \text{ alors : } pK_a = -\log K_a = 4,78$$

c- Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_{2f} = \frac{y_f}{C}$.

On supposant que la réaction est totale $C - y_m = 0$ alors $y_m = C$.

$$D'autre part : y_f = [H_3O^+] \text{ d'où } \tau_{2f} = \frac{10^{-pH}}{C} \text{ AN : } \tau_{2f} = \frac{10^{-3,25}}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,028 < 0,05$$

L'acide A_2H est faiblement dissocié dans l'eau.



$$A \text{ à } t=0 \quad C \quad - \quad 0 \quad 10^{-\frac{pK_e}{2}} \quad \text{en mol.L}^{-1}$$

$$A \text{ à } t_f \quad C - y_f \quad - \quad y_f \quad 10^{-pH} \quad \text{en mol.L}^{-1}$$

Le taux d'avancement final de la réaction est exprimé par : $\tau_f = \frac{y_f}{C}$ alors $\tau_f = \frac{10^{-pH}}{C}$.

$$K_a = \frac{[A_2^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[A_2H]_{\text{éq}}} = \frac{10^{-2pH}}{C - y_f} = \frac{10^{-2pH}}{C(1 - \tau_f)}$$

Sachant que l'acide est faiblement ionisée dans l'eau alors on néglige τ_f par rapport à l'unité,

par suite $K_a = \frac{10^{-2pH}}{C}$ donc $-\log K_a - \log c = 2pH$ par suite $pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)$

III/

1°/ Pour une solution aqueuse d'acide faible (S_2) le pH est exprimé par $pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)$

alors $pH = \frac{1}{2}pK_a - \frac{1}{2}\log C$ d'où $pH = f(-\log C)$ est une fonction affine représentée par la courbe (a).

2°/ $\frac{1}{2}pK_a = 2,4$, alors : $pK_a = 4,8$.

3°/ a- La dilution n fois d'une solution d'acide faible augmente le pH de $\frac{1}{2}\log n$

La dilution n fois d'une solution d'acide fort augmente le pH de $\log n$.

$\log n = 0,238 \times 2 = 0,477$ et $n = 10^{+0,477} = 3$ alors $pH_1' = pH + \log n = 2,17$.

b- $V_T = V_0 + V_{\text{eau}} = 3V_0$ alors $V_{\text{eau}} = 3V_0 - V_0 = 2V_0 = 20\text{ml}$.

EXERCICE N°2 :

1°/

a- L'équivalence acido basique est l'état du système dans lequel les quantités de matière de l'acide et de la base introduite dans le mélange sont prises en proportions stochiométriques.

b- E ($V_{BE} = 5\text{mL}$; $pH_E = 7$)

c- $C_A = \frac{C_B \times V_{BE}}{V_A}$. AN : $C_A = \frac{5 \times 0,1}{20} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

d- $m = C_A \cdot M \cdot V$

AN : $m = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 0,5 \times 36,5$.

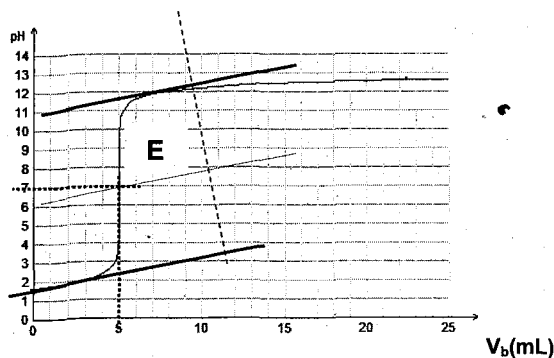
$m = 0,456\text{g}$.

2°/ $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2 H_2O$.

$$K = \frac{1}{[H_3O^+] \times [OH^-]} = \frac{1}{K_e}$$

AN : $K = 10^{14}$.

Puisque $K > 10^4$ alors la réaction est totale.

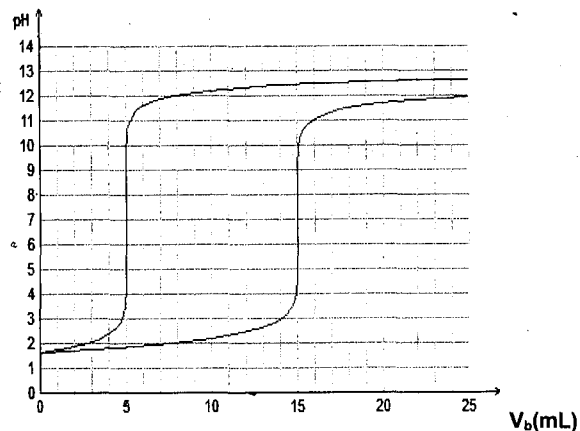


$$3^\circ / C'_B = \frac{C_B}{2} = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$C_A V_A = C'_B V'_{BE} \text{ alors } V'_{BE} = \frac{C_A V_A}{C'_B}$$

$$\text{AN: } V'_{BE} = \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \times 30 \cdot 10^{-3}}{0,05} = 15 \text{ mL}$$

$$\text{pH}'_E = 7 \text{ et } \text{pH}_i = -\log C_A = -\log 2,5 \cdot 10^{-2} = 1,6$$



PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/

a- $y_S(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t + \pi)$ si $t \geq 0$ s ; $y_S(\text{m})$ et $t(\text{s})$.

$$\frac{dy_S(t)}{dt} = w \cdot a \cos(wt + \pi) \text{ avec } w = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

A $t=0$ s on a : $\frac{dy_S(t=0)}{dt} = w \cdot a \cos(\pi) < 0$ donc la source débute son mouvement en allant dans le sens négatif.

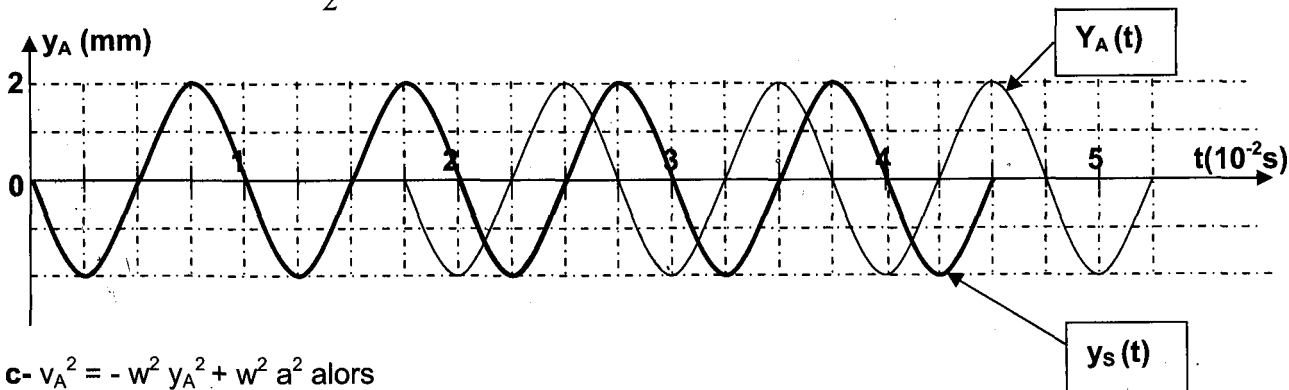
b- $w = 100\pi \text{ rad.s}^{-1} = \frac{2\pi}{T}$ alors $T = \frac{2\pi}{w}$. AN : $T = \frac{2\pi}{100\pi} = 0,02$ s.

D'autre part $\lambda = c \cdot T$. AN : $\lambda = 5 \times 0,02 = 0,1$ m.

2°/a- D'après le principe de propagation $y_A(t) = y_S(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x_A - x_S}{c} = \frac{x_A}{\lambda} \cdot T = \frac{0,175}{0,1} \cdot T = 1,75T$.

D'où $y_A(t) = a \sin(100\pi t - \frac{2\pi \cdot 1,75T}{T} + \pi) = a \sin(100\pi t - 3,5\pi + \pi)$

$y_A(t) = a \sin(100\pi t - \frac{\pi}{2})$ si $t \geq 1,75 \cdot T$; $y_A(\text{m})$ et $t(\text{s})$.



c- $v_A^2 = -w^2 y_A^2 + w^2 a^2$ alors

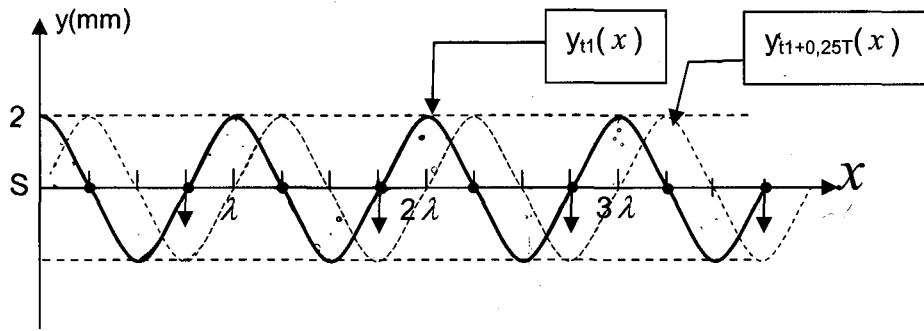
$$v_B = -\sqrt{w^2 (a^2 - y_B^2)}$$
 AN : $V_B = -\sqrt{(100\pi)^2 ((2 \cdot 10^{-3})^2 - (10^{-3})^2)} = -0,54 \text{ ms}^{-1}$

3°/

a- $y_{t1}(x) = a \sin(wt_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi)$ or $t_1 = 0,075$ s = $3,75 T$ par suite $y_{t1}(x) = a \sin(\frac{2\pi}{T} \times 3,75 T - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi)$

alors $y_{t1}(x) = a \sin(-\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi) = a \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi x}{\lambda}) = a \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi)$ alors

$$y_{t_1}(x) = 2 \cdot 10^{-3} \sin\left(20\pi x + \frac{\pi}{2}\right) \text{ pour } x \leq x_f = Cx \Delta t = Cx(t_1 - t_0) = Cx t_1 \text{ alors } x_f = 3,75 CxT = 3,75 \cdot \lambda = 0,375m$$



b- Il existe alors, à l'instant de date t_1 , 4 points de la corde d'élongation $y=0$ en allant dans le sens négatif d'abscisses : $0,75 \lambda (=0,075m)$; $1,75 \lambda (=0,175m)$; $2,75 \lambda (=0,275m)$ et $3,75 \lambda (=0,375m)$.

4°/ Si $N_e = 24,5 \text{ Hz}$ alors $\frac{N}{N_e} = \frac{50}{24,5} = 2,04 = 2 + 0,04$: on observe alors un mouvement ralenti des points de la corde dans le sens réel de propagation de l'onde.

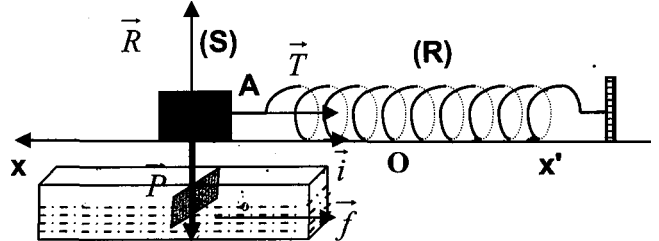
EXERCICE N°2 :

A-

1°/ RFD: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} = m\vec{a}$, projection sur $x'x$:

$$T + f + F = ma \text{ alors } ma + hv + Kx = 0$$

$$\text{alors } m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t).$$



2°/ $E = E_c + E_p$ alors $E = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{1}{2} k x^2$.

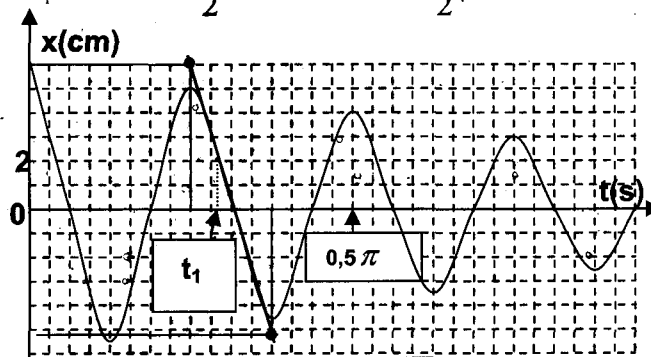
3°/ $\frac{dE}{dt} = mVa + Kx V$ alors $\frac{dE}{dt} = V (ma + Kx)$ or d'après l'équation différentielle $ma + Kx = -hV$

par suite $\frac{dE}{dt} = -hV^2 < 0$ alors E diminue au cours de temps.

4°/ $E = \frac{1}{2} m V_{t_1}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_1}^2$ or $x_{t_1} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ et $V_{t_1} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_1}$ = coefficient directeur de la tg à

la courbe $x(t)$ au point à l'instant $t_1 = \frac{(6+5) \cdot 10^{-2}}{0,785 - 1,178}$ et $V_{t_1} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_1} = -0,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$E = \frac{1}{2} m V_{t_1}^2 + \frac{1}{2} k x_{t_1}^2 \cdot N : E = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot (-0,28)^2 + \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 = 0,0157 \text{ J}.$$



B-**1°/**

$$a- L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = u(t) \text{ or } u(t) \longrightarrow F(t); R \longrightarrow h; \frac{1}{C} \longrightarrow K; L \longrightarrow m \text{ et}$$

$$q(t) \longrightarrow x(t) \text{ d'où } m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = F(t).$$

$$b- Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}} \text{ or } Q_m \longrightarrow X_m \text{ et } U_m \longrightarrow F_m \text{ d'où } X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

$$c- \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{R^2}{2L^2}}, \text{ avec } \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \text{ d'où } \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}} \text{ avec } \omega_0^2 = \frac{K}{m}.$$

2°/

$$a- \omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{h_1^2}{2m^2} \text{ alors } h_1 = \sqrt{2m^2(\omega_0^2 - \omega_r^2)}. \text{ AN: } h_1 = \sqrt{2 \times 0,3^2(8,16^2 - 8^2)} = 0,69 \text{ kg.s}^{-1}.$$

$$b- * X_{mr} = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega_r^2 + (K - m\omega_r^2)^2}}. \text{ AN: } X_{mr} = \frac{2}{\sqrt{0,69^2 \times 8^2 + (20 - 0,3 \times 8^2)^2}} = 0,35 \text{ m.}$$

3°/

$$a- I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{C\omega} - L\omega)^2}} \text{ or } I_m \longrightarrow V_m \text{ alors } V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h_2^2 + (\frac{K}{\omega} - m_2\omega)^2}}.$$

$$b- * F(t) = 2 \sin(10t) \text{ (N) et } V(t) = 0,8 \sin(10t) \text{ (m.s}^{-1}\text{)}.$$

* $F(t)$ et $V(t)$ sont en phase alors $\Delta\varphi = \varphi_F - \varphi_V = 0$ d'où la résonance de vitesse.

$$* \omega_0^2 = \frac{K}{m_2} \text{ alors } m_2 = \frac{K}{\omega_0^2}. \text{ AN: } m_2 = \frac{20}{10^2} = 0,2 \text{ kg.}$$

$$* \text{ A la résonance de vitesse on a: } V_m = \frac{F_m}{h_2} \text{ alors } h_2 = \frac{F_m}{V_m}. \text{ AN: } h_2 = \frac{2}{0,8} = 2,5 \text{ kg.s}^{-1}.$$

EXERCICE N°3 :

1°/ * Les vibrations se propagent dans toutes les directions à partir du foyer du tremblement de terre situé dans les profondeurs de la couche terrestre.

* Les ondes P vibrent dans leur direction de propagation, elles soulèvent ou affaissent le sol, tandis que les ondes S vibrent perpendiculairement et nous secouent horizontalement.

2°/ * L'onde S est transversale (les ondes S vibrent perpendiculairement et nous secouent horizontalement).

* L'onde P est longitudinale (Les ondes P vibrent dans leur direction de propagation, elles soulèvent ou affaissent le sol).

3°/ Les ondes S nous secouent horizontalement, car sont transversales.

DUREE : 2 H

EPREUVE -1-

CHIMIE :**EXERCICE N°1 :**On donne à 25°C : $pK_e = 14$.

On dispose de deux solutions aqueuses (S_1) et (S_2) de même concentration C_A :

(S_1) : Solution aqueuse d'acide A_1H supposé faible.

(S_2) : Solution aqueuse d'acide A_2H supposé faible.

On réalise les deux expériences suivantes :

Expérience (1) :

On dose un volume $V_A = 12,5 \text{ mL}$ de la solution (S_1) par une solution aqueuse (S_B) de soude (NaOH) de concentration molaire $C_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

Expérience (2) :

On dose un volume $V_A = 12,5 \text{ mL}$ de la solution (S_2) par la même solution aqueuse (S_B).

La suivie de l'évolution du pH du mélange réactionnel au cours du dosage de chacune des solutions (S_1) et (S_2) ramène aux résultats suivants.

Pour l'expérience (1) :

VOLUME de la solution aqueuse basique versée : V_B (mL)	0	12,5	25
pH du mélange réactionnel	2,22	3,75	$pH_1 = 8,28$

Pour l'expérience (2) :

VOLUME de la solution aqueuse basique versée : V_B (mL)	0	12,5	25
pH du mélange réactionnel	2,72	4,75	pH_2

1°/ Ecrire l'équation de la réaction acido-basique lors du dosage de la solution (S_1) d'acide A_1H .

2°/ En utilisant les tableaux de valeurs précédents, comparer les forces des acides A_1H et A_2H . Justifier.

3°/ Soient :

* n_1 : Nombre de mole de l'acide A_1H .

* n_1' : Nombre de mole de la base A_1^- , conjuguée de l'acide A_1H après l'ajout d'une certaine quantité de la solution basique (S_B).

a- Ecrire l'expression de la constante d'acidité K_{a1} du couple A_1H/A_1^- et déduire que le pH du

mélange réactionnel dans l'expérience (1) s'écrit : $pH = pK_{a1} + \log \frac{n_1'}{n_1}$.

b- En versant un volume $V_B = 12,5 \text{ mL}$ de la solution (S_B) on a $n_1 = n_1'$, déterminer pK_{a1} du couple A_1H/A_1^- et pK_{a2} du couple A_2H/A_2^- .

c- Déduire une comparaison entre les forces des acides A_1H et A_2H .

4°/

a- Déterminer la concentration C_A .

b- Soit pH_2 : valeur du pH du mélange réactionnel obtenu en versant 25mL de la solution (S_B) dans l'expérience (2).

La valeur de pH_2 est elle supérieure, inférieure ou égale à $pH_1 = 8,28$? Justifier.

5°/ On désire réaliser le même dosage de l'acide A_1H en utilisant l'un des indicateurs colorés suivants :

Indicateur coloré	Zone de virage
Héliantine	3,20 ↔ 4,40
Bleu de bromothymol	6,00 ↔ 7,60
Phénolphtaléine	8,00 ↔ 10,00

a- Rappeler la définition d'un indicateur coloré.

b- Lequel de ces indicateurs parait le mieux approprié à ce dosage ? Justifier.

EXERCICE N°2 :

1°/

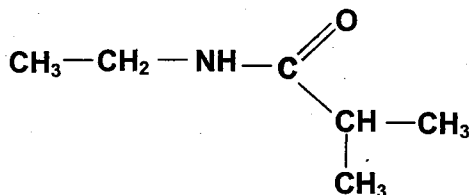
a- Ecrire la formule semi développée des amides suivant.

* N -éthyl N -méthyl 2- méthylbutanamide.

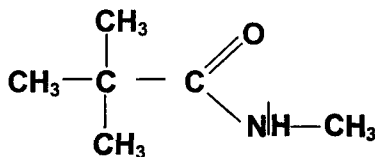
* N -méthyl 2- éthylpentanamide.

b- Ecrire le nom de chacun des amides suivant :

-A-



-B-



2°/ Le pourcentage massique du carbone dans un amide substitué A est 49,31%.

a- Déterminer la formule brute de l'amide A.

b- Déterminer la formule semi développée de chacun des isomères de l'amide substitué A.

c- L'hydrolyse en milieu basique de l'amide A est réalisée en présence d'une solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + OH^-$). On obtient deux composés organiques :

- Un carboxylate de potassium B.
- Une amine secondaire C.

c₁- Ecrire, en formule semi développée, l'équation de la réaction modélisant cette transformation.

c₂- Donner le nom de l'amine C.

c₃- Ecrire la formule semi développée et le nom de l'acide carboxylique B' correspondant au sel formé.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

Les parties A et B sont indépendantes.

A- Une lame vibrante munie d'une pointe produit en un point S de la surface libre d'un liquide au repos des vibrations verticales et sinusoïdales. On néglige la réflexion et la diminution de l'amplitude de l'onde issues de la source S.

L'équation horaire du mouvement de la source est $y_{(s)}(t) = 2.10^{-3} \sin(100\pi t + \pi)$ pour $t \geq 0$ avec $y_{(s)}$ en mètre et t en seconde.

- 1°/ La surface du liquide est éclairée par une lumière stroboscopique de fréquence N_e réglable.
 Décrire l'aspect de la surface du liquide lorsque N_e prend les valeurs : $N_e = 50 \text{ Hz}$ et $N_e = 24 \text{ Hz}$.
- 2°/ Calculer la valeur de la vitesse, V , de propagation de l'onde à la surface du liquide sachant que la distance séparant la 3^{ème} et la 7^{ème} rides crêtes est **32 mm**.

- 3°/
- a- Déterminer l'équation horaire du mouvement d'un point P de la surface du liquide situé à la distance $x_P = 2.10^{-2} \text{ m}$ de la source S.
 - b- Représenter le diagramme du mouvement du point P.
- 4°/ Sur la figure-1- on a représenté une coupe fictive de la surface du liquide par un plan vertical contenant S et P à la date t_1 .

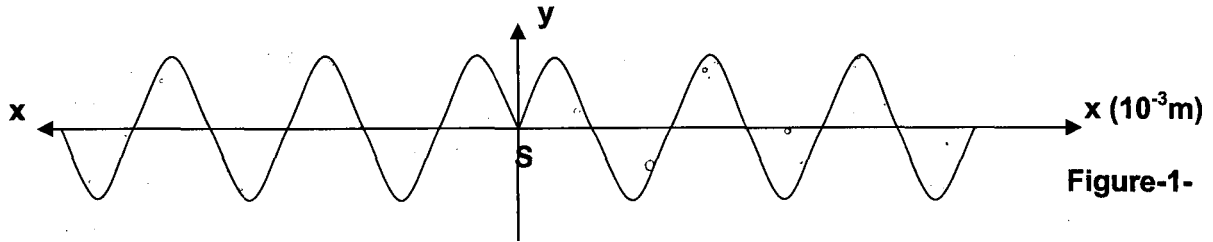
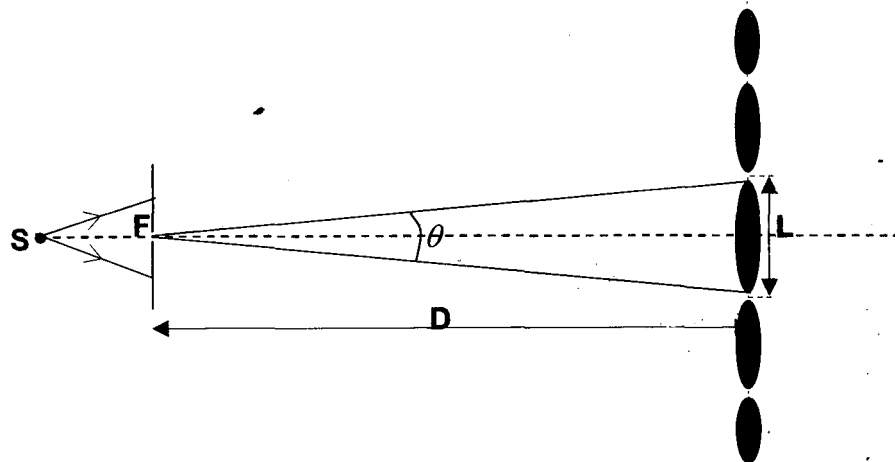


Figure-1-

- a- Déterminer l'équation de la courbe de la figure-1-.
- b- Déterminer la date t_1 .
- c- Déterminer à la date t_1 l'ensemble des points de la surface du liquide qui vibrent en opposition de phase avec le point P.
- d- Représenter la coupe fictive de la surface du liquide par un plan vertical passant par la source S à la date $t_2 = t_1 + 0,01 \text{ s}$.

EXERCICE N°2 : Les parties A et B sont indépendantes.

- A- Une fente rectangulaire F de largeur $a = 100 \mu\text{m}$ est éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .
 Sur un écran placé à une distance $D = 2 \text{ m}$ du plan contenant la fente on observe la figure suivante :



- 1°/ De quel phénomène s'agit-il ? Préciser la direction de la fente F.
 2°/ Quel caractère de la lumière mis en évidence par cette expérience ?

3°/

- a- Sachant que l'angle θ est très petit, établir une relation entre a , D , λ et la largeur L de la tache centrale.
- b- Calculer λ . On donne : $L = 1,6 \text{ cm}$.
- c- Choisir parmi les informations suivantes la (ou les) réponse(s) correcte(s) :
Pour rendre le phénomène plus appréciable on doit :
- Augmenter la fréquence de la radiation lumineuse.
 - Augmenter la largeur a de la fente F .
 - Diminuer le rapport $\frac{a}{\lambda}$.

4°/ Représenter la figure observée sur l'écran si on remplace la fente rectangulaire F par une autre fente circulaire convenable.

B- On donne : La célérité de la lumière dans l'air : $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Dans l'air, deux radiations lumineuses ont pour longueur d'onde :

$\lambda_{\text{Rouge}} = 656,3 \text{ nm}$ et $\lambda_{\text{Bleue}} = 487,6 \text{ nm}$.

1°/ Calculer la fréquence de chacune de ces radiations.

2°/

a- Définir un milieu dispersif.

b- Pour ces radiations l'indice de réfraction d'un verre est $n_{\text{Rouge}} = 1,612$ et $n_{\text{Bleue}} = 1,671$.

b₁- Calculer la célérité de chacune des radiations dans ce verre.

b₂- Ce verre est-il dispersif ? Justifier.

DUREE : 2 H

EPREUVE -2-

CHIMIE :**EXERCICE N°1 :**On donne à 25°C : $pK_e = 14$.

On dispose des deux solutions aqueuses suivantes :

- S_1 : Une solution aqueuse d'un acide A_1H .
- S_2 : Une solution aqueuse d'un acide A_2H .

Les deux solutions S_1 et S_2 sont de même concentration C .

Dans le but de déterminer la concentration C et d'identifier les deux acides A_1H et A_2H on réalise successivement le dosage d'un volume $V = 20 \text{ cm}^3$ de chacune des solutions S_1 et S_2 par une solution aqueuse de soude (NaOH) de concentration molaire $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$.

Sur le graphique de la figure -1- sont représentées les courbes c_1 et c_2 qui traduisent l'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B de la solution aqueuse de soude NaOH ajouté respectivement pour les deux solutions S_1 et S_2 .

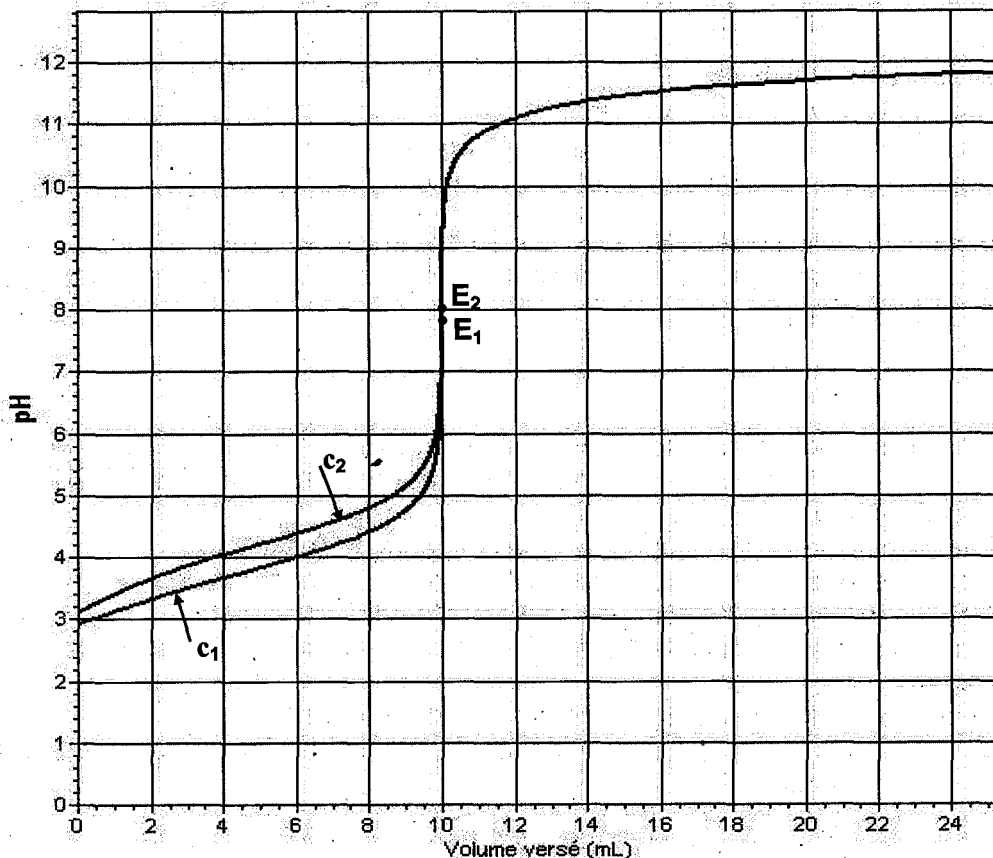


Figure-1-

1°/

- Déterminer les coordonnées des points d'équivalence E_1 et E_2 respectivement des dosages de S_1 et S_2 .
- En se basant sur les coordonnées des points d'équivalence E_1 et E_2 , montrer que les acides A_1H et A_2H sont faibles.
- Déterminer la concentration commune C des solutions S_1 et S_2 .

2°/

- a- Montrer que le pH du mélange obtenu au point de demi-équivalence est égal au pKa du couple acide base correspondant à la forme acide dosé. Quelles sont les propriétés d'un tel mélange?
- b- Déduire le pKa de chacun des couples acide base associés aux acides A₁H et A₂H.
- c- Identifier ces deux acides à partir du tableau suivant :

Acide	CH ₂ ClCOOH	HCOOH	C ₆ H ₅ COOH	CH ₃ COOH
pKa	2,9	3,8	4,2	4,8

3°/a- Ecrire l'équation de la réaction chimique responsable de la variation du pH lors du dosage de l'acide A₁H par la soude. Montrer que cette réaction est totale.

b- Interpréter, en se basant sur les entités chimiques, le caractère acide base de la solution obtenue à l'équivalence lors de ce dosage.

4°/ Parmi les indicateurs colorés consignés dans le tableau ci-dessous lequel paraît le mieux approprié à ce dosage? Justifier.

Indicateur coloré	Zone de virage
Vert de bromocrésol	3,80 ↔ 5,40
Bleu de bromothymol	6,00 ↔ 7,60
Rouge de crésol	7,20 ↔ 8,80
Phénolphtaléine	8,30 ↔ 10,00

5°/ On dilue la solution S₁, on obtient une solution S₁' de concentration $C' = \frac{C}{2}$, on dose un volume

$V=20\text{cm}^3$ de cette nouvelle solution S₁' avec la même solution basique.

Tracer l'allure de la courbe $\text{pH}=f(V_B)$ en précisant le pH de la solution initiale et les coordonnées du point de demi équivalence.

EXERCICE N°2 :

1°/ L'hydrolyse en milieu acide d'un amide A est réalisé dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) ramène à la formation de l'acide éthanoïque (CH_3COOH) et une amine primaire (CH_3NH_2).

a- Déterminer la formule semi développée, le type et le nom de l'amide A.

b- Ecrire l'équation de la réaction d'hydrolyse de l'amide A et montrer que les ions H_3O^+ jouent le rôle d'un catalyseur (ne sont pas consommés par la réaction).

2°/ Dans une mole d'un amide N,N - disubstitué B, la masse en carbone est égale trois fois la masse en oxygène.

a- Montrer que la molécule de l'amide B renferme 4 atomes de carbone.

b- Déterminer le nom et la formule semi développée de chacun des isomères possibles de B.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

Un point S à la surface de l'eau jouant le rôle de source vibratoire est animé d'un mouvement sinusoïdal de direction verticale de fréquence $N = 20\text{Hz}$ et d'amplitude $a = 3\text{mm}$. A partir de ce point des ondes se propage à la surface du liquide avec une célérité $v = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$.

L'origine des dates est l'instant où débute le mouvement du point dans le sens négatif

1°/ On éclaire la surface de l'eau par une lumière stroboscopique de fréquence $N_e = 10 \text{ Hz}$.

Qu'observe-t-on?

2°/ Déterminer l'équation horaire $y_S(t)$ du mouvement de la source S.

3°/

a- Dédurre l'équation horaire du mouvement d'un point A situé à une distance $d = 6,5 \text{ cm}$ de S.

b- Représenter, dans le même système d'axes, la sinusoïde de temps de la source S et du point A.

4°/ En déterminant le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_C$ entre deux points B et C situés respectivement aux distances $d_1 = 4,8 \text{ cm}$ et $d_2 = 5,3 \text{ cm}$ du point S, comparer le mouvement de ces deux points.

5°/

a- Représenter à l'instant de date $t_1 = 0,175 \text{ s}$ une coupe transversale de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S.

b- Déterminer le nombre et le lieu des points de la coupe ayant, à la date t_1 , une elongation égale $\frac{a}{2}$ et allant dans le sens positif.

c- En réalité la source S fonctionne pendant une durée de $0,125 \text{ s}$ puis s'arrête pendant une durée de $0,05 \text{ s}$ puis elle revient à fonctionner, Dédurre la représentation de la coupe transversale réelle à la date t_1 .

EXERCICE N°2 :

On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes.

Une longue corde élastique est attachée horizontalement par l'une de ces extrémités S à un vibreur électrique qui impose à S un mouvement rectiligne sinusoïdal de fréquence N et d'amplitude $a = 4 \text{ mm}$. S débute son mouvement à l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$ de sa position de repos choisie comme origine des elongations et des abscisses.

La loi horaire de la source S est donnée par l'équation : $y_S(t) = a \sin(2\pi Nt + \varphi)$ pour $t \geq 0$.

La représentation du diagramme de mouvement d'un point A de la corde situé à une distance x_A du point S est donnée par la figure -1-.

L'aspect sinusoïdal de la corde à l'instant de date t_1 est représenté par la figure -2-.

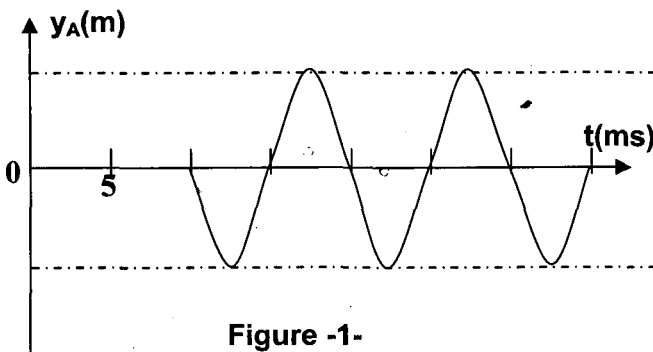


Figure -1-

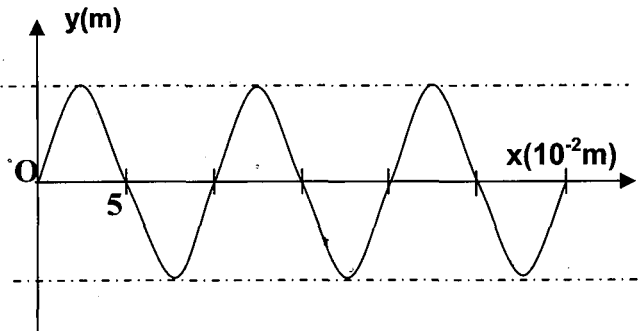


Figure -2-

1°/ Donner la définition de l'onde transversale et la longueur d'onde.

2°/ A partir des figures -1- et -2-, déterminer :

a- La fréquence N de vibration et la longueur d'onde λ .

b- La célérité C de propagation des ondes et la distance $x_A = SA$.

c- La valeur de la date t_1 .

3°/ Ecrire la loi horaire du mouvement du point A et déduire celle de la source S.

Comparer les mouvements de A et S.

4°/ Ecrire l'équation $y = f(x)$ qui traduit l'aspect de la corde à l'instant de date t_1 .

5°/ Déterminer le nombre et le lieu des points de la corde qui vibrent en quadrature de phase avec le point A à la date t_1 .

DUREE : 2 H

EPREUVE -3-

CHIMIE :**EXERCICE N°1 :**On donne à 25°C : $pK_e = 14$.

On dose séparément, à l'aide d'une solution aqueuse S_A d'acide chlorhydrique HCl de concentration molaire $C_A = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, le même volume $V_B = 20 \text{ ml}$ de chacune des solutions S_1 et S_2 de même concentration molaire C respectivement des bases B_1 et B_2 .

On trace sur la figure-1- la courbe d'évolution du pH mélange réactionnel, en fonction du volume V_A de la solution acide versée lors de chacun des deux dosages :

(τ_1) : la courbe qui correspond au dosage de S_1 et (τ_2) : la courbe qui correspond au dosage de S_2 .

1°/ a- Montrer à partir de la figure-1- que les deux bases B_1 et B_2 sont faibles.

b- En comparant les pH des deux solutions S_1 et S_2 avant l'ajout de la solution S_A d'acide chlorhydrique, déduire une comparaison de la force des bases B_1 et B_2 .

2°/ Par une méthode graphique on a déterminé les points d'équivalence qui correspondent aux dosages de S_1 et S_2 qui sont respectivement :

$E_1 : (V_{AE_1} = 20 \text{ mL} ; pH_{E_1} = 6,15)$ et $E_2 : (V_{AE_2} = 20 \text{ mL} ; pH_{E_2} = 5,75)$.

a- Ecrire l'équation de la réaction du dosage de la solution S_1 .

b- Justifier, en se basant sur la nature des espèces chimiques présentes le caractère acide du mélange à l'équivalence qui correspond au dosage de S_1 .

c- Montrer que la comparaison des pH à l'équivalence permet de comparer les forces des B_1 et B_2 .

d- Déterminer la concentration molaire C des solutions S_1 et S_2 .

3°/ A un volume $V_B = 20 \text{ mL}$ de l'une des solutions basique on ajoute $x \text{ mL}$ d'eau distillée on obtient une solution S' on dose le volume $(V_B + x)$ obtenu de S' par la solution S_A d'acide chlorhydrique et on trace la courbe d'évolution du pH lors de ce dosage, ou remarque que le point d'équivalence E' coïncide avec l'un des points d'équivalence E_1 ou E_2 .

a- * La quelle des deux solutions S_1 ou S_2 a-t-on diluée?

* Le point d'équivalence E' coïncide-t-il avec E_1 ou E_2 ?

b- Calculer le volume x de l'eau distillée ajoutée.

c- Le pH du mélange réactionnel à l'équivalence peut être donné par la relation suivante :

$$pH = \frac{1}{2} (pK_a - \log C_E) \text{ avec } C_E \text{ étant la concentration de l'acide } BH^+ \text{ et } K_a \text{ du couple } BH^+ / B.$$

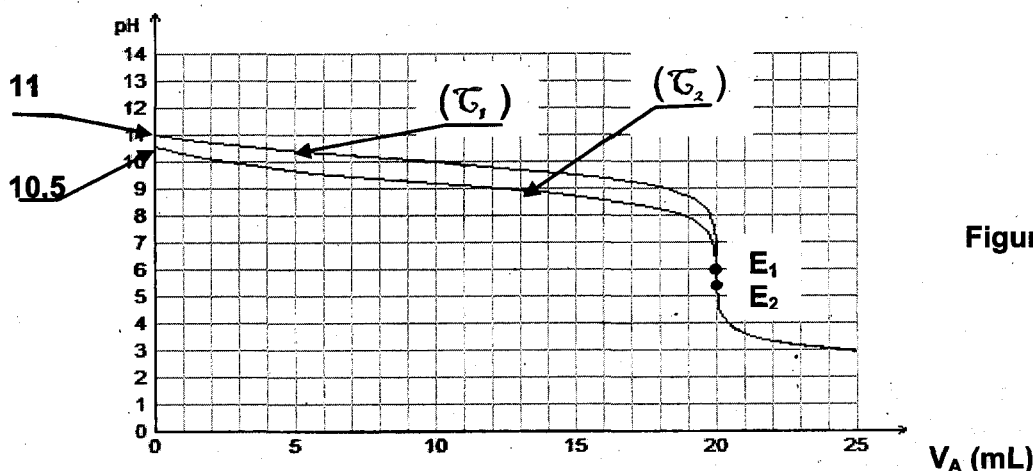
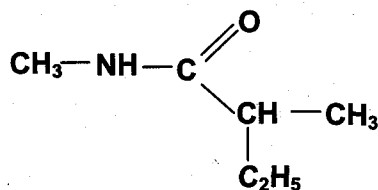


Figure-1-

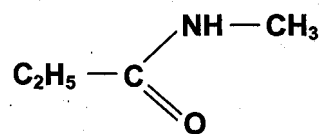
EXERCICE N°2 :

1°/ Déterminer le nom et le type de chacun des amides suivants :

-A-



-B-



2°/ Le pourcentage massique d'azote N dans un amide substitué A est **19,178 %**.

- Déterminer la formule brute de l'amide A. Préciser son groupe fonctionnel.
- Déterminer la formule semi développée de chacun des isomères substitués de l'amide A.
- L'hydrolyse en milieu acide de l'amide A est réalisée en présence d'une solution de chlorure de sodium ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$). On obtient une amine secondaire C et un acide carboxylique B.
 - Préciser, en justifiant, le type de l'amide A.
 - Ecrire, en formule semi développée, l'équation de la réaction modélisant cette transformation.
 - Donner le nom de l'amine C.
 - Ecrire la formule semi développée et le nom de l'acide carboxylique B.

On donne : $\text{C} = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{O} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{H} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{N} = 14 \text{ g.mol}^{-1}$.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

Une pointe, effectuant des vibrations sinusoïdales excite transversalement la surface libre de l'eau contenue dans une cuve en un point O telle que $y_0(t) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi t + \varphi_0)$ pour $t \geq 0$.

1°/ On éclaire la surface libre de l'eau à l'aide d'un stroboscope dont la fréquence des éclairs est

$N_e = 25 \text{ Hz}$.

- Quel est le nombre d'oscillations effectué par chaque point M de la surface de d'eau en mouvement entre deux éclairs successives du stroboscope.
- Décrire la surface de l'eau en lumière ordinaire.

2°/ La distance entre la 1^{ère} ride et la 6^{ème} ride de même nature est $d = 5 \text{ cm}$.

Calculer la longueur d'onde λ et la célérité V de onde à la surface de l'eau.

3°/ Soit le point A de la surface de l'eau situé à la distance $d_1 = \text{OA}$ de la source.

L'élongation $y_A(t)$ de A en fonction du temps est représentée par la courbe de la figure-2-

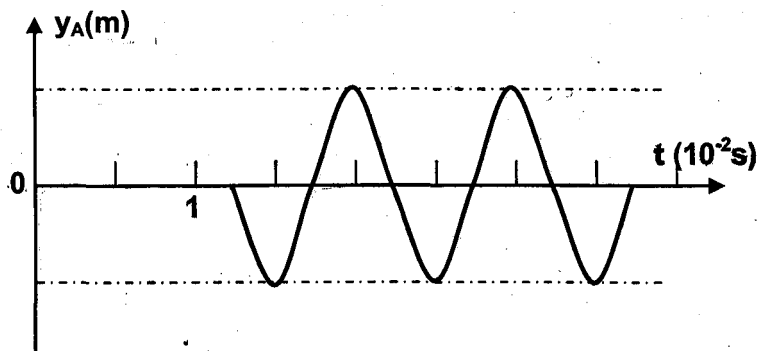


Figure-2-

- a- Déterminer d_1 et φ_0 .
- b- Représenter, le diagramme du mouvement du point B tel que $OB=d_2= \lambda$.
- c- Comparer le mouvement de B par rapport à A.
- 4°/ Représenter une coupe transversale de la surface de l'eau passant par O à l'instant de date $t_1=0,03s$.
- 5°/
 - a- Déterminer le lieu des points de la surface de l'eau les plus éloignés du point A et qui vibrent en quadrature avance de phase avec le point A à la date t_1 .
 - b- Déterminer le lieu des points de la surface du liquide les plus proche du point O et qui ont une elongation de $3.10^{-3} m$ à la date t_1 .
- 6°/ Indiquer les changements qui auront lieu si on ajoute de l'eau dans la cuve. Justifier

EXERCICE N°2 :

I- On dispose d'une cuve à onde remplie d'eau, d'une lame vibrante L produisant une onde progressive plane rectiligne à la surface de la nappe d'eau et d'une fente F de largeur a. On obtient la figure-3- reproduite en vraie grandeur.

1°/ Quel est le phénomène qui se produit à la traversée de l'onde par la fente ? Le définir.

2°/ Sachant que la fréquence du vibreur est $N=10 \text{ Hz}$.

Calculer la célérité de propagation de l'onde à la surface de l'eau.

3°/ Quelle serait la forme des lignes d'onde à la traversée de la fente si on augmente suffisamment la largeur de cette dernière? Compléter le schéma de la figure-4-.

Figure-4-

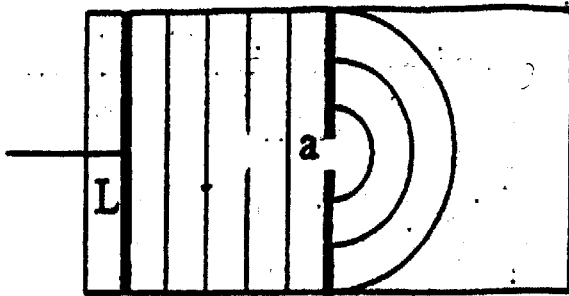
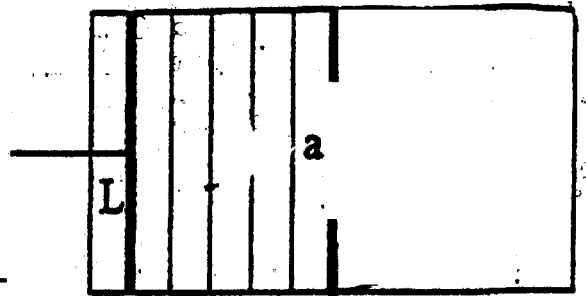


Figure-3-



II- On donne: la célérité de la lumière dans le vide $C= 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ et $D = 2,5 \text{ m}$

Un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ produit par une source laser arrive sur un fil de diamètre a.

On place un écran à la distance D de ce fil (D est très grande devant L). Figure-5-

1°/ Nommer ce phénomène ? Quel caractère peut-on donner à la lumière? Expliquer.

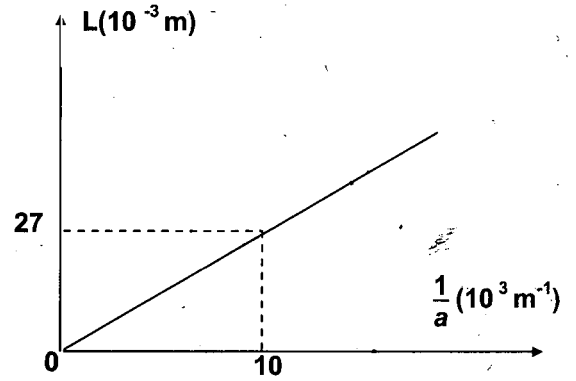
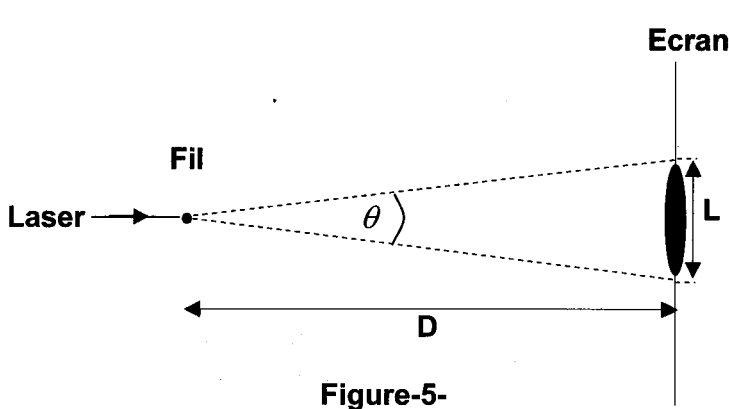
2°/ Etablir l'expression de la largeur L de la tache centrale en fonction de la distance D, la longueur d'onde λ et le diamètre a du fil.

3°/ On cherche à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière laser utilisée. Pour cela on place devant le faisceau laser des fils calibrés. Pour chaque fil on mesure la largeur L de la tache centrale. On trace sur la figure-6- la courbe $L= f\left(\frac{1}{a}\right)$.

a- Donner l'équation de la courbe $L= f\left(\frac{1}{a}\right)$ et déduire la longueur d'onde λ de la lumière laser utilisée.

b- Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.

c- On éclaire avec cette source laser un verre d'indice $n = 1,64$. A la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence, de la vitesse et de la longueur d'onde de la radiation varient-elles? Les calculer.



DUREE : 2 H

EPREUVE -1-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

2^o/

$$pH_1 = 2,22 \text{ et } pH_2 = 2,72.$$

De deux solutions aqueuses d'acide de même concentration, celle qui possède le pH le plus petit renferme l'acide le plus fort et puisque $pH_1 = 2,22 < pH_2 = 2,72$ alors A_1H est plus fort que A_2H .

3^o/

$$a- Ka_1 = \frac{[A_1^-] \cdot [H_3O^+]}{[A_1H]} \text{ alors } \log Ka_1 = \log \frac{[A_1^-]}{[A_1H]} + \log [H_3O^+] \text{ avec } [A_1^-] = \frac{n_1}{V_A + V_B} \text{ et } [A_1H] = \frac{n_1}{V_A + V_B}$$

$$\text{alors } pH = +\log \frac{\frac{n_1}{V_A + V_B}}{\frac{n_1}{V_A + V_B}} + pKa_1 \text{ alors } pH = \log \frac{n_1}{n_1} + pKa_1$$

b- $n_1 = n_1$, le mélange obtenu est au point de demi équivalence :

$$\text{Pour } A_1H : n_1 = n_1 \text{ alors } pH = pKa_1 = 3,75.$$

$$\text{Pour } A_2H : n_2 = n_2 \text{ alors } pH = pKa_2 = 4,75.$$

c- De deux couples acide base celui qui possède le pKa le plus petit renferme l'acide le plus fort et puisque $pKa_1 < pKa_2$ alors A_1H est plus fort que A_2H .

4^o/

a- A l'équivalence acide base, en verse le volume $V_{BE} = 2 \times 12,5 = 25\text{mL}$.

$$\text{Au point d'équivalence } E_1 \text{ on a : } n(A_1H)_0 = n(NaOH)_{\text{éq}} \text{ d'où } C_A V_A = C_B \cdot V_{BE} \text{ alors } C_A = \frac{C_B \times V_{BE}}{V_A}$$

$$\text{AN : } C_A = \frac{0,1 \times 25}{12,5} = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}.$$

b- Le mélange obtenu à l'équivalence est une solution aqueuse basique de A_1^- et A_2^- de même

$$\text{concentration } [A_1^-] = [A_2^-] = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A + V_{BE}}.$$

La solution qui possède le pH le plus grand renferme la base la plus forte.

Le couple acide base qui renferme l'acide le plus fort possède la base la plus faible et puisque A_1H est plus fort que A_2H alors A_2^- est plus forte que A_1^- alors $pH_2 > pH_1$ d'où $pH_2 > 8,28$.

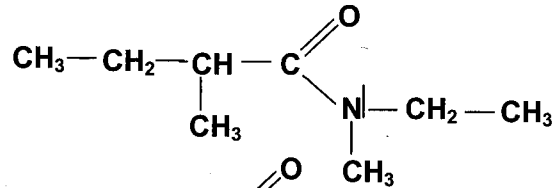
5^o/

a- Un indicateur coloré correspond à un couple acide base dont la couleur de la forme acide est différente à celle de la forme basique.

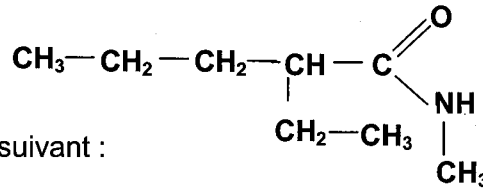
b- L'indicateur coloré le mieux approprié à ce dosage est le phénolphtaléine car sa zone de virage encadre le $pH_{E1}=8,28$.

EXERCICE N°2 :

1°/a- *N*-éthyl *N*-méthyl 2-méthylbutanamide.



N-méthyl 2-éthylpentanamide.



b- Ecrire le nom de chacun des amides suivant :

A- *N*-éthyl 2-méthylpropanamide.

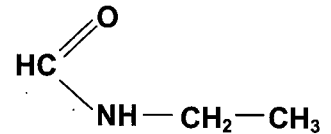
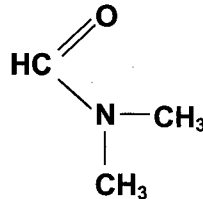
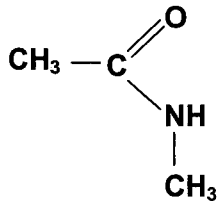
B- *N*-méthyl 2,2 diméthylpropanamide.

2°/

a- $\% (C) = \frac{12n}{(14n+31)} \times 100 = 49,31$ alors $1200.n = 690,34.n + 1528,6$ d'où $n = 2,999 \approx 3$.

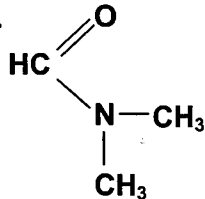
Formule brute de l'amide A : C_3H_7ON

b-

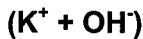


c-

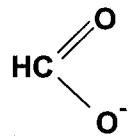
c₁-



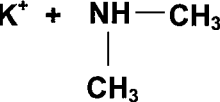
+



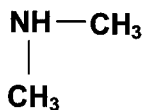
\rightleftharpoons



+

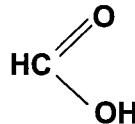


c₂-



: diméthylamine.

c₃- : Acide méthanoïque.



PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

A-

1°/ * $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{Ne} = \frac{50}{50} = 1 \in \mathbb{N}^*$. On observe une immobilité apparente de rides circulaires centrées en S alternativement creux et crêtes.

* $\frac{T_e}{T} = \frac{N}{Ne} = \frac{50}{24,9} = 2,08 = 2 + 0,08$. On observe de rides circulaires centrées en S alternativement creux et crêtes qui progressent lentement dans le sens réel de propagation.

2°/ $\lambda = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{4} = 8 \cdot 10^{-3}$ m et on $V = \lambda N$. AN : $V = 8 \cdot 10^{-3} \times 50 = 0,4$ m.s⁻¹.

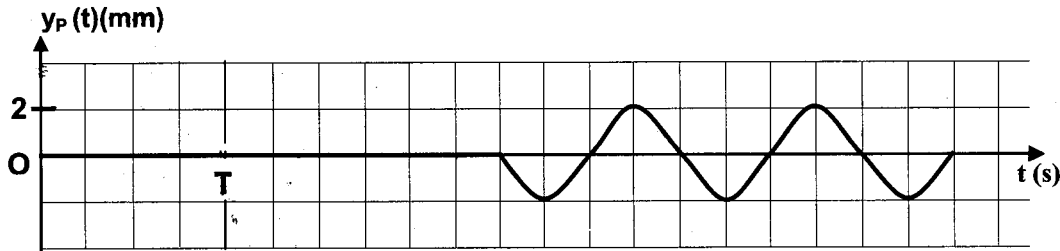
3°/

a- D'après le principe de propagation de l'onde : $y_p(t) = y_s(t - \theta)$; avec : $\theta = \frac{x_A}{C}$,

Donc : $y_p(t) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x_A + \pi\right)$ or $x_P = 2,5\lambda$ d'où

$$y_p(t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi t) \quad \forall t \geq 2,5T = 5 \cdot 10^{-2} \text{ s.}$$

b- Le point P reproduit le mouvement de la source avec un retard de temps $\theta = 2,5T$



4°/

a- $y_i(x) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi\right)$ or si $x=0$, on a $y=0$ alors $y_i(0) = a \cdot \sin(\varphi) = 0$ alors $\sin(\varphi) = 0$ alors

$\varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$, lorsque $x=0$ $\frac{dy}{dx} > 0$ alors $\cos \varphi > 0$ d'où $\varphi = 0$ donc

$$y_i(x) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(250\pi x) \quad \forall x \leq 3\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

b- $x_f = V \Delta t = V t_1$ alors $t_1 = \frac{x_f}{V} = \frac{3\lambda}{V} = 3T = 6 \cdot 10^{-2} \text{ s.}$

c- $\Delta\varphi = \varphi_P - \varphi_M = (2K+1)\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ or $\varphi_P = 0$ et $\varphi_M = \frac{-2\pi x}{\lambda} + \varphi_S$ alors

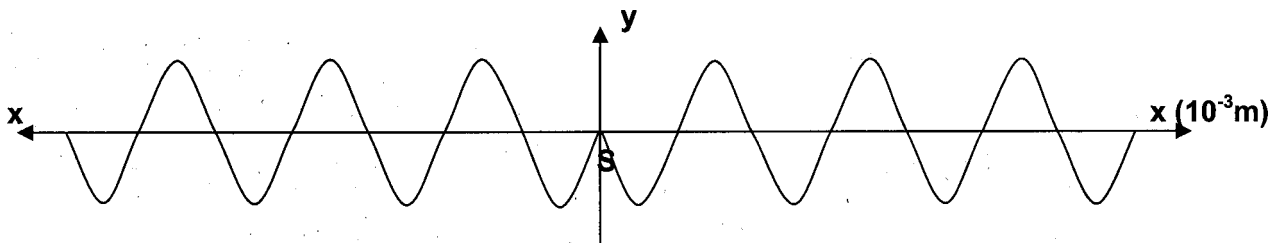
$$\Delta\varphi = \varphi_P - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi = (2K+1)\pi \quad \text{alors } x = K\lambda, \text{ on a que } x \in [0, x_F] \text{ avec } x_F = 3\lambda.$$

D'où $0 \leq x \leq 3\lambda$ alors $0 \leq K\lambda \leq 3\lambda$ par suite $0 \leq K \leq 3$.

Les valeurs de K possibles sont : 0 ; 1 ; 2 et 3.

L'ensemble des points situés sur les cercles de centre S et de rayon respectives $x_0 = 0$, $x_1 = \lambda = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $x_2 = 2\lambda = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ et $x_3 = 3\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ vibrent en opposition de phase avec le point P

d- $0,01 = 0,5T$. Au bout de $0,5T$, l'onde avance de $0,5\lambda$ par rapport à t_1



EXERCICE N°2 :

A-

1°/ * Il s'agit d'un phénomène de diffraction de la lumière par une fente.

* La fente F est horizontale.

2°/ Le caractère ondulatoire.

3°/

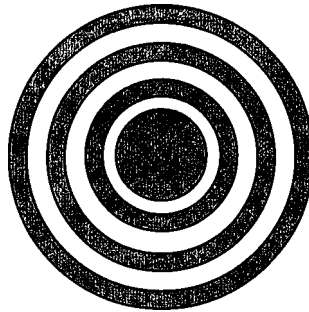
a- On a : $\frac{\theta}{2} = \frac{\lambda}{a}$ et $\text{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{L}{2.D}$, sachant que θ (rad) est faible alors $\text{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2}$ (rad) alors

$$\frac{\theta}{2} = \frac{L}{2.D} = \frac{\lambda}{a} \text{ d'où } L = \frac{2.D.\lambda}{a}.$$

b- $L = \frac{2.D.\lambda}{a}$ alors $\lambda = \frac{aL}{2D}$ AN : $\lambda = \frac{100.10^{-6} \times 1,6.10^{-2}}{2 \times 2} = 4.10^{-7} \text{ m.}$

c- Diminuer le rapport $\frac{a}{\lambda}$.

4°/ On observe sur l'écran :



B-

1°/ * $\lambda_{\text{Rouge}} = \frac{C}{\nu_{\text{Rouge}}}$ alors $\nu_{\text{Rouge}} = \frac{C}{\lambda_{\text{Rouge}}}$.AN : $\nu_{\text{Rouge}} = \frac{3.10^8}{656,3.10^{-9}} = 4,571.10^{14} \text{ Hz.}$

* $\lambda_{\text{Bleue}} = \frac{C}{\nu_{\text{Bleue}}}$ alors $\nu_{\text{Bleue}} = \frac{C}{\lambda_{\text{Bleue}}}$.AN : $\nu_{\text{Bleue}} = \frac{3.10^8}{487,6.10^{-9}} = 6,152.10^{14} \text{ Hz.}$

2°/

a- Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la célérité de propagation de l'onde dépend de la fréquence.

b-

b1- * $n_{\text{Rouge}} = \frac{C}{V_{\text{Rouge}}}$ alors $V_{\text{Rouge}} = \frac{C}{n_{\text{Rouge}}}$.AN : $V_{\text{Rouge}} = \frac{3.10^8}{1,612} = 1,86.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

* $n_{\text{Bleue}} = \frac{C}{V_{\text{Bleue}}}$ alors $V_{\text{Bleue}} = \frac{C}{n_{\text{Bleue}}}$.AN : $V_{\text{Bleue}} = \frac{3.10^8}{1,671} = 1,8.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

b2- Le verre est un milieu dispersif, car la célérité de propagation de la radiation lumineuse varie avec la fréquence.

DUREE : 2 H

EPREUVE -2-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

1°/

a- $E_1 (V_{BE1} = 10\text{mL} ; \text{pH}_{E1} = 7,8) ; E_2 (V_{BE2} = 10\text{mL} ; \text{pH}_{E2} = 8)$.b- Les deux solutions acides sont dosées par la même solution basique forte, puisque $\text{pH}_{E1} = 7,8 > 7$ et $\text{pH}_{E2} = 8 > 7$ alors les acides $A_1\text{H}$ et $A_2\text{H}$ sont faibles.c- Au point d'équivalence E_1 et E_2 on a : $n(A_1\text{H})_0 = n(A_2\text{H})_0 = n(\text{NaOH})_{\text{éq}}$ et $V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE} = 10\text{mL}$

$$\text{d'où } C \cdot V = C_B \cdot V_{BE} \text{ alors } C = \frac{C_B \times V_{BE}}{V} \quad \text{AN : } C = \frac{0,02 \times 10}{20} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$2^\circ/\text{a- } K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]} \quad \text{alors } \log K_a = \log \frac{[A^-]}{[AH]} + \log [H_3O^+]$$

Au point de demi équivalence E' : $n(AH) = n(A^-) = \frac{C \times V}{2}$ et $V_{BE} = \frac{V_{BE}}{2}$ puisque la moitié de la quantité de matière d'acide introduit initialement a réagit alors : $[A^-] = [AH] = \frac{C \cdot V}{2 \cdot \left(V + \frac{V_{BE}}{2}\right)}$ d'où $\log K_a = \log [H_3O^+]$

par suite : $\text{p}K_a = \text{pH}_{E'}$. Le mélange obtenu au point de demi équivalence rappelle le caractère d'une solution tampon c'est que le pH ne varie pratiquement pas suite de l'addition modérée d'une solution acide, basique ou de l'eau.

b- $\text{p}K_{a1} = \text{pH}_{E'_1} = 3,8$. (D'après la courbe C_1) . $\text{p}K_{a2} = \text{pH}_{E'_2} = 4,2$. (D'après la courbe C_2)c- $A_1\text{H} : \text{HCOOH}$. $A_2\text{H} : \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$.

3°/

a- $A_1\text{H} + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{Na}^+ + A_1^- + \text{H}_2\text{O}$.

$$K = \frac{[A_1^-]}{[A_1\text{H}] \cdot [\text{OH}^-]} = \frac{[A_1^-]}{[A_1\text{H}] \cdot [\text{OH}^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{[A_1^-] \cdot [H_3O^+]}{[A_1\text{H}] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [H_3O^+]} \times \frac{1}{1} = \frac{K_{a1}}{K_e}$$

AN : $K = \frac{10^{-3,8}}{10^{-14}} = 1,58 \cdot 10^{10} > 10^4$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens direct.

b- Le mélange obtenu à l'équivalence acido-basique est une solution aqueuse contenant les ions Na^+ et A_1^- Na^+ : Acide inerte (conjugué d'une base forte). A_1^- : Base faible conjuguée d'un acide faible qui réagit avec l'eau selon l'équation :
$$A_1^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons A_1\text{H} + \text{OH}^-$$

ce qui produit un excès d'ions OH^- par rapport à H_3O^+ d'où le caractère basique du mélange.

4°/ L'indicateur coloré qui paraît le mieux approprié à ce dosage est le rouge de crésol car

 pH_{E1} est encadré dans sa zone de virage ($\text{pH}_{E1} = 7,8 \in [7,2; 8,8]$).

5°/

$$pH_{i_d} = pH_i + \frac{1}{2} \log 2. AN :$$

$$pH_{i_d} = 2,9 + 0,15 = 3,05.$$

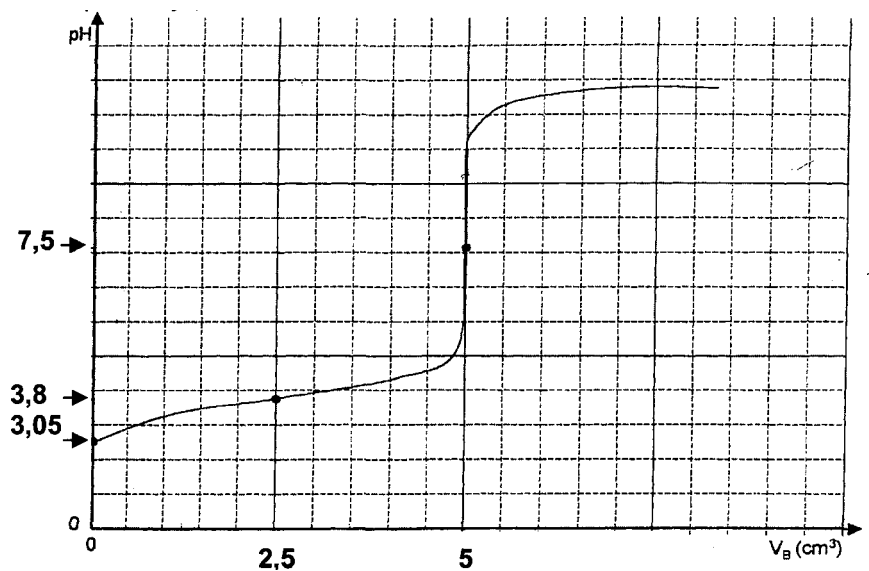
Au point de demi-équivalence :

$$V_{BE_d} = \frac{C \cdot V}{C_B} = \frac{C}{C_B} V. AN :$$

$$V_{BE_d} = \frac{0,01 \times 20}{0,02} = 10 \text{ mL.}$$

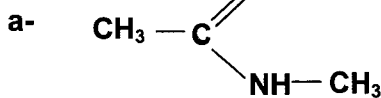
$$V_{BE'_d} = \frac{V_{BE_d}}{2} = 5, \text{ mL.}$$

$$pH_{E'} = pK_{a_1} = 3,8 \text{ et}$$

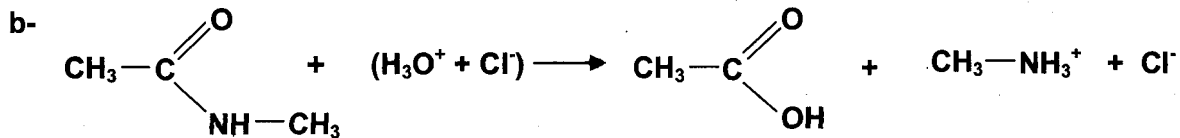


EXERCICE N°2 :

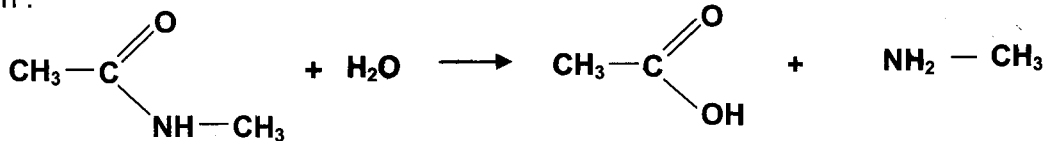
1°/



; *N*-méthyléthamide : c'est un amide *N*-monosubstitué.



Bilan :

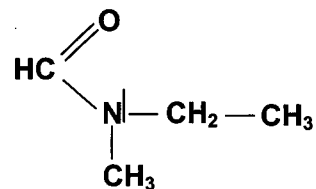
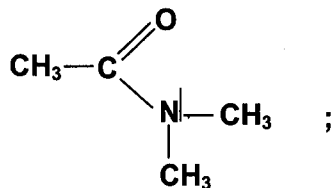


Les ions H_3O^+ ne sont pas alors consommés par la réaction.

2°/

a- $12 \cdot n = 3 \times 16$ alors $n = \frac{3 \times 16}{12} = 4$ alors C_4H_9ON .

b-



N,N- diméthyléthamide

N- éthyl *N*- méthylméthanamide

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/ * $\frac{N}{Ne} = \frac{20}{10} = 2 \in \mathbb{N}^*$. On observe une immobilité apparente de rides circulaires centrées en S alternativement creux et crêtes.

2°/ $y_S(t) = a \sin(\omega t + \varphi_S)$

$a = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $\omega = 2\pi N$. AN : $\omega = 40\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

à $t=0$ on a $y_S = 0$ par suite $\varphi_S = 0$ ou $\varphi_S = \pi \text{ rad}$ et puisque $y_S(t)$ est décroissante à $t=0$ alors

$\frac{dy_S(t)}{dt} \Big|_{(t=0)} < 0$ donc $\cos \varphi_S < 0$ d'où $\varphi_S = \pi \text{ rad}$.

$y_S(t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(40\pi t + \pi)$ y_S en m et t en s quelque soit $t \geq 0$.

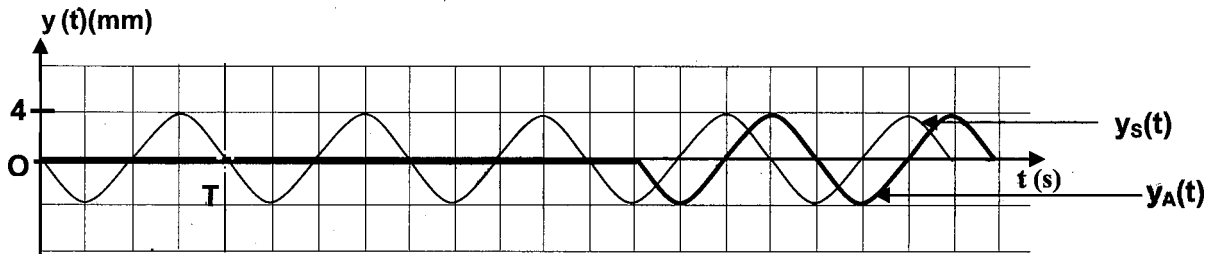
3°/

a- $v = \lambda \cdot N$ alors $\lambda = \frac{v}{N}$ AN : $\lambda = \frac{0,4}{20} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$. $\frac{d}{\lambda} = \frac{0,065}{0,02} = 3,25$

D'après le principe de propagation de l'onde : $y_A(t) = y_S(t - \theta)$; avec : $\theta = \frac{d}{C} = \frac{d}{\lambda} T = 3,25T$.

Donc : $y_A(t) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d + \pi\right)$ or $d = 3,25\lambda$ d'où $y_A(t) = 3 \cdot 10^{-3} \sin\left(40\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \forall t \geq 3,25T$.

b-



4°/ $\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_C = \frac{2\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) = \frac{2\pi}{2 \cdot 10^{-2}}(5,3 - 4,8) \cdot 10^{-2} = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$.

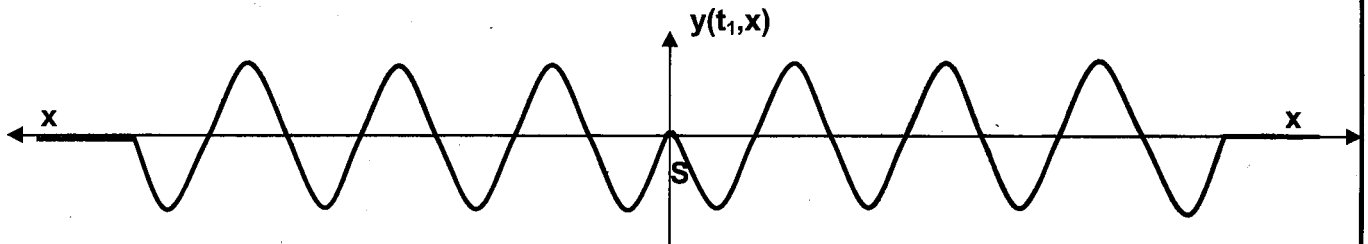
Alors B vibre en quadrature avancée de phase par rapport à C.

5°/

a- $T = \frac{1}{N} = \frac{1}{20} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$. $t_1 = \frac{0,175}{5 \cdot 10^{-2}} = 3,5$.

$y(t_1, x) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t_1 - \frac{2\pi}{\lambda}x + \pi\right)$. Avec $t_1 = 3,5T$.

Donc $y(t_1, x) = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times 3,5T - \frac{2\pi}{\lambda}x + \pi\right) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(100\pi \cdot x + \pi) \forall 0 \leq x \leq 3,5\lambda$. x et y sont en (m).



5°) $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_M = \frac{\pi}{2} + K\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ or $\varphi_A = \pi$ et $\varphi_M = \frac{-2\pi x}{\lambda} + \pi$ alors

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_M = \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + K\pi \text{ alors } 0 \leq x = \left(\frac{1}{2} + K\right) \frac{\lambda}{2} \leq 3\lambda, \quad -\frac{1}{2} \leq K \leq \frac{11}{2}$$

Les valeurs de K possibles sont : 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 5.

L'ensemble des points de la coupe vibrent en quadrature de phase avec le point A sont les points

d'abscisses : $x_0 = \frac{\lambda}{4} = 2,5 \cdot 10^{-3} m$, $x_1 = \frac{5\lambda}{4} = 12,5 \cdot 10^{-3} m$; $x_2 = \frac{9\lambda}{4} = 22,5 \cdot 10^{-3} m$,

$x_3 = \frac{13\lambda}{4} = 32,5 \cdot 10^{-3} m$ et $x_4 = \frac{17\lambda}{4} = 42,5 \cdot 10^{-3} m$

DUREE : 2 H

EPREUVE -3-

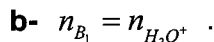
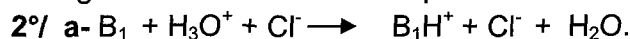
CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

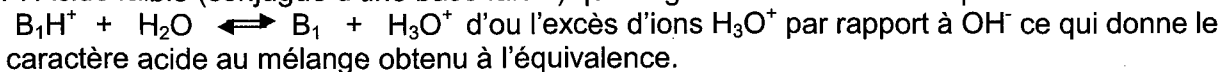
1°/

- a- Les courbes (τ_1) et (τ_2) sont décroissantes et présentent chacune 3 concavités, il s'agit alors d'un dosage d'une solution aqueuse de base faible par une solution aqueuse d'acide fort, sachant que l'acide HCl est fort alors les bases B_1 et B_2 sont faibles.
- b- Les solutions S_1 et S_2 sont de même concentration molaire C et $pH_{i/S_2} = 10,5 < pH_{i/S_1} = 11$.
De deux solutions aqueuses basiques de même concentration celle qui possède le pH le plus grand renferme la base la plus forte alors B_1 est plus forte que B_2 .



Le mélange obtenu à l'équivalence est une solution aqueuse contenant les ions B_1H^+ et Cl^- tel que Cl^- : Base inerte (conjugué d'un acide fort).

B_1H^+ : Acide faible (conjugué d'une base faible) qui réagit avec l'eau selon l'équation :



- c- Dans les deux dosages, à l'équivalence le mélange obtenu est une solution aqueuse d'acide faible



D'après la figure -1- $pH_{E1} > pH_{E2}$.

De deux solutions acide de même concentration celle qui possède le pH le plus petit renferme l'acide le plus fort d'où B_2H^+ est plus fort que B_1H^+ et par suite la base B_1 est plus forte que la base B_2 .

- d- Au point d'équivalence E_1 on a : $n(B_1)_0 = n(HCl)_{\text{éq}}$ d'où $C V_B = C_A \cdot V_{AE}$ alors $C = \frac{C_A \times V_{AE}}{V_B}$

$$\text{AN : } C = \frac{0,01 \times 20}{20} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}.$$

3°/a-

* Par dilution de la solution basique initiale, en utilisant la même solution aqueuse d'acide pour la dosée et sachant que le mélange obtenu à l'équivalence est de caractère acide alors le volume versé de la solution acide dans ce cas ne varie pas et égal 20mL tandis que son pH augmente.

D'autre part $pH_{E1} > pH_{E2}$ alors la solution S_2 est la solution diluée.

*Le point d'équivalence E' coïncide avec E_1 .

$$\text{b- } pH_{E1} = \frac{1}{2} (pK_{a2} - \log C_E) \text{ avec } C_E = [B_2H^+] = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_{AE} + V_B + x}$$

$$\text{alors } \log C_E = pK_{a2} - 2 pH_{E1} \text{ d'où } C_E = 10^{pK_{a2} - pH_{E1}} \text{ AN : } C_E = 10^{9,2 - 2 \times 6,15} = 7,94 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$V_{AE} + V_B + x = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{C_E} \text{ alors } x = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{C_E} - (V_{AE} + V_B) \text{ AN : } x = \frac{0,01 \times 20 \cdot 10^{-3}}{7,94 \cdot 10^{-4}} - (20 + 20) \cdot 10^{-3} = 0,212 \text{ L.}$$

EXERCICE N°2 :

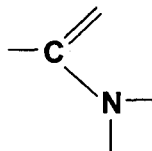
1°/ A : N-méthyl 2-méthylbutanamide ou bien (N,2-diméthylbutanamide) Amide N- monosubstitué.
B : N-méthylpropanamide. Amide N- monosubstitué.

2°/

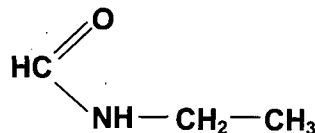
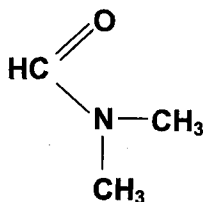
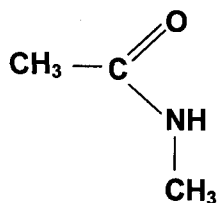
$$a- \% (N) = \frac{14}{(14n+31)} \times 100 = 19,178 \text{ alors } 268,492.n + 594,518 = 1400 \text{ d'où } n=3$$

Formule brute de l'amide A : C_3H_7ON .

Groupe fonctionnel de l'amide :



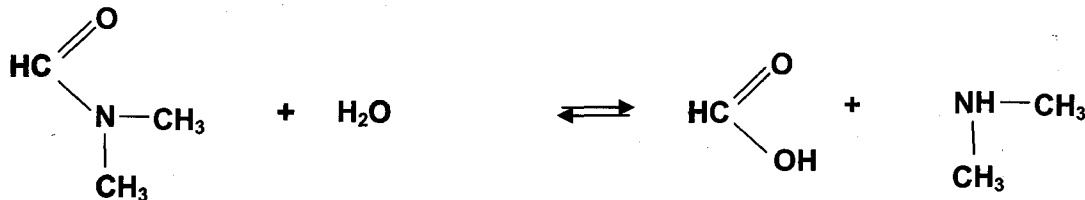
b-



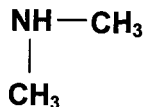
c-

c₁- Puisque l'hydrolyse de l'amide A en milieu acide ramène à la formation d'une amine secondaire alors A est une amide N,N- disubstitué.

c₂-

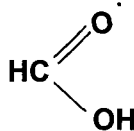


c₃- L'amine C : N- méthylméthanamine.



c₄-

L'acide carboxylique B : Acide méthanoïque.



PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/

$$a- \frac{T_e}{T} = \frac{N}{N_e} = \frac{100}{25} = 4 \text{ alors } T_e = 4 T \text{ d'où chaque point de surface de l'eau effectue 4 oscillations.}$$

b- On observe de rides circulaires centrées en S alternativement creux et crêtes qui progressent.

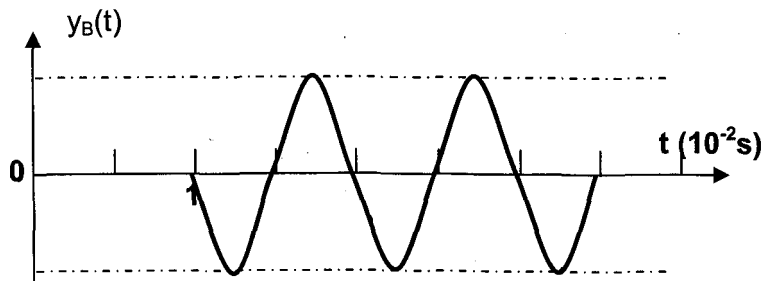
$$2°/ d = 5 \lambda \text{ alors } \lambda = \frac{d}{5} \text{ .AN } \lambda = \frac{5}{5} = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m.}$$

$$* \lambda = \frac{V}{N} \text{ alors } V = \lambda \times N \text{ .AN : } V = 10^{-2} \times 100 = 1 \text{ m.s}^{-1}.$$

3°/ a- * $\theta_1 = \frac{d_1}{V}$ alors $d_1 = \theta_1 V = 1,25 T V = 1,25 \lambda = 1,25 \text{ cm}$.

* Le point A a commencé à vibrer à $t = 1,25 T$ en allant dans le sens négatif de même pour la source O à $t=0s$ alors $y_O(t=0) = a \sin(\varphi_O) = 0$ alors $\varphi_O = 0$ ou $\varphi_O = \pi$ or $\frac{dy_O}{dt} < 0$ alors $\cos \varphi_O < 0$ d'où $\varphi_O = \pi \text{ rad}$.

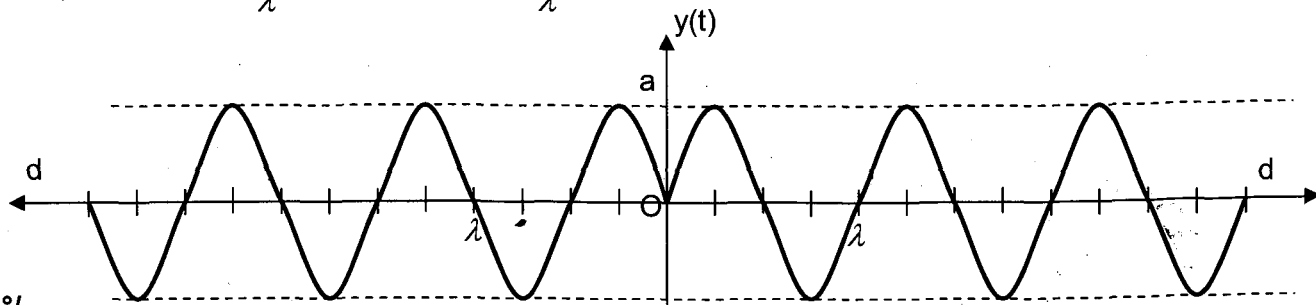
b- $\theta_2 = \frac{d_2}{V} = \frac{\lambda}{V} = T$ alors le point B reproduit le même mouvement que O à partir de T.



c- $\varphi_A = \frac{-2\pi d_1}{\lambda} + \varphi_O$ et $\varphi_B = \frac{-2\pi d_2}{\lambda} + \varphi_O$ alors $\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A = \frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2) = \frac{2\pi}{\lambda} \times 0,25\lambda = \frac{\pi}{2}$ alors le point B vibre en quadrature avance de phase par rapport à A.

4°/ $y_{t_1}(d) = a \sin(\omega t_1 - \frac{2\pi d}{\lambda} + \varphi_O)$ avec $t_1 = 3T$ alors

$y_{t_1}(d) = a \sin(-\frac{2\pi d}{\lambda} + \pi) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(\frac{2\pi d}{\lambda}) = 3 \cdot 10^{-3} \sin(200\pi d)$ et $d \leq d_f = C \cdot t_1 = C \cdot 3T = 3 \lambda = 3 \text{ cm}$.



5°/

a- $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_M = -\frac{\pi}{2} + 2K\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ et $\varphi_M = \frac{-2\pi d}{\lambda} + \varphi_O$ alors $\frac{2\pi d}{\lambda} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{2} + 2K\pi$ alors

$d = K\lambda$ or $0 \leq d \leq 3\lambda$ alors $0 \leq K\lambda \leq 3\lambda$ alors $0 \leq K \leq 3$ alors

$K \in \{0; 1; 2; 3\}$ d'où $d \in \{0; \lambda; 2\lambda; 3\lambda\}$ or $d_A = d_1 = 1,25\lambda$ alors les points les plus éloignés du point A sont situés sur le cercle de centre O et de rayon $d = 3\lambda$

b- $y_{t_1}(d) = a \sin(\frac{2\pi d}{\lambda}) = a$ alors $\frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2K\pi$ alors $d = (\frac{1}{2} + 2K)\frac{\lambda}{2}$ or $0 \leq d \leq 3\lambda$ alors

$0 \leq (\frac{1}{2} + 2K)\frac{\lambda}{2} \leq 3\lambda$ alors $-0,25 \leq K \leq 2,75$ alors $K \in \{0; 1; 2\}$ d'où

$d \in \{0,25\lambda; 1,25\lambda; 2,25\lambda\}$ d'où les points les plus proche du point O sont situés sur le cercle de centre O et de rayon $d = 0,25\lambda = 0,25 \text{ cm}$. (ou bien graphiquement)

6°/ L'addition de l'eau dans la cuve entraîne l'augmentation de la longueur d'onde λ et la célérité de propagation de l'onde.

EXERCICE N°2 :

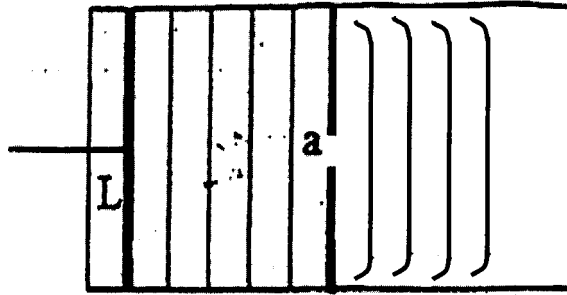
I-

1°/ * A la traversée de l'onde par la fente, elle subit le phénomène de diffraction.

* Le phénomène de diffraction d'une onde est le changement de la direction de l'onde et de sa forme à la traversée d'une fente de largeur a convenable sans modification de sa longueur d'onde λ et sa célérité de propagation.

2°/ $\lambda = \frac{C}{N}$ alors $C = \lambda N$.AN : $C = 0,5 \cdot 10^{-2} \times 10 = 0,05 \text{ m.s}^{-1}$.

3°/ Si on augmente suffisamment la largeur a de la fente, on a plus le phénomène de diffraction et l'onde à sa traversée par la fente conserve pratiquement la forme rectiligne.



II-

1°/ * A la traversée de la lumière par la fente, elle subit le phénomène de diffraction.

* Par analogie avec la diffraction de l'onde mécanique par une fente, on peut conclure que la lumière a un caractère ondulatoire.

2°/ $\text{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{L}{2D} = \frac{\theta}{2}$ et $\frac{\theta}{2} = \frac{\lambda}{a}$ alors $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ alors $L = 2D\lambda \frac{1}{a}$.

3°/a- * La courbe $L = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une droite qui passe par l'origine d'équation $L = \beta \frac{1}{a}$, avec $\beta = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

d'où $L = 2,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{a}$.

* $L = 2D\lambda \frac{1}{a}$ et $L = 2,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{a}$ alors $2D\lambda = 2,7 \cdot 10^{-6}$ alors $\lambda = \frac{2,7 \cdot 10^{-6}}{2D} = 540 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

b- $\lambda = \frac{C}{\nu}$ alors $\nu = \frac{C}{\lambda}$.AN : $\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{540 \cdot 10^{-9}} = 55,55 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$.

c- * La fréquence ν d'une radiation lumineuse ne dépend pas de la nature du milieu transparent alors $\nu = 55,55 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$.

* La longueur d'onde λ et la célérité de propagation V d'une radiation lumineuse dépendent de la nature du milieu transparent.

$n = \frac{C}{V}$ alors $V = \frac{C}{n}$.AN : $V = \frac{3 \cdot 10^8}{1,64} = 1,829 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

$\lambda' = \frac{V}{\nu}$.AN : $\lambda' = \frac{1,829 \cdot 10^8}{55,55 \cdot 10^{13}} = 329,25 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

DUREE : 3 H

EPREUVE -1-

CHIMIE :EXERCICE N°1 : Toutes les expériences sont réalisées à 25°C.

1°/ Le potentiel normal du couple redox Ni^{2+}/Ni est $E^\circ_{(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})} = -0,25\text{V}$.

a- Représenter le schéma annoté de la pile permettant la mesure du potentiel normal du couple Ni^{2+}/Ni noté $E^\circ_{(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})}$.

b- Donner le symbole, et écrire l'équation associée de cette pile.

2°/ On donne $E^\circ_{(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})} = -0,13\text{V}$. Comparer les pouvoirs réducteurs des deux couples Ni^{2+}/Ni et Pb^{2+}/Pb .

3°/ On réalise une pile (P) à l'aide des deux couples redox Pb^{2+}/Pb et Co^{2+}/Co .

L'expression de la fem E de cette pile est donnée par la relation : $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Co}^{2+}]}$.

a- Donner en le justifiant l'équation chimique associée à cette pile et en déduire son symbole.

b- La fem de cette pile pour $[\text{Pb}^{2+}] = 1\text{mol.L}^{-1}$ et $[\text{Co}^{2+}] = 10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$ est $E = -0,21\text{V}$. Calculer $E^\circ_{(\text{Co}^{2+}/\text{Co})}$.

4°/ On laisse la pile débiter un courant jusqu'à ce que sa fem s'annule.

Calculer les nouvelles concentrations des ions Pb^{2+} et Co^{2+} sachant que les deux solutions contenant ces ions ont le même volume V.

EXERCICE N°2 :

1°/ Le pourcentage massique de l'azote dans un amide aliphatique A est 19,18%.

a- Définir un amide.

b- Montrer que la masse molaire, M, de l'amide A vaut $M = 73\text{g.mol}^{-1}$.

Déduire la formule brute de l'amide A.

c- Trouver la formule semi développée et le nom de chacun des isomères de A.

2°/ L'amide A peut être préparé par réaction d'un chlorure d'acyle B avec une amine secondaire C.

a- Ecrire, en formule semi développée, l'équation de la réaction qui a eu lieu.

Préciser le nom de B et de C.

b- Identifier l'amide A.

3°/ L'amide A peut être aussi préparé par une succession des réactions chimiques modélisées par les équations suivantes :

Equation (1) : $\text{B} + \text{D} \rightarrow \text{E}$ (anhydride d'acide symétrique) + Gaz.

Equation (2) : $\text{E} + \text{C} \rightarrow \text{A}$.

a- Déterminer la formule semi développée et le nom de D et E.

b- Lequel des composés A, B, C, D et E est un dérivé d'acide carboxylique? Justifier

On donne : $\text{N} = 14\text{g.mol}^{-1}$; $\text{C} = 12\text{g.mol}^{-1}$; $\text{O} = 16\text{g.mol}^{-1}$; $\text{H} = 1\text{g.mol}^{-1}$.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

L'énergie d'un atome d'hydrogène est quantifiée, ces valeurs discrètes vérifient la relation et ne peut prendre que les valeurs suivantes : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ avec n est un entier naturel non nul.

Sur le diagramme de la figure -1- sont représentés des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

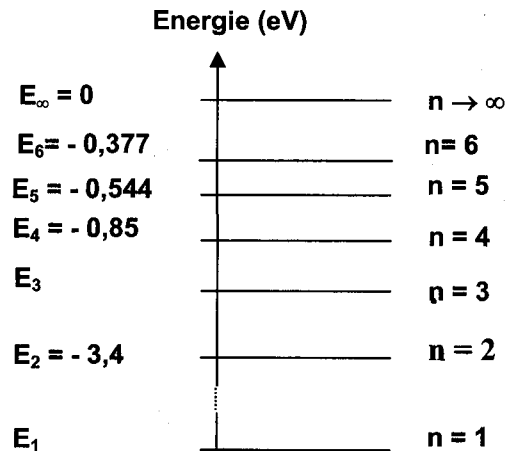


Figure-1-

1°/

a- Calculer les énergies E_1 et E_3 en (eV).

b- Indiquer l'état de l'atome d'hydrogène aux niveaux d'énergie $n=1$, $n=3$ et $n \rightarrow \infty$.

2°/

a- Qu'appelle-t-on énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène?

b- Calculer sa valeur si l'atome d'hydrogène est initialement à l'état fondamental.

3°/ L'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène révèle un spectre formé de raies colorées sur un fond noir correspondant à des longueurs d'ondes bien déterminées. Figure -2-

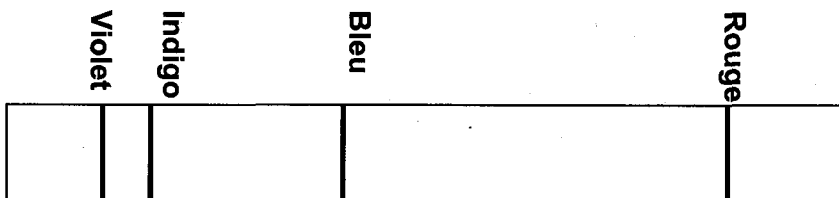


Figure -2-

S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'absorption? Justifier.

4°/

a- Montrer que la longueur d'onde d'un photon émis lors d'une transition d'un niveau $p > 2$ vers le niveau $n = 2$ s'écrit :

$$\lambda_{p,2} = \frac{h.C}{E_0} \cdot \frac{4p^2}{(p^2 - 4)}$$

b- L'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie correspondant à $p = 3$ au niveau $n = 2$.

Calculer la longueur d'onde de la radiation émise.

5°/ On fournit à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental successivement les quanta d'énergie suivant : **8 eV**, **12,09 eV** et **15 eV**.

a- Quels sont parmi les trois quanta ceux qui sont susceptibles d'être absorbés par l'atome d'hydrogène?

b- Dans quel état se trouvera l'atome dans chacun des trois cas. Expliquer.

c- Calculer, dans le cas où l'atome d'hydrogène est ionisé, l'énergie cinétique de l'électron émis.

On donne: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

EXERCICE N°2 :

On donne: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $m(\text{neutron}) = 1,00867 \text{ u}$; $m(\text{électron}) = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}$.

$$m({}_{92}^{235} \text{U}) = 235,12 \text{ u} ; m({}_{57}^{139} \text{La}) = 138,906 \text{ u} ; m({}_{42}^{95} \text{Mo}) = 94,495 \text{ u} \\ 1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2} ; 1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}.$$

A-

1°/

a- Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b- L'énergie de liaison du noyau ${}_{11}^{24} \text{Na}$ vaut $E_{21} = 188,44 \text{ MeV}$. Déterminer, en u, le défaut de masse

$$\Delta m \text{ du noyau } {}_{11}^{24} \text{Na}.$$

c- L'énergie de liaison du noyau ${}_{11}^{23} \text{Na}$ vaut $E_{22} = 181,04 \text{ MeV}$. Parmi ces deux isotopes de sodium, lequel est le plus stable? Justifier.

2°/Le noyau ${}_{11}^{24} \text{Na}$ est radioactif, il se désintègre en un noyau ${}_{12}^{24} \text{Mg}$ en libérant une énergie $W = 5,51 \text{ MeV}$.

a- La désintégration est accompagnée de l'émission d'une particule x.

a₁- Ecrire l'équation nucléaire de cette désintégration. Identifier la particule x émise.

a₂- Déterminer, en u, la masse du noyau fils, ${}_{12}^{24} \text{Mg}$, formé. On donne : $m({}_{11}^{24} \text{Na}) = 23,8725 \text{ u}$.

b- Sachant que l'énergie libérée au cours de cette désintégration est transmise à la particule x sous forme d'énergie cinétique $E_{cx} = 1,39 \text{ MeV}$ et au rayonnement γ .

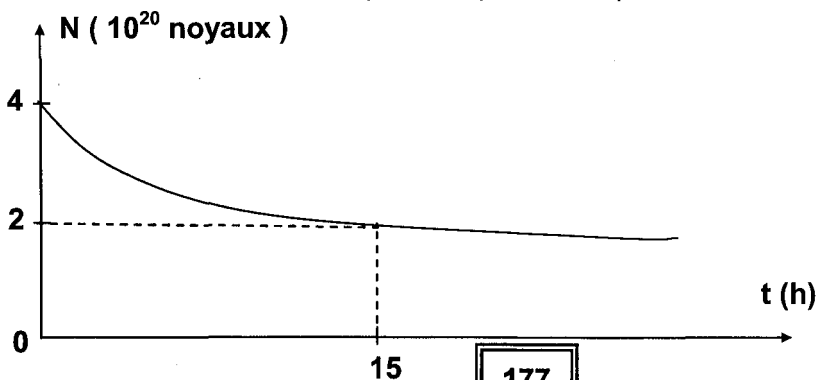
b₁- Expliquer l'origine de ce rayonnement.

b₂- Déterminer la fréquence ν de la radiation émise.

3°/ Soit N_0 le nombre de noyau d'un échantillon de ${}_{11}^{24} \text{Na}$ présent à l'instant $t=0$.

Soit N le nombre de noyau d'un échantillon de ${}_{11}^{24} \text{Na}$ présent à l'instant t.

L'évolution de N en fonction du temps est représentée par la courbe suivante :



a- Etablir la loi de décroissance radioactive : $N = N_0 e^{-\lambda t}$.

b- Définir la période radioactive T d'un radioélément et déduire de la courbe celle de ${}_{11}^{24}\text{Na}$.

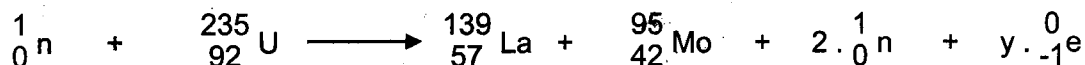
c- Calculer la valeur de λ .

4°/

a- Définir l'activité A d'une source radioactive. Calculer, en Bq, l'activité de ${}_{11}^{24}\text{Na}$ à l'instant $t_1=10\text{h}$.

b- Déterminer le nombre de noyaux de magnésium formés à l'instant $t_1=10\text{h}$.

B- L'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$ est un noyau fissile. Dans un réacteur nucléaire l'une des réactions qui s'effectue a pour équation nucléaire :



1°/ En précisant la loi de conservation utilisée, déterminer y .

2°/ Calculer, en joule, l'énergie libérée au cours de la fission d'un noyau d'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$.

EXERCICE N°3 :

Découverte de la radioactivité artificielle.

C'est vers 1932 que le couple de physiciens Joliot-Curie commence à utiliser, pour des recherches, une source de particules alpha (α), ${}_{2}^4\text{He}$, émises spontanément par le polonium, un élément naturellement radioactif.

Les Joliot-Curie, avec cette source de particules alpha, bombardent les éléments et analysent les réactions nucléaires produites. Ils remarquent que les éléments légers, en particulier l'aluminium Al, éjectent un neutron ${}_0^1\text{n}$. Mais, ils observent un autre phénomène inattendu, « la matière irradiée conserve une radioactivité relativement durable après l'enlèvement de la source de particules α .

Cette radioactivité se manifeste par l'émission de positons ${}_{+1}^0\text{e}$ ». Les Joliot-Curie sont persuadés qu'ils ont trouvé le moyen de provoquer une radioactivité artificielle par la création d'un élément instable. Ils proposent une réaction probable: le noyau d'aluminium contenant 13 protons et 14 neutrons, aurait capturé une particule α et émis un neutron.

L'aluminium se serait alors transformé en un isotope du phosphore P qui se serait à son tour désintégré spontanément en silicium Si en émettant un positon.

Extrait de « les grandes découvertes scientifiques »

1°/ Relever du texte une phrase qui montre que la radioactivité découverte par le couple de physiciens Joliot-Curie est une radioactivité artificielle.

2°/ En s'appuyant sur le texte, préciser le nom des particules émises par cette radioactivité artificielle. En déduire s'il s'agit d'une radioactivité α , β^+ ou β^- .

3°/ Ecrire, en le justifiant, l'équation de désintégration spontanée de l'isotope du phosphore P en silicium Si.

DUREE : 3 H

EPREUVE -2-

CHIMIE : Toutes les expériences sont réalisées à 25°C, température à laquelle $pK_e=14$.

EXERCICE N°1 :

Deux amides différents (A) et (B) ont la même formule brute C_3H_7NO .

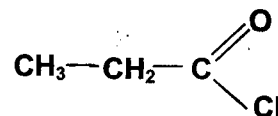
1°/ Donner les formules semi-développées des amides isomères de formule brute C_3H_7NO et préciser leurs types.

2°/ On chauffe sous la hotte, un mélange formé par l'amide (A) et une solution d'hydroxyde de sodium NaOH. On obtient un carboxylate de sodium et une amine secondaire.

a- Identifier l'amide (A) et donner son nom. Justifier.

b- Ecrire en formule semi-développée, l'équation de la réaction.

3°/ On considère le composé organique (D) de formule semi-développée :



On réalise les deux expériences suivantes :

a- Expérience N°1 :

La réaction du composé (D) avec un alcool (F) secondaire donne le chlorure d'hydrogène et un composé (E) de masse molaire $M = 116 \text{ g.mol}^{-1}$.

a₁- Quelles sont les fonctions chimiques des composés (D) et (E).

a₂- Déterminer la formule brute de (F) et écrire l'équation chimique de la réaction qui se produit et donner le nom de (E).

a₃- Citer les caractères de la réaction entre (D) et (F).

b- Expérience N°2 :

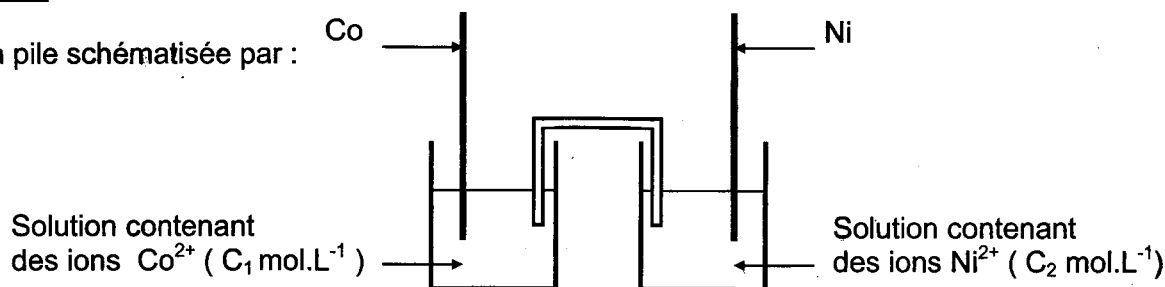
On fait réagir le composé (D) dans un excès d'ammoniac. Il se forme l'amide (B).

b₁- Ecrire, en formule semi développée, l'équation chimique de la réaction.

b₂- Donner le nom de l'amide (B).

EXERCICE N°2 :

On réalise la pile schématisée par :



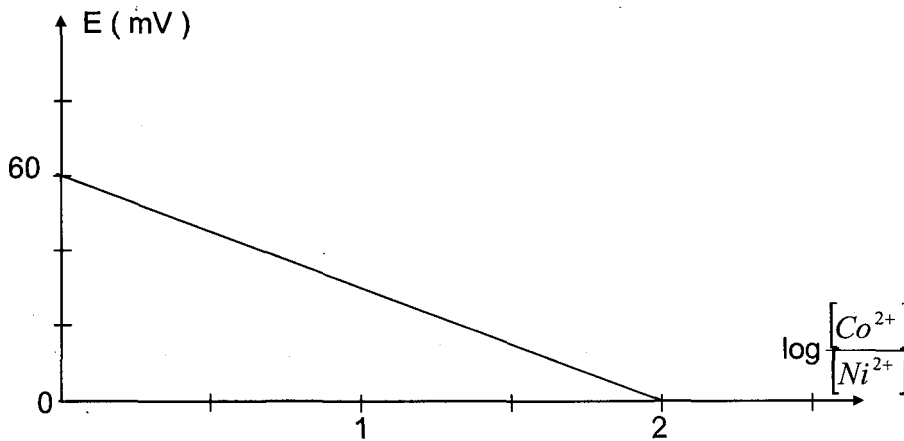
La force électromotrice, f_{em} , initiale de cette pile est $E_i = 0,09 \text{ V}$.

1°/ Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.

2°/ Donner l'expression de la f_{em} initiale E_i de la pile en fonction de sa f_{em} normale E^0 et des concentrations initiales C_1 et C_2 .

3°/ Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentant l'évolution de la f_{em} de la pile

en fonction de $\log \frac{[Co^{2+}]}{[Ni^{2+}]}$.



- a- Déterminer graphiquement l'équation de cette courbe.
- b- Déduire la fem normale E^0 de la pile.
- c- Déterminer la constante d'équilibre K relative à l'équation associée à la pile.
- d- Comparer alors le pouvoir réducteur des deux couples rédox mis en jeu.
- e- Calculer le rapport $\frac{C_1}{C_2}$.

4°/ A l'équilibre, la concentration des ions Co^{2+} devient $C_1' = 0,49 \text{ mol.L}^{-1}$.

- a- Calculer la concentration C_2' des ions Ni^{2+} à l'équilibre.
- b- Calculer C_1 et C_2 sachant que le volume des deux solutions est le même dans les deux demi-piles.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

On donne : $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$, $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$, $1\text{eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$.

L'énergie d'un atome d'hydrogène est quantifiée, ces valeurs discrètes vérifient la relation et ne peut prendre que les valeurs suivantes : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ avec n est un entier naturel non nul.

Sur le diagramme de la figure -1- sont représentés des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

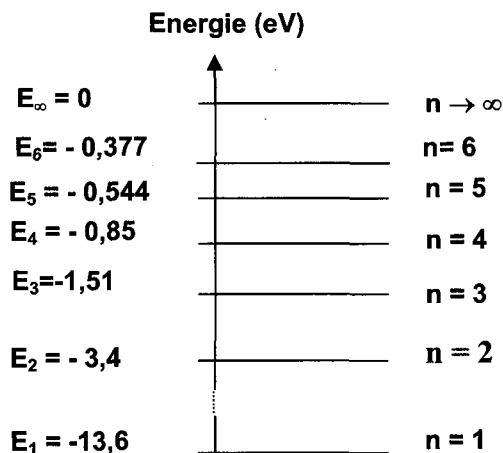


Figure-1-

- 1°/a- Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène?
- b- Calculer sa valeur si l'atome d'hydrogène est initialement à l'état fondamental.
- 2°/ L'atome d'hydrogène étant dans l'état excité E_5 , il se désexcite et passe à l'état d'énergie E_2 .
 - a- Sous qu'elle forme, l'énergie correspondante à cette transition est-elle libérée?
 - b- Déterminer, en joule, l'énergie libérée au cours de cette transition.

3°/ L'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène révèle un spectre formé de raies colorées sur un fond noir correspondant à des longueurs d'ondes bien déterminées. Figure -2-

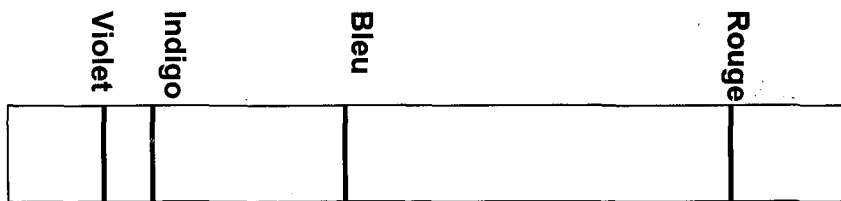


Figure -2-

S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'absorption? Justifier.

4°/

a- Montrer que la fréquence d'un photon émis lors d'une transition d'un niveau $p > 2$ vers le niveau $n = 2$ s'écrit :

$$\nu_{(p \rightarrow 2)} = 8,217 \cdot 10^{14} \times \left(1 - \frac{4}{p^2}\right).$$

b- L'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie correspondant à $p = 3$ au niveau $n = 2$. Calculer la fréquence de la radiation émise.

5°/ On fournit à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental successivement les quanta d'énergie suivant : **13,323 eV**, **12 eV** et **16 eV**.

a- Quels sont parmi les trois quanta ceux qui sont susceptibles d'être absorbés par l'atome d'hydrogène? Dans quel état, alors, se trouvera l'atome dans chacun des trois cas.

b- Calculer, dans le cas où l'atome d'hydrogène est ionisé, l'énergie cinétique de l'électron émis.

EXERCICE N°2 : On donne : masse du proton : $m_p = 1,00727 \text{ u}$, masse du neutron : $m_n = 1,00866 \text{ u}$, $m_{p_0} = 209,9368 \text{ u}$; $m_{p_b} = 205,9295 \text{ u}$; $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$. $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.
 $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $\text{C} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

1°/ Le Bismuth ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ est radioactif. Il se désintègre avec émission d'une particule β^- et il se forme un noyau ${}^A_Z\text{Po}$.

a- Ecrire l'équation correspondante à la désintégration de ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ et déterminer A et Z .

b- Expliquer la formation de la particule β^- émise.

2°/ Soit le noyau ${}_{84}^{210}\text{Po}$.

a- Donner la composition du noyau de ${}_{84}^{210}\text{Po}$.

b- Calculer, en Mev, l'énergie de liaison du noyau de ${}_{84}^{210}\text{Po}$.

c- Peut-on comparer la stabilité des noyaux ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ et ${}_{84}^{210}\text{Po}$ en utilisant leurs énergie de liaison? Justifier

Comparer alors, la stabilité de ces noyaux. On donne : $E_\ell ({}_{83}^{210}\text{Bi}) = 1586,558 \text{ Mev}$.

3°/ Le polonium ${}_{84}^{210}\text{Po}$ est radioactif α , il se désintègre avec la formation d'un noyau de plomb Pb.

a- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration en précisant les lois de conservations utilisées.

b- Calculer l'énergie libérée par cette réaction.

c- Le noyau de Po est initialement au repos. On donne la relation suivante :

$$m(\alpha) \cdot E_{c(\alpha)} = m_{\text{Pb}} \cdot E_{c(\text{Pb})}.$$

Sachant que les particules α sont émises avec une énergie cinétique $E_{c(\alpha)} = 5,03 \text{ Mev}$.

Calculer l'énergie cinétique $E_{c(\text{Pb})}$ du noyau Pb.

d- Montrer qu'au cours de cette réaction il y a émission d'un photon γ .

Calculer la longueur d'onde λ de la radiation correspondante.

4°/ On considère un échantillon de Po on désigne par N_0 le nombre de noyaux de Po à la date $t = 0s$.

On détermine le nombre N noyau présents de Po à différentes dates t et on trace la courbe de la figure-3- représentant l'évolution de $\ln N$ en fonction du temps.

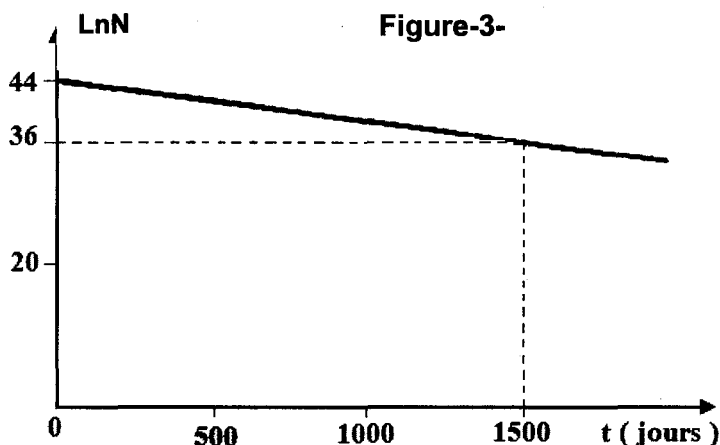
- a- Déterminer l'équation de cette courbe.
- b- Etablir l'expression théorique de $\ln N$ en fonction du temps.

c- Dédurre la constante radioactive λ et N_0 .

d- Définir la période radioactive d'un élément radioactif.

Calculer la période de ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

e- Calculer l'activité initiale A_0 du polonium ${}^{210}_{84}\text{Po}$.



EXERCICE N°3 :

La fission

Lorsqu'un neutron percute le noyau de certains isotopes lourds, il existe une probabilité que le noyau percuté se scinde en deux noyaux plus légers. Cette réaction, qui porte le nom de fission nucléaire se traduit par un dégagement d'énergie très important (de l'ordre de **200 MeV** par événement, à comparer aux énergies des réactions chimiques, de l'ordre de l'eV).

Cette fission s'accompagne de l'émission de plusieurs neutrons qui, dans certaines conditions, percutent d'autres noyaux et provoquent ainsi une réaction en chaîne.

Dans un réacteur nucléaire, cette réaction en chaîne se déroule à vitesse lente et contrôlée.

Dans une bombe, elle se propage si rapidement qu'elle conduit à une réaction explosive.

L'importance de l'énergie émise dans la fission provient du fait que l'énergie de liaison par nucléon du noyau initial est plus faible que celle des noyaux produits (environ **7,7 MeV** par nucléon pour les éléments lourds, contre **8,8 MeV** pour le fer). La plus grande partie de l'énergie se retrouve sous forme d'énergie cinétique des neutrons et des noyaux fils, énergie récupérée sous forme de chaleur dans les réacteurs.

Wikipédia
L'encyclopédie libre.

Questions :

1°/ A partir du texte, donner la définition d'une réaction de fission.

2°/ Pourquoi la réaction de fission est utilisée pour la production d'électricité?

3°/ La réaction de fission est-elle provoquée ou spontanée ? Justifier la réponse.

4°/ La fission est une réaction en chaîne. Expliquer ce caractère.

5°/ D'où vient l'importance de l'énergie émise dans la fission.

DUREE : 3 H

EPREUVE -3-

CHIMIE :**EXERCICE N°1 :**

1°/ Donner les formules semi développées et les noms des amides substitués A, B et C isomères de formule C_3H_7NO . Préciser leurs types.

2°/

a- L'hydrolyse de l'amide A en milieu basique ramène à la formation d'une amine primaire et d'un acide carboxylique de masse molaire $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$.

Ecrire, en formule semi développée, l'équation de la réaction.

b- L'amide B peut être formé par réaction d'un anhydride d'acide symétrique D avec une amine secondaire E.

Déterminer la formule semi développée et le nom de chacun des composés D et E.
Identifier alors l'amide B.

3°/ L'amide C peut être formé à partir d'un chlorure d'acyle F par réaction sur une amine.
Donner la formule semi développée et le nom de F.

EXERCICE N°2 :

On réalise la pile symbolisée par : $Ba \mid Ba^{2+} (10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}) \parallel Ca^{2+} (10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}) \mid Ca$.

1°/ Ecrire l'équation de la réaction associée à cette pile.

2°/

a- Sachant que la f.é.m normale de cette pile est $E^\circ = 0,03V$, déterminer la valeur du potentiel normal d'électrode $E^\circ (Ba^{2+} / Ba)$. On donne: $E^\circ (Ca^{2+} / Ca) = -2,87V$

b- Schématiser avec toutes les indications nécessaires, la pile permettant de mesurer le potentiel normal d'électrode $E^\circ (Ca^{2+} / Ca)$. Donner son symbole.

3°/ On relie les électrodes de la pile relative la question 1°/ un conducteur ohmique.

a- Déterminer la valeur de la force électromotrice initiale, E_i , de la pile.

b- Déduire l'équation de la réaction qui se produit spontanément lorsque la pile débite du courant.

c- On laisse la pile débiter, on constate qu'après une durée Δt , la valeur de la f.é.m de la pile devient $E = 0,03 V$.

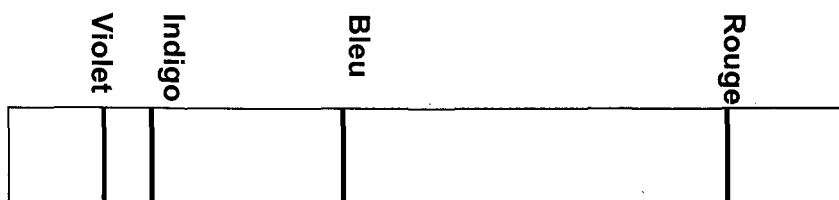
Calculer les concentrations molaires des ions Ba^{2+} et des ions Ca^{2+} après cette durée Δt .

On suppose que les deux solutions des deux demi piles ont le même volume V .

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 : On donne : $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$; $1\text{eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$; $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

L'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur d'hydrogène révèle un spectre formé de raies colorées sur un fond noir correspondant à des longueurs d'ondes bien déterminées.



- 1°/ Indiquer si le spectre obtenu est d'émission ou d'absorption et s'il est continu ou discontinu.
- 2°/ On donne les longueurs d'ondes des raies du spectre précédent.

Raie	H_R	H_B	H_I	H_V
Couleur	Rouge	Bleue	indigo	violet
Longueur d'onde λ (nm)	656	486	434	410

Pour interpréter les raies spectrales de l'atome d'hydrogène, le modèle de Bohr impose à cet atome une énergie quantifiée $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ avec $E_0 = 13,6 \text{ eV}$, E_n (eV) et n est un entier naturel non nul.

- a- Sur le diagramme de la figure -2-, sont portés quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène. Calculer les énergies E_1 et E_3 en (eV).
 - b- Compléter le diagramme de la figure -2- en indiquant les valeurs de E_1 et E_3 et les états.
- 3°/ En 1885, Balmer découvre une formule mathématique simple qui donne les valeurs des longueurs d'onde d'une série de quatre raies du spectre de l'atome d'hydrogène vérifiant la relation suivante :

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{9,13.10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \quad \text{Avec : } n = 3, 4, 5, 6... \text{ et } \lambda_{n \rightarrow 2} : \text{La longueur d'onde de la radiation}$$

émise lors de la transition d'un niveau énergétique d'ordre n vers le niveau énergétique d'ordre

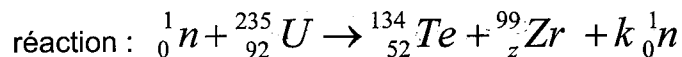
- a- Montrer la relation précédente de Balmer.
 - b- Déterminer à quelles transitions électroniques correspond chacune des quatre raies.
 - c- Représenter sur le diagramme de la figure -2- les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène pour ces quatre raies.
- 4°/ On fournit successivement à un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental les quanta (photons) d'énergies suivants : $E = 6 \text{ eV}$ et $E' = 18 \text{ eV}$.

Dans quel cas l'atome d'hydrogène pourra-t-il absorber l'énergie fournie et dans quel état se trouvera-t-il ?

EXERCICE N°2 : On donne : $1 \text{ u} = 1,66.10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV.C}^{-2}$; $1\text{MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$; $h = 6,62.10^{-34} \text{ J}$.

Nom du noyau de la particule et symbole	Uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$	Iode ${}_{53}^{134}\text{I}$	Tellure ${}_{52}^{134}\text{Te}$	Zirconium ${}_{40}^{99}\text{Zr}$	Proton ${}_{1}^1\text{P}$	Neutron ${}_{0}^1\text{n}$
Masse (en u)	234,9935	133,8808	133,8830	98,8946	1,0073	1,0087

A- Dans un réacteur nucléaire, le noyau d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ peut réagir avec un neutron suivant la



1°/ Donner le nom de cette réaction. Est-elle provoquée ou spontanée?

2°/ Déterminer, en précisant les lois utilisées, les nombres Z et K .

3°/ Déterminer en MeV l'énergie, W_1 , libérée par la transformation d'un noyau d'uranium 235.

B- Le noyau de tellure (${}^{134}_{52}\text{Te}$) est radioactif β^- .

1°/ Ecrire l'équation de cette désintégration et identifier le noyau fils formé A_ZX .

2°/ Expliquer l'origine de la formation de la particule β^- .

3°/ L'énergie libérée par cette désintégration est : **$E = 1,54 \text{ MeV}$** .

a- A quoi est due cette énergie libérée?

b- Expliquer l'origine du rayonnement γ (gamma) qui accompagne cette désintégration.

c- Déterminer la fréquence, ν , du rayonnement γ (gamma) sachant que l'énergie W du photon émis représente **2%** de l'énergie libérée au cours de la désintégration du noyau Te .

4°/

a- Définir l'énergie de liaison d'un noyau atomique.

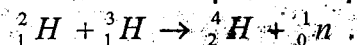
b- Déterminer en MeV l'énergie de liaison du noyau ${}^{134}_{52}\text{Te}$.

c- Peut-on s'appuyer, dans ce cas particulier, sur les énergies de liaison pour comparer les stabilités des noyaux père et fils? Justifier.

d- Comparer, alors, la stabilité de ces deux noyaux.

EXERCICE N°3 :

La fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd est un processus qui libère de l'énergie. C'est le cas lors de la formation d'un noyau d'hélium 4 à partir de la réaction entre le deutérium et le tritium. On récupère une quantité d'énergie de quelques mégaélectronvolts (MeV), suivant la réaction :



Des problèmes se posent si on cherche ainsi à récupérer cette énergie.

Pour initier la réaction, les noyaux doivent avoir la possibilité de s'approcher l'un de l'autre de moins de 10^{-14}m . Cela leur impose de vaincre la répulsion électrostatique. Pour ce faire, on porte la matière à une température de plus de 100 millions $^\circ\text{C}$. A la fin de la vie du réacteur de fusion, les matériaux constituant la structure du réacteur seront radioactifs. Toutefois le choix d'éléments de structure conduisant à des produits radioactifs à temps de décroissance rapide permet de minimiser les quantités de déchets radioactifs. Cent ans après l'arrêt définitif du réacteur, la majorité voire la totalité des matériaux peut être considérée comme des déchets de très faible activité.

D'après le livre « Le monde subatomique » de Luc Valenlinet.

Questions

1°/

a- Dégager à partir du texte la définition de la fusion.

b- Préciser si cette réaction est spontanée ou provoquée.

2°/ La quantité d'énergie libérée lors de la formation d'un noyau d'hélium 4 est **$W_1 = 17,5 \text{ MeV}$** .

Déterminer l'énergie, W_2 , libérée lors de la formation d'une masse **$m = 1 \text{ g}$** d'hélium 4.

On donne: La masse molaire de l'hélium 4: **$M = 4 \text{ g.mol}^{-1}$** .

Le nombre d'Avogadro **$N = 6,02.10^{23}$** .

3°/ A partir du texte, dégager la difficulté essentielle pour réaliser la réaction de fusion.

Comment vaincre cette difficulté?

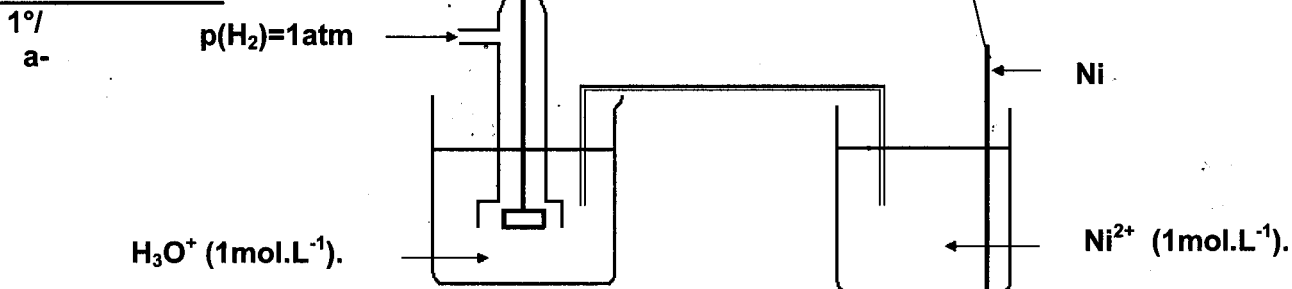
DUREE : 3 H

EPREUVE -1-

CORRECTION

CHIMIE :

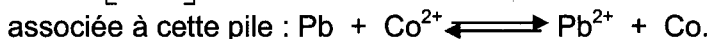
EXERCICE N°1 :



2°/ De deux couples redox celui qui possède le potentiel normal d'électrode le plus grand a le pouvoir réducteur le plus faible.

Puisque $E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) > E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$ alors le couple $(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$ a le pouvoir réducteur le plus fort.

3°/ a- $\pi = \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Co}^{2+}]}$ alors Pb^{2+} et Co sont les produits Pb et Co^{2+} sont les réactifs d'où l'équation



Symbole de cette pile: $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} \parallel \text{Co}^{2+} \mid \text{Co}$.

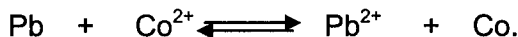
b- $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Co}^{2+}]}$ alors $E^\circ = E + 0,03 \log \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Co}^{2+}]}$ AN: $E^\circ = -0,15\text{V}$.

D'autre part $E^\circ = E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) - E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$ d'où $E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) = E^\circ + E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$.

AN: $E^\circ(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) = -0,15 - 0,13 = -0,28\text{V}$.

4°/ $E < 0$: La réaction se fait spontanément dans le sens inverse de l'équation associée

En dressant le tableau d'avancement :



à t=0	-	0,01	1	-	En mol.L ⁻¹ .
à t _f	-	0,01+ y _f	1- y _f	-	En mol.L ⁻¹ .

On trouve : $K = \frac{1 - y_f}{0,01 + y_f}$

Avec $K = 10^{\frac{E^\circ}{0,03}}$ AN: $K = 10^{\frac{-0,15}{0,03}} = 10^{-5} < 10^{-4}$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens

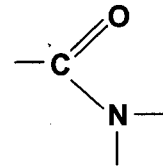
inverse d'où $y_f = 1\text{mol.L}^{-1}$ par suite :

$$\begin{aligned} [\text{Co}^{2+}] &= 1 + 0,01 = 1,01\text{mol.L}^{-1} \\ [\text{Pb}^{2+}] &= 0\text{mol.L}^{-1} \end{aligned}$$

EXERCICE N°2 :

1°/

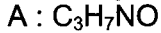
a- Un amide est un composé organique oxygéné et azoté renfermant le groupe fonctionnel



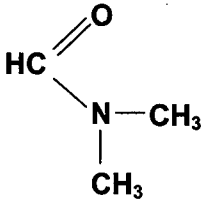
b- $\%(\text{N}) = \frac{14}{M} \times 100$ alors $M = \frac{14}{\%(\text{N})} \times 100$ AN : $M = \frac{14}{19,18} \times 100 = 73 \text{ g.mol}^{-1}$.

Détermination de la formule brute de A : $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}$

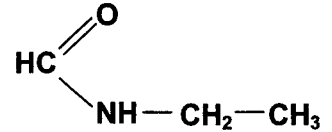
$M = 14n + 31$ alors $n = 3$



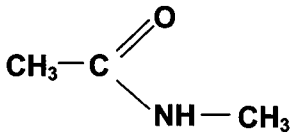
c-



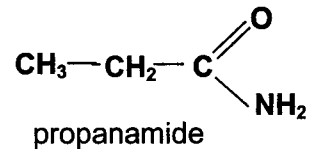
N,N- diméthylméthanamide



N-éthylméthanamide



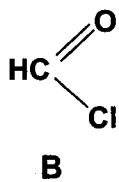
N- méthyléthanamide.



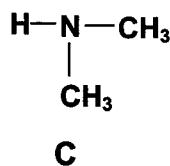
propanamide

2°/

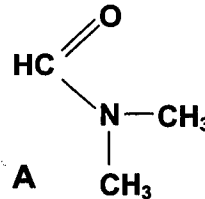
a-



+



\longrightarrow



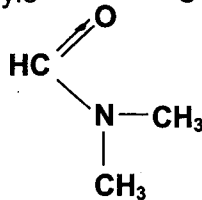
+



B : Chlorure de méthanoyle

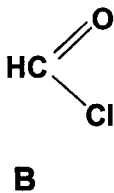
C : *N*- méthylméthanamide

b- L'amide A est alors :

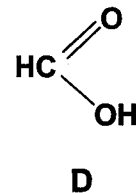


3°/

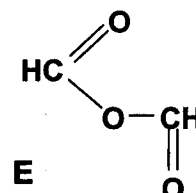
a-



+



\longrightarrow



+



D : Acide méthanoïque

E : Anhydride méthanoïque

b- A, B et E sont des dérivés d'un même acide carboxylique formés par remplacement du

groupement hydroxyde $-\text{OH}$ par les groupements respectifs $\begin{array}{c} -\text{N}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$; $-\text{Cl}$ et $-\text{COOH}$.

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/a- $E_1 = -E_0$.AN : $E_1 = -13,6$ eV et $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$.AN : $E_3 = -1,51$ eV.

b- * $n=1$: état fondamental ; * $n=3$: état excité et * $n \rightarrow \infty$: état ionisé.

2°/

a- L'énergie d'ionisation est l'énergie minimale qu'on doit fournir à l'atome d'hydrogène pour l'ioniser.

b- $E_1 + E_i = 0$ alors $E_i = -E_1$.AN : $E_i = 13,6$ eV.

3°/ Il s'agit d'un spectre d'émission de l'atome d'hydrogène, car les raies sont colorées sur un fond noir.

4°/a- $W_{\text{photon}} = E_p - E_2 = \frac{h \times C}{\lambda_{p \rightarrow 2}}$ alors $-\frac{E_0}{p^2} + \frac{E_0}{2^2} = \frac{h \times C}{\lambda_{p \rightarrow 2}}$ alors $E_0 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2} \right) = \frac{h \times C}{\lambda_{p \rightarrow 2}}$ alors

$$\lambda_{p \rightarrow 2} = \frac{h \times C}{E_0 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2} \right)} = \frac{h \times C}{E_0 \times \left(\frac{p^2 - 4}{4p^2} \right)} \text{ alors } \lambda_{p \rightarrow 2} = \frac{h \cdot C}{E_0} \cdot \frac{4p^2}{(p^2 - 4)}$$

b- $\lambda_{p \rightarrow 2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 \times 4 \times 9}{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times (9 - 4)} = 657$ nm.

5°/

a- * $E_1 + E = -13,6 + 8 = -5,6$ eV. Cette énergie -5,6 eV ne correspond à aucun niveau énergétique de l'atome d'hydrogène par suite le photon est diffusé.

* $E_1 + E' = -13,6 + 12,09 = -1,51$ eV. Cette énergie -1,51 eV correspond au niveau énergétique de l'atome d'hydrogène par suite le photon est absorbé.

* $E'' = 15$ eV > $E_i = 13,6$ eV par suite le photon est absorbé.

b- * $E = 8$ eV l'atome d'hydrogène reste à l'état fondamental.

* $E' = 12,09$ eV l'atome d'hydrogène passe de l'état fondamental au niveau d'énergie $n=3$.

* $E'' = 15$ eV l'atome d'hydrogène s'ionise.

c- Lorsque $E'' = 15$ eV l'atome d'hydrogène s'ionise avec une énergie de 13,6 eV et le reste d'énergie 1,4 eV est communiquée à son électron sous forme d'énergie cinétique.

EXERCICE N°2 :

A-

1°/

a- L'énergie de liaison d'un noyau initialement au repos est l'énergie qu'on doit fournir pour séparer les nucléons d'un noyau isolés et immobiles.

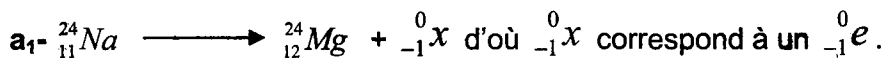
b- $E l_1 = \Delta m C^2$ alors $\Delta m = \frac{E l_1}{C^2}$.AN : $\Delta m = \frac{188,44 \text{ Mev}}{C^2} = 188,44 \text{ Mev} \cdot C^{-2} = \frac{188,44}{931,5} = 0,202297$ u.

c- * $E l_1$) nucléon = $\frac{188,44}{24} = 7,851$ Mev et * $E l_2$) nucléon = $\frac{181,04}{23} = 7,871$ Mev .

Le noyau le plus stable est celui qui a l'énergie de liaison par nucléon la plus élevée.

$E l_1$) nucléon < $E l_2$) nucléon d'où le noyau ${}_{11}^{23}\text{Na}$ est plus stable que ${}_{11}^{24}\text{Na}$.

2°/a-



a₂- $W = \Delta m C^2$ alors $\Delta m = \frac{W}{C^2}$.AN : $\Delta m = \frac{5,51 \text{ Mev}}{C^2} = 5,51 \text{ Mev} \cdot C^{-2} = \frac{5,51}{931,5} = 5,91519 \cdot 10^{-3}$ u.

$$\Delta m = m_{11}^{24}\text{Na} - m_{-1}^0e - m_{12}^{24}\text{Mg} \text{ alors } m_{12}^{24}\text{Mg} = m_{11}^{24}\text{Na} - (m_{-1}^0e + \Delta m)$$

$$\text{AN : } m_{12}^{24}\text{Mg} = 23,8725 - (5,5 \cdot 10^{-4} + 5,91519 \cdot 10^{-3}) = 23,8660 \text{ u.}$$

b-

b₁- L'émission du rayonnement γ résulte à la transformation du noyau fils ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ de l'état excité à l'état fondamental.

b₂- Conservation de l'énergie au cours de la réaction nucléaire spontanée.

$$W = E_{\gamma} + E_y \text{ alors } E_y = W - E_{\gamma} \text{ .AN : } E_y = 5,51 - 1,39 = 4,12 \text{ MeV.}$$

$$E_y = h \nu \text{ alors } \nu = \frac{E_y}{h} \text{ .AN : } \nu = \frac{4,12 \times 1,6 \cdot 10^{-13}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 9,957 \cdot 10^{20} \text{ Hz.}$$

$$3^{\circ}/a- dN = -\lambda N dt \text{ alors } \frac{dN}{N} = -\lambda dt \text{ alors } \int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt \text{ alors } \ln N = -\lambda t + Cte \text{ or à } t=0, \text{ on a } N=N_0$$

$$\text{alors } \ln N_0 = -\lambda \cdot 0 + Cte \text{ d'où } Cte = \ln N_0 \text{ par suite } \ln N = -\lambda t + \ln N_0 \text{ alors } \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \text{ alors}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \text{ d'où } N = N_0 e^{-\lambda t}.$$

b- * La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents à se désintègrent .

$$* \text{ A } t=0, \text{ on a } N = \frac{N_0}{2} = 2 \cdot 10^{20} \text{ d'où } T = 15 \text{ h.}$$

$$c- \lambda = \frac{\ln 2}{T} \text{ .AN : } \lambda = \frac{\ln 2}{15} = 0,0462 \text{ h}^{-1}.$$

4^o/a- * L'activité A d'une substance radioactive à l'instant t est le nombre des désintégrations subit par la substance pendant une seconde.

$$* A = A_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \text{ .AN : } A = 0,0462 \times 4 \cdot 10^{20} e^{-(0,0462 \times 10)} = 11,642 \cdot 10^{18} \text{ désintégration / h}$$

$$A = \frac{11,642 \cdot 10^{18}}{3600} = 3,234 \cdot 10^{15} \text{ Bq.}$$

$$b- N({}_{12}^{24}\text{Mg})_{\text{formé}} = N({}_{11}^{24}\text{Na})_{\text{désintégré}} = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

$$\text{AN : } N({}_{12}^{24}\text{Mg})_{\text{formé}} = 4 \cdot 10^{20} (1 - e^{-(0,0462 \times 10)}) = 1,48 \cdot 10^{20} \text{ noyaux.}$$

B-

1^o/ Conservation du nombre de charge : $92 = 57 + 42 - y$ alors $y = 7$.

$$2^{\circ}/ W = \Delta m C^2 \text{ or } \Delta m = (m_0^1n + m_{92}^{235}\text{U}) - (m_{57}^{139}\text{La} + m_{42}^{95}\text{Mo} + 2m_0^1n + 7m_{-1}^0e) \text{ alors}$$

$$\Delta m = m_{92}^{235}\text{U} - (m_{57}^{139}\text{La} + m_{42}^{95}\text{Mo} + m_0^1n + 7m_{-1}^0e) \text{ .AN: } \Delta m = 0,70648 \text{ u alors}$$

$$\Delta m = 0,70648 \times 931,5 = 658,086 \text{ MeV.C}^{-2}.$$

$$W = 658,086 \text{ MeV.C}^{-2} \times C^2 = 658,086 \text{ MeV} = \frac{658,086}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1,0529 \cdot 10^{10} \text{ J.}$$

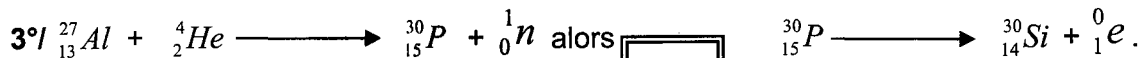
EXERCICE N°3 :

1^o/ * La matière irradiée conservela source de particules alpha.

* Les Joliot-Curie sont persuadés qu'ils ont trouvé le moyen.....

* L'aluminium se serait alors transformé en un isotopeen émettant un positon.

2^o/ Les particules émises sont des positons 0_1e alors c'est la radioactivité β^+ .



DUREE : 3 H

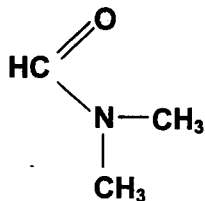
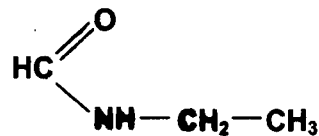
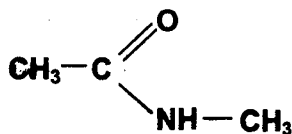
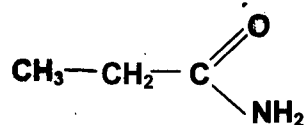
EPREUVE -2-

CORRECTION

CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

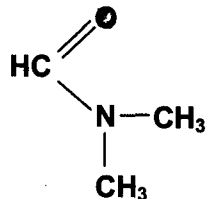
1°/

Amide *N,N*-disubstituéAmide *N*-monosubstituéAmide *N*-monosubstitué

Amide non substitué

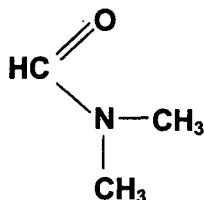
2°/

a- A :

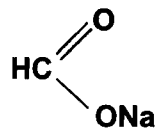
*N,N*-diméthylméthanamide

L'amine formée est secondaire alors l'amide est disubstitué.

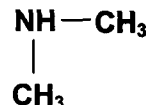
b-



+ NaOH

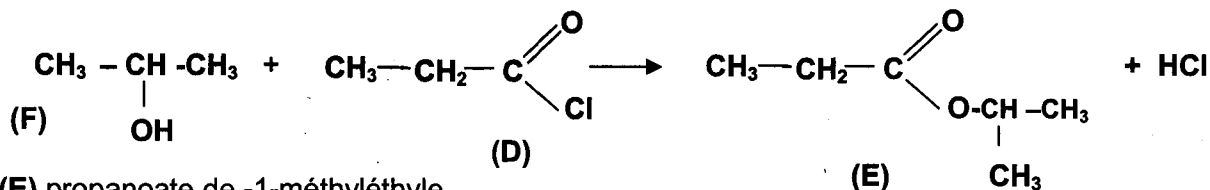


+



3°/

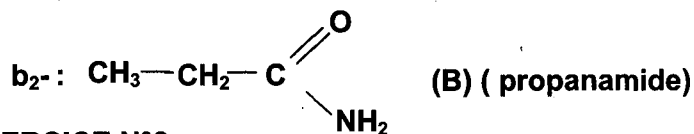
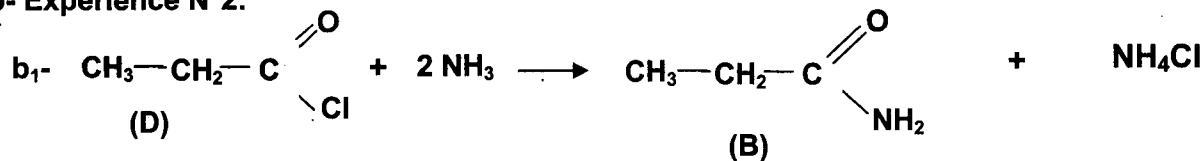
a- Expérience N°1:

a₁- D est chlorure d'acyle. E est un ester.a₂- $M=14n+32$ alors $n=6$. $n(\text{C})_F = n(\text{C})_E - n(\text{C})_D = 3$ alors F est de formule brute $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$:

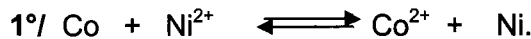
(E) propanoate de -1-méthyléthyle.

a₃- Rapide, exothermique et totale.

b- Expérience N°2:



EXERCICE N°2 :



2°/ $E_i = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = E^\circ - 0,03 \log \frac{C_1}{C_2}$.

3°/ a- La courbe $E = f(\log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]})$ est une droite affine d'équation $E = a \cdot \log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} + b$.

$b = 60 \cdot 10^{-3} \text{V}$ et $a = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{-2} = -0,03$ d'où $E = 60 \cdot 10^{-3} - 0,03 \log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]}$.

b- $E^\circ = 60 \cdot 10^{-3} \text{V}$.

c- Lorsque la pile est usée $\pi_{\text{ass}} = K_{\text{ass}}$ et $E=0$ alors $K_{\text{ass}} = 10^{\frac{E^\circ}{0,03}} = 10^2 = 100$.

d- $K_{\text{ass}} = 100 > 1$ alors les réactifs sont plus forts que les produits d'où Co^{2+}/Co est plus réducteur que le couple Ni^{2+}/Ni .

e- $E_i = E^\circ - 0,03 \log \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow \log \frac{C_1}{C_2} = \frac{E^\circ - E_i}{0,03} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = 10^{\frac{E^\circ - E_i}{0,03}}$. AN : $\frac{C_1}{C_2} = 0,1$.

4°/a- $K_{\text{ass}} = \frac{C_1'}{C_2'}$ d'où $C_2' = \frac{C_1'}{K_{\text{ass}}} = \frac{0,49}{100} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

b- $C_1' + C_2' = C_1 + C_2$ alors $10C_1 + C_1 = C_1' + C_2'$ d'où $C_1 = \frac{C_1' + C_2'}{11}$

AN : $C_1 = \frac{4,9 \cdot 10^{-3} + 0,49}{11} = 0,04499 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0,045 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $C_2 = 10C_1 = 0,45 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

PHYSIQUE

EXERCICE N°1 :

1°/

a- L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est l'énergie minimale qu'on doit fournir à l'atome d'hydrogène pour l'ioniser.

b- $E_1 + E_i = 0$ alors $E_i = -E_1$. AN : $E_i = 13,6 \text{eV}$.

2°/

a- Au cours de cette transition il ya émission d'énergie sous forme d'une radiation lumineuse.

b- $E_5 - E_2 = -0,544 + 3,4 = 2,856 \text{eV} = 2,856 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,569 \cdot 10^{-19} \text{J}$.

3°/ Il s'agit d'un spectre d'émission de l'atome d'hydrogène, car les raies sont colorées sur un fond noir.

4°/

$$a- W_{\text{photon}} = E_p - E_2 = h\nu \text{ alors } -\frac{E_0}{p^2} + \frac{E_0}{2^2} = h\nu \text{ alors } E_0 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2} \right) = h\nu \text{ alors}$$

$$\nu = \frac{E_0 \times \left(\frac{p^2 - 4}{4p^2} \right)}{h} = \frac{E_0}{4h} \times \left(\frac{p^2 - 4}{p^2} \right) \text{ alors } \nu = \left(\frac{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \times 6,62 \cdot 10^{-34}} \right) \times \left(\frac{p^2 - 4}{p^2} \right) = 8,217 \cdot 10^{14} \times \left(1 - \frac{4}{p^2} \right).$$

$$b- \nu_{3 \rightarrow 2} = 8,217 \cdot 10^{14} \times \left(1 - \frac{4}{3^2} \right) = 4,565 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

5°/

$$a- * E_1 + E = -13,6 + 13,323 = -0,277 \text{ eV} = -\frac{E_0}{n^2} \text{ alors } n = \sqrt{\frac{E_0}{0,277}}. \text{ AN : } n = \sqrt{\frac{13,6}{0,277}} = 7 \in \mathbb{N}^*.$$

Le photon est absorbé par l'atome d'hydrogène qui passe de l'état fondamental au niveau $n=7$.

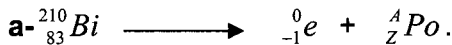
* $E_1 + E = -13,6 + 12 = -1,6 \text{ eV}$. Cette énergie $-1,6 \text{ eV}$ ne correspond à aucun niveau énergétique de l'atome d'hydrogène par suite le photon est diffusé et l'atome d'hydrogène reste à l'état fondamental

* $E' = 16 \text{ eV} > E_i = 13,6 \text{ eV}$ par suite le photon est absorbé par l'atome d'hydrogène qui s'ionise.

b- Lorsque $E = 16 \text{ eV}$ l'atome d'hydrogène s'ionise avec une énergie de $13,6 \text{ eV}$ et le reste d'énergie $2,4 \text{ eV}$ est communiquée à son électron sous forme d'énergie cinétique.

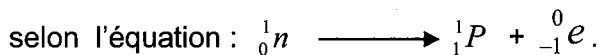
EXERCICE N°2 :

1°/



$$210 = A \text{ et } 83 = -1 + Z \text{ alors } Z = 84.$$

b- L'émission de ${}_{-1}^0e$ est résulte à la transformation d'un neutron ${}_0^1n$ du noyau père en un proton ${}_1^1P$



2°/

a- Le noyau ${}_{84}^{210}\text{Po}$ est formé par 84 protons et 126 neutrons.

$$b- E \ell ({}_{84}^{210}\text{Po}) = \Delta m c^2 \text{ or } \Delta m = 84 m_p + 126 m_n - m {}_{84}^{210}\text{Po}. \text{ AN :}$$

$$\Delta m = 1,765 \text{ u} = 1,765 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,9299 \cdot 10^{-27} \text{ Kg.}$$

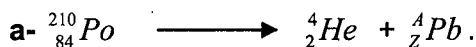
$$E \ell ({}_{84}^{210}\text{Po}) = 2,9299 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 2,6369 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \frac{2,6369 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1644,134 \text{ MeV.}$$

c- * Pour comparer les stabilités des noyaux ${}_{84}^{210}\text{Po}$ et ${}_{83}^{210}\text{Bi}$, on peut comparer leurs énergies de liaisons car les deux noyaux ont le même nombre de masse $A=210$.

* Le noyau le plus stable est celui qui a l'énergie de liaison la plus élevée.

$$E \ell ({}_{83}^{210}\text{Bi}) < E \ell ({}_{84}^{210}\text{Po}) \text{ d'où le noyau } {}_{84}^{210}\text{Po} \text{ est plus stable que } {}_{83}^{210}\text{Bi}.$$

3°/



* Conservation du nombre de masse A : $210 = 4 + A$ alors $A = 206$.

* Conservation du nombre de charge Z : $84 = Z + 2$ alors $Z = 82$.

b- $W = \Delta m C^2$ or $\Delta m = | (m_{\alpha} + m_{\text{Pb}}) - (m_{\text{Po}}) |$.

AN: $\Delta m = 0,0058 \text{ u} = 0,0058 \times 931,5 = 5,4027 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$ alors $W = 5,4027 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \times C^2 = 5,4027 \text{ MeV}$.

c- $m_{\alpha} \cdot E_{C(\alpha)} = m_{\text{Pb}} \cdot E_{C(\text{Pb})}$ alors $E_{C(\text{Pb})} = \frac{m(\alpha)}{m(\text{Pb})} E_{C(\alpha)}$.

AN : $E_{C(\text{Pb})} = \frac{4,0015}{205,9295} \times 5,03 = 0,0977 \text{ MeV}$.

d- * On: $E_{C(\alpha)} + E_{C(\text{Pb})} = 5,03 + 0,0977 = 5,1277 \text{ MeV} < W = 5,4027 \text{ MeV}$ alors il ya émission d'un rayonnement γ .

* Conservation de l'énergie au cours de la réaction nucléaire spontanée.

$W = E_{C(\alpha)} + E_{C(\text{Pb})} + E_{\gamma}$ alors $E_{\gamma} = W - (E_{C(\alpha)} + E_{C(\text{Pb})})$.

AN : $E_{\gamma} = 5,4027 - (5,1277) = 0,2749 \text{ MeV}$.

$E_{\gamma} = \frac{hc}{\lambda}$ alors $\lambda = \frac{hc}{E_{\gamma}}$.AN : $\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{0,2749 \times 1,6 \cdot 10^{-13}} = 4,515 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

4°/

a- La courbe $\text{Ln}N=f(t)$ est une droite qui ne passe pas par l'origine d'équation : $\text{Ln}N = -5,33 \cdot 10^{-3} t + 44$.

b- $dN = -\lambda N dt$ alors $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$ alors $\int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt$ alors $\text{Ln}N = -\lambda t + \text{Cte}$ or à $t=0$, on a $N=N_0$ alors $\text{Ln}N_0 = -\lambda \cdot 0 + \text{Cte}$ d'où $\text{Cte} = \text{Ln}N_0$ par suite $\text{Ln}N = -\lambda t + \text{Ln}N_0$.

c- $\lambda = 5,33 \cdot 10^{-3} \text{ jour}^{-1}$ et $\text{Ln} N_0 = 44$ alors $N_0 = e^{44} = 1,285 \cdot 10^{19}$ noyaux.

d- * La période radioactive est la durée au bout de la quelle la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent .

* $T = \frac{\text{Ln}2}{\lambda}$.AN : $T = \frac{\text{Ln}2}{6,173 \cdot 10^{-8}} = 1,123 \cdot 10^7 \text{ s} = 130 \text{ jours}$.

e- $A_0 = \lambda N_0$.AN : $A_0 = 6,173 \cdot 10^{-8} \times 1,285 \cdot 10^{19} = 7,932 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$.

EXERCICE N°3 :

1°/ Un neutron percute le noyau de certains isotopes lourds, il se scinde en deux noyaux plus légers.

2°/ La réaction de fission est très énergétique.

3°/ La réaction de fission est provoquée, car le neutron percute un noyau lourds.

4°/ Au cours de la réaction de fission il y a l'émission de plusieurs neutrons qui, dans certaines conditions, percute d'autres noyaux et provoquent ainsi une réaction en chaîne.

5°/ L'importance de l'énergie émise au cours de la réaction de fission provient du fait que l'énergie de liaison par nucléon du noyau initial est plus faible que celle des noyaux produits.

DUREE : 3 H

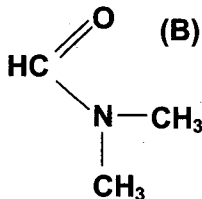
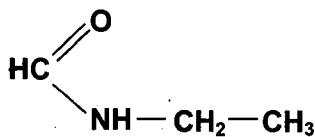
EPREUVE -3-

CORRECTION

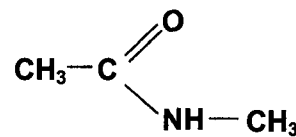
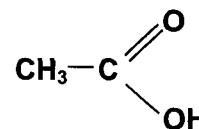
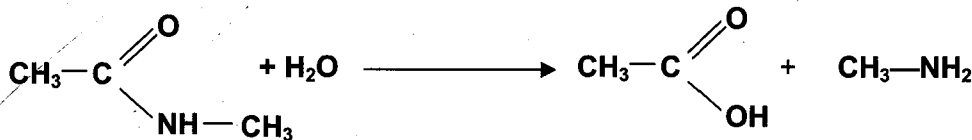
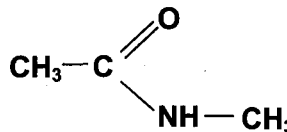
CHIMIE :

EXERCICE N°1 :

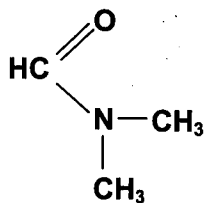
1°/

Amide *N,N*-disubstitué
N,N-diméthylméthanamideAmide *N*-monosubstitué
N-éthylméthanamide

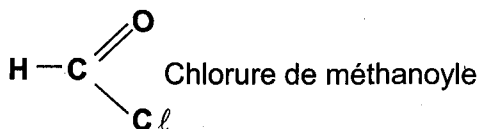
(A)

Amide *N*-monosubstitué
N-méthylméthanamide2°/ Formule brute de l'acide carboxylique : $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.a- $M_{\text{Acide}} = 14n + 32 = 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ alors $n=2$ alors la formule de l'acide est :L'amine formé est CH_3-NH_2 d'où l'amide A est :b- L'amine secondaire E est de formule : $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{NH} \end{array}$ diméthylamine.Anhydride symétrique D : $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ Anhydride méthanoïque.

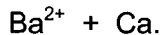
L'amide B :



3°/ Le chlorure d'acyle F est :



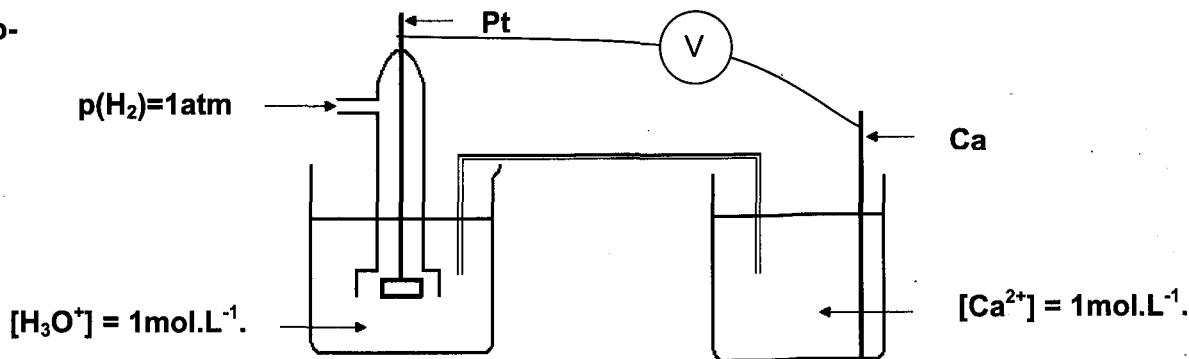
EXERCICE N°2 :



2°/

a- $E^\circ = E^\circ_d - E^\circ_g = E^\circ(Ca^{2+}/Ca) - E^\circ(Ba^{2+}/Ba)$ d'où $E^\circ(Ba^{2+}/Ba) = E^\circ(Ca^{2+}/Ca) - E^\circ = -2,9V.$

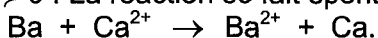
b-



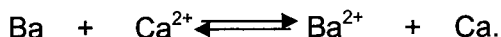
3°/

a- $E_i = 0,03 - 0,03 \cdot \log\left(\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]}\right)$ AN : $E_i = 0,03 - 0,03 \cdot \log\left(\frac{10^{-2}}{10^{-1}}\right) = 0,06 V.$

b- $E_i > 0$: La réaction se fait spontanément dans le sens direct d'équation associée :



c- $E = 0,03 V$ et $E = 0,03 - 0,03 \cdot \log\left(\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]}\right)$ alors $\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} = 1$



à t=0	-	0,1	0,01	-	En mol.L ⁻¹ .
à t≠0	-	0,1-y	0,01+y	-	En mol.L ⁻¹ .

On trouve : $\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} = \frac{0,01+y}{0,1-y} = 1$ d'où $0,01 + y = 0,1 - y \Rightarrow 2 \times y = 0,09$ donc $y = 0,045 \text{ mol.L}^{-1}.$

Par suite : $[Ca^{2+}] = 0,1 - 0,045 = 0,055 \text{ mol.L}^{-1}$ et $[Ba^{2+}] = 0,01 + 0,045 = 0,055 \text{ mol.L}^{-1}.$

PHYSIQUE :

EXERCICE N°1 :

1°/ Le spectre obtenu est d'émission et discontinu.

2°/ a- $E_1 = -E_0$.AN : $E_1 = -13,6 \text{ eV}$

et $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$.AN : $E_3 = -1,51 \text{ eV}.$

b-

$E_\infty = 0$

$E_6 = -0,377$

$E_5 = -0,544$

$E_4 = -0,85$

$E_3 = -0,51$

$E_2 = -3,4$

$E_1 = -13,6$

↑ Energie (eV)

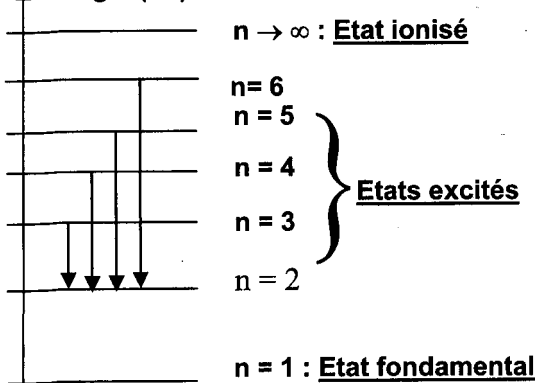


Figure-2-

3°/

a- W_{photon} : Energie libérée par l'atome d'hydrogène lors de la transition d'un niveau énergétique d'ordre n vers le niveau énergétique d'ordre 2.

$$W_{\text{photon}} = E_n - E_2 = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{2^2} = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } E_0 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{h \times C}{\lambda_{n \rightarrow 2}}$$

$$\text{alors } \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{h \times C}{E_0 \times \lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors } \frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{h \times C}{E_0 \times \lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ .AN : } \frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times \lambda_{n \rightarrow 2}} \text{ alors}$$

$$\frac{1}{n^2} \approx \frac{1}{4} - \frac{9,13 \cdot 10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}}$$

$$\text{b- } n = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{9,13 \cdot 10^{-8}}{\lambda_{n \rightarrow 2}}}}$$

** $\lambda_{\text{(rouge)}} = 656 \text{ nm}$ alors $n = 3$ par suite l'émission de la radiation rouge (H_R) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=3$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.

** $\lambda_{\text{(bleue)}} = 486 \text{ nm}$ alors $n = 4$ par suite l'émission de la radiation bleue (H_B) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=4$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.

** $\lambda_{\text{(indigo)}} = 434 \text{ nm}$ alors $n = 5$ par suite l'émission de la radiation indigo (H_I) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=5$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.

** $\lambda_{\text{(violet)}} = 410 \text{ nm}$ alors $n = 6$ par suite l'émission de la radiation violet (H_V) correspond à la transition du niveau énergétique d'ordre $n=6$ vers le niveau énergétique d'ordre 2.

c- Figure-2-

4°/

** $E_1 + E = -13,6 + 6 = -7,6 \text{ eV}$. Cette énergie $-7,6 \text{ eV}$ ne correspond à aucun niveau énergétique de l'atome d'hydrogène par suite le photon est diffusé et l'atome d'hydrogène reste à l'état fondamental.

** $E_1 + E' = -13,6 + 18 = 4,4 \text{ eV}$. Cette énergie $4,4 \text{ eV}$ est positive par suite l'atome d'hydrogène absorbe le photon et s'ionise avec une énergie de $13,6 \text{ eV}$ et le reste d'énergie $4,4 \text{ eV}$ est communiquée à son électron sous forme d'énergie cinétique.

EXERCICE N°2 :

A-

1°/ Réaction de fission ,elle est provoquée.

2°/

** Conservation du nombre de masse A : $1 + 235 = 134 + 99 + K$ alors $K = 3$.

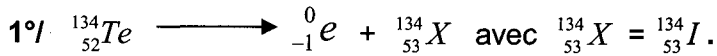
** Conservation du nombre de charge Z : $92 = 52 + Z$ alors $Z = 40$.

3°/ $W_1 = \Delta m C^2$ or $\Delta m = (m_0^1 n + m_{92}^{235} U) - (m_{52}^{134} Te + m_Z^{99} Zr + 3m_0^1 n)$.AN :

$$\Delta m = 0,1985 \text{ u} = 0,1985 \times 931,5 = 184,903 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$$

$$W_1 = 184,903 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \times C^2 = 184,903 \text{ MeV}$$

B-



2° L'émission de $\text{}^0_{-1}\text{e}$ est dû à la transformation d'un neutron $\text{}^1_0\text{n}$ du noyau père en un proton $\text{}^1_1\text{P}$ selon l'équation : $\text{}^1_0\text{n} \longrightarrow \text{}^1_1\text{P} + \text{}^0_{-1}\text{e}$.

3°

a- L'énergie libérée par la réaction est due à la diminution de la masse.

b- L'émission du rayonnement γ (gamma) résulte à la transformation du noyau fils $\text{}^{134}_{53}\text{I}$ de l'état excité à l'état fondamental.

c-

$$\text{** } W_{\text{photon}} = \frac{2 \times E}{100} \cdot \text{AN} : W_{\text{photon}} = \frac{2 \times 1,54}{100} = 3,08 \cdot 10^{-2} \text{ MeV}.$$

$$\text{** } W_{\text{photon}} = h \nu \text{ alors } \nu = \frac{W_{\text{photon}}}{h} \cdot \text{AN} : \nu = \frac{3,08 \cdot 10^{-2} \times 1,6 \cdot 10^{-13}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 7,444 \cdot 10^{18} \text{ Hz}.$$

4°

a- L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie qu'on doit fournir pour séparer les nucléons d'un noyau initialement au repos.

$$\text{b- } E l (\text{}^{134}_{52}\text{Te}) = \Delta m C^2 \text{ or } \Delta m = 52 m_p + 82 m_n - m \text{}^{134}_{52}\text{Te} \cdot \text{AN} :$$

$$\Delta m = 1,21 \text{ u} = 1,21 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,008 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}.$$

$$E l (\text{}^{134}_{52}\text{Te}) = 2,008 \cdot 10^{-27} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 1,8077 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \frac{1,8077 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1129,837 \text{ MeV}.$$

c- Pour comparer les stabilités des noyaux $\text{}^{134}_{52}\text{Te}$ et $\text{}^{134}_{53}\text{I}$, on peut comparer leurs énergies de liaisons car les deux noyaux ont le même nombre de masse $A = 134$.

$$\text{d- } E = E l (\text{}^0_{-1}\text{e}) + E l (\text{}^{134}_{53}\text{I}) - E l (\text{}^{134}_{52}\text{Te}) = 1,54 \text{ MeV} > 0 \text{ or } E l (\text{}^0_{-1}\text{e}) = 0 \text{ alors}$$

$$E = E l (\text{}^{134}_{53}\text{I}) - E l (\text{}^{134}_{52}\text{Te}) = 1,54 \text{ MeV} > 0 \text{ par suite } E l (\text{}^{134}_{53}\text{I}) > E l (\text{}^{134}_{52}\text{Te}) \text{ donc}$$

Le noyau $\text{}^{134}_{53}\text{I}$ est plus stable que le noyau $\text{}^{134}_{52}\text{Te}$.

EXERCICE N°3 :

1°

a- La fusion est une réaction nucléaire entre deux noyaux légers pour former un seul noyau lourd.

b- La fusion est une réaction provoquée.

2° Soit N_0 : Nombre de noyaux d'hélium 4 existant dans un échantillon de masse $m = 1\text{g}$.

$$N_0 = \frac{m}{m(\text{Noyau})}. \text{ D'autre part } m(\text{Noyau}) = \frac{M}{N}. \text{ AN : } m(\text{Noyau}) = \frac{4}{6,02 \times 10^{23}} = 6,6410^{-24} \text{ Noyaux}.$$

$$\text{AN : } N_0 = \frac{1}{6,64 \cdot 10^{-24}} = 1,5 \cdot 10^{23} \text{ Noyaux}.$$

$$W_2 = 1,5 \cdot 10^{23} \times W_1. \text{ AN : } W_2 = 1,5 \cdot 10^{23} \times 17,5 = 26,5 \cdot 10^{23} \text{ MeV}.$$

3° Pour réaliser la fusion entre deux noyaux la difficulté qui rencontre les chercheurs c'est d'approcher l'un de l'autre de moins de 10^{-14}m . Pour vaincre cette difficulté, on doit porter la matière à une température de plus de 100 millions °C.

Proétudes.blogspot.com

PROÉTUDES

Surfer en toute confiance

UNITES ET CONVERSIONS



Grandeurs physiques	Symbole	Unité dans le système international	Multiples et sous multiples
Activité radioactive	A	Désintégrations.s ⁻¹ ou Becquerel (Bq)	
Constante radioactive	λ	s ⁻¹	
Abscisse	x	m	1 millimètre = 1mm = 10 ⁻³ m. 1 centimètre = 1cm = 10 ⁻² m
Période	T	seconde (s)	1 Heure = 1h = 3600s. 1 Minute = 1min = 60s. 1 milliseconde = 1ms = 10 ⁻³ s.
Constante de Planck	h	J.s	
Vitesse ou célérité	V ou C	m.s ⁻¹	1 m.s ⁻¹ = 3,6 km.h ⁻¹
Accélération	a	m.s ⁻²	
Puissance	P	Watt	1 milliwatt = 1mW = 10 ⁻³ W. 1 Kilowatt = 1KW = 10 ³ W.
Energie	W ou E	Joule	1 électronvolt = 1eV = 1,6.10 ⁻¹⁹ J. 1 MeV = 10 ⁶ eV = 1,6.10 ⁻¹³ J.
Masse	M	kg	1g = 10 ⁻³ kg. 1u = 1,66.10 ⁻²⁷ kg = 931,5MeV.C ²
Coefficient d'amortissement	h	kg.s ⁻¹ ou N.s.m ⁻¹	
Longueur d'onde	λ	m	1 millimètre = 1mm = 10 ⁻³ m. 1 centimètre = 1cm = 10 ⁻² m

Le complet résolu

Demandez la série : **Le complet résolu**
Du 1^{ère} année au 4^{ème} année secondaire

Le complet résolu 1^{ère} A
Secondaire
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

130 exercices corrigés
Avec des niveaux de difficulté

12 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

Le complet résolu 2^{ème} A
SCIENCES
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

144 exercices corrigés
Avec des niveaux de difficulté

12 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

Le complet résolu 3^{ème} A
Mathématiques
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

30 exercices corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 2

Le complet résolu 3^{ème} A
Sc-expérimentales
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

36 exercices corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 2

Le complet résolu 3^{ème} A
Sc-Techniques
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

31 exercices corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 1

Le complet résolu 4^{ème} A
Sc-expérimentales
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

27 problèmes corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 2

Le complet résolu 4^{ème} A
Mathématiques
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

27 problèmes corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 2

Le complet résolu 4^{ème} A
Sc-Techniques
Conforme aux nouveaux programmes

Physique - Chimie

26 problèmes corrigés
Avec des niveaux de difficulté

9 devoirs corrigés
Contrôles et synthèses

Avec résumés de cours
Les notions indispensables

+ unités et conversions
Conformes aux programmes

FATMI BENKIL Professeur principal
MOHRAD FGAHER Professeur principal

TOME 1 + TOME 2

Imp. SOGIC - Sfax - 74 242 634

Mobile : 97 298 565

Prix: 13,500D

ISBN:978-9938-12-794-2



9 789938 127942