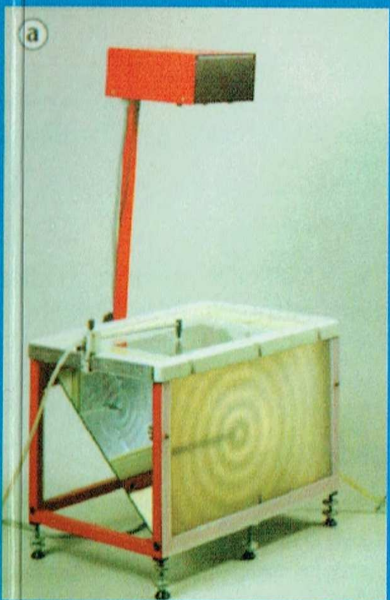
Nouveaux Programmes

Collection Pilote

PILOTE 4 BAC

PHYSIQUE et CHIMIE

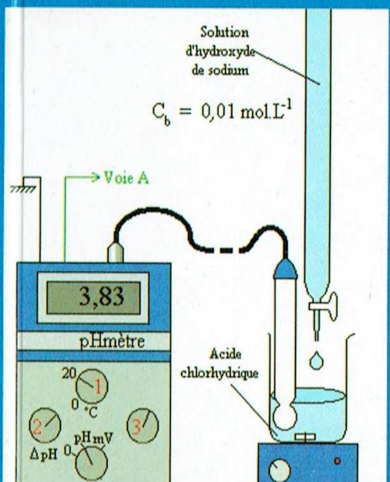
Exercices et devoirs corrigés

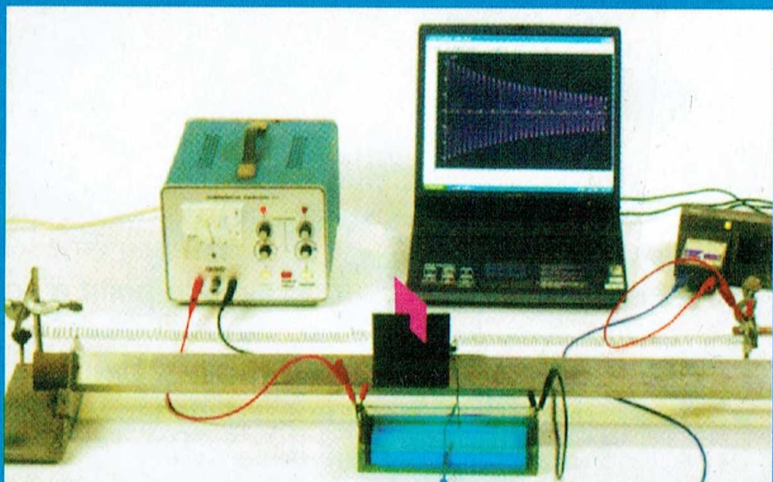


4ème année

Mathématiques

Tome 2





KHEMAKHEM Hédi
Professeur Principal

HADRICH Maher

BOUHAJEB
Professeur Pr

SOMMAIRE

A- Physique

Thème-2- : Evolution des systèmes mécaniques :

Thème-3- : Les ondes

Thème-4-: Physique atomique et nucléaire

B- Chimie :

Thème-3- : Réaction Acide Base.

Thème-4- : Les piles.

C-Devoirs

A-Physique

Thème-2- Evolution du système mécanique : le pendule élastique

Chapitre 1 : - Oscillations libres non amorties

- Oscillations libres amorties

Exercice N°1 :

À l'aide d'un dispositif d'enregistrement approprié, on enregistre le mouvement du centre d'inertie d'un pendule élastique horizontal placé sur une table à coussin d'air (figure 1).

Le pendule élastique est formé d'un ressort de masse négligeable et de constante de raideur k, dont Tune des ses extrémités porte un cylindre de masse m, et l'autre extrémité est fixe.

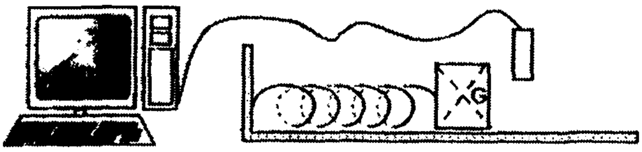


Figure 1

1°) En exploitant l'enregistrement de la figure 2, déterminé :

a- La période des oscillations du pendule.

b- L'amplitude du mouvement du centre d'inertie G.

c- La distance L parcourue par le centre d'inertie G pendant une période.

d- La phase à l'origine du temps du mouvement.

e- La date à laquelle la vitesse de G est maximale pour la première fois.

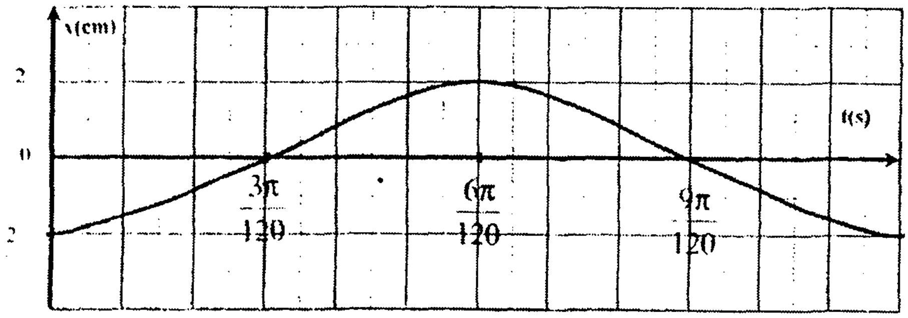


Figure 2

2°) On refait le même enregistrement mais en doublant l'élongation initiale, (le début du mouvement correspond à t = 0).

a- Laquelle parmi les figures 3 et 4 qui correspond à ce nouvel enregistrement ? Justifier.

b- Laquelle des caractéristiques m ou k du pendule à t-on augmenter pour obtenir l'enregistrement de la ligure 3 ? Déterminer la valeur de cette caractéristique.

Données de la première expérience $m = 100g$ et $k = 40N.m^{-1}$.

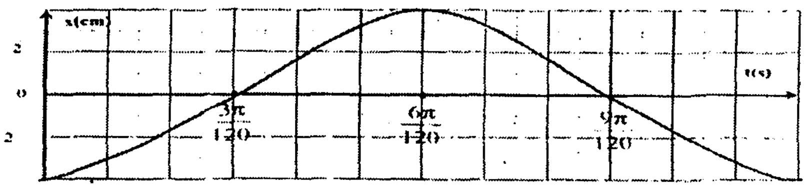
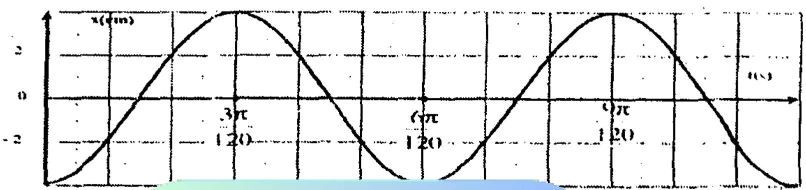


Figure 3



Exercice N°2 :

Un solide de masse **m= 200g** est suspendu à un ressort de raideur **K = 80Nm^{-1}**, enfilé autour d'une tige horizontale. On néglige les frottements.

1°) On écarte le solide de sa position d'équilibre de **4 cm** et on le lâche à **t = 0** sans vitesse initiale.

a- Quelle est la nature du mouvement du centre d'inertie **(G)** du solide**.** Calculer la période propre de l'oscillateur.

b- Etablir l'équation horaire de ce mouvement dans un repère bien choisi,

c- Calculer la vitesse maximale de **(G),** ainsi que sa vitesse au point **A** d'abscisse **2 cm**

d- Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur est constante. Calculer sa valeur.

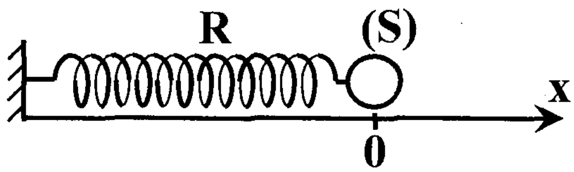
2°) On écarte maintenant le solide de **4 cm** et on le lâche à **t = 0** avec une vitesse de **0,6ms^{-1}**.

a- Etablir l'équation horaire du mouvement de (G) et calculer sa vitesse maximale et sa vitesse en A.

b- Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur.

Exercice N°3 :

On étudie les oscillations libres de l'oscillateur mécanique suivant :



R :ressort de constante de raideur **K**
S : corps ponctuel de masse **m**

On écarte (S) de sa position d'équilibre d'une distance **X_m = 0 ,02 m** et on l'abandonne sans vitesse initiale.

L'équation horaire du mouvement de S est $\mathbf{x(t) = X_{max} \sin(\omega_o t + \varphi)}$.

1°)

a- En déduire la nature de mouvement de (S).

b- Etablir l'équation différentielle du mouvement de (S) (méthode dynamique).

2°) On considère le système (S, R) :

a- Exprimer l'énergie mécanique du système pour une abscisse x.

b- Montrer que E est constant.

3°)

a- Exprimer l'énergie potentielle $\mathbf{E_p}$ du système (S,R) en fonction du temps.

b- Exprimer la période **T** de l'énergie potentielle $\mathbf{E_p}$ en fonction de $\boldsymbol{\omega_0}$.

4°) On donne la représentation graphique de l'énergie cinétique du système **(S,R)** en fonction du temps.

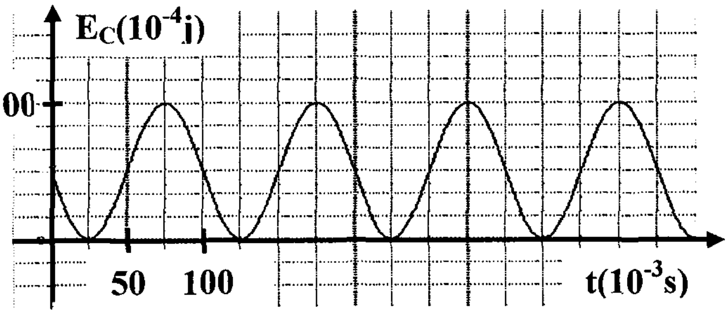
a- Déterminer la valeur de **K** et la période propre $\mathbf{T_o}$.

b- Déduire la masse m.

c- Déterminer la valeur de φ tel que $\varphi \in]0, \pi/2[$.

d- Déterminer à **t = 0**, l'abscisse et la vitesse de **S**.

e- Représenter sur la figure ci-après, la courbe $E_p = f(t)$.

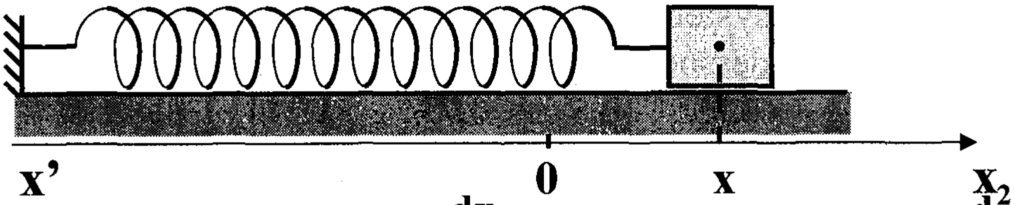


5°) Soit y(t) une fonction sinusoïdale synchrone à **x(t),** de même amplitude et en quadrature retard de phase par rapport à x(t).

Expliciter la loi horaire y(t) et déduire le décalage horaire entre x(t) et y(t).

Exercice N°4 :

Un solide **(S)** de centre d'inertie **I** et de masse m est lié à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur **K**. L'autre extrémité du ressort est fixée en **A**. Le solide **(S)** est lancé à l'instant **t = 0**, avec une vitesse initiale V_0 dans le sens négatif. L'origine **O** (**x'Ox**) correspond à la position d'équilibre de **I**.



On notera x l'abscisse de **I**, $v = \frac{dx}{dt}$ sa vitesse instantanée et $\frac{d^2x}{dt^2}$ son accélération à une date t quelconque au cours du mouvement.

Partie I

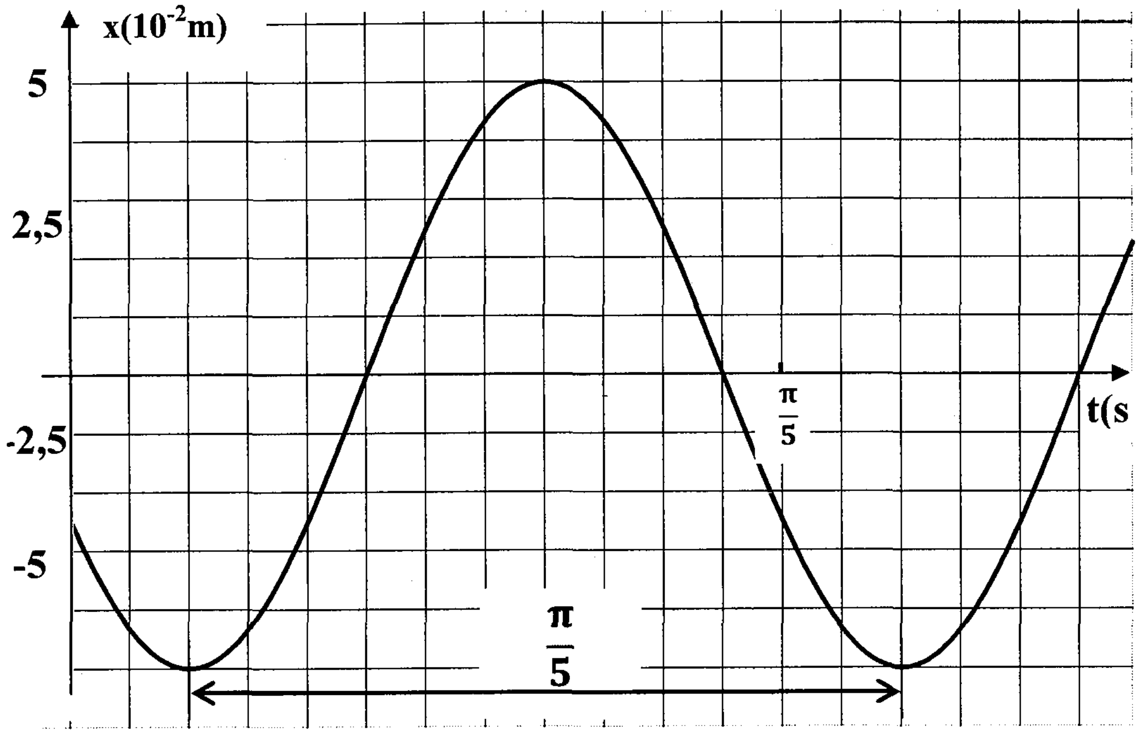
1°)

a- Donner l'expression de l'énergie mécanique totale E du système {S, ressort} en fonction de m, v, x, k.

b- Montrer que le système {S, ressort} est conservatif.

c- Déduire que le mouvement de I est rectiligne sinusoïdal.

2°) Un enregistrement du mouvement a permis de tracer la courbe représentant les variations de l'abscisse x en fonction du temps.



a- Déterminer, à partir de cette courbe, l'amplitude X_m, la période T_0 et la pulsation ω_0 des oscillations de **I**.

b- Ecrire l'équation horaire du mouvement de **I**.

c- Déterminer la valeur algébrique de la vitesse initiale V_0.

Partie-II :

Une étude énergétique du système {S, ressort, Terre} a fourni des résultats rassemblés dans le tableau ci-dessous :

$\sin^2(\omega t+\varphi)$	0	0,25	0,5	0,75	1
$Ep(10^{-2}J)$	0	0,5	1	1,5	2

1°) Tracer la courbe représentant l'énergie potentielle $E_p = f(\sin^2(\omega o t + \varphi_x))$.

Echelle : En abscisses : **2 cm —» 0,25 unité de $\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x)$**

En ordonnées : **1 cm ----» $0{,}4.10^{-2}$ J.**

2°)

a- Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle du système en fonction du temps. Justifier l'allure de la courbe $E_p = f[\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x)]$.

b- Déduire la valeur de la constante de raideur K du ressort.

3°) Exprimer l'énergie mécanique totale E du système en fonction de K et de l'amplitude X_m des oscillations. Calculer la valeur de E.

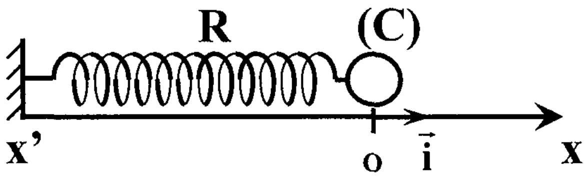
4°)

a- Calculer les valeurs de la vitesse de I aux instants $t_1 = 5\pi.10^{-2}$ s et $t_2 = \frac{5\pi}{6}.10^{-2}$s

b- Calculer la variation de l'énergie cinétique de (S) entre les instants t_1 et t_2.

Exercice N°5 :

A) Les frottements *sont* supposées négligeables.



On considère l'oscillateur représenté ci-contre, formé par un ressort R de Raideur **K = 20N.m**$^{-1}$ et un corps C supposé ponctuel de masse **m = 200g**. On écarte le corps(**C**) de sa position d'équilibre **O**, jusqu' au point M_o d'abscisse x_0 **(**$x_o<0$**),** puis on le libère à la date $t_o=0s$ sans vitesse initiale.

1°) Etablir l'équation différentielle du mouvement du corps C et en déduire la nature de son mouvement.

2°) Calculer la période T_o des oscillations de *C*.

3°) Exprimer l'énergie potentielle E_p du système {R, C) en fonction du temps.

4°) On donne la courbe de variation de E_p en fonction du temps **figure (1)**.

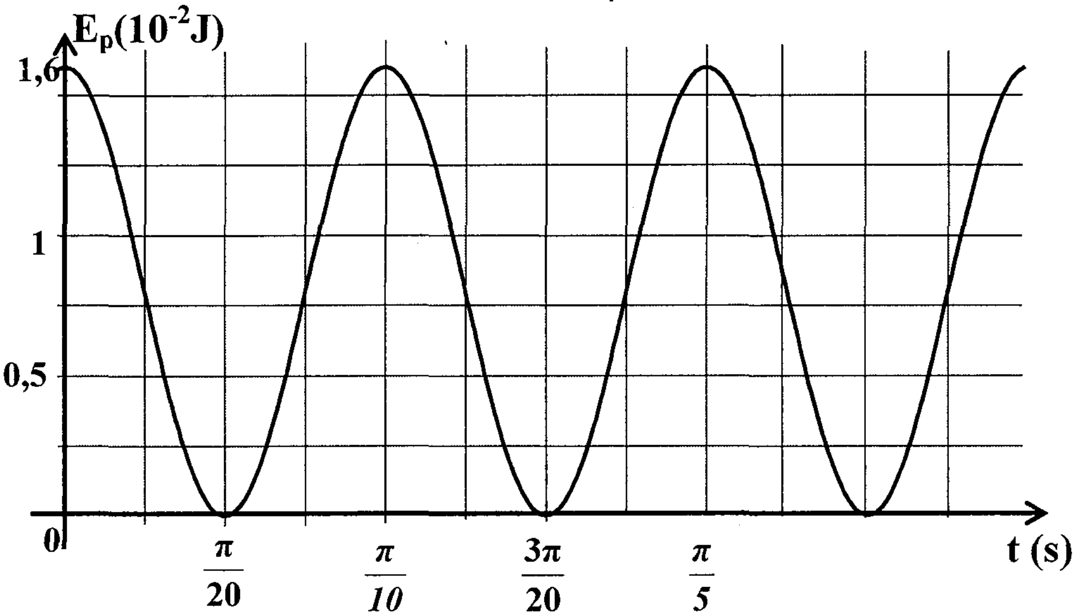


Figure 1

a- Comparer la période T des variations de E_p et la période propre T_o des oscillations de C.

b- Déterminer L'amplitude X_m des oscillations de C et écrire l'équation horaire de son mouvement.

B) Les **frottements ne sont plus négligeables**

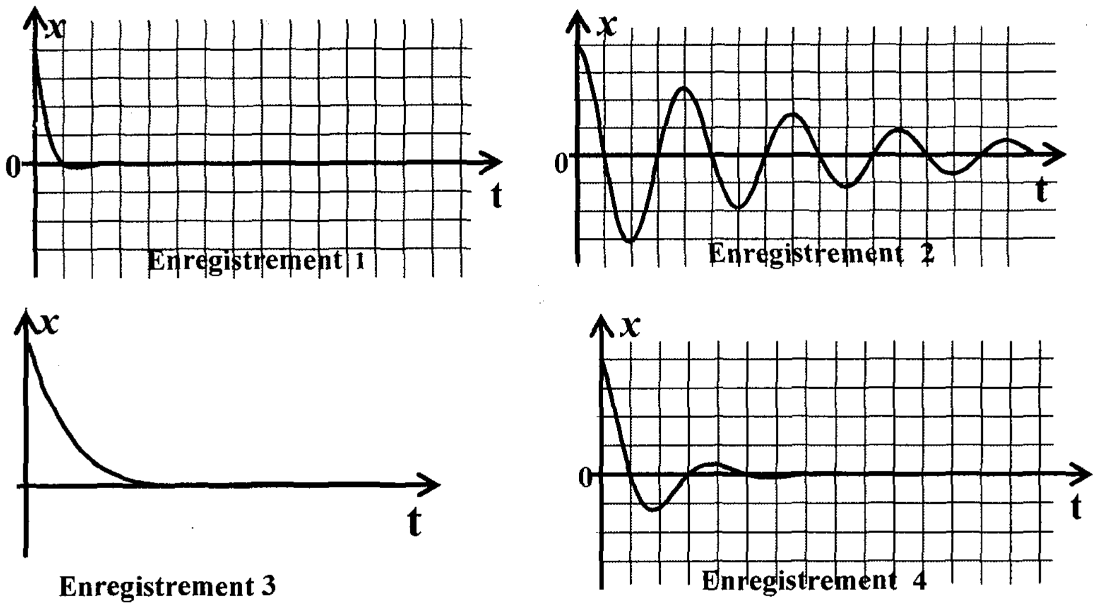
Dans cette partie le corps (**C**) est soumis à une force de frottement de type visqueux, (**h** est une constante positive).

1°) Etablir l'équation différentielle du mouvement du corps **C.**

2°) Montrer que l'énergie mécanique de l'oscillateur diminue au cours du mouvement de **C.**

3°) Sur la **figure 2**, on a porté dans un ordre quelconque et à la même échelle Enregistrements mécaniques traduisant les variations de ***x*(t)**, avec $h_1<h_2<h_3<h_4$, ainsi qu'un tableau incomplet.

Compléter le tableau, on précisera à quelle valeur hi correspond chaque enregistrement ainsi que le nom du type de mouvement sachant que l'un de ces diagrammes correspond au retour le plus rapide de (C) vers son état d'équilibre.



	h_i (i = 1, 2, 3, 4)	Nature du mouvement
Enregistrement n°1		
Enregistrement n°2		
Enregistrement n°3		
Enregistrement n°4		

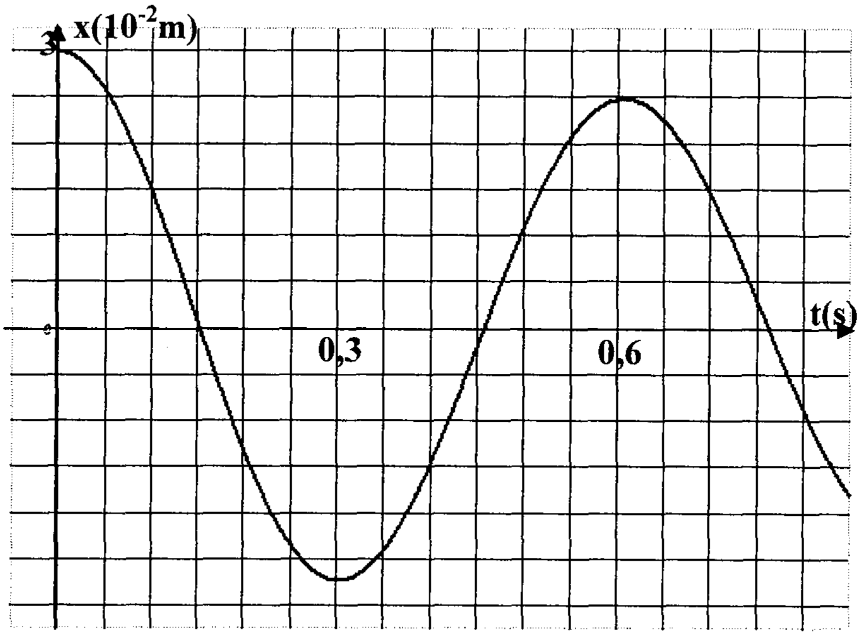
Exercice N°6 :

Un pendule élastique horizontal formé d'un ressort R et un solide (S) de masse **m = 0,5 kg** pouvant glisser sur une tige. (S) est soumis à une force de frottement $\vec{f} = -h.\vec{v}$

1°) L'équation différentielle de cet oscillateur s'écrit : $2\frac{d^2x}{dt^2} + 8\frac{dx}{dt} + 200x = 0$

Déterminer la constante de raideur K du ressort et le coefficient de frottement h.

2°) On écarte (S) de sa position d'équilibre et on l'abandonne à **t = 0** sans vitesse initiale, son abscisse x varie au cours du temps suivant la courbe ci-après.



a- Déterminer graphiquement la pseudo période T des oscillations.

b- Quelle est l'énergie mécanique initiale de l'oscillateur ?

c- Calculer l'énergie dissipée.

3°)

a- Déterminer l'expression de l'énergie mécanique de l'oscillateur pour une abscisse x quelconque.

b- Déterminer l'expression de la variation $\frac{dE}{dt}$ de l'énergie mécanique de l'oscillateur. Que peut-on conclure ?

c- Calculer la valeur $\frac{dE}{dt}$ à l'instant où la vitesse de (**C**) vaut **$0,3 m.s^{-1}$**.

4°) Représenter dans un même repère l'allure de la courbe donnant les variations **x =f(t)** dans le cas d un amortissement nul, d'un amortissement faible et d'un amortissement important.

A-Physique

Thème-2- Evolution du système mécanique : le pendule élastique

Chapitre 2 : Oscillations forcées en régime sinusoïdal

Exercice N°1 :

Un pendule élastique est formé d'un solide (S) de masse **m = 0,1 Kg** suspendu à un ressort de raideur **k = 90 Nm^{-1}**. Le solide (S) est un aimant, il est excité par un électroaimant qui exerce sur lui une force $\vec{F}$ de valeur algébrique sur l'axe xx' $F = F_m \sin \omega t$, avec $F_m = 4,5$ N et ω variable.

1°) On néglige les frottements sur (S) :

a- Etablir l'équation horaire du mouvement de S pour $\omega = 40$ rad.s^{-1}.

b- On fait varier ω de l'excitateur. Représenter la courbe $X_m(\omega)$.
Que remarque-t-on à la résonance ?

2°) Le solide (S) est soumis à !a force de frottement $f = -hv$ avec $h = 0,5$ Kg s^{-1}

a- Etablir l'équation horaire du mouvement de S pour $\omega = 40$rad.s^{-1}. Calculer X_m et φ_x.

b- On fait varier ω pour quelle valeur ω_r obtient-on la résonance d'élongation? Calculer X_m et φ_x à la résonance

c- Représenter la courbe $X_m(\omega)$. Que devient cette courbe si $h = 4$ Kg.s^{-1} ?

3°)

a- Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur dont la solution est $V = V_m.\sin(\omega t+\varphi_v)$. Calculer V_m et φ_v pour $\omega = 40$ rads^{-1}. Retrouver l'équation horaire du mouvement de S

b- si ω varie, pour quelle valeur ω_R obtient-on la résonance de vitesse. Déterminer les expressions **V(t) et x(t)** ?

4°)

a- Montrer que l'énergie mécanique **E** de l'oscillateur n'est pas constante pour $\omega = 40$rad.s^{-1}. Calculer sa valeur E_1 au passage de **S** par sa position d'équilibre et sa valeur E_2 au passage de S par sa position $x=x_m$

b- Calculer **E** à la résonance de vitesse.

5°)

a- Calculer la puissance moyenne consommée par l'oscillateur pour $\omega = 40$rad.s^{-1}.

b- Pour quelle valeur de ω cette puissance est-elle maximale ? Calculer la valeur de cette puissance ainsi que l'énergie W absorbée par l'oscillateur pendant chaque période.

Exercice N°2 :

Un oscillateur mécanique formé d'un solide (S) de masse m et d'un ressort de raideur K est excité par une force sinusoïdale $\vec{F} = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)\vec{i}$ de pulsation ω variable. Au cour de son mouvement le solide (S) subit l'action d'une force de frottement $\vec{f} = -hv\vec{i}$, h est une constante positive et v la vitesse instantanée du centre d'inertie G du solide (S). La position de G lorsque (S) est en équilibre coïncide avec O origine du repère (O, $\vec{i}$).

Pour une pulsation ω_1, de ω, les variations en fonction du temps de **F(t) et x(t)** abscisse de G sont représentes sur le graphique ci-dessous. Figure 1.

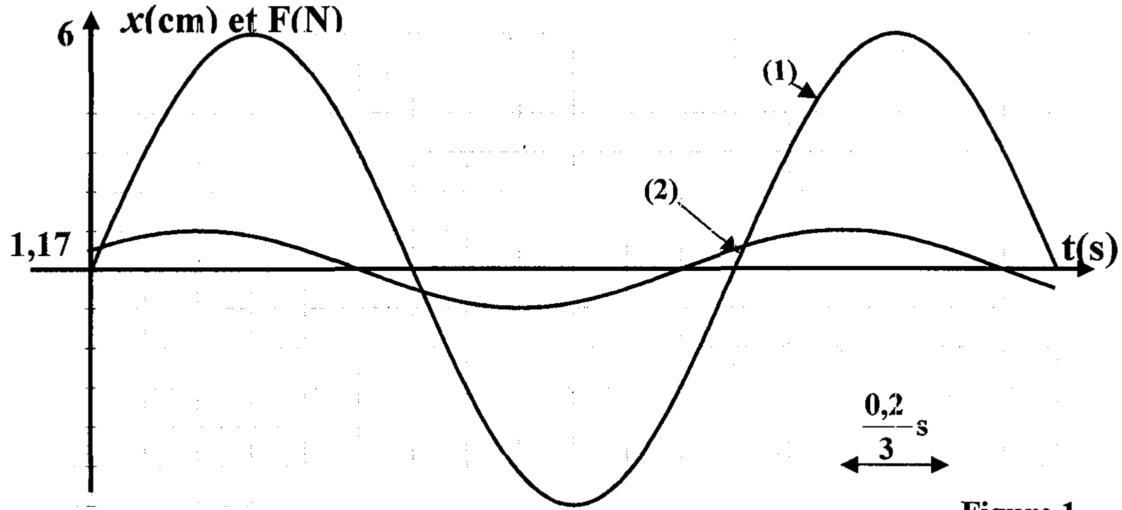


Figure 1

1°) A partir du graphique :

a- Identifier les courbes. Justifier la réponse.

b- Déterminer la pulsation ω_1.

c- Déterminer le déphasage

d- Ecrire les expressions de **x(t) et F(t).**

2°) Etablir l'équation différentielle en **x(t)** de l'oscillateur.

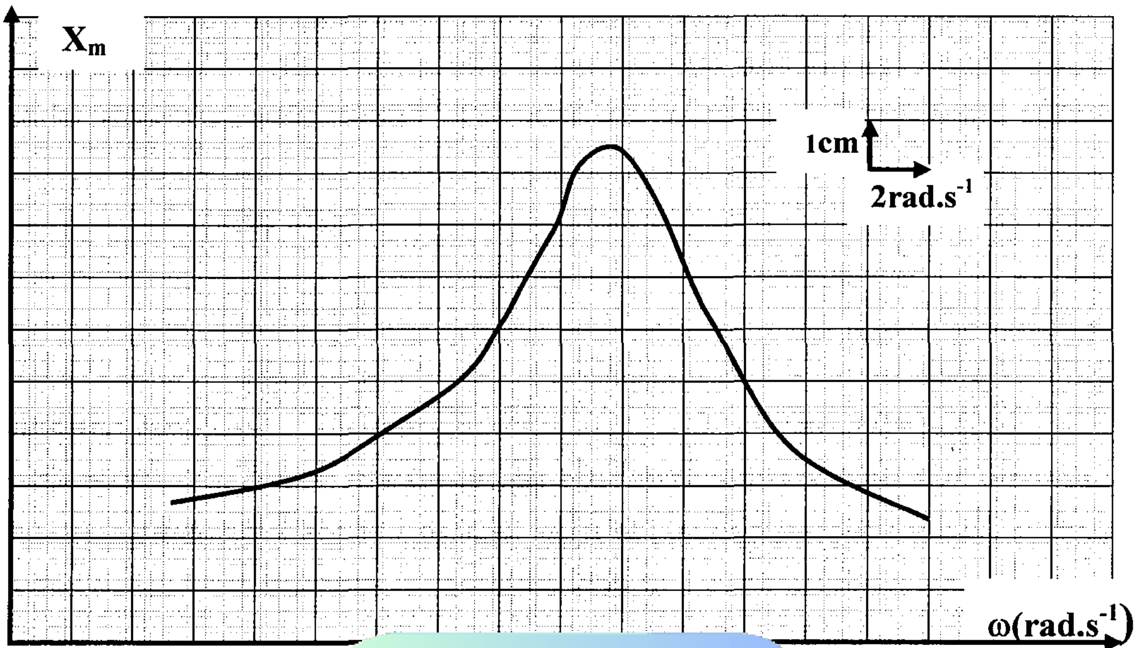
3°)

a- Faire pour $\omega = \omega_1$ la construction de Fresnel relative à l'équation différentielle précédente.

b- En déduire qu'on a : $\frac{\sqrt{3}}{3}\left(K - m\omega_1^2\right) - h\omega_1 = 0$

c- Calculer h.

4°) On fait varier la pulsation ω de la force excitatrice et on suit les variations de l'amplitude X_m de l'élongation x(t) du mouvement du point G. On obtient la **Figure-3**.



A partir de ce graphe, déterminer :

a- La pulsation ω_r de résonance d'amplitude

b- La pulsation $\omega_2 \neq \omega_1$ on qui permet d'obtenir des oscillations d'amplitude égale à celle obtenue avec ω_1.

5°) Sachant que la pulsation $\omega_0 = 20 rd.s^{-1}$, **x(t)** est en quadrature retard sur **F(t),** déterminer pour cette pulsation :

a- $\varphi_F - \varphi_v$, que peut-on dire de **F(t) et v(t),** écrire l'expression de **v(t).**

b- Quel phénomène se produit pour cette pulsation ? Que représente ω_0 ?

6°)

a- Calculer m et k.

b- Retrouver théoriquement ω_2.

Exercice N°3 :

Un pendule élastique horizontal est constitué d'un ressort de raideur k et d'un solide (S) de masse m. Le solide (S), soumis à une force de frottement $\mathbf{f} = -h\,\mathbf{v}$, est mis en mouvement par une force excitatrice horizontale **F** de valeur algébrique $F = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$ sur un axe (X'X) d'origine la position d'équilibre du centre d'inertie G de (S).

1°) Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur avec la variable x (élongation de G sur (X'X)).

2°) La solution de cette équation est $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$.

Déduire l'expression de la valeur algébrique **T(t)** de la tension du ressort T.

3°) On donne les courbes **F(t) et T(t)** pour une valeur de ω . **(figure 1).**

a- Représenter le diagramme de Fresnel relatif aux forces pour $\omega < \omega_0$ (pulsation propre du pendule).

b- Montrer que la courbe **(1)** est celle de **F(t).**

c- Déduire du graphique le déphasage $(\varphi_F - \varphi_T)$. Montrer que $(\varphi_F - \varphi_x) = \pi/3$ rad.

d- Déterminer les expressions de T(t) et de F(t) (préciser les valeurs de F_m, T_m, φ_F et φ_T)

e- On donne $h = \sqrt{3}\ kg.s^{-1}$. Calculer les valeurs de **X_m, k et m.**

f- Montrer que l'oscillateur est en résonance d'élongation.

4°) On fait varier ω.

a- Donner, en fonction de ω, l'expression de la puissance moyenne consommée par le pendule.

b- Pour quelle valeur de ω, cette puissance est-elle maximale ?

c- Quels changements obtient-on alors sur la figure 1.

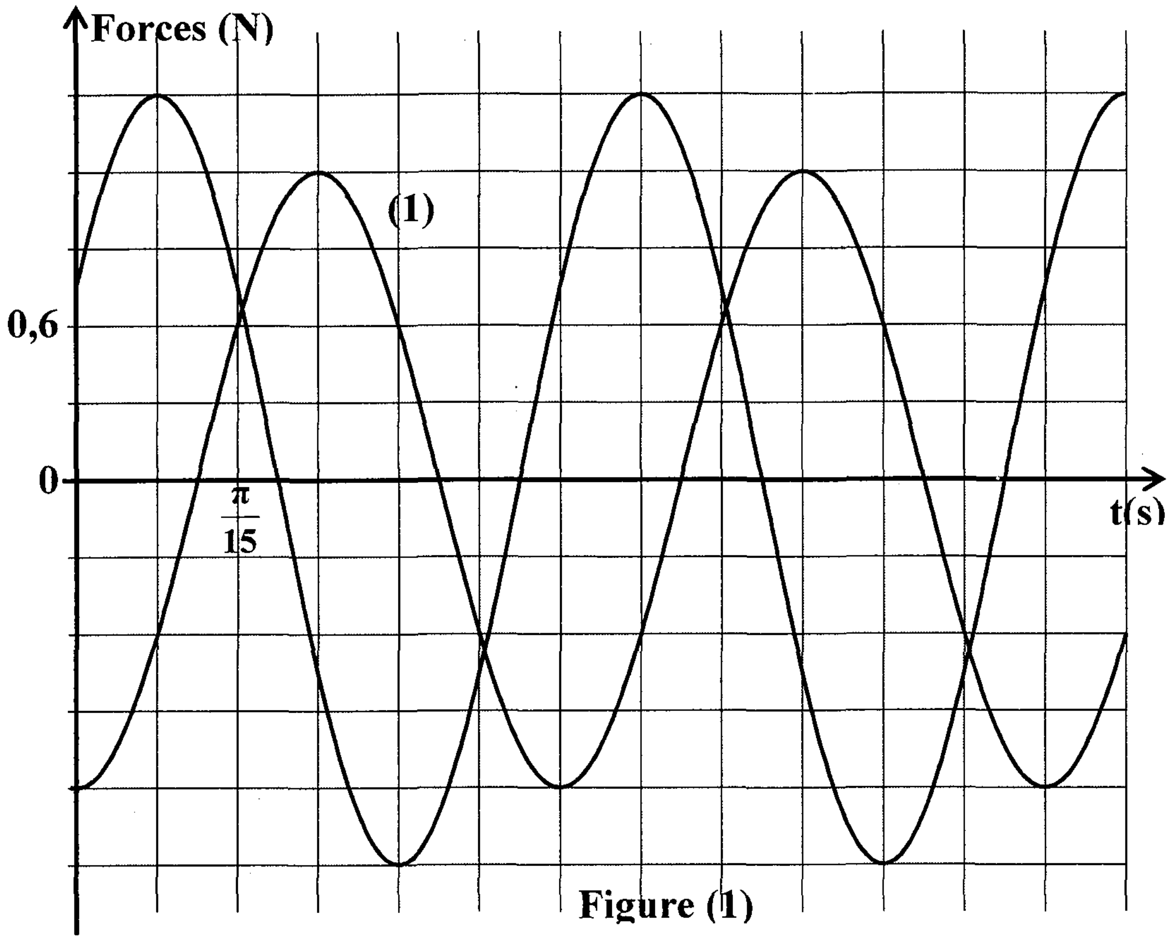


Figure (1)

Exercice N°4 :

Un pendule élastique (**m=160g ; k=100N.m^{-1}**) est excité par une force

$F = F_m \sin(t - \frac{\pi}{2})\vec{i}$, la pulsation ω est réglable.

Le solide est en plus soumis à une force **f=-hv.**

F_m=0,6N, h=2,4 kg.s^{-1}, ω=20 rd.s^{-1}

1°) Exprimer **F** en fonction de **m, k,h, v**

2°) Déterminer **v(t) et x(t)**

3°) Déterminer les valeurs maximales de la tension du ressort et de la force de frottement.

4°) Calculer l'énergie mécanique consommée par l'oscillateur en une minute.

5°) On ajoute progressivement des masses marquées attachés au solide.

Montrer que pour une valeur particulière mo des masses marquées L'amplitude de vitesse prend valeur maximale v_0 ,calculer v_0.

- Comparer et interpréter physiquement le résultat obtenu.

-Déterminer l'impédance mécanique de l'oscillateur.

Exercice N°5 :

On considère le pendule élastique horizontal représenté sur la **figure 1**

➢ (R) : ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur $K = 40\ N.m^{-1}$.

➢ (S) : solide ponctuel de masse m = 0,2 Kg et de centre d'inertie G, attaché à l'extrémité libre du ressort (R) . A l'équilibre S se trouve au point O. O étant l'origine du repère $(O,\vec{i})$.

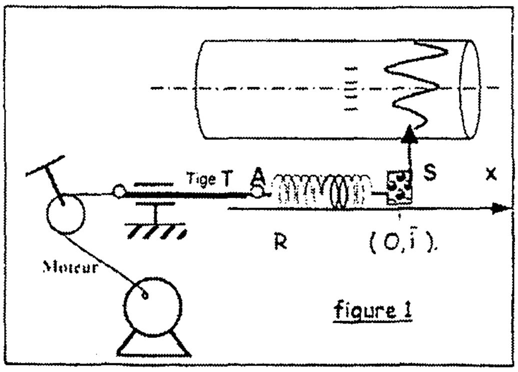


figure 1

Le moteur tourne avec la vitesse angulaire constante w. l'oscillateur est alors excité par la force $\vec{F} = F_m \sin(\omega t).\vec{i}$ avec $\mathbf{F_m=2N}$.

1°) Montrer que l'élongation x, sa dérivé première $\frac{dx}{dt}$ et sa dérivée seconde $\frac{d^2x}{dt^2}$ vérifient la relation $\mathbf{m}\frac{d^2x}{dt^2} + \mathbf{h}\frac{dx}{dt} + \mathbf{k}.x = \mathbf{F}$

2°)

a- Pour $\omega = \mathbf{10 rad.s^{-1}}$ complétez à l'échelle sur la **figure 2** la construction de Fresnel.

b- Déterminer $\mathbf{X_m}$ et $\Delta\varphi = \varphi_F - \varphi_x$

c- Donner l'expression de x**(t)** en fonction de temps ;

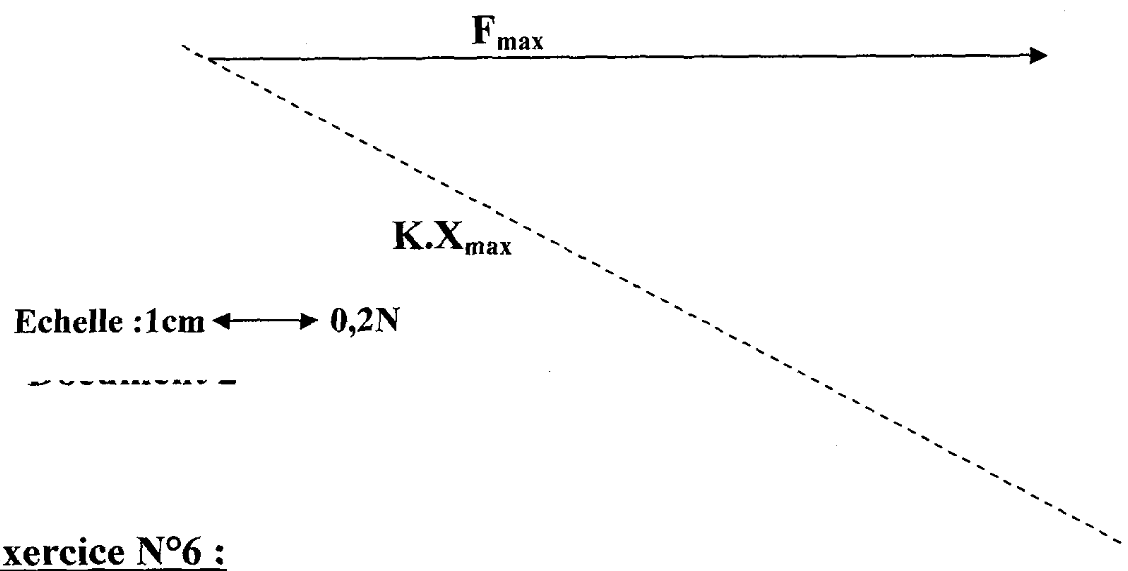
d- L'amplitude $\mathbf{X_m}$ est maximale pour une valeur ω_r de la pulsation ω. Etablir l'expression de ω_r en fonction de ω_0, **h et m** : calculer ω_r

3°) Par une analogie avec l'oscillateur électrique

a- Déduire l'expression de l'amplitude $\mathbf{V_m}$ de la vitesse **v(t)**

b- Montrer qu'a la résonance de vitesse, on a :

- $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$.
- L'impédance mécanique $\mathbf{Z_{mec} = h}$.
- L'énergie de l'oscillateur est constante.



Exercice N°6 :

Un pendule horizontal est formé par un solide S de masse m = 0,1 kg fixé à l'extrémité d'un ressort détracteur k = 40 N/m. L'autre extrémité est reliée à un moteur qui exerce une force excitatrice **F =Fm.sinωt** avec Fm est une constante, ω est réglable à volonté. Au cours du mouvement, le solide S est soumis à des forces de frottement visqueux, **f = -h. v (h > 0).**

1°) Etablir l'équation différentielle relative à l'abscisse x de S puis relative à la vitesse v.

2°) L'enregistrement graphique montre que : $\mathbf{x = 5.10^{-2}\sin(30t - \frac{2\pi}{3})}$

Faire la construction de Fresnel et déduire :

a- L'amplitude $\mathbf{F_m}$ de la force excitatrice.

b- Le coefficient **h** de frottement

c- Exprimer **T(t)** et **f(t)** en précisant les valeurs de leurs paramètres.

T(t) : tension du ressort, f(t) : la force de frottement

3°) On règle la pulsation ω à une valeur telle que **T(t)** soit en quadrature avance par rapport à **F(t).**

a- Montrer que dans ces conditions l'oscillateur est en état de résonance de vitesse.

b- Déterminer alors la valeur de ω et l'expression de **f(t).**

c- Comparer **f(t) et F(t).** Interpréter le résultat obtenu.

d- En utilisant l'analogie électromécanique, calculer la puissance P_o absorbée par l'oscillateur.

Exercice N°7 :

Un oscillateur est constitué d'un ressort de masse négligeable et de constante de raideur K et d'un solide **(S)** ponctuelle de masse **m** pouvant glisser sur un plan horizontal.

1°) En supposant tous les frottements négligeables; établir l'équation différentielle du mouvement du solide **(S)** et déduire l'expression de la période propre T_0 de l'oscillateur.

2°) Les oscillations du solide **(S)** sont amorties par des forces de frottement de la forme $f = -hv$. L'oscillateur est excité par une force horizontale de la forme $F = Fm \sin \omega t$.

a- Etablir l'équation différentielle en x relative au mouvement du solide (S)

b- L'équation horaire du mouvement du solide (S) est $x = X_m \sin(\omega t+\varphi)$. Etablir en utilisant la construction de Fresnel, l'expression de l'amplitude X_m et déduire l'expression de la pulsation ω_r qui correspond à la résonance d'amplitude.

3°) On réalise trois expériences, on trouve.

- Le temps de 5 oscillations de l'oscillateur non amorti est égal à $t_1 = 2,5\ s$
- La valeur limite h_0 du coefficient de frottement est égale à $3,67 kg.s^{-1}$ pour que la résonance d'amplitude devient impossible ($\omega_r = 0$).
- Le temps de 5 oscillations de l'oscillateur forcé à la résonance égal à $t_2=2,75s$.

a- Déterminer à partir de ces expériences la période propre de l'oscillateur non amorti, la constante de raideur **K** du ressort et le coefficient de frottement **h**.

b- Calculer te déphasage $\Delta\varphi$ de l'élongation par rapport à la force excitatrice pour $\omega=15\ rad.s^{-1}$

4°)

a- Donner l'expression de l'énergie mécanique E de l'oscillateur pour une position quelconque d'abscisse **x** et montrer qu'à la résonance de vitesse, cette énergie **E** est constante.

b- Trouver l'expression de **v(t)** en déduire **x(t)** à la résonance de vitesse.

c- Calculer à la résonance de vitesse :

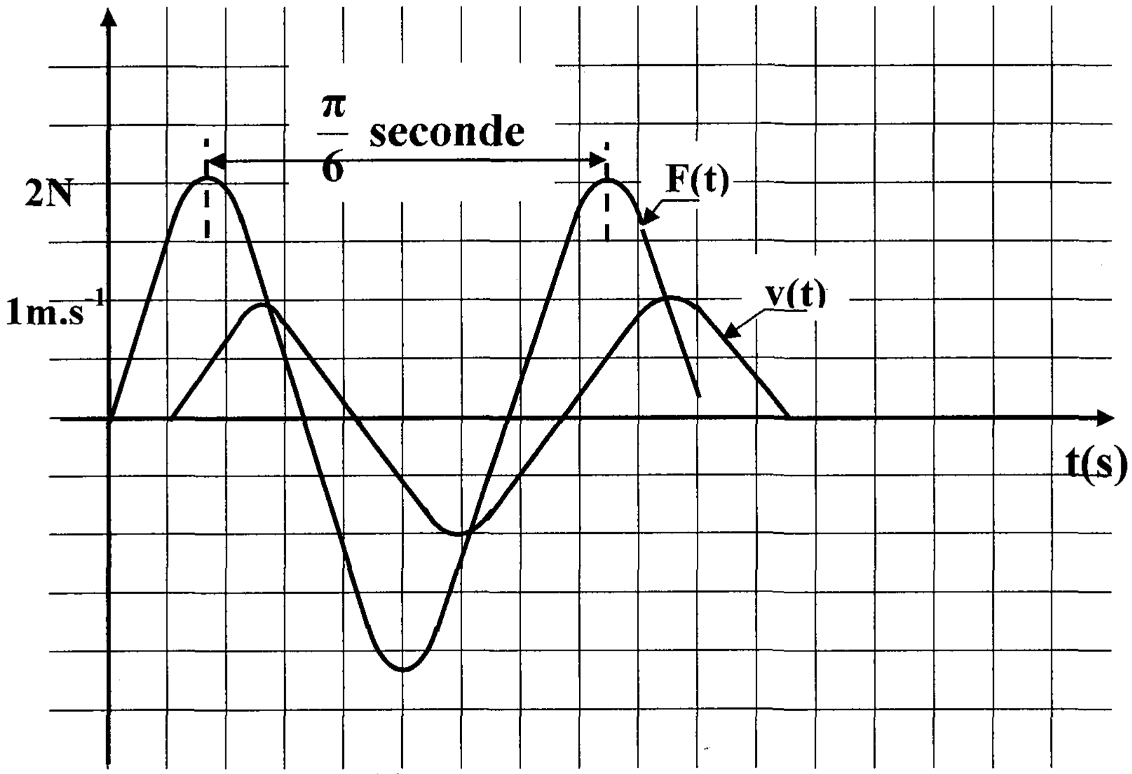
- La valeur de l'énergie mécanique à la position d'équilibre et celle à la position d'élongation maximale.
- L'impédance mécanique de l'oscillateur. On donne $F_m = 4,5\ N$.

Exercice N°8 :

I- On considère un oscillateur mécanique, constitué par un ressort vertical de raideur k fixé à un solide (S) de masse m périodiquement excité par une force $\vec{F}$ de pulsation ω variable tel que $F = Fm \sin(\omega t + \varphi_p)$, le solide est soumis à une force de frottement $\vec{f} = -h\vec{v}$ où $\vec{v}$ est le vecteur vitesse instantanée du solide ; l'axe des abscisse **x** est vertical orienté vers le bas dont l'origine est la position d'équilibre de solide

On admet que $v(t) = V_m \sin(wt + \varphi_v)$

Une étude expérimentale, des oscillations du solide(S) a permit de tracer les courbes ci-dessous :



1°) A partir de ce graphique :

a- Déterminer les expressions de F(t) et v(t)

b- A l'aide de la construction de Fresnel, déduire la valeur de h.

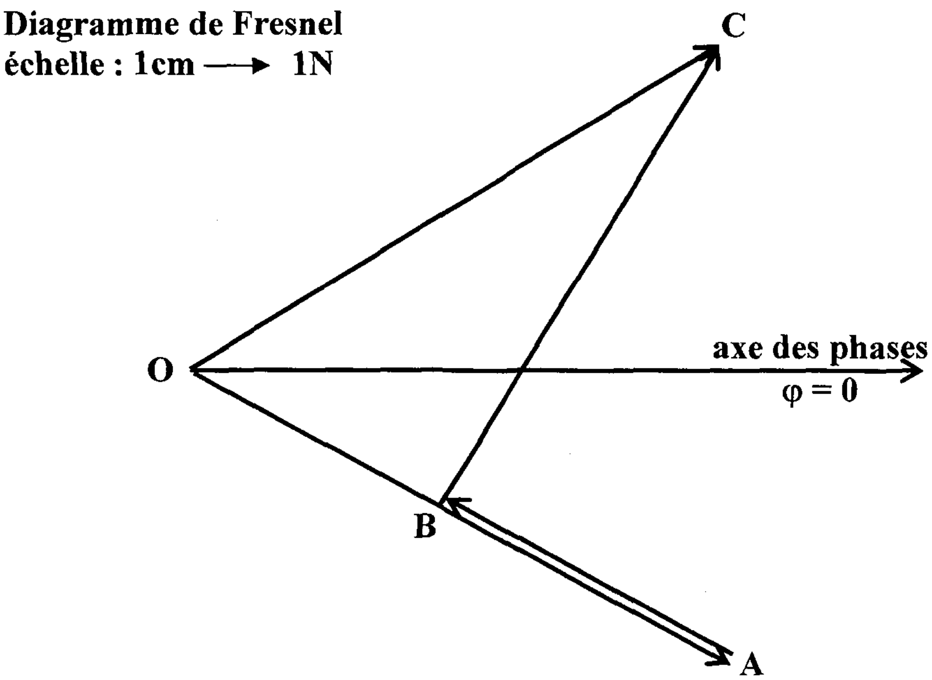
c- Calculer la puissance mécanique moyenne dissipée par l'oscillateur.

2°) On fait varier la pulsation de l'excitateur et on remarque V_m atteint une valeur maximale pour $\omega=\omega_1=10 rad.s^{-1}$. En déduire les valeurs **K et de m**.

II- On fixe maintenant $\omega = \omega_2$, $h = h_2$; $k = 50 N.m^{-1}$ et on fait varier la valeur de la masse m, lorsque la masse prend la valeur **m=40g**. On obtient le diagramme de Fresnel (voir figure) associé à l'équation différentielle en x du mouvement.

1°) A partir du diagramme calculer les valeurs de : l'amplitude X_m du mouvement, la pulsation ω_2, le coefficient de frottement h_2, le déphasage de élongation **x(t)** du résonateur par rapport à la force excitatrice **F(t)**.

2°) Etablir la loi de variation **x = f(t)** du mouvement du solide (S).



Exercice N°9 :

On considéré le dispositif de la **figure1** : **S** : Solide supposé ponctuel, de masse **m= 200g.**

R : ressort de raideur $\mathbf{K = 20N.m^{-1}}$.

Le solide S est soumis à :

- Des frottements visqueux de la forme $\vec{f} = -h\vec{v}$ **où** $\vec{v}$ est le vecteur vitesse de **S** et h est une constante positive.
- Une force excitatrice $\vec{F} = F_m \sin(\omega t).\vec{i}$ exercée par un dispositif non représenté jouant le rôle d'un excitateur. F_m est constant, ω est réglable.

L'enregistrement graphique du mouvement du solide S permet de tracer la courbe de **la figure 2 :**

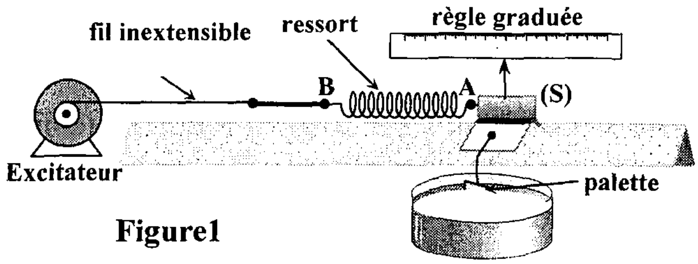


Figure1

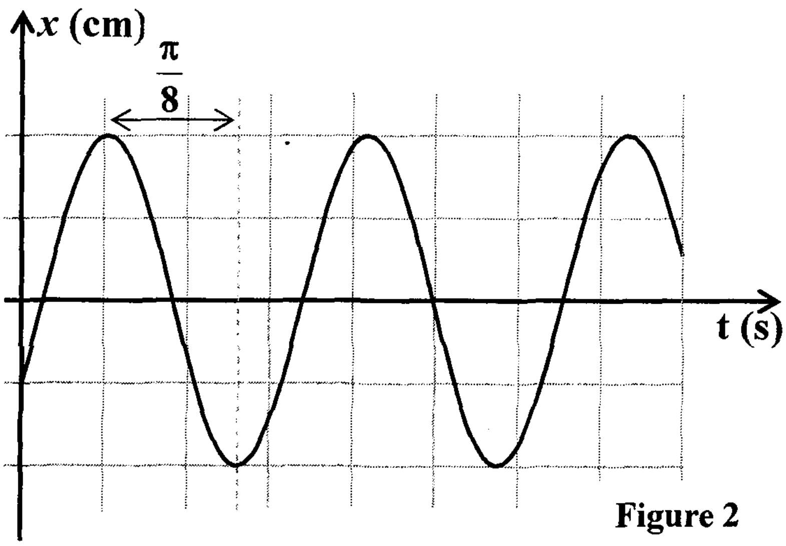


Figure 2

1°) Rappeler le rôle de l'excitateur.

2°)

a- Déterminer l'expression de l'élongation **x(t)** du solide **S** en précisant les valeurs de tous les paramètres.

b- Montrer que l'enregistrement confirme le régime forcé des oscillations.

3°)

a- Etablir l'équation différentielle relative à l'abscisse **x** du solide **S**.

b- Faire la construction de Fresnel correspondant à cet état d'oscillations, (sur la figure **3-** échelle : **1cm → 0,2 N**)

c- Déduire la valeur de l'amplitude F_m de la force excitatrice et celle du coefficient h de frottement

4°) On donne : $h = 0{,}625 kg.s^{-1}$; $F_m = 0{,}7N$.

On fait varier la pulsation w de l'excitateur. Pour une valeur ω_1 de ω on constate que l'amplitude V_m **de la vitesse est maximale.**

On rappelle que l'intensité maximale I_m du courant dans un circuit **RLC** série forcé a pour expression:

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

a- En utilisant l'analogie électrique-mécanique donné, en justifiant, l'expression de l'amplitude V_m de la vitesse.

b- Déduire l'expression de ω_1 et calculer sa valeur.

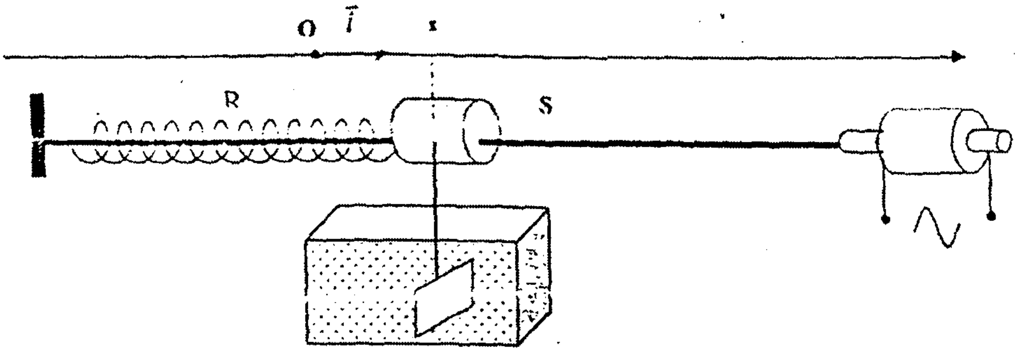
c- Déterminer l'expression de **f(t)**. (**f(t)** étant la valeur algébrique de la force de frottement)

d- Donner l'expression de l'énergie mécanique de l'oscillateur. Montrer dans ces conditions qu'elle est constante et calculer sa valeur. **(axe des phases φ=0)**

Exercice N°10 :

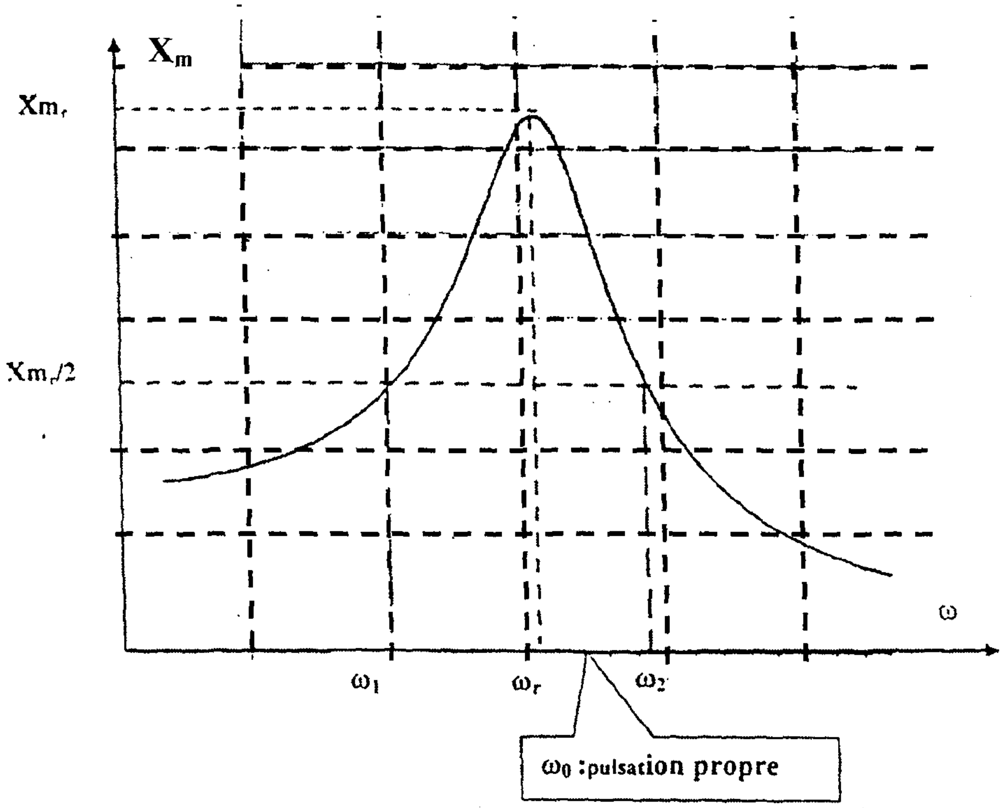
Le dispositif de la figure ci-dessous permet d'étudier expérimentalement les oscillations horizontales forcées d'un pendule élastique. Le ressort (R) de masse négligeable, à spires non jointives est de raideur k. Le solide (S) de masse m est attaché à Tune des extrémités de (R). L'autre extrémité est fixe. Le solide peut coulisser sur la tige sans frottement mais subit au cours des oscillations un frottement visqueux exercée par un amortisseur constitué d'une plaque (P) de masse négligeable se déplaçant dans un liquide. Le mouvement du solide est étudié par rapport au repère (O, $\vec{i}$), **O** étant la position de son centre d'inertie lorsqu'il est au repos .On notera x et $v = \frac{dx}{dt}$ l'élongation et la vitesse du solide à une date t quelconque au cours des oscillations.

Un électroaimant exerce sur (S) une force excitatrice $\vec{F} = F(t).\vec{i}$ avec $F(t) = F_m \sin(\omega t)$ de façon que F_m reste constante même si on modifie la fréquence excitatrice, la force de frottement visqueux est : $\vec{f} = h.v.\vec{i}$ avec **h** le coefficient de frottement visqueux. L'équation horaire du mouvement de (S) est ainsi : $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$.



1°) Etablir l'équation différentielle des oscillations de (S) en fonction de

2°) L'étude expérimentale de l'amplitude $X_m = f(\omega)$ a conduit à la courbe ci-dessous.



Nommer le phénomène spécifique à la pulsation ω_r

3°) Il existe deux pulsations excitatrices ω_1 et ω_2 pour les quelles : (voir courbe ci-dessus). On vous propose deux constructions de Fresnel incomplètes : l'une relative à la pulsation $\omega 1$ et l'autre relative à la pulsation ω_2. Les deux constructions sont représentées sur la **fig 1 et la fig 2**.

a- Attribuer en justifiant la réponse chaque construction à sa pulsation

b- Compléter la construction de la **fig 2**

c- En déduire la valeur de ω correspondante de X_m et de **h**.

on donne : **k=14,4 Nm^{-1} et m= 0,1 kg Fm =0,4 N.**

4°) On rappelle que $X_m = \dfrac{F_m}{\sqrt{h^2\omega^2 + (m\omega^2 - k)^2}}$

a-Montrer que : $\omega_r = \sqrt{\dfrac{K}{m} - \dfrac{h^2}{2m^2}}$ puis calculer sa valeur

b- Préciser comment varient X_{mr} et ω si on augmente la surface de la plaque(P).

c- Montrer qu'a partir d'une valeur limite $\mathbf{h_0}$ que l'on demande de déterminer le phénomène spécifique à la pulsation ω_r n'est plus réalisable.

5°) Soit un dipôle RLC constitué :

- d'un condensateur de capacité **C=20µF.**
- d'une bobine purement inductive d'inductance **L= 0,25 H**
- d'un résistor de résistance R.

a- Exprimer par analogie : mécanique –électrique l'amplitude $\mathbf{Q_m}$ de la charge q(t) du condensateur en fonction de **R, L, C et Um**

b-Déterminer la valeur de R sachant que la fréquence de résonance de charge est $\mathbf{N_r = 70,6\ Hz.}$

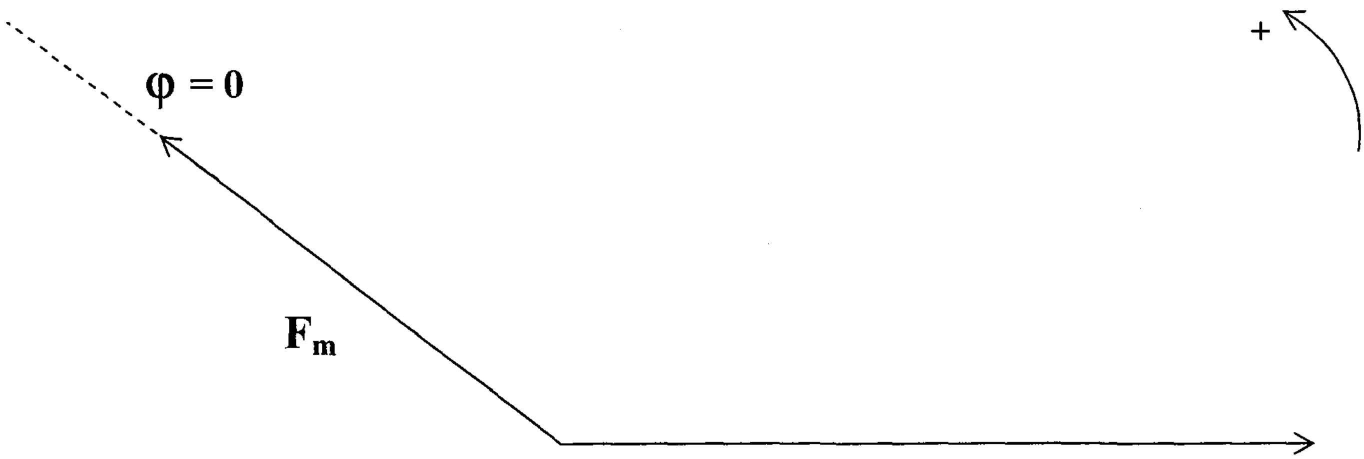


Figure 1

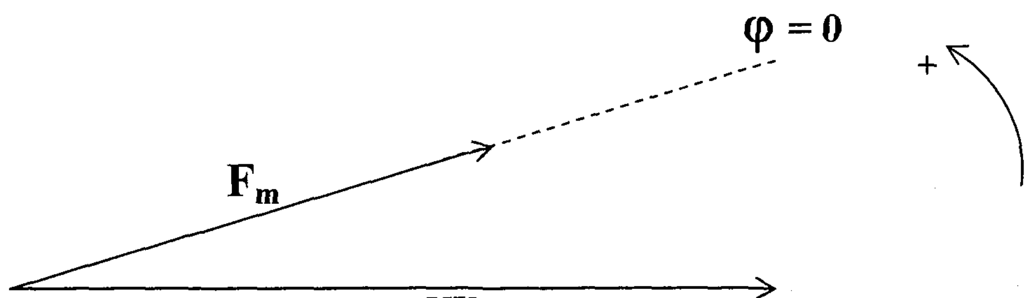


Figure 2

Echelle :
2cm ⟶ **0,1N**

A-Physique

Thème -3- Les ondes

Chapitre-1- Les ondes mécaniques progressives

A- Onde progressive le long d’une corde élastique

Exercice N°1 :

Un vibreur entretenu électriquement est animé d'un mouvement sinusoïdal de fréquence **N=50Hz**. Dans tout le problème on supposera l'amortissement des ondes négligeables lors de la propagation.

La lame du vibreur est fixée l'extrémité **O** d'une corde élastique tendue horizontalement, l'autre extrémité de cette corde comporte un dispositif qui empêche la réflexion des ondes. Le vibreur impose au point **O** un mouvement sinusoïdal vertical d'amplitude $a = 5.10^{-3}$ **m.**

1°) Définir la longueur d'onde de la vibration et calculer sa valeur, sachant que la célérité le long de la corde est $V = 10 m.s^{-1}$.

2°) En prenant comme origine des temps l'instant où la lame de vibreur passe par sa position d'équilibre dans le sens des élongations positives.

a- Ecrire l'équation du mouvement du point **O**.

b- Ecrire l'équation du mouvement d'un point **A** de la corde à **5cm** de **O** et de celle du mouvement d'un point **B** situé à **15cm** de **O**. Quelle est la différence de phase entre les mouvements des points **A** et B ? Que peut-on dire de ces mouvements ?

3°)

a- Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_1=0,04s$.

b- Determiner les abscisses des points de la corde qui vibrent en phase avec le point O ?

c- Quelles sont les abscisses des points de la corde qui vibrent en opposition de phase avec le point O ?

4°) À l'instant $t_1= 0,04s$, ou se situent les points de la corde qui ont : une élongation nulle ayant :

a- Une vitesse positive ?

b- Une vitesse négative ?

N.B : La longueur d'onde est **L = 0,8m.**

Exercice N°2 :

L'extrémité d'une corde de longueur **L = 1m** est animé d'un mouvement sinusoïdal transversal d'amplitude a et de fréquence **N = 50Hz.**

L'onde se propage sans amortissement avec une célérité constante.

La source S débute son mouvement à partir de la position d'équilibre en allant dans le sens positif ascendant à la date t = 0s avec la vitesse $0,3\pi$ $m.s^{-1}$.

1°) A quelles conditions obtient-on une onde progressive qui se propage le long de la corde avec une célérité constante.

2°) Vérifier que l'équation horaire de la source S s'écrit :

$Y_s(t) = 3.10^{-3} \sin 100\pi t$ si $t \geq 0$.

3°) Etablir l'équation de la vibration d'un point **M** d'abscisse **SM = x**.

4°)

a- Exprimer en fonction de la longueur d'onde λ les abscisses des poi corde qui vibrent en opposition de phase avec **S**.

b- L'abscisse du quatrième point M_4 qui vibre en opposition de phase avec **S** est $x_4 = 56cm$. En déduire que $\lambda = 16cm$ et calculer la célérité des ondes.

c- Représenter sur le même système d'axes les sinusoïdes des temps $Y_S(t)$ et $Y_{M4}(t)$.

d- Calculer l'élongation et la vitesse du point M_4 aux dates : $t_1 = 4,5.10^{-2}s$ et $t_2 = 8.10^{-2}s$.

5°)

a- Ecrire l'équation du mouvement de tous les points de la corde **Y(x)** à l'instant $t_3 = 7.10^{-2}s$.

b- Représenter l'aspect de la corde à l'instant t_3.

c- Placer sur ce graphique les points de la corde qui ont à cet instant t_3 l'élongation $\frac{a}{2}$ en se déplaçant dans le sens positif.

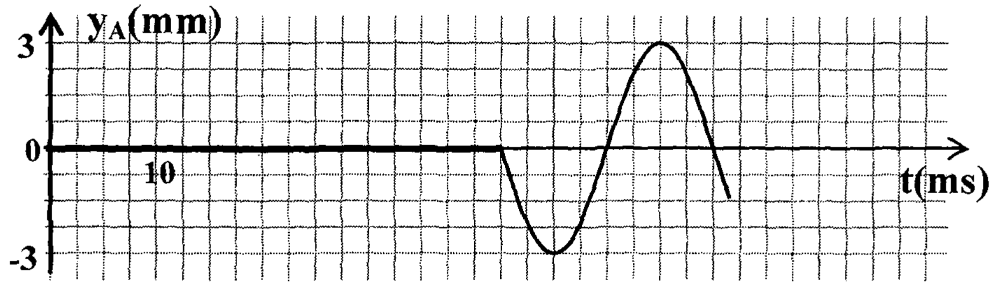
d- Calculer la valeur algébrique de leur vitesse à cet instant.

Exercice N°3 :

L'extrémité **S** d'une onde horizontale tendue, de longueur $L = 1,32m$, est liée à un vibreur en mouvement sinusoïdal de fréquence **N**. Une onde progressive se propage alors le long de la corde avec une célérité **v**. On prendra l'origine des temps, l'instant où le point **S** commence à vibrer avec un mouvement d'équation horaire : $y_s(t) = a \sin(\omega t + \varphi_s)$ avec $a = 3mm$.

1°) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point **M** situé à une distance $x = SM$ de **S**.

2°) La courbe suivante représente la sinusoïde des temps d'un point **A** de la corde tel que $SA = x_A$.



Déduire de cette courbe :

a- La valeur de la fréquence **N** du vibreur, et la date t_A du début du mouvement du point **A**.

b- La relation entre x_A et la longueur d'onde λ.

c- La phase initiale φ_A de $y_A(t)$. Calculer φ_s.

3°) Le point **B**, situé à **90cm** de **S** et le point le plus proche de **A** qui vibre en quadrature avance de phase avec le point **A** précédent.

a- Déterminer, en fonction de λ, les positions $x = SM$, des points **M** vibrant en quadrature de phase par rapport au point **A**.

b- Montrer que $\lambda = 48cm$ et déduire la célérité **v** de l'onde.

4°)

a- Etablir l'équation de la sinusoïde des espaces à la date $t_1 = 4.10^{-2}s$.
Représenter l'aspect de la corde à cette date.

b- Calculer à cette date, les vitesses des points A et B.

<u>Exercice N°4 :</u>

Une corde de longueur **1m** est tendue entre un point **S** d'une lame vibrante et un dispositif qui évite la réflexion des ondes incidentes. A l'origine des dates, le point **S** part de l'origine des élongations avec une vitesse de valeur $v_s = +0{,}4\pi\ ms^{-1}$.

1°) En éclairant la corde par la lumière stroboscopique on constate que la plus grande valeur de la fréquence des éclairs pour laquelle la corde parait immobile est **Ne = 100 Hz**. En justifiant votre réponse, déterminer la fréquence de la lame vibrante.

2°) Etablir l'équation horaire du point **S**.

3°) Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point **M** de la corde situé au repos à la distance **x = SM** de la source.

4°) La plus petite distance entre deux points de la corde vibrant en quadrature de phase est **6cm**.

a- En déduire la célérité **V** avec laquelle l'onde se propage le long de la corde.

b- Déterminer le nombre et la position des points vibrant en quadrature retard avec le point **S**.

5°) On donne les deux courbes suivantes (figure 1 et 2) ; la **figure 1** représente le diagramme du mouvement d'un point M_1 de la corde d'abscisse $x_1 = SM_1$, et la **figure 2** donne l'aspect de la corde à l'instant t_2.

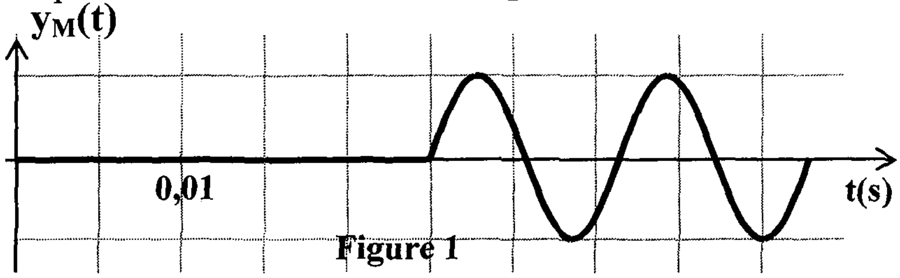


Figure 1

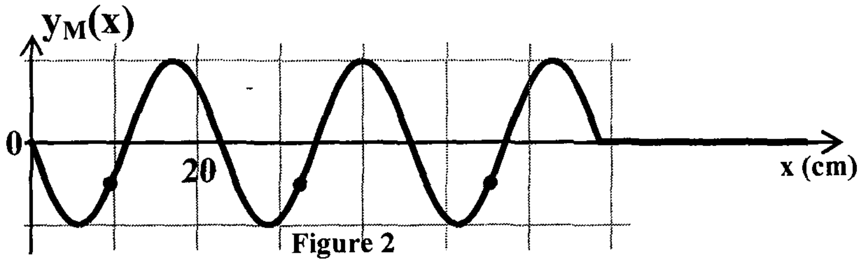


Figure 2

A partir de ces figures déterminer :

a- L'abscisse x_1 de M_1 et l'instant t_2.

b- Déduire de la figure-2- l'aspect de la corde à la date $t_3 = t_2 + T/4$.

6°) Déterminer le nombre et la position des points de la corde qui ont à la date t_2 une élongation $y = -\frac{a}{2}$ en allant dans le sens négatif (**a** est l'amplitude du mouvement).Justifier.

Exercice N°5 :

Le long d'une corde suffisamment longue et tendue horizontalement se propage une onde progressive sinusoïdale avec la célérité constante $\mathbf{C = 15ms^{-1}}$. La source **S** débute son mouvement à la date $\mathbf{t = 0s}$.

On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes.

1°) L'équation horaire du mouvement du point $\mathbf{M_1}$: $y_{M_1} = \mathbf{a\sin(\omega t)}$. Après passage en $\mathbf{M_1}$, l'onde arrive au point $\mathbf{M_2}$ de la corde tel que $\mathbf{M_1M_2 = 7{,}5cm}$, déterminer l'équation horaire du mouvement de $\mathbf{M_2}$.

2°) Sachant que $\mathbf{M_1}$ entre en vibration **0,03 s** après le début du mouvement de **S**.

a- Déterminer l'équation horaire du mouvement de S.

b- Représenter sur même repère les mouvements de **S** et de $\mathbf{M_1}$.

3°) Soient deux points **A et B** de la corde situés après $\mathbf{M_1}$ respectivement à la distance $\mathbf{d_1}$ **et** $\mathbf{d_2}$ **de** $\mathbf{M_1}$.

Exprimer le déphasage $\Delta\varphi = (\varphi_A - \varphi_B)$ en fonction de $\mathbf{d_1}$ et $\mathbf{d_2}$ et λ.

Déduire la relation entre $\mathbf{d_1}$ **et** $\mathbf{d_2}$ pour que **A** et **B** vibrent en quadrature de phase.

4°) Dans cette question, on prendra $\mathbf{y_s(t) = 10^{-2}\sin(100\pi t + \pi)\ (m)}$.

a- Représenter l'aspect de la corde à la date $\mathbf{t = 4{,}5.10^{-2}s}$.

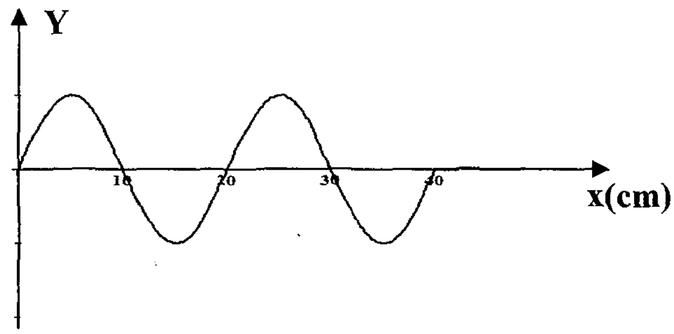
b- Déterminer le nombre et les positions des points de la corde ayant une élongation $\mathbf{y = -10^{-2}m}$ à la date $\mathbf{t = 4{,}5.10^{-2}s}$.

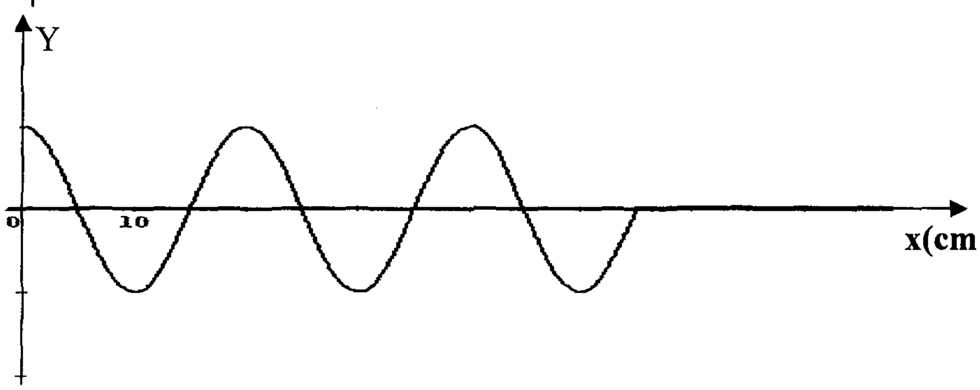
5°) On modifie la tension de la corde et le réglage du mouvement de la source et on représente l'aspect de la corde à deux instants $\mathbf{t_1}$ et $\mathbf{t_2}$ tels que $\mathbf{t_2 - t_1 = 0{,}75.10^{-2}s}$. (Voir courbe).

a- Déterminer la nouvelle célérité, la longueur d'onde et la nouvelle fréquence.

b- Calculer t_1 et t_2 correspond à ces deux aspects.

c- Etablir l'équation horaire du mouvement de la source.





A-Physique

Thème -3- Les ondes

Chapitre-1- Les ondes mécaniques progressives

B- Onde progressive à la surface d'un liquide homogène au repos

Exercice N°1 :

Un vibreur entretenu est muni d'une pointe verticale qui touche légèrement en un point S à la surface libre, initialement au repos, d'une nappe d'eau de profondeur constante. Le point S est alors le siège d'un mouvement rectiligne vertical sinusoïdal, d'équation horaire (dans le SI d'unités).

$$\begin{cases} y_s(t) = 2.10^{-3}\sin\left(50\pi t\right) & \forall t \geq 0 \\ y_s(t) = 0 & \forall t \leq 0 \end{cases}$$

L'axe des y est orienté positivement vers le haut.

Un dispositif approprié limite la région que peuvent atteindre les ébranlements issus de S, à une zone circulaire de centre S et de rayon **R = 6cm**, de la surface libre de l'eau. On admet que l'amplitude d'un ébranlement reste constante lors de sa propagation dans la zone considérée et qu'il n'y a pas de réflexion sur le dispositif qui limite cette zone.

1°) On observe la surface libre de l'eau au moyen d'un stroboscope à $\mathbf{N_e = 25Hz}$. On voit alors une famille de rides circulaires centrées sur S, avec une alternance des aspects de «crêtes» et de «creux», en immobilité apparente. En mesure sur une demi-droite horizontale **[Sx)** de la surface libre de l'eau, une distance **d=6mm** entre une crête et le creux voisin.

a- Justifier l'observation des rides circulaires «crêtes» et «creux» et justifier leur immobilité apparente.

b- Déterminer la valeur de la célérité v de propagation des ébranlements à la surface de l'eau considérée.

2°) Soit un point M_1 de la surface de l'eau tel que $\mathbf{SM_1 = x_1 = 4,5cm}$.

a- Etablir la loi horaire $\mathbf{y_{M1}}$.

b- Tracer le diagramme de temps pour le point M_1 entre **t = 0 et t=6T** (**T** étant la période du mouvement vibratoire).

3°) On considère la date $\mathbf{t_1 = 0,48s}$.

Représenter le schéma de la moitié de la coupe transversale de la nappe d'eau par un plan verticale contenant S, entre **x = 0** et **x = R** d'un seul côté de S.

Exercice N°2 :

Une pointe (S) crée une onde progressive périodique à la surface d'une nappe d'eau (cuve à onde). La nappe a une épaisseur constante et la fréquence de vibration de la pointe et **N = 50Hz.**

1°) D'écrire le phénomène observé à la surface de l'eau en lumière ordinaire ?

2°) La surface de l'eau est éclairée par une lumière stroboscopique de fréquence Ne variable.

a- Qu'observe-t-on si la fréquence des éclaires du stroboscope est :

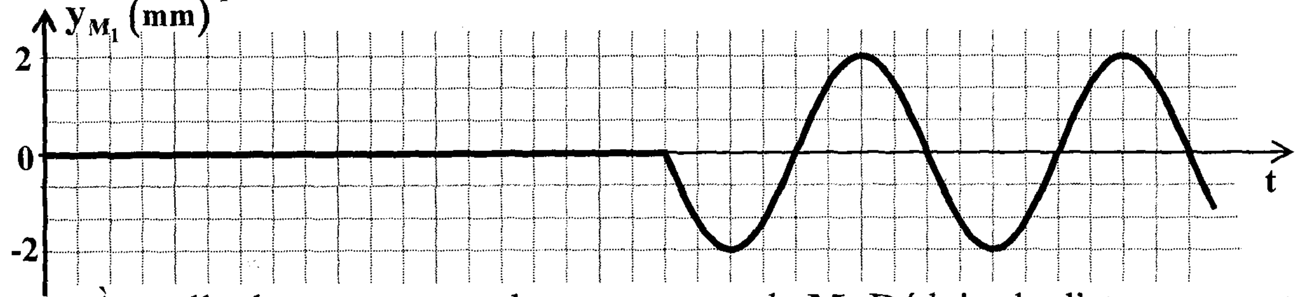
* $\mathbf{N_e = 25Hz.}$

* $\mathbf{N_e = 26Hz.}$

b- On mesure sur une demi-droite SX, la distance séparant la première crête et la sixième crête. On trouve **d = 8cm**. Calculer la longueur d'onde λ et la célérité des ondes à la surface de l'eau.

3°) La source S commence son mouvement à la date **t =0s.**

La courbe ci-dessous représente la sinusoïde des temps d'un point $\mathbf{M_1}$ situé à une distance $\mathbf{r_1}$ de **S.**



a- À quelle date commence le mouvement de $\mathbf{M_1}$.Déduire la distance $\mathbf{r_1}$ entre **S et** $\mathbf{M_1}$.

b- Etablir l'équation de cette courbe.

c- Déduire l'équation de vibration de la source **S.**

4°) Représenter une coupe transversale de la surface passant par **S** à un instant de date $\mathbf{t_1 = 5.10^{-2}s}$.

5°) On considère les points de la surface de l'eau **A, B, C et D** tels que :

SA = 3,2cm ; SB = 4cm ; SC = 5,2cm ; SD = 6cm.

a- Comparer l'état de vibration de chacun de ces points par rapport à la source.

b- Déterminer l'élongation et la vitesse du point **A** à l'instant de date $\mathbf{t_2=8,2.10^{-2}}$s.

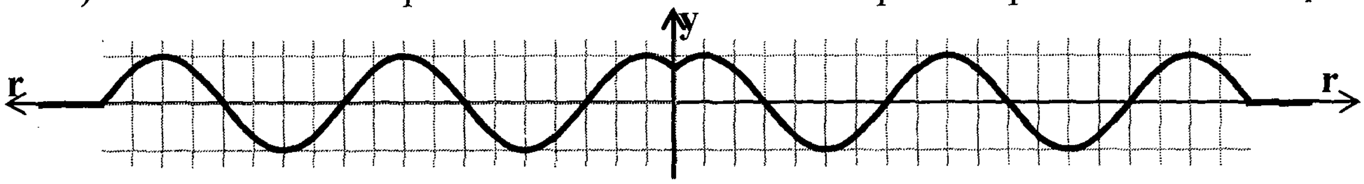
<u>Exercice N°3 :</u>

La pointe d'une tige, animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de fréquence N, frappe la surface libre d'une nappe d'eau en un point **O**.

L'équation horaire du mouvement de **O** est : $\mathbf{y_o\ (t) = 2.10^{-3}\ sin\ (200\pi t + \varphi_0)}$.

1°) Donner l'équation horaire d'un point M de la surface situé à une distance **r = OM** du point O.

2°) On donne une coupe transversale de la surface passant par O à une date $\mathbf{t_1}$.



La distance entre deux crêtes successives est égale à **5mm.**

a- Déterminer la date t_1 sachant que la source O a commencé à vibrer à la date **t = 0.**

b- Etablir l'équation de la sinusoïde des espaces à la date $\mathbf{t_1}$.

c- Montrer que $\mathbf{\varphi_0 = 0}$ et calculer $\mathbf{y_0(t_1)}$.

3°)

a- Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point $\mathbf{M_1}$ situé à $\mathbf{r_1 = 1,2cm}$ de O.

b- Tracer le diagramme de son mouvement.

c- Calculer la date $\mathbf{t_2}$, à laquelle le point $\mathbf{M_1}$ devient pour la première fois un creux.

Exercice N°4 :

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

L'origine des temps est choisie à l'instant où **(S)** commence à vibrer en se déplaçant vers le haut, sens choisi comme sens positif des élongations.

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

L'équation horaire des mouvements est : $y_s = a \sin(100\pi t)$ **(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 : * $N_e = 25Hz$ **?**

* $N_e = 26Hz$ **?**

Justifier la réponse.

4°) Sachant qu'à l'instant de date $t = 0{,}02s$, le front d'onde est à $8.10^{-3}m$ de (S).

Calculer les valeurs de la longueur d'onde et de la célérité de propagation de l'onde.

5°) Soit un point M de la surface de l'eau à une distance $r = 3{,}6cm$ de la source (S).

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

b- À 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).**

6°) Représenter à l'échelle réelle l'aspect de la surface de l'eau à l'instant de date $t = 0{,}08s$.

Exercice N°5 :

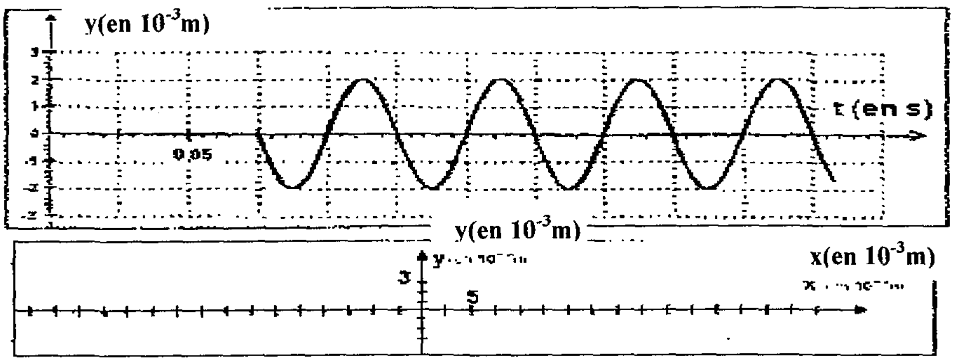
Une lame vibrante munie d'une pointe produite en un point S de la surface libre d'un liquide au repos, des vibrations sinusoïdales telles que :

$y_s(t) = 2.10^{-3}\sin(40\pi\ t + \pi)$ où $y_s(t)$**,** exprime en mètre, est l'élongation de la source S par rapport à l'axe **(Oy)** orienté positivement vers le haut.

La source S commence à vibrer à l'instant t =0.

On néglige toute atténuation de l'amplitude et toute réflexion de l'onde issue de S, d'autre part, on suppose que la profondeur de l'eau est suffisamment grande devant l'amplitude des vibrations.

1°) L'analyse du mouvement d'un point **P** de la surface du liquide, situé à la distance $x_1 = 1{,}5cm$ de S, donne le diagramme suivant :

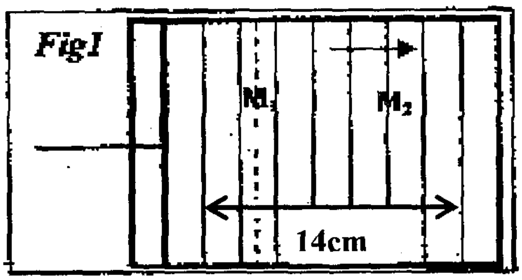


a-Montrer que la valeur de la célérité **v** de propagation de l'onde est **$0,20 ms^{-1}$.**
b-Calculer la longueur d'onde **λ**.
c- Déterminer l'équation horaire du point **P.**

2°)
a-Tracer, en respectant l'échelle adoptée, une coupe de la surface du liquide par un plan verticale passant par S à la date :**$t_1 = 17,5.10^{-2}$s.**
b- En déduire l'ensemble des points de la surface du liquide qui, à la date **$t_1 = 17,5.10^{-2}$s** ont la même élongation que le point matériel P et une vitesse négative.

Exercice N°6 :

Un vibreur muni d'une lame L frappe la surface libre d'un liquide au repos, avec une fréquence **N = 40Hz.**



La lame donne naissance à la propagation d'une onde rectiligne. La figure (1) représente l'aspect de la surface de l'eau vue de haut à un instant t1 (vue de dessus).

La distance qui sépare la 1ére ligne de crête de la **8ème** ligne de crête est de **14cm**.

1°) Déterminer la longueur d'onde **λ** et la célérité c de propagation de l'onde.

2°) Ecrire l'équation horaire **y_M (t,x)** du mouvement d'un point **M** de la surface du liquide situé à une distance **x** de la plaque. On donne l'équation horaire du mouvement d'un point de la lame **$y_L (t) = 5.10^{-3} \sin (\omega t)$.**

3°) Donner les équations horaires **$y_{M1}(t)$** et **$y_{M2}(t)$** du mouvement des points **M_1 et M_2**. (Voir **figure 1**). Comment vibrent ces deux points entre eux ?

4°) Calculer la vitesse du point M_1 à l'instant **$t_2 = 6,25.10^{-2}$s.**
Préciser le sens de mouvement de ce point à cet instant.

5°) Faire une coupe transversale et représenter l'aspect de la surface de l'eau à l'instant **$t_3 = 0,05$s.**

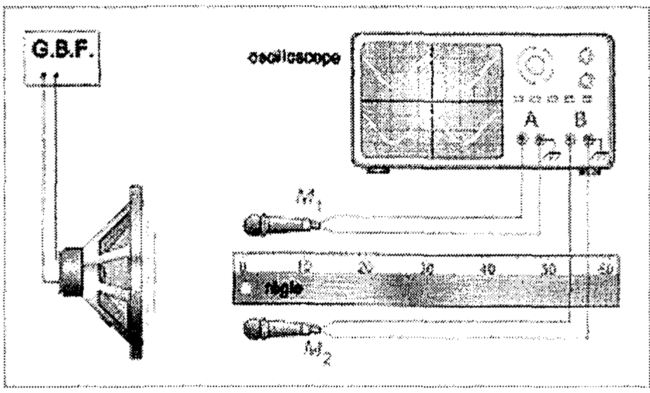
A-Physique

Thème -3- Les ondes

Chapitre-1- Les ondes mécaniques progressives

C- Onde sonore

Exercice N°1 :



Le son émis par le haut parleur est capté par deux microphones M_1 et M_2 branchés sur les voies Y_A et Y_B de l'oscilloscope. On voit deux courbes en phase ; chaque courbe représente deux périodes : l'écran mesure **10cm** de large : sensibilité **0,1ms/cm**.

1°) Calculer la fréquence de son capté par les microphones.

2°) Les abscisses x_1 et x_2 des deux microphones sont repérées sur la règle.

Lorsque $\mathbf{x_1 = x_2 = 0}$ les courbes observées sur l'oscilloscope sont en phase.

On laisse le microphone M_1 en place et on déplace lentement le microphone M_2.

On relève l'abscisse x_2 de ce microphone à chaque fois les courbes sur l'oscilloscope sont de nouveau en phase. Les positions correspondantes sont données dans le tableau ci-dessous :

Position n°	1	2	3	4	5
Abscisse x_2(cm)	17	34	51	68	85

- Quelle valeur de la longueur d'onde de l'onde sonore peut-on déduire de ces mesures ?
- Quelle est la célérité du son dans l'air à la température où sont effectuées les mesures ?

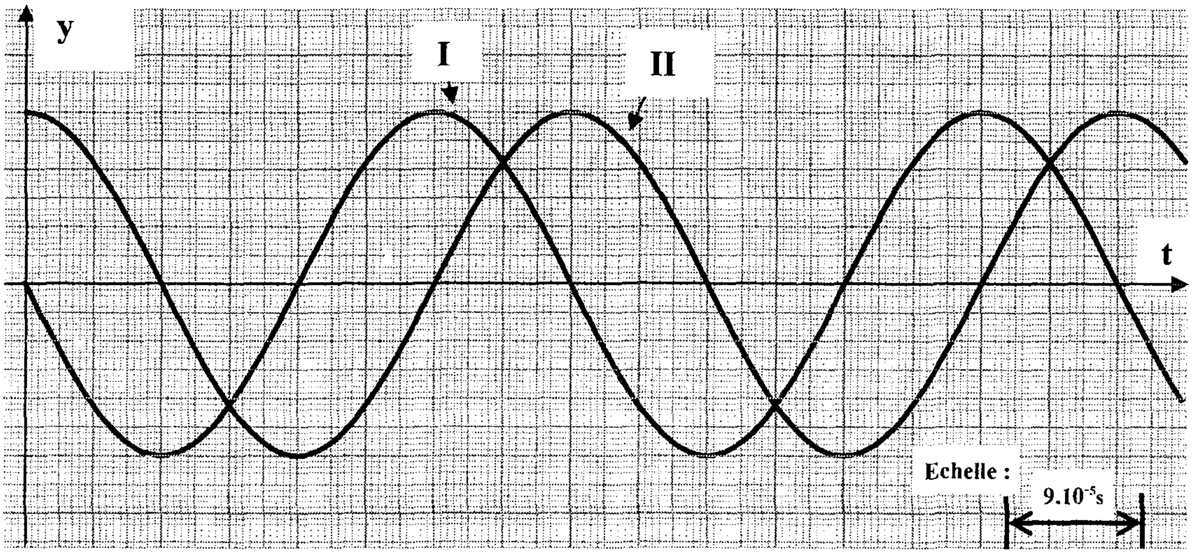
3°) Le son émis par le haut parleur est capté par le microphone M. On réalise les deux branchements sur l'oscilloscope **(haut parleur sur la voie 1 et microphone sur la voie 2).**

- Quelles sont les deux tensions visualisées sur l'oscilloscope ?
- Quelle est la fréquence du son sachant que la rapidité de balayage est de **0,2ms/cm** ? (On observe deux périodes sur l'écran).
- On déplace le microphone M jusqu'à obtenir, sur l'écran de l'oscilloscope, deux sinusoïdes en phase. L'abscisse sur la règle est alors $\mathbf{x_1 = 4,5cm}$. Puis on déplace le microphone le long de la règle ; la sinusoïde de la voie Y_B se décale alors progressivement par rapport à celle de la voie Y_A. Lorsque le microphone se trouve à l'abscisse $\mathbf{x_2 = 38,5cm}$, les deux sinusoïdes se trouvent de nouveau en phase.

Quelle est la valeur de la longueur d'onde de l'onde sonore dans l'air dans ces conditions ? Justifier la méthode. En déduire la célérité des ondes sonores dans l'air.

Exercice N°2 :

1°) Le microphone étant placé au point **M_1** ; On obtient sur l'écran de l'oscilloscope**.** Les deux sinusoïdes **I** et **II** décrivant les vibrations émises et captées respectivement par le haut-parleur et par le microphone.



Déterminer graphiquement le déphasage entre les deux vibrations ainsi que la fréquence **N_0** du son émis.

2°) Lorsqu'on approche le microphone du haut-parleur à partir de **M_1** les deux courbes sont en phase pour la première fois quand on atteint le point **M_2** tel que

$M_1M_2 = 3cm$.

Lorsqu'on éloigne le microphone du haut-parleur à partir de **M_1** les deux courbes sont en phase de nouveau pour la première fois pour une position **M_3** tel que **$M_1M_3 = 9cm$**.

En déduire la longueur d'onde **λ_0** des vibrations sonores, dans le milieu de propagation.

Calculer la célérité du son dans ce milieu.

3°)A une distance assez grande du point H, l'amplitude reste pratiquement constante lorsque le microphone effectue de petits déplacements de part et d'autre de sa position.

Au point **A** de **x'x** éloigné de **H** et tel que **$M_1A = 4cm$**, la vibration sonore a pour équation horaire **$y_A = a \sin 2\pi Nt$** avec **$a = 2.10^{-3}m$** et **$N = 1667Hz$**.

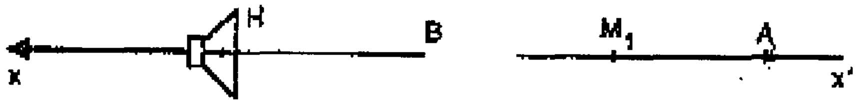


Fig.3

Ecrire l'équation horaire de la vibration au point **M_1**.

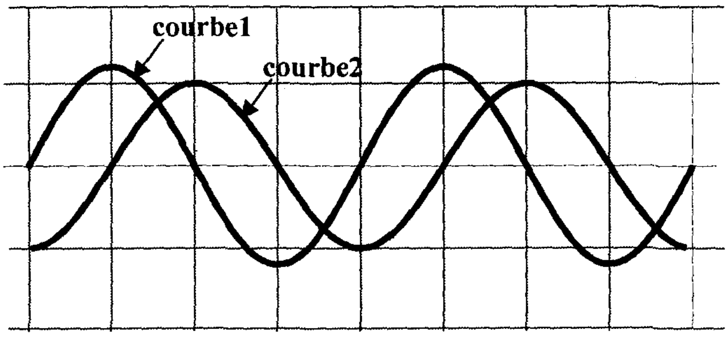
Exercice N°3 :

On se propose de mesurer la vitesse du son.

Un haut-parleur émet dans l'air une onde sonore de fréquence **500Hz**. On relie le haut-parleur et un microphone aux voies **Y_A et Y_B** d'un oscilloscope bi cou...

1°) Pourquoi dit-on qu... ...udinale

2°) Lorsque le microphone est en $\mathbf{M_1}$, les deux courbes obtenues sur l'écran sont superposées. On déplace le microphone au point $\mathbf{M_2}$ ($\mathbf{M_1M_2 = 17cm}$), on obtient l'oscillogramme représenté sur le schéma ci-contre :



a- Justifier que la courbe 2 correspond celle du microphone.

b- Déterminer le décalage horaire Δt.

c- Déterminer la célérité du son.

3°) Proposer une expérience permettant de déterminer avec ce dispositif la longueur d'onde λ du son émis.

A-Physique

Thème -3- Les ondes

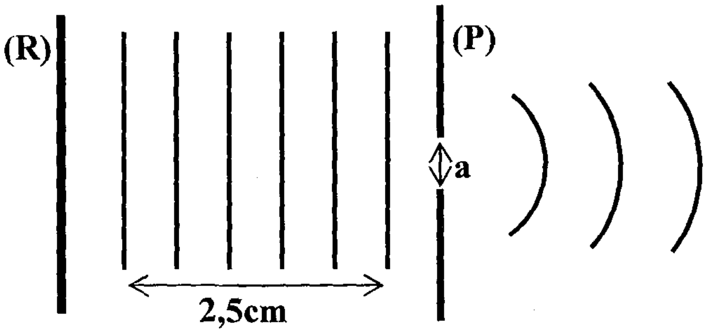
Chapitre-2- Interaction Onde- matière

Exercice N° 1 :

On dispose d'une cuve à onde telle que la profondeur est la même en tous ses points. A l'aide d'une réglette ® qui affleure la surface libre de l'eau et qui est animées d'un mouvement sinusoïdal perpendiculaire à cette surface, on produit des ondes progressives rectilignes d'amplitude a et de fréquence **N =80 Hz.**

Expérience n°1 : Les ondes se propagent à la surface de l'eau avec une célérité v constante. Iles traversent une fente de largeur variable, pratiqué dans une plaque (P) disposée parallèlement à la réglette.

Lorsqu'on ajuste la dimension de a à une valeur de même ordre de grandeur que la largeur d'onde **λ**, le phénomène observé à la surface de l'eau à un instant **t** correspond au schéma ci-contre :



a- Nommer le phénomène observé.

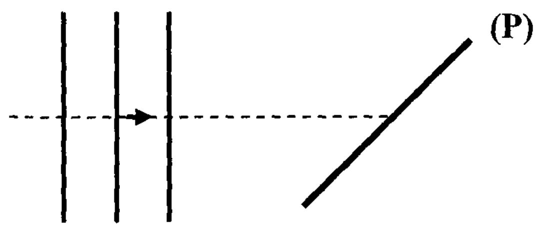
b- Déterminer la longueur d'onde de l'onde produite par les vibrations de la réglette.

c- En déduire :

* la vitesse de propagation **v** de l'onde.
* la longueur d'onde de l'onde obtenue après la fente.

d- Peut-on obtenir le même phénomène en remplaçant la fente par un obstacle de diamètre **a** ?justifier.

Expérience n° 2 : Les ondes se propagent à la surface de l'eau avec la célérité **$v=0.4 m.s^{-1}$**.elles rencontrent un obstacle **(P).**



a- Quel phénomène se produit-il ?

b- Y-a-t-il changement de la longueur d'onde ?

c- Tracer la marche de l'onde obtenue sachant que la direction de l'onde incidente fait un angle ***i* = 45°** avec la normale à l'obstacle au point I.

Expérience n°3 :

On place sur la cuve à onde une plaque (P) permettant d'obtenir deux milieux (1) et (2) ayant respectivement les profondeurs **h_1=1,6 cm** et **h_2 =0,9cm**.

On considère les deux cas suivants :

*1^{ére} cas : La plaque (P) est disposée perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde incidente.

*2^{éme} cas : La plaque (P) est inclinée d'un angle **α=45°** avec la direc propagation de l'onde incidente.

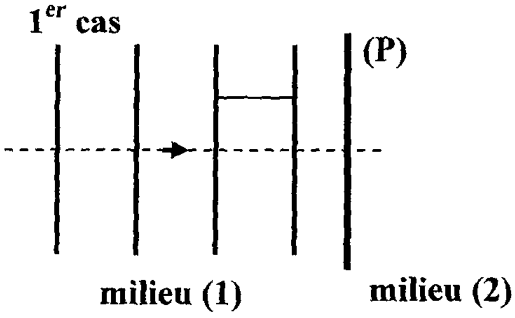
On rappelle que la vitesse de propagation de l'onde varie avec la profondeur **h** du milieu selon l'expression : $v = \sqrt{\|\vec{g}\| \cdot h}$ avec $\|\vec{g}\| = 10 m.s^{-1}$

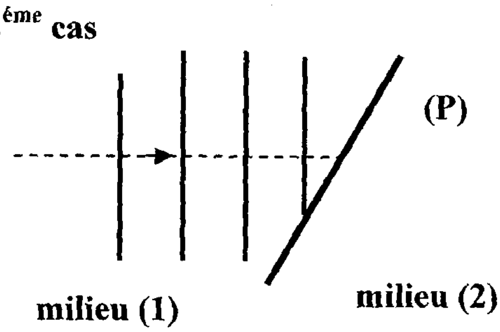
a- Préciser dans chaque cas :

* Le phénomène observé.

* La direction de propagation de l'onde obtenue.

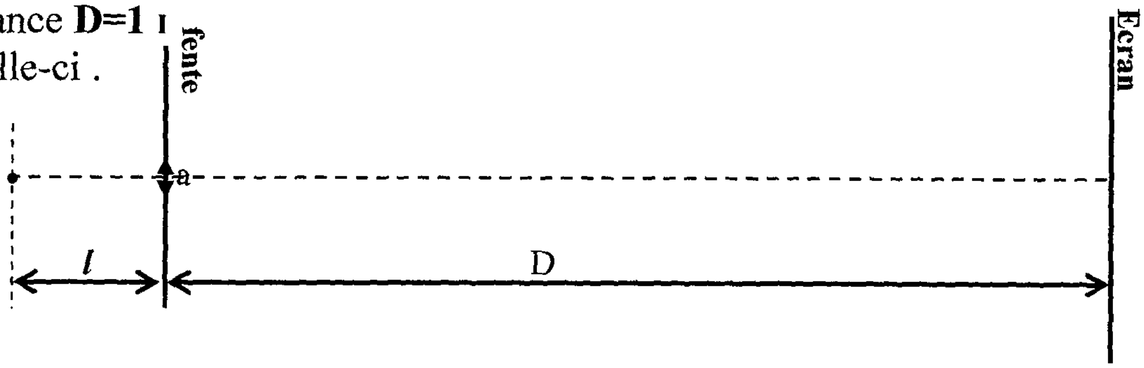
b- Représenter dans les deux cas l'onde obtenue dans le milieu (2)





Exercice N°2 :

Une source lumineuse, monochromatique, éclaire une fente rectangulaire de largeur **$a=5.10^{-2}$ mm**, placée à une distance **l = 5cm** de la source, perpendiculairement au faisceau. Un écran E est placé parallèlement à la fente à une distance **D=1 m** de celle-ci .



1°) Définir le terme «monochromatique».

2°) On rappelle qu'un rayon lumineux se propage rectilignement.

a- Compléter le figure 1 en traçant les bords du faisceau de lumière issu de la source S et arrêté par l'écran.

b- Quelle serait la largeur L de la tache observée sur l'écran ?

3°) En réalité, on observe le phénomène de diffraction.

a- Définir le phénomène de diffraction.

b- Schématiser la figure observée.

c- Schématiser la figure observée si on remplace la fente rectangulaire par une fente circulaire de diamètre **d = a.**

4°) La largeur L de la tache centrale a été mesuré pour différentes largeurs **(a)** de la fente :

a(10^{-2} mm)	5	6	8	10	13	30	46
L (mm)	27,0	22,5	16,0	13,5	11,0	4,5	3,5

On donne la largeur de la tache centrale de diffraction est donnée par la relation : $\mathbf{L = \dfrac{2.D.\lambda}{a}}$

a- Tracer le graphe $\mathbf{L = f\left(\dfrac{1}{a}\right)}$

b- En déduire la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ de cette radiation monochromatique.

<u>Exercice N°3</u>

On dispose d'un laser hélium-néon. On interpose entre le laser et un écran **(E)** une fente verticale de largeur **a** (**figure 1**). Sur l'écran. On observe, dans la direction perpendiculaire à la fente, une figure de diffraction représentée sur la **figure 2** :

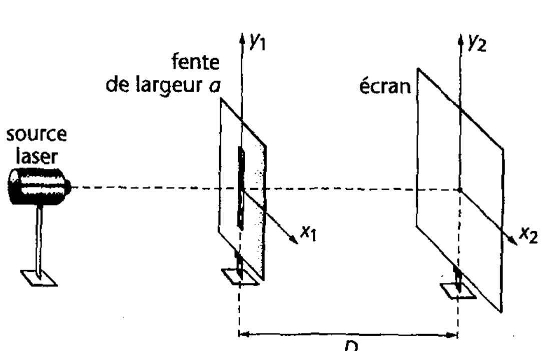


Figure 1

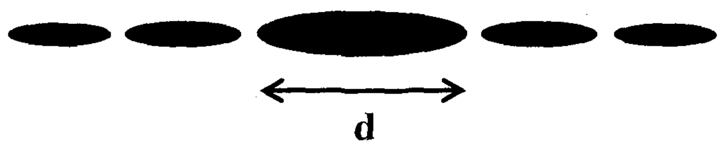


Figure 2

Donnée : Largeur de la fente : **a =4,0 x 10⁻²mm ;**

Distance de l'écran de la fente : **D =1,60m.**

1°) On propose les expressions suivantes pour la largeur de la tache centrale.

a) $\mathbf{d = \dfrac{2D}{\lambda a}}$ **b)** $\mathbf{d = \dfrac{\lambda 2D}{a}}$ **c)** $\mathbf{d = \dfrac{2aD}{\lambda}}$

Montrer par analyse dimensionnelle que l'une de ces expressions n'est pas acceptable.

2°) Comment évolue la largeur d lorsqu'on diminue la largeur a de la fente ?

En déduire l'expression acceptable parmi les expressions proposées.

3°) Retrouver cette expression en utilisant la relation $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ pour l'écart angulaire mesurée depuis la fente le milieu de la tache centrale et la première extinction observée sur l'écran.

On utilisera l'approximation **tan(θ)≈θ (θ faible)**.

4°) La mesure de la largeur de la tache central a donné **d = 4.9cm** Calculer la longueur d'onde du faisceau laser déduit de cette mesure.

Exercice N°4 :

Une plaque excitatrice (P).faisant un angle ***i*=20°** avec la surface (S) de séparation de deux couches d'eau de profondeurs différentes, crée à la surface de la couche la moins profonde une onde mécanique rectiligne qui se propage dans ce milieu avec une célérité $V_1 = 20 cm.s^{-1}$.

1°) Sachant que la célérité de propagation des ondes dans le milieu le plus profond est $V_2 = 30 cm.s^{-1}$.

a- Déterminer la direction des ondes réfractées.

b- Représenter les lignes d'ondes incidentes et réfractées.

2°) Montrer que l'angle d'incidence i_1 admet une limité i_{1L} que l'on déterminera.

3°) Représenter les lignes d'onde dans les deux cas suivants :

- 1^ére^cas : $i_1 = i_{1L}$.
- 2^ème^cas : $i_1 > i_{1L}$. Quel phénomène se produit-t-il ?

Exercice N°5 :

Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ, éclaire une fente fine rectangulaire de largeur a.

Sur un écran **E** placé à une distance **D=2m** de la fente, on observe la figure de diffraction.

Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant :

λ(nm)	410	486	633	656
L (10^{-3}m)	16,40	19,4	25,32	26,24

1°) Décrire brièvement la figure de diffraction formée sur l'écran **E**.

2°) Lequel des caractères de la lumière est mis en évidence ?

3°) Tracer la courbe L en fonction de λ

4°)

a- Donner la relation entre la largeur **L** de la tache centrale et la largeur de fente **a**.

b- Déterminer la valeur de la largeur a de la fente utilisée.

5°)

a- En remplaçant la fente par un trou de très faible diamètre décrire et nommer le phénomène observé.

b- A l'aide de ce trou peut-on isoler un rayon lumineux ? Expliquer.

Exercice 6 :

Dans une cuve à ondes on place une plaque **ABCD** en plexiglas d'épaisseur **e=0,7cm** comme l'indique la **figure -1-**

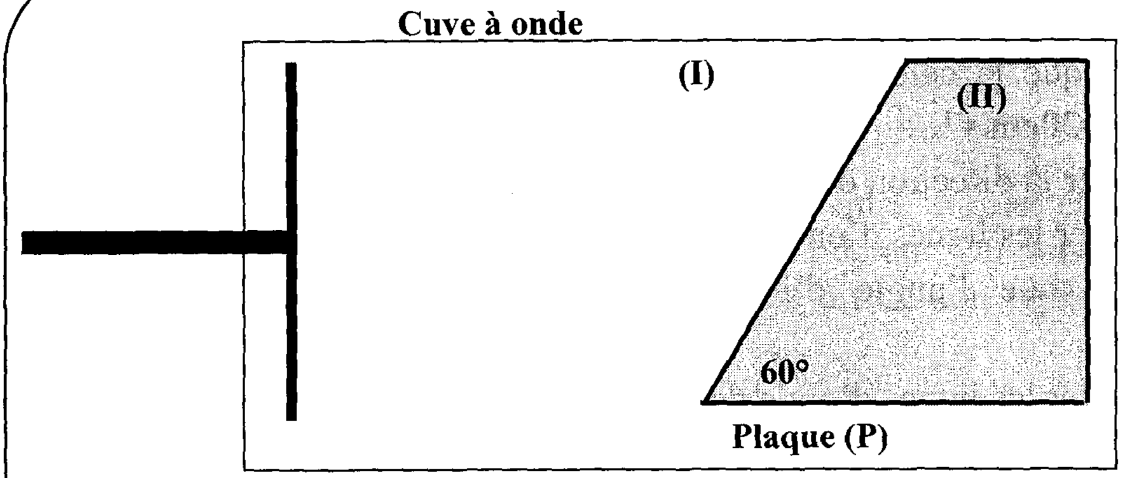


Figure 1

On crée à l'aide d'une réglette des ondes rectilignes à la surface de l'eau.

La fréquence des vibrations de la réglette est de **50Hz**.

1°) Calculer les longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 des deux ondes dans les deux milieux de propagation, sachant que :

* La célérité de propagation d'une onde à la surface de l'eau est $V = \sqrt{\|\vec{g}\|.h}$

* La profondeur du liquide dans le milieu (i) est $h_1 = 1{,}6cm$.

2°) Représenter à l'échelle réelle les lignes d'ondes observées à la surface de l'eau dans les deux milieux.

3°) Même question si la réglette était placée comme l'indique la **figure 2.**

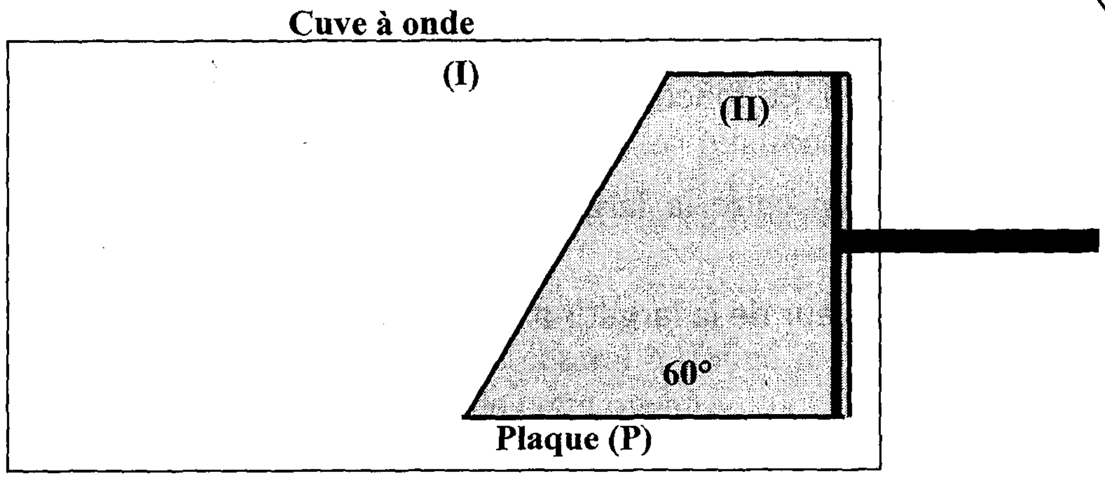


Figure 1

Exercice N°7 :

On considère une cuve à onde contenant de l'eau. A l'aide d'une réglette **(P)** fixée à un vibreur, on produit à la surface de cette eau une onde rectiligne progressive de fréquence **N= 20Hz**.

A une distance L_1 **=8cm** de **(P)**, on place une lame de verre de longueur L_2.

La figure **(1)** montre la position des rides crêtes dans le milieu **(1)** et dans le milieu **(2)** le moins profond à une date t_1.

1°) Le point M_1 de la première ride crête, située à une distance x_1**=0,8cm** de **(P)**, vibre en opposition de phase avec le point **S** de **(P)**.

a- Montrer que la longueur d'onde dans le milieu **(1)** est $\lambda_1 = 1,6cm$.

b- Calculer la célérité v_1 des ondes dans le milieu **(1)**.

c- Calculer le déphasage $\varphi_A - \varphi_S$.

2°) La distance entre la première et la $5^{éme}$ **ride** crête dans le milieu (2) est **4,8cm**.

Déduire les valeurs de λ_2 et v_2.

3°) Soit B le point située à une distance (L_1+L_2) de **(P)**.

a- Exprimer le déphasage $\varphi_B - \varphi_S$ en fonction de L_2.

b- On dispose de deux lames, l'une de longueur **5,4cm** et l'autre de longueur **7,2cm.** Laquelle faut-il choisir pour que **B** vibre en phase avec **S** ?

4°) On enlève la lame précédente et on la remplace par une autre de façon que la surface de séparation des deux milieux fait un angle $\alpha = 30°$ avec **(P)**.

La longueur d'onde dans le milieu **(2)** est $\lambda_2 = 1,2cm$.

a- Déterminer les valeurs de l'angle d'incidence i_1 et de l'angle de réfraction i_2.

b- Construire quelques rides crêtes dans le milieu **(2)**.

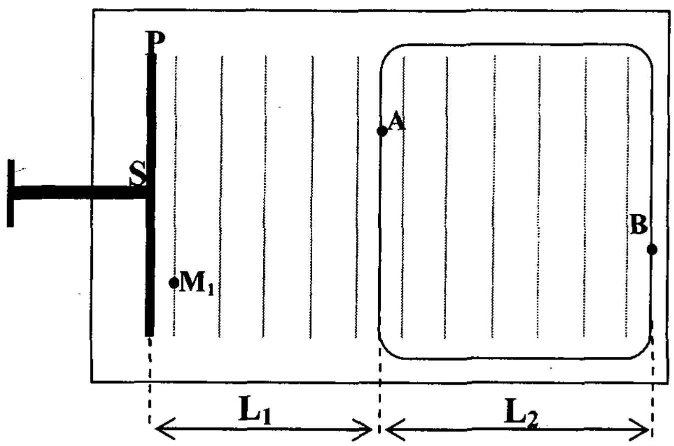


Figure 1

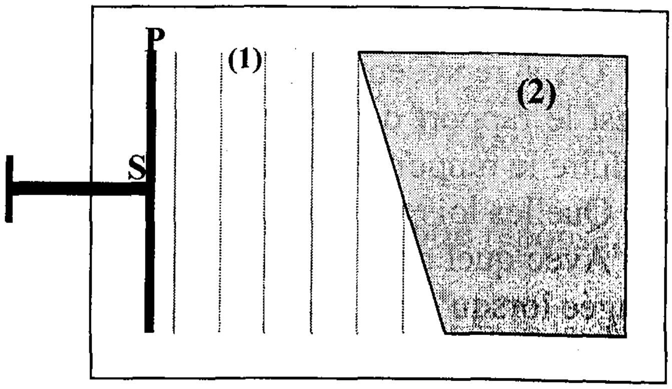
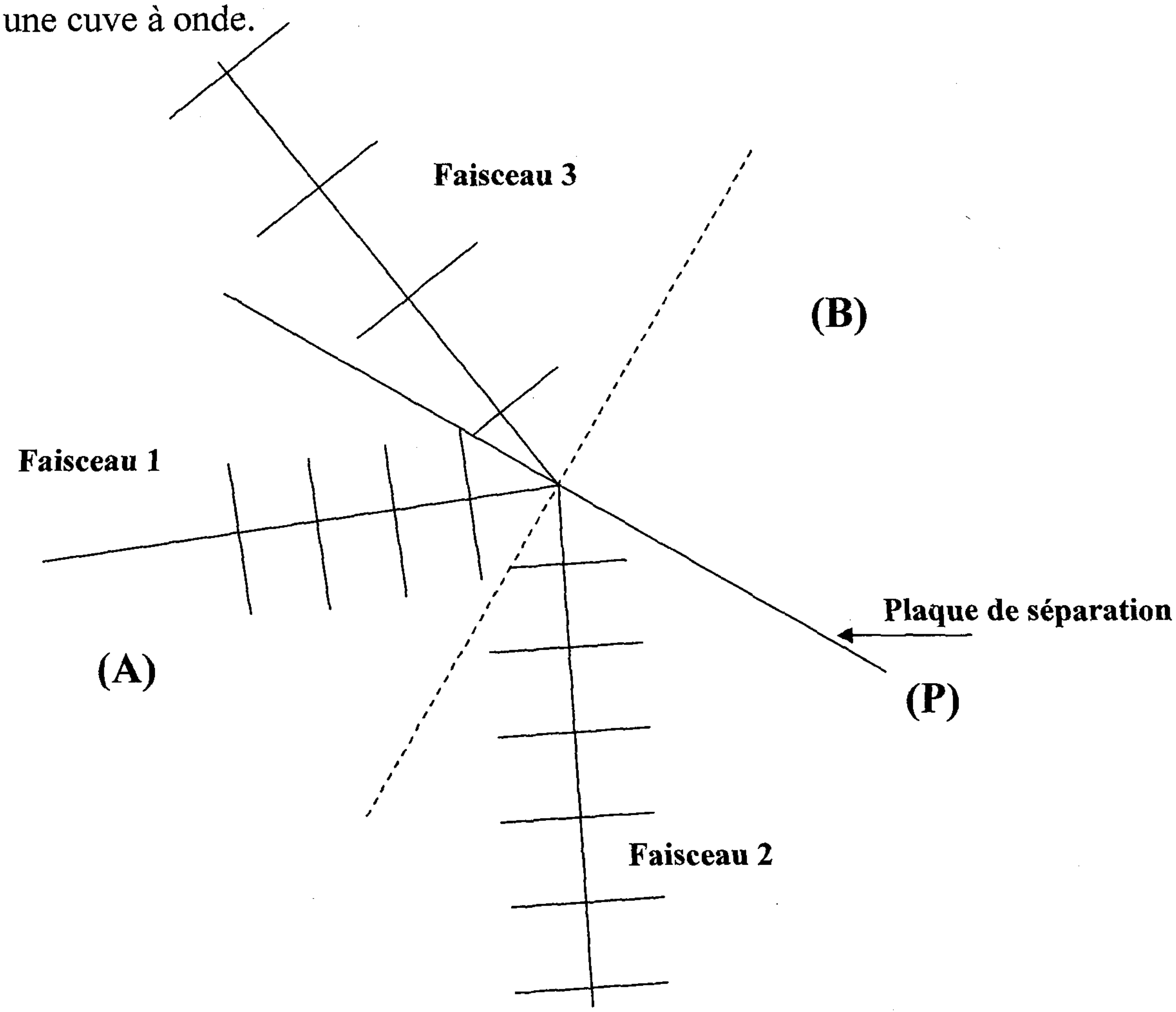


Figure 2

Exercice N°8 :

On a reproduit sur la figure l'expérience de propagation d'une onde rectiligne sur une cuve à onde.



1°) Comment s'appellent les phénomènes qui se produisent sur la surface de séparation (P) des deux milieux (A) et (B) ?

2°) Quel est le faisceau incident? Que représentent les autres faisceaux?

3°) Définir et représenter les angles qui caractérisent les phénomènes.

4°) On a représenté des lignes correspondant à des points vibrants en phase. Quel est le rapport des longueurs d'ondes correspondant aux milieux **(A) et (B) ?** En déduire le rapport des célérités.

5°) Quelles lois peut-on vérifier ? On pourra faire une mesure d'angles.

6°) Avec quel appareil peut-on mettre en évidence le fait que la fréquence reste inchangée lorsqu'on passe d'un milieu à l'autre.

7°) Expliquer ce qui se passe quand l'angle d'incidence croit progressivement **de 0°** jusqu'à **90°.**

Exercice N°9 :

Cet exercice décrit deux expériences utilisant une lumière de couleur rouge, émise par un laser, de longueur d'onde dans le vide **λ=633nm.**

On rappelle que l'indice de réfraction n d'un milieu est le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide et de sa vitesse v dans le milieu considéré : $n = \frac{C}{v}$

I-PREMIERE EXPERIENCE :

On place perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et horizontale de largeur a un écran situé à une distance D de la fente, montre des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale plus lumineuse que les autres, est la plus large (voir **figure 1**).

1°) Quel phénomène subit la lumière émise par le laser dans cette expérience ? Que peut-on en conclure par analogie avec les ondes mécaniques ?

2°) L'angle θ (de la figure 1) est donné par la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (relation (1))

a- Que représente cet angle ?

b- Préciser les unités de chaque terme intervenant dans cette relation.

c- Comment évolue la largeur de la tache centrale lorsqu'on réduit la largeur de la fente ?

3°) Exprimer θ en fonction de la largeur ℓ de la tache centrale et de la distance **D** (relation (2)). L'angle θ étant faible, on pourra utiliser l'approximation **$\tan\theta \approx \theta$.**

4°) En utilisant les relations (1) et (2), montrer que la largeur **a** de la fente s'exprime par la relation : $a = \frac{2.\lambda.D}{l}$.Calculer **a**

On donne ℓ =38 mm et **D = 3,00m.**

II-DEUXIEME EXPERIENCE :

On utilise dans cette expérience, comme milieu dispersif, un prisme en verre d'indice de réfraction **n** (voir figure 2).

On dirige, suivant une incidence donnée, le faisceau laser vers l'une des faces de prisme placé dans l'air. On observe que ce faisceau est dévié. Un écran placé derrière le prisme montre un point lumineux de même couleur (rouge) que le faisceau incident.

1°) Quel est la nature de la lumière émise par le laser ? Justifier votre réponse.

2°) La célérité de la lumière dans le vide est **$c = 3{,}00\times10^{8} m.s^{-1}$.**

a- Rappeler la relation entre la longueur d'onde λ de l'onde émise par le laser, sa fréquence υ et sa célérité **c**, calculer **v**.

b- La valeur de υ varie-t-elle lorsque cette onde change de milieu de propagation.

3°) L'indice de réfraction du verre pour la fréquence v de l'onde utilisé est **n=1,61**.

a- Pourquoi précise-t-on la fréquence υ de l'onde lorsqu'on donne la valeur de **n** ?

b- Calculer la longueur d'onde λ de cette onde dans le verre.

4°) On remplace la lumière du laser par une lumière blanche (**figure 3**)

Les traits en pointillé (figure 3) correspondant aux trajets de deux rayons lumineux de couleurs respectives rouge et bleu. Tracer en les identifiant clairement ces deux rayons. On rappelle que la déviation **D** augmente quand la longueur d'onde diminue.

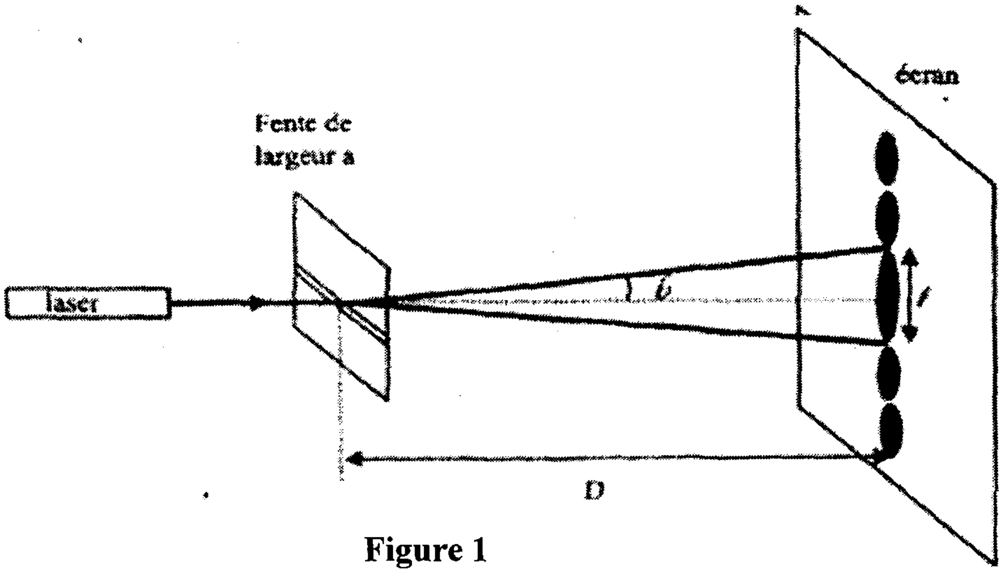


Figure 1

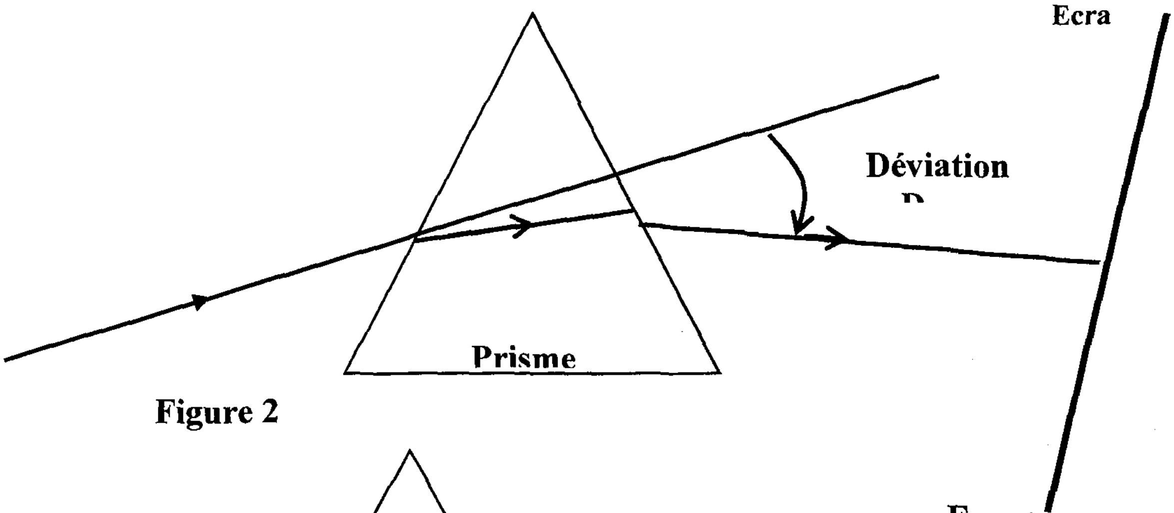


Figure 2

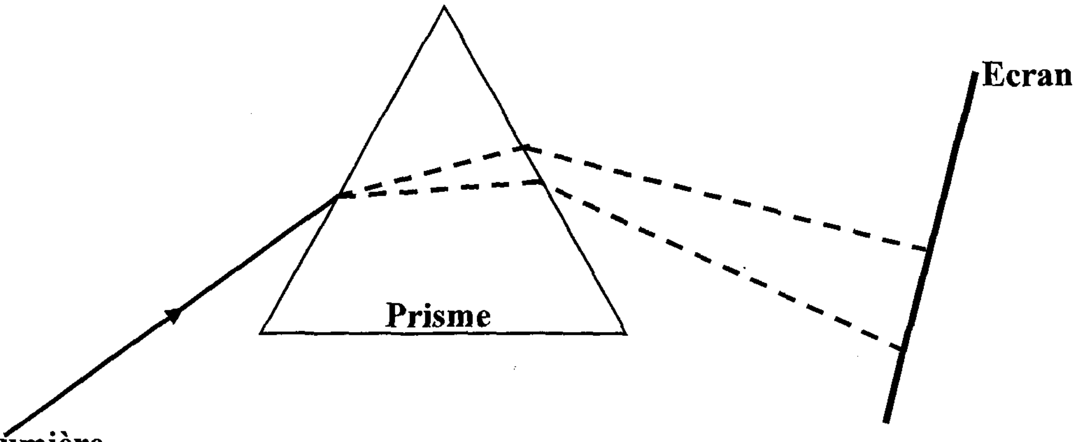


Figure 3

A-Physique

Thème 4 : Physique atomique et nucléaire

Chapitre 1 : Spectres atomiques

Pour l'atome H, les niveaux d'énergie permis sont $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ avec $E_0 = 13,6$ eV.

Donnée : constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$Js ; $C = 3.10^8 ms^{-1}$

Masse de l'électron : $m = 0,9.10^{-30}$kg ; 1 eV = $1,6.10^{-19}$J.

Exercice N° 1 :

L'atome d'hydrogène est formé d'un seul électron en mouvement autour d'un proton (noyau le plus simple). Les niveaux d'énergie électronique sont quantifiés (ils ne peuvent prendre que certaines valeurs). Ils sont donnés par la relation suivante :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \quad \textbf{avec} \quad \begin{cases} E_n \text{ en V} \\ n \text{ est un entier positif} \end{cases}$$

1°) Diagramme d'énergie :

a- Représenter le diagramme des niveaux d'énergie électronique de l'atome d'hydrogène (on se limite aux 6 premiers niveaux).

b- A quoi correspond le niveau d'énergie le plus bas ?

c- A quoi correspond le niveau d'énergie **E = 0 eV**?

2°) Absorption d'énergie :

a- Quel est le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit un photon d'énergie **12,75 eV?**

b- Quel est le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit un photon d'énergie **11 eV**?

c- Calculer l'énergie que doit posséder un photon incident capable d'ioniser l'atome d'hydrogène initialement à l'état fondamental. Quelle est la longueur d'onde associée à ce photon ?

d- Quel est le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit un photon d'énergie **15,6 eV**?

3°) Emission d'énergie :

Un atome d'hydrogène à l'état fondamental **(n = 1)** qui reçoit de l'énergie **(électrique, lumineuse, etc…)** peut donc, si cette énergie est bien adaptée. Passer à des niveaux d'énergie supérieurs **(n = 2, 3, 4, etc…).** Cet atome qui possède un surplus d'énergie est dans un état excité. Instable. Il se désexcite pour retrouver un état plus stable en émettant de l'énergie sous forme lumineuse.

a- Le retour d'un niveau excité **(n □ 1)** au niveau fondamental **n = 1** donne naissance à la série de ***lyman***. Calculer les longueurs d'onde extrêmes de radiations correspondantes à cette série (longueurs d'onde mesurées dans le vide ou l'air).

b- Le retour d'un niveau **n = 2** donne à la série de ***Balmer***.

Calculer les longueurs d'onde extrêmes de radiations correspondantes à cette série.

Trouve-t-on des radiations visibles ? (λ compris entre **400 nm et 800 nm**) dans cette série ?

Exercice N° 2 :

On défini les états d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène par : $\mathbf{E_n = \frac{13,6}{n^2}}$ (exprimé en **eV**).

1°) Un atome d'hydrogène excité peut –il revenir à son état fondamental ?

2°) Déterminer l'énergie d'ionisation de l'atome hydrogène. En déduire la longueur d'onde du photon permettant l'ionisation.

3°) Quelle doit être l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer, par choc, l'excitation d'un atome d'hydrogène de son niveau fondamentale à son **1**^{er} niveau excité ?

4°) Le spectre d'émission de l'atome hydrogène est représenté ci-dessous.

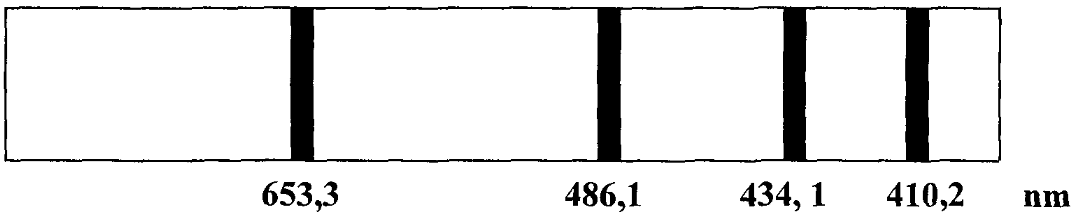
a- Expliquer pourquoi le spectre de l'hydrogène est discontinu.

b- Etablir l'expression littérale de la fréquence des radiations émises lorsque l'atome hydrogène passe d'un état excité tel que **n>2** à l'état excité tel que **n=2**

c- Les raies constituant le spectre d'émission obtenus à partir du retour d'un état excité tel que **n>2** à l'état excité **n=2.**

- Préciser la série mise en évidence.

d- Identifier la transition correspondante à chacune des raies formant le spectre.



Exercice N° 3 :

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont données par la relation $\mathbf{E_n = -\frac{13,6}{n^2}}$ ou **E est en eV** et **n est un nombre entier naturel non nul.**

Données : **h.C = 1,986.10^{-16} J.nm = 1240 eV.nm** et **e = 1,602.10^{-19} C**

1°) Quel est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?

2°) Etablir l'expression littérale de la longueur d'onde des radiations émises lorsque cet atome passe d'un état excité tel que **n □ 2** à l'état **n = 2** (radiations de la série de Balmer).

3°)L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de radiations de longueurs d'onde : **656 nm (H_α), 434 nm (H_γ)** et **410 (H_δ).**

a- Déterminer à quelles transissions correspondent ces radiations de la série de Balmer.

b- Tracer le diagramme représentant les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène pour ces quatre raies (échelle : **2cm→ 1 eV**).

4°)

a- Calculer en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises lors des transitions du niveau d'énergie E_3 au niveau d'énergie E_1 (longueur d'onde λ_3), du niveau d'énergie $\mathbf{E_2}$ au niveau d'énergie $\mathbf{E_1}$ (longueur d'onde λ_2) et de $\mathbf{E_3}$ au niveau d'énergie $\mathbf{E_2}$.

b- Une ampoule contient de l'hydrogène porté à la température de **2800 k**. les atomes sont dans leur état fondamental. Une lumière constituée de trois radiations $\boldsymbol{\lambda_3}$, $\boldsymbol{\lambda_2}$, $\boldsymbol{\lambda}$ traverse ce gaz. Quelles sont les radiations absorbées ? justifier.

Exercice N° 4 :

Les longueurs d'onde des radiations émises par les atomes **H** sont données par la formule $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ avec $\mathbf{R_H = 10,96.10^6 m^{-1}}$ et **n** et p deux entiers **(n □ p □ 0).**

1°)

a- Etablir l'expression de l'énergie du photon correspondant à la raie **(n, p)** du spectre d'émission.

b- Quelle est l'énergie maximale d'un photon émis par l'atome **H.**

2°) Calculer les fréquences des radiations émises lors des transitions des niveaux $\mathbf{E_3}$ **et** $\mathbf{E_4}$ au niveau $\mathbf{E_2}$.

3°) Grâce à des radiations lumineuses, on fournit à l'atome **H**, pris dans son état fondamental, les quanta d'énergie suivants: $\mathbf{W_1=6,15\ eV}$, $\mathbf{W_2=12,09\ eV}$ **et** $\mathbf{W_3=18,25\ eV}$.

Quels sont les photons absorbés ? Dans quel état se trouverait l'atome dans chaque cas.

4°) On bombarde des atomes **H** avec des électrons émis par un canon à électrons.

a- L'un des électrons heurte un atome **H** dans le niveau $\mathbf{E_2}$ avec une énergie cinétique de $\mathbf{3,52.10^{-19} J}$.

Que se passe-t-il pour l'atome et pour l'électron ?

b- Avec quelle vitesse minimale, l'électron doit-t-il frapper l'atome pour l'ioniser.

Exercice N° 5 :

$$\mathbf{E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ (eV)}$$

L'analyse de la lumière émise par le gaz H_2 soumis à une décharge électrique, donne un spectre de raies formé de quatre radiations visibles.

1°) Comment interpréter la discontinuité de la lumière émise.

2°) A quelles transitions correspondent ces 4 radiations ? calculer leur longueurs d'onde $\boldsymbol{\lambda_1}$ □ $\boldsymbol{\lambda_2}$ □ $\boldsymbol{\lambda_3}$ □ $\boldsymbol{\lambda_4}$.

3°) Dans la série de l'ultraviolet, on obtient les radiations $\boldsymbol{\lambda_5}$ **= 103 nm** et $\boldsymbol{\lambda_6}$ **= 122 nm.**

a- A quelles transitions correspondent ces 2 radiations. Calculer les énergies des photons émis.

b- Trouver une relation entre $\boldsymbol{\lambda_1}$, $\boldsymbol{\lambda_5}$ **et** $\boldsymbol{\lambda_6}$

4°) On analyse la lumière blanche qui a traversé le gaz $\mathbf{H_2}$. Qu'observe-t-on ? expliquer et conclure ?

Exercice N° 6 :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ (eV)$$

1°) Calculer (en **eV et en J**) la valeur de l'énergie de l'atome H excité au niveau $\mathbf{E_3}$.

L'atome d'hydrogène H, peut-il avoir une énergie égale a **– 2,8 eV.**

2°) On excite le gaz H_2 avec des radiations lumineuses.

a- Quelles est la longueur d'onde maximale de la radiation capable d'ioniser l'atome d'hydrogène à partir de son état fondamental.

b- Peut-on exciter l'atome H, pris dans son état fondamental avec une relation de longueur d'onde λ **= 103 nm**, ou avec des photons d'énergies $\mathbf{W_1 = 11\ eV}$ et $\mathbf{W_2 = 20\ eV}$.

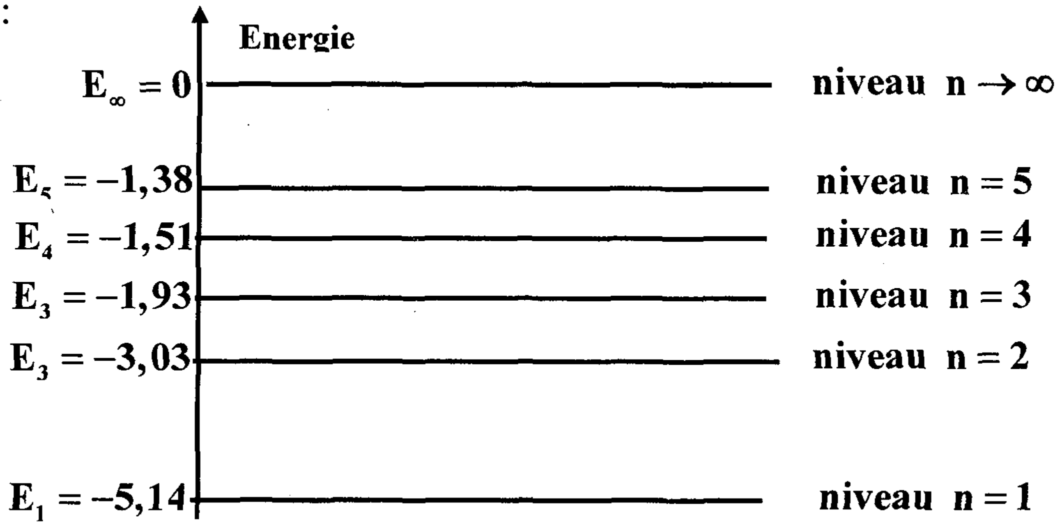
3°) On excite le gaz $\mathbf{H_2}$ en le bombardant avec des électrons.

a- Calculer l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par choc, l'excitation d'un atome H pris dans son état fondamental. Quelle est alors la longueur d'onde de la radiation émise au cours de la désexcitation de cet atome.

b- Si l'énergie cinétique d'un électron est $\mathbf{E_c = 11,5\ eV}$, quel est l'effet du choc sur l'atome H. Calculer l'énergie cinétique et la vitesse de l'électron juste après le choc.

Exercice N° 7 :

Le diagramme énergétique simplifié de l'atome de sodium est reproduit ci-dessous :



Données : $h = 6.62.10^{-34}$ j.s
$C = 3,00.10^{8}$ m.s^{-1}
Masse de l'électron : 9.10^{-31} kg
Domaine du visible : 0,4 nm □ λ □ 0,75 nm

1°) Donner la composition de l'atome de sodium : $^{23}_{11}Na$.

2°) Le diagramme d'énergie simplifié de l'atome de sodium montre que l'énergie est quantifiée. Expliquer. La mécanique de Newton permet-elle d'expliquer ces niveaux énergétiques.

3°) Quel est l'énergie de l'état fondamental.

4°) L'atome de sodium est ionisé à partir de son état fondamental, l'électron est émis avec une vitesse $\mathbf{v = 10^6 m.s^{-1}}$. Déterminer la valeur de la fréquence de la radiation absorbée. A quel domaine spectral appartient-il ?

5°) L'atome de sodium étant excité au niveau **n =5.**

a- Déterminer la longueur d'onde λ de la radiation émise pour la transition: **5→1.**

b- Dans quel domaine se situe cette radiation.

6°) Déterminer, d'après le diagramme, la plus grande longueur d'onde de la radiation que peut émettre l'atome de sodium. Préciser, en le justifiant, la transition correspondante.

A-Physique

Thème 4 : physique atomique et nucléaire
Chapitre 2 : Réaction nucléaires

Exercice N°1:

On donne :

- Masse de proton : m_p **= 1,00727 u ; masse de neutron :** m_n **= 1,00866 u**
- Masse du noyau ($^{210}_{84}Po$) **= 209,9368 u ;** Masse du noyau de plomb :

m_{pb} **= 205,9295 u**

- Masse d'une particule α**= 4,0015 u ; 1 u = $1,66.10^{-27}$ kg = 931,5 MeV/C^2**
- **C = 3.10^8 m.s^{-1} ; h = $6,62.10^{-34}$ J.s ; 1 MeV = $1,6.10^{-13}$ J.**

1°)

a- donner la composition du noyau de ($^{210}_{84}$**Po**).

b- Calculer l'énergie de liaison et l'énergie de liaison par nucléon du noyau de ($^{210}_{84}$**Po**) (exprimer ces énergies en **MeV**).

2°) Le Bismuth ($^{210}_{83}Bi$) est radioactif. Il se désintègre avec émission d'une particule β^- et il se forme un noyau **X**.

a- Ecrire l'équation correspondant à la désintégration de ($^{210}_{83}Bi$). Identifier **X**.

b- Expliquer l'origine de la particule émise.

3°) Le polonium ($^{210}_{84}Po$) est radioactif. Il se désintègre avec émission d'une particule et formation d'un noyau plomb (**Pb**).

a- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration.

b- Calculer l'énergie libérée par cette réaction.

c- Le noyau **Po** est initialement au repos, sachant que les particules α sont émises avec une énergie cinétique **Ec (α) = 5,2 Mev,** et le noyau fils **Pb** avec **Ec (Pb)** et que $\frac{Ec_\alpha}{Ec_{Pb}} = \frac{m_{Pb}}{m_\alpha}$

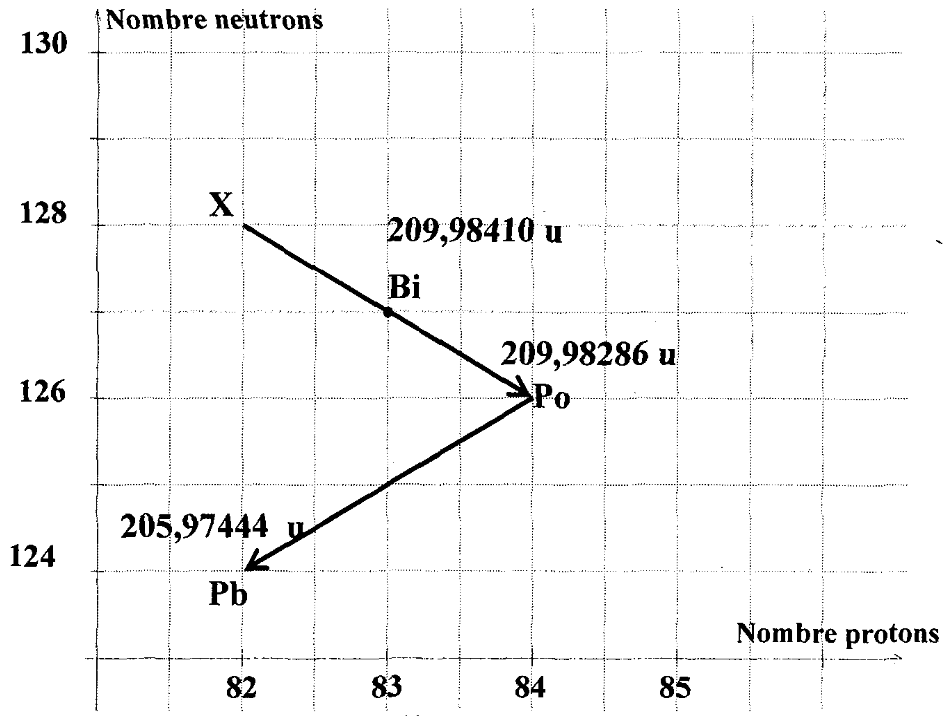
Montrer qu'au cours de cette réaction il ya émission d'un photon γ. Calculer sa longueur d'onde. Expliquer l'origine du rayonnement γ.

Exercice N° 2 :

On donne le diagramme des 3 dernières transmutations de la famille radioactive de l'uranium 238 que l'on se propose d'étudier. Sur le diagramme la masse du noyau est notée en u.

On rappelle **1 u = 931,5 MeV.C^{-2} = $1,67.10^{-27}$ kg.**

On donne la masse de la particule **α = 4,0015 u.**



1°) Ces transmutations sont-elles spontanées ou provoquées ? identifier le noyau X sur le diagramme en représentant son symbole.

2°)

a- Préciser le type de transmission traduisant le passage du noyau de Bismuth **B*i*** au noyau de Polonium Po. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.

b-Expliquer l'émission de l'électron au cours de cette réaction.

3°)

a- Ecrire l'équation de désintégration du noyau de polonium.

b- Montrer que cette réaction dégage de l'énergie.

c- Calculer l'énergie libérée par le noyau de polonium désintégré.

4°) On donne l'énergie de liaison des noyaux $^{206}\boldsymbol{Pb}$ **= 1578 MeV** et $^{210}\boldsymbol{Pb}$ **= 1600 MeV**. Comparer la stabilité de ces noyaux.

Exercice N° 3 :

L'américium **241** est émetteur **α**. Le noyau fils correspondant est un noyau de neptunium (**Np**). Le noyau père est au repos dans le référentiel terrestre.

1°) Cas ou le noyau de neptunium est obtenu à l'état fondamental.

a- Ecrire (en la justifiant) l'équation de désintégration d'un noyau $^{241}_{95}\mathbf{AM}$

b- Calculer (**en MeV.C^{-2}**) le défaut de masse de la relation nucléaire. Sous quelle forme apparaît l'énergie correspondante ?

Données : **masse d'un noyau d'américium 241 : $m_1 = 241{,}0046$ u.**

Masse d'un noyau de neptunium obtenu : $m_2 = 236{,}9970$ u.

Masse d'un noyau d'hélium 4 : $m_3 = 4{,}0025$ u.

c- Parmi les particules produites, laquelle a la plus grande énergie cinétique ?

d- Evaluer sa vitesse (sachant que $\frac{E_\alpha}{M_{NP}} = \frac{E_{CNP}}{m}$ on justifiera la réponse)

2°) Cas ou le noyau de neptunium est obtenu dans un état excité on observe alors l'émission d'un rayonnement γ.

a- Justifier l'existence de ce rayonnement.

b- L'énergie cinétique minimale des particules **α** émises est : E_{Cmin} **= 5,1** MeV. En déduire l'énergie maximale que pourrait avoir un photons **γ**.

Exercice N°4 :

Le polonium($^{210}_{84}Po$) est radioactif α de période radioactive **T = 140 jours**.

1°) Ecrire l'équation de sa désintégration sachant qu'il se forme du plomb (**Pb**).

2°) Montrer qu'il ya libération d'énergie au cours de cette réaction.

3°) Déduire alors l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau **Po** en **MeV**.

4°) Calculer le nombre de noyau contenus dans une masse $m_0 = 2,52$ g de **Po(210).**

5°) Calculer la masse de **H** formé après **175 jours**.

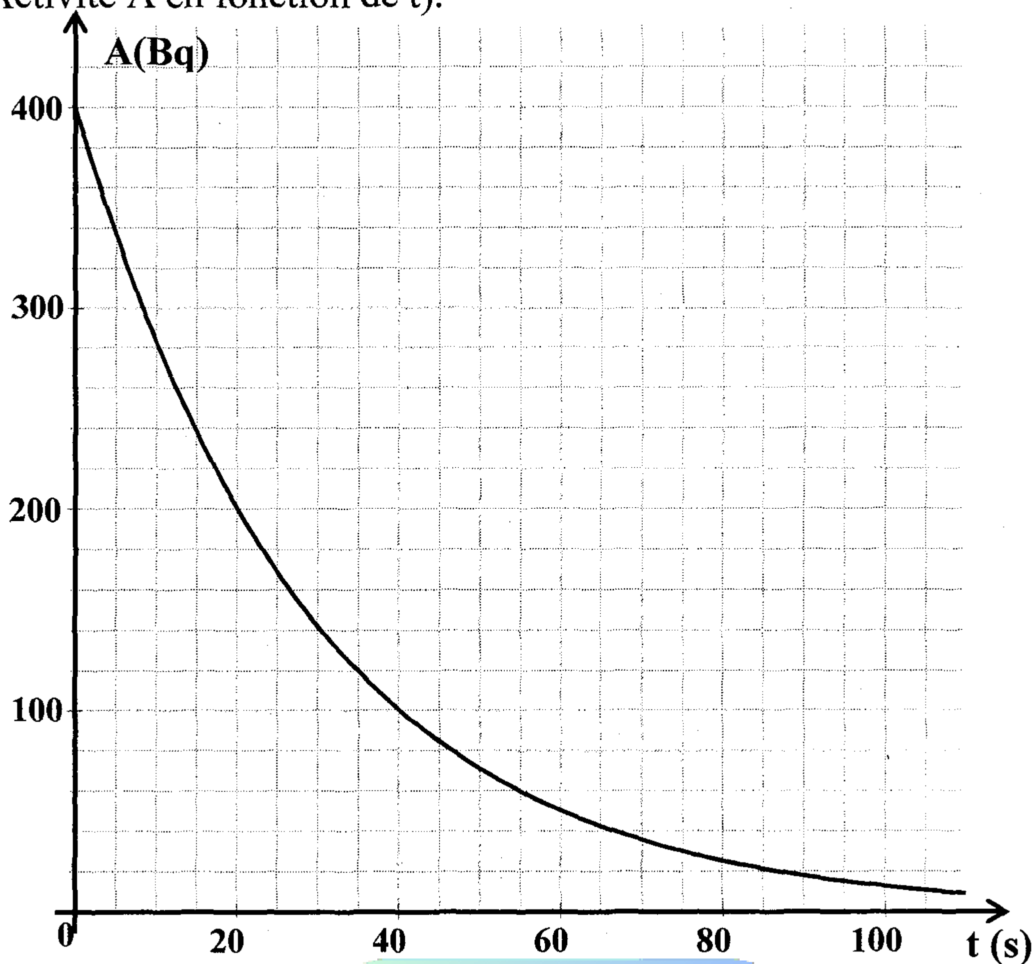
M (Po) = 210,0857 u ; m (Pb) = 206,0789 u ; m (He) = 4,0026 u

1 u = 931,5 MeV/C² ; $\mathcal{N} = 6,02.10^{23}$

Exercice N° 05:

On étudie la désintégration du radioélément vanadium **52**. A l'aide d'un compteur, on détermine le nombre de désintégration par seconde de cet échantillon. Les résultats sont donnés par la courbe suivante :

(Activité A en fonction de t).



1°) Définir la période radioactive **T.**

2°) En utilisant la loi de décroissance, déterminer la relation entre la période **T** et la constante radioactive λ.

3°) Déterminer, à partir du graphe la période **T**. Déduire λ.

4°) Déterminer l'activité **A** du vanadium à l'instant $t_1 = 1000s$. en déduire le nombre de noyaux de vanadium restant à cet instant.

Exercice N°6 :

A une origine des dates **t = 0,** on dispose d'un échantillon contenant N_0 noyaux de ($^{210}_{84}Po$) en moyenne ; à une date t, on détermine le nombre moyen **N** de noyau non désintégrés. Les mesures donnent :

T (en jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N}{N_0}$	1,00	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30

1°)

a- Tracer la courbe représentant $\mathbf{Ln}\left(\frac{N}{N_0}\right) = \mathbf{f(t)}$.

b- déduire, à partir de la courbe :

* la valeur de la constante radioactive

* la valeur de la période **T** du **polonium 210.**

2°) Au bout de combien de temps la masse restante de ($^{210}_{84}Po$) devient-elle le dixième de la masse initiale ?

Exercice N° 07 :

Le nucléide $^{52}_{23}V$ du vanadium est radioactif β^-. Il se désintègre en un noyau de chrome Cr avec émission d'un photon γ d'énergie **E = 143 MeV**

1°)

a- Ecrire l'équation de cette désintégration. Quelle est l'origine de la particule β^- ? Expliquer ?

b- Quelle est l'origine du photon ? Calculer la longueur d'onde de la radiation émise.

2°) on étudie la désintégration d'un échantillon contenant, à **t = 0,** N_0 noyaux de **vanadium 52**. Le nombre de noyaux de **vanadium 52** restant à la date **t** est $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ avec λ la constante radioactive du **vanadium.**

A l'aide d'un compteur, on mesure, après chaque minute, le nombre **n** de désintégrations pendant une durée $\tau = 5s$. le rapport $A = \frac{n}{\tau}$ est l'activité de l'échantillon à la date **t**. On obtient le tableau suivant avec t la date moyenne de la mesure :

T (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n	1585	1257	1075	873	741	584	471	428	355

a- définir l'activité d'un échantillon d'un radionucléide.

b- Etablir l'expression de **A** en fonction du temps. Construire la courbe **Ln A = f (t).**

c- Déduire de cette courbe les valeurs de **λ** et de la période radioactive **T** du **vanadium 52.**

d- Déterminer N_0 et le nombre de noyaux de vanadium **52** présents à la date **t = 30 min.**

<u>Exercice N°8 :</u>

Le polonium 210 ($^{210}_{84}Po$) est radioactif α. Son noyau fils est un isotope du plomb Pb.

<u>On donne</u> : m_{Po} = **209,9368u ; m_{Pb} = 205,9295u ;** m_α = **4,0015u ; m_P = 1,007276u ; m_n = 1,008665u.**

1°) Ecrire l'équation de la désintégration du **polonium 210.**

2°) Calculer, en **MeV**, l'énergie de liaison de chacun des noyaux **Po et Pb**. Déduire lequel est le plus stable.

3°) Calculer, en **MeV**, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de **polonium 210.**

4°) On suppose que toute l'énergie libérée par sa désintégration est communiquée à la particule α sous forme d'énergie cinétique. Calculer la vitesse v_α.

5°) Un échantillon contient N_0 noyaux de $^{210}_{84}Po$, à **t = 0**, de masse $m_0 = 1\mu g$. La période de **Po** est **T = 138 jours.**

a- Rappeler la définition de la période radioactive d'un radionucléide.

b- Soit **N**, le nombre de noyaux $^{210}_{84}Po$ dans cet échantillon à une date t □ 0. Donner l'expression **N (t).**

c- Quelle masse de **polonium 210** reste-t-il au bout de deux ans. (**1ans =365 jours**).

d- En déduire le nombre de particules α émises pendant cette durée.

e- Calculer (en Bq) l'activité A de cet échantillon à la **date t = 2 ans.**

f- Tracer la courbe **LnA = f (t)** *pour* **0≤ t ≤ 6 ans.**

<u>Exercice N° 9 :</u>

Dans une centrale nucléaire, les noyaux $^{235}_{92}U$ subissant la fission par l'effet du choc de neutrons à Ec convenable. L'un des processus possibles conduit à la formation d'un noyau de césium $^{137}_{55}Cs$, d'un noyau de zirconium $^{97}_{40}Zr$, de **x** neutrons et de **y** électrons (particules β^-) à partir d'un noyau $^{235}_{92}U$ frappé par un neutron.

1°) Ecrire l'équation bilan de la réaction de fission selon ce processus.

2°) Calculer en MeV puis en J l'énergie libérée par la fission d'un noyau $^{235}_{92}U$ selon le processus considéré.

On donne les énergies de liaison par nucléon :

7,6 MeV pour $^{235}_{92}$U ; 8,4 MeV pour $^{137}_{55}$Cs et **8,6 MeV pour $^{97}_{40}$Zr**.

3°) Parmi les autres modes de fission possibles, on peut considérer le suivant :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{95}_{54}Sr + 2^{1}_{0}n$$

On donne : **m ($^{235}_{92}$U) = 235,12u ; m ($^{139}_{54}$Xe) = 138,955u ; m ($^{1}_{0}$n) = 1,0087 u; m ($^{95}_{54}$Sr) = 94,945u.**

Calculer l'énergie libérée par la fission d'un noyau **d'uranium 235** selon ce mode.

Exercice N° 10 :

A- On considère les équations des réactions suivantes :

(1) $\quad ^{2}_{1}H + ^{3}_{2}H \longrightarrow ^{4}_{2}H + ^{A}_{Z}X$

(2) $\quad ^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{Z'}Sr + a\,^{1}_{0}n$

1°) Calculer :

a- **Z et A**

b- **Z' et a**

2°) Quel est le nom de chaque réaction ?

3°) On donne :

* Les masses : $m\left(^{2}_{1}H\right) = 2,0140u;\ m\left(^{3}_{2}H\right) = 3,01603u;\ m\left(^{4}_{2}H\right) = 4,0026u$

$m\left(^{1}_{0}n\right) = 1,008655u;\ m\left(^{1}_{1}p\right) = 1,00727u$

*Les énergies de liaisons par nucléon en **Mev/nucléon :**

$E\left(^{235}_{92}U\right) = 7,5 ; E\left(^{140}_{54}xe\right) = 8,2\ ;\ E\left(^{94}_{z'}Sr\right) = 8,5 ;$

***1 u=1,66.10^{-27}Kg ; 1Mev =1,6.10^{-13}J.**

***V_M=22,4L.mol^{-1}.**

***N=6,02.10^{23} mol^{-1}.**

a- Calculer en **Mev** l'énergie libérée par la formation d'un litre de gaz d'hélium par la réaction **(1)**

b- Calculer en **Mev** l'énergie libérée par le noyau $^{235}_{92}$U par la réaction **(2).**

Exercice N° 11 :

En raison de réaction nucléaire dans la très haute atmosphère, la proportion de carbone 14 dans la carbone atmosphérique est constante au cours du temps et égale à $\mathbf{n_0 = 10^{-12}}$. Cette proportion se retrouve dans tous les organismes vivants, puisque le carbone organique provient du dioxyde de carbone atmosphérique par photosynthèse. En revanche, dans un organisme diminue par désintégration des atomes ^{14}C.

1°) La période radioactive du carbone 14 est 5600 ans.

Soit n (t) la proportion de carbone 14 restant au moment de la datation dans un organisme mort depuis un temps t. compléter le tableau après avoir recopié.

T (années)	**0**	**2800**	**5600**	**8400**	**11200**	**14000**	**16800**
$\frac{n(t)}{n_0}$	**……..**	**0,71**	**……..**	**0,35**	**……..**	**0,18**	**……..**

2°) Tracer sur papier millimètre la courbe représentative **de** $\frac{n(t)}{n_0}$ en fonction de t, pour variant de 0 à 17000 ans.

Echelles : en abscisse : **1 cm pour 1000 ans.**

en ordonnée : **10 cm pour 1.**

3°) Lors des dernières éruptions volcaniques en Auvergne, des forêts ont été enfouies sous les cendres. En **1950**, on a pu déterminer par spectrométrie de masse la valeur de la proportion **n (t)** de **carbone 14** dans les bois fossilisés. On a obtenu les résultats suivants :

Lieu du gisement	$\frac{n(t)}{n_0}$
Montcyneire	**0,49**
Montchal	**0,44**
Lassolas	**0,39**

Déterminer graphiquement et par le calcul les « âges » de ces éruptions.

Correction

A- Physique

Thème-2- Evolution du système mécanique: le pendule élastique

Chapitre 1 :

- Oscillations libres non amorties

- Oscillations libres amorties

Exercice N° 1 :

1°)

a- La courbe (voir figure) est représentée sur une période T. d'où : $T = \frac{12\pi}{120} = \frac{\pi}{10}$ s.

b- L'amplitude est la valeur maximale de la grandeur oscillante (ici l'élongation x), d'après la courbe sa valeur est $X_m = 2$ cm.

c- La distance L parcourue par G pendant une période est : $L = 4\,X_m = 8$ cm.

d- A chaque instant $x(t) = X_m.\sin(\omega t + \varphi_x)$

À $t = 0$s $x(0) = X_m.\sin(\varphi_x)$, or d'après le graphe $x(0) = -2\text{ cm} = -X_m$

D'où $\sin(\varphi_x) = -1$ et $\varphi_x = -\frac{\pi}{2}$ rad.

e- La vitesse est donnée par $v = \frac{dx}{dt}$, elle est en quadrature de phase avance par rapport à x (t) : soit **v (t)** est maximale lorsque **x (t)** est nulle. Ainsi la vitesse maximale pour la première fois à la date $t = \frac{3\pi}{120}$ s.

2°)

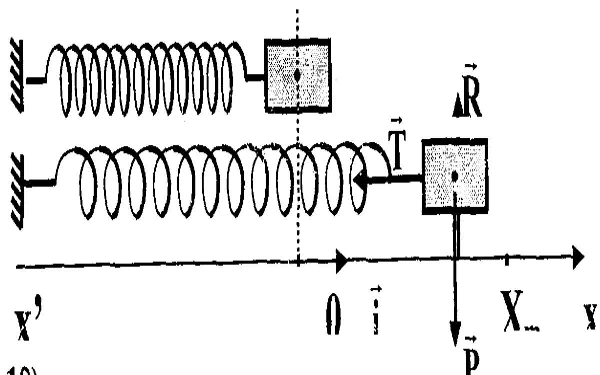
a- c'est la courbe de la figure 3, en effet d'une part on constate que la période n'a pas changé, et d'autre part on sait que la période ne dépend pas de l'amplitude.

b-La période est donnée par l'expression : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Puisque la période a diminué on a augmenté k.

Sa nouvelle valeur est: $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 0.1}{\left(\frac{6\pi}{120}\right)^2} = 160 N.m^{-1}$.

Exercice N° 2 :



1°)

a- $\vec{T} = -K.x.\vec{i}$

$T = -K.x$

Système (solide)

RFD : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\,\vec{a}$.

Projection: $-Kx = m\,a \Rightarrow ma + Kx = 0$.

$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0.$

→La solution de cette équation est $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$

Le mouvement est rectiligne sinusoïdal

D'où $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}314\ s.$

b- $x(t) = X_m \sin((\omega_0 t + \varphi_x)$

$X_m = 4\ cm\ (v = 0)$

$\omega_0 = 20\ rad.s^{-1}$.

À $t = 0$ $X_0 = X_m \sin(\varphi_x) = X_m \Rightarrow \sin(\varphi_x) = 1$

$\Rightarrow \varphi_x = \frac{\pi}{2}\ rad$

$x(t) = 4.10^{-2} \sin(20\,t + \frac{\pi}{2})$ en m

c- $V = \frac{dx}{dt} = X_m.\,\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$

$\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$

$V_{max} = X_m\,.\,\omega_0 = 4.10^{-2}\,.\,20 = 0{,}8\ m.s^{-1}$

$V = \pm\,\omega_0\sqrt{X_m^2 - x^2}$

Relation entre x et v

$$\begin{cases} X = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) \\ V = X_m\,\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_x) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sin(\omega_0 t + \varphi_x) = X/X_m \\ \cos(\omega_0 t + \varphi_x) = X/X_m\ \omega_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 1 = \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + \left(\frac{V}{X_m\,\omega_0^2}\right)^2$$

$$\Rightarrow X_m^2 = X^2 + \frac{V^2}{\omega_0^2}$$

$$\Rightarrow \frac{V^2}{\omega_0^2} = X_m^2 - X^2$$

$$\Rightarrow V^2 - \omega_0^2\,(X_m^2 - X^2)$$

$$\Rightarrow V = \mp\,\omega_0\,\sqrt{X_m^2 - X^2}$$

$x = 2$ cm

$$V = \mp\, 20\sqrt{(4.10^{-2})^2 - (2.10^{-2})^2}$$

$$V = \mp\, 0{,}69.m.s^{-1}$$

d- Système (solide, ressort)

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2}m\,V^2 + \frac{1}{2}k\,x^2$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}m\,(2va) + \frac{1}{2}k\,(2xv)$$

$$= mva + Kxv = v\,\underbrace{(ma + kx)}_{=0} = 0$$

E = constante

$$E = \frac{1}{2}k\,X_m^2 = \frac{1}{2}m\,V_m^2$$

$$= \frac{1}{2}\,80\,(4.10^{-2})^2$$

$$E = 6{,}4.\,10^{-2}\ J$$

2°)

a- $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_X)$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 20.rad.\,s^{-1}$$

À $t = 0$ $x_0 = X_m \sin(\varphi_X) = 4.10^{-2}$m

$$V_0 = X_m\,\omega_0\,\cos\varphi_x = 0{,}6\ m.s^{-1}$$

$$\begin{cases} \sin\varphi(x) = \dfrac{x_0}{X_m} \\ \cos\varphi(x) = \dfrac{V_0}{X_m\,\omega_0} \end{cases}$$

$$1 = \frac{x_0^2}{X_m^2} + \frac{v_0^2}{X_m^2\,\omega_0^2} \Rightarrow X_m^2 = x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}$$

$$X_m = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}} = 5.10^{-2}m$$

$$\sin(\varphi_x) = \frac{X_0}{X_m} = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

$\varphi_X = 0{,}92$ rad. car $\cos\varphi_X$ □ 0

$$x(t) = 5.\,10^{-2}\sin(20t + 0{,}92)\ m$$

$$V_{max} = X_m\,.\,\omega_0 = 5.\,10^{-2}.20 = 1\ m.\,s^{-1}$$

$x = 2$ cm

$$V = \mp\,20\sqrt{(5.10^{-2})^2 - (2.10^{-2})^2} = \mp\,0{,}91\ m.\,s^{-1}$$

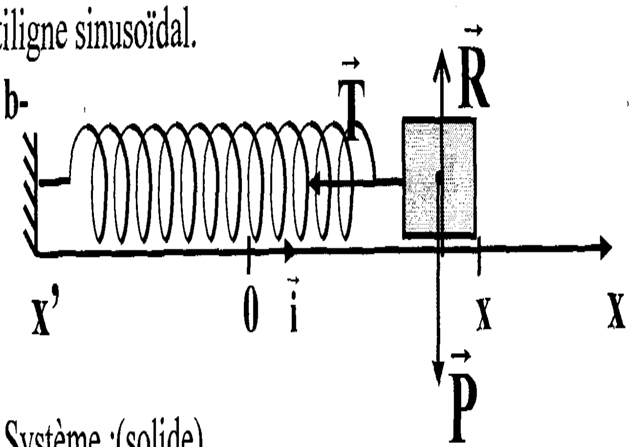
b- $E = \frac{1}{2}m\,v^2 + \frac{1}{2}k\,x^2 = \frac{1}{2}m\,V_m^2 = \frac{1}{2}m\,V_m^2$

$$E = \frac{1}{2}k\,x_0^2 + \frac{1}{2}m\,v_0^2 = 0{,}1\ J$$

1°)

a- Le solide décrit un segment de droite et l'équation horaire est une fonction sinus. Donc le mouvement est rectiligne sinusoïdal.

b-



Système :(solide)

RDF. $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + m.\vec{a}$

Projection de la RFD sur l'axe

$-kx = ma \Rightarrow ma + kx = 0$

$\Rightarrow \dfrac{d^2X}{dt^2} + \dfrac{k}{m}x = 0$

2°) Système (S,R)

a- $E = E_c + E_p = \dfrac{1}{2} m V^2 + \dfrac{1}{2} K x^2$

b- $\dfrac{dE}{dt} = mVa + K x V = V(ma + Kx) = 0$

3°)

a- $E_p = \dfrac{1}{2} K x^2$ or $x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

D'où $E_p = \dfrac{1}{2} K X_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi)$

b- $T = \dfrac{T_0}{2} = \dfrac{2\pi}{2.\omega_0} = \dfrac{\pi}{\omega_0}$

a- $E = E_{c\,max} = 100.\,10^{-4}\,J = 10^{-2}\,J$

$E = \dfrac{1}{2} K X_m^2.$

$\Rightarrow K = \dfrac{2E}{X_m^2} = \dfrac{2.10^{-2}}{(0,02)^2} = 50.Nm^{-1}.$

$T = 2.100.\,10^{-3} = 0,2\,s$

b- $\omega_0 = \dfrac{2\pi}{T_0} = \dfrac{2\pi}{0,2} = 10.\pi\ rad.\,S^{-1}$

$\omega_0^2 = \dfrac{K}{m} \Rightarrow m = \dfrac{K}{\omega_0^2} \Rightarrow m = \dfrac{50}{(10\pi)^2} = 0,05Kg$

c- $E_c = \dfrac{1}{2} m.V^2$ or $V = X_m\,\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$

$E_c = \dfrac{1}{2} m.\,X_m^2.\,\omega_0^2.\cos^2(\omega_0 t + \varphi)$

Or $\omega_0^2 = \dfrac{k}{m}$ d'où $E_c = \dfrac{1}{2} K.\,X_m^2.\cos^2(\omega_0 t + \varphi)$

$E_c = 10^{-2}\cos^2(\omega_0 t + \varphi)$

À $t = 0$ $E_c(0) = 10^{-2}\cos^2(\varphi) = 5.\,10^{-4}$

$\Rightarrow \cos^2(\varphi) = 0,5 = \dfrac{1}{2}$

$\cos(\varphi) = \mp \dfrac{\sqrt{2}}{2}$ et $\varphi \in \left]0, \dfrac{\pi}{2}\right[\Rightarrow \varphi = \dfrac{\pi}{4}$

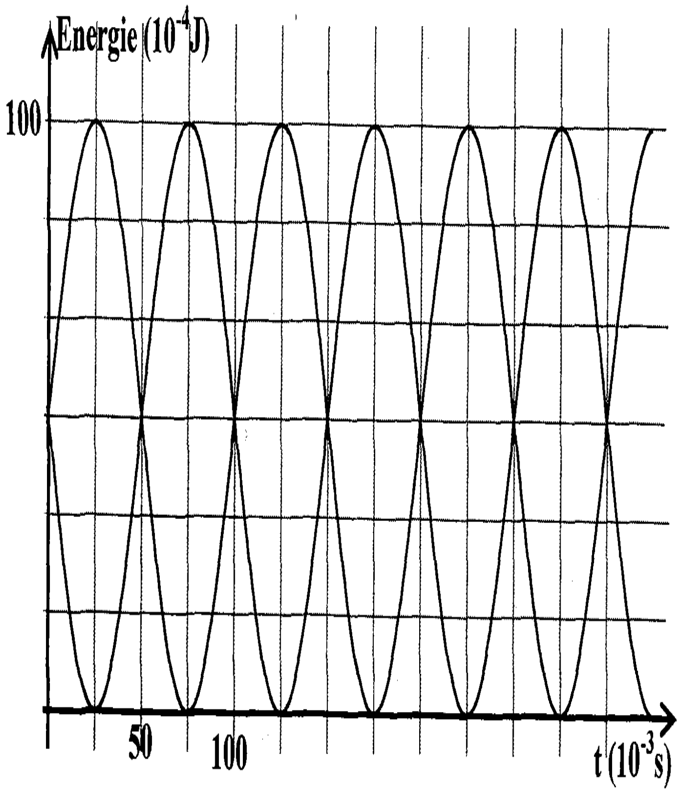
À $t = 0$ $E_p = \dfrac{1}{2} K x_0^2 = 50.\,10^{-4}\,J$

$E_c = \dfrac{1}{2} m\,v_0^2 = 50.\,10^{-4}\,J$

$$X_0 = X_m \sin\varphi = 0{,}02.\sin\frac{\pi}{4} = 0{,}01\sqrt{2}\,m$$

$$V_0 = X_m\omega_0 \cos\varphi = 0{,}1\pi\sqrt{2}\,m.s^{-1}$$

d-



5°)

$$\Delta t = \frac{|\Delta\varphi|}{\omega_0} = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_0}{2\pi} \Rightarrow \Delta t = \frac{T_0}{4}$$

$y(t)=Y_m\sin(\omega t + \varphi_y)$

- Synchrone ⇒ même pulsation : $\omega=\omega_0=10\pi\ rad.s^{-1}$
- Même amplitude ⇒ $Y_m = X_m$
- y en quadrature retard %à $x \Rightarrow \varphi_y = \varphi_y + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{4}$

Exercice N° 4:

Partie I:

1°)

a- $E = E_c + E_p \Rightarrow E = \frac{1}{2}m v^2 + \frac{1}{2}k x^2$

b-l'oscillateur est libre mon amorti car il n'ya pas de force de frottement. Donc E = constante

Le système est conservatif

c- $\frac{dE}{dt} = 0 \Rightarrow mva + kxv = 0 \Rightarrow v(ma + kx) = 0$

$\Rightarrow ma + kx = 0 \Rightarrow m(\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x) = 0$

$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$

Equation différentielle d'un mouvement rectiligne sinusoïdal.

2°)

a- $X_m = 5.10^{-2}m$

$T_0 = \frac{\pi}{5}s$; $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 10\ rd.s^{-1}$.

b- $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$

à $t = 0 : x(0) = X_m \sin\varphi_x = 2{,}5.10^{-2}m = -\frac{X_m}{2}$

D'où $\begin{cases} \sin\varphi_x = \frac{-1}{2} \\ \cos\varphi_x \square 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi_x = \pi - (\frac{-\pi}{6}) = \frac{7\pi}{6}\ rad$

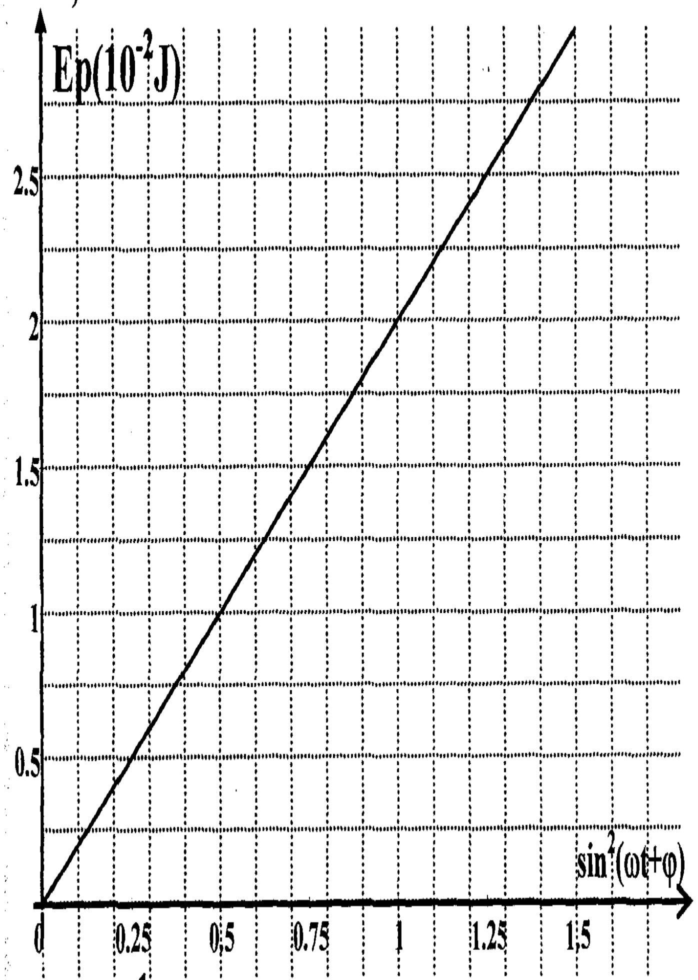
Alors $x(t) = 5.10^{-2}\sin(10t + \frac{7\pi}{6})$ (en m)

$0 : v(0) = X_m \omega_0 . \cos \varphi_x = 5.10^{-2}.10.\cos \frac{\quad}{6}$

$\Rightarrow v(0) = -0{,}43\ m.s^{-1}$

Partie II :

1°)



2°) $E_p = \frac{1}{2} K x^2$

a- $E_p = \frac{1}{2} k X_m^2 . \sin^2(\omega_0 t + \varphi_x)$

E_p s'écrit de la forme : $E_p = a.\sin^2(\omega_0 t + \varphi_x)$ qui est l'équation d'une fonction qui est linéaire (un segment de droite qui passe par l'origine) de pente:

$a = \frac{1}{2} k X_m^2 = 2.10^{-2}$ J

b- On a : $a = \frac{1}{2} k X_m^2 = 2.10^{-2}$ J

$k = 2 \times 2.10^{-2} \times \frac{1}{X_m^2} = \frac{4.10^{-2}}{(5.10^{-2})^2}$

$k = 16\ Nm^{-1}$

3°) $\begin{cases} x = X_m \\ v = 0 \end{cases}$

$E = \frac{1}{2} k X_m^2 = 2.10^{-2}$ J

4°) $t_1 = \frac{5\pi}{6}.10^{-2}$s et $t_2 = 5\pi 10^{-2}$s.

a- À $t_1 : v(t_1) = X_m\ \omega_0 \cos(\omega_0 t_1 + \varphi)$

$v(t_1) = 5.10^{-2} \times 10 \times \cos(\frac{5\pi}{6}.10^{-1} + 7\frac{\pi}{6})$

$v(t_1) = -0{,}35\ m.s^{-1}$

À $t_2 : v(t_2) = X_m\ \omega_0 \cos(\omega_0 t_2 + \varphi)$

$v(t_2) = 5.10^{-2} \times 10 \times \cos(10.5\pi 10^{-2} + 7\frac{\pi}{6})$

$v(t_2) = -0{,}25\ m.s^{-1}$

b- $\Delta E_C = E_C(t_2) - E_c(t_1)$

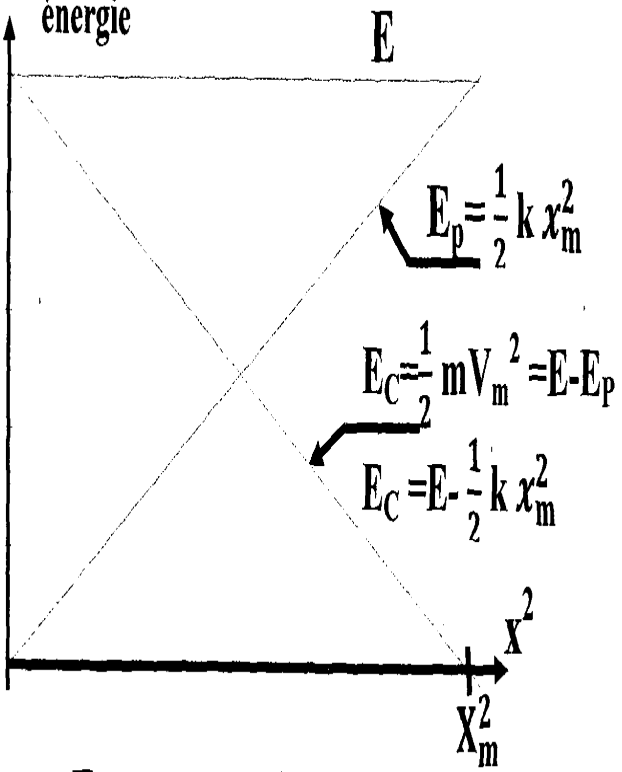
$\Delta E_C = \frac{1}{2} m V^2(t_2) - \frac{1}{2} m V^2(t_1)$

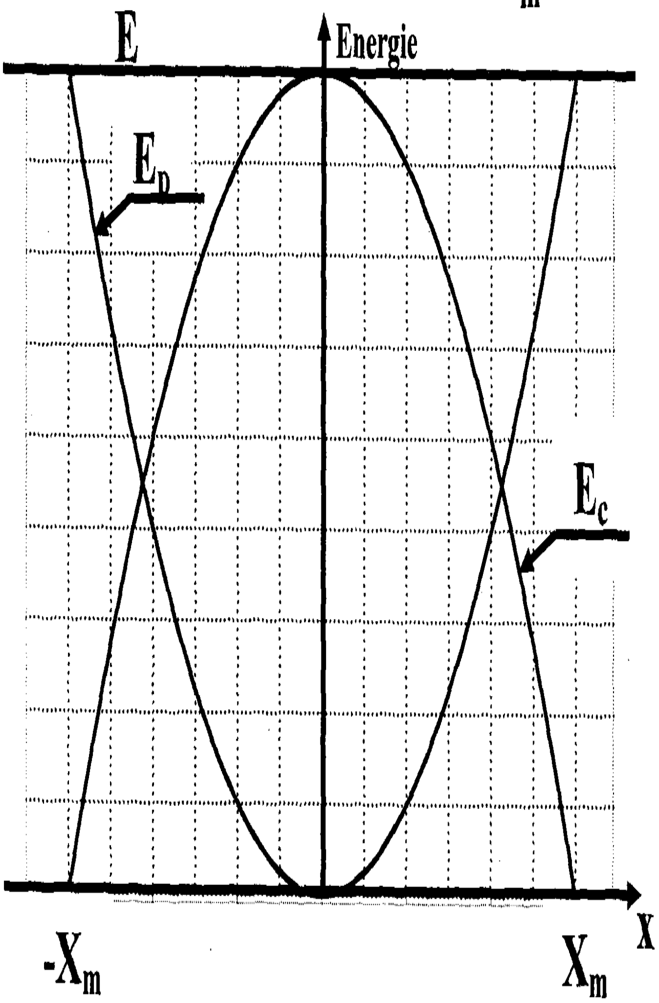
Or $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ alors $m = \frac{k}{\omega_0^2}$

D'où $m = \frac{16}{100} = 0{,}16$ kg

$\Delta E_C = \frac{1}{2} \times 0{,}16 \times (0{,}25)^2 - \frac{1}{2} \times 0{,}16 \times (0{,}35)^2$

$\Delta E_C = -4{,}8.10^{-3}$ J

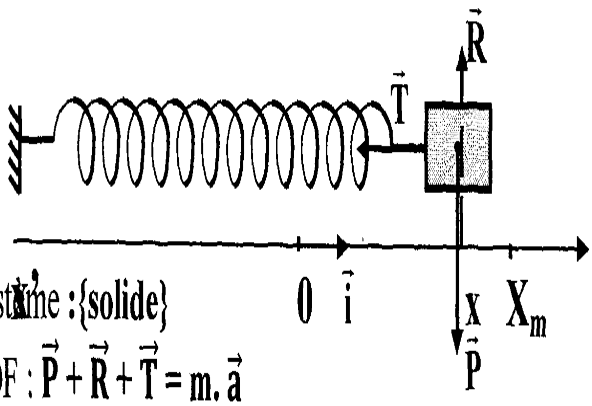




Exercice N° 5 :

A-

1°)



Système :{solide}

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

Projection de la RFD sur l'axe $-kx = ma \Rightarrow ma + kx = 0$

$$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x=0$$

La solution de cette équation différentielle est

$x(t)=X_m\sin(\omega_0 t+\varphi_x) \Rightarrow$ le mouvement est rectiligne sinusoïdal

2°) $T_0=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{0,2}{20}}=0,2\pi=\frac{2}{10}\pi\ s$

3°) $E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kX_m^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi_x)$

4°)

a- $T=\frac{\pi}{10}=\frac{T_0}{2}$

b- $E_{p_{max}}=\frac{1}{2}kX_m^2=1,6.10^{-4}J$

$X_m=\sqrt{\frac{2.1,6.10^{-4}}{20}}=4.10^{-2}m$

$x(t)=X_m\sin(\omega_0 t+\varphi_x)$

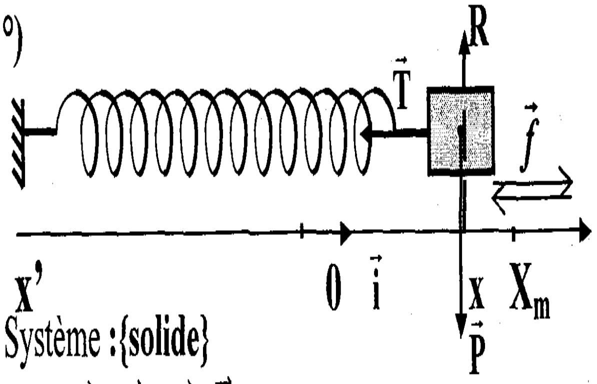
$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 10\,rad.s^{-1}$

$\text{À } t=0 : x(0) = X_m \sin(\varphi_x) = -X_m \Rightarrow \sin(\varphi_x) = -1 \Rightarrow \varphi_x = -\frac{\pi}{2}$

$x(t) = X_m \sin(10t - \frac{\pi}{2})$ en m

B-

1°)



Système :{solide}

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

Projection de la RFD sur l'axe

$-kx - hv = ma \Rightarrow ma + kx + hv = 0$

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

2°) $E = E_C + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

$\frac{dE}{dt} = mva + kxv = v(ma + kx) = v(-hv) = -hv^2$

$\Rightarrow \frac{dE}{dt} < 0 \Rightarrow E$ est une fonction décroissante

$\Rightarrow E$ diminue qu cours du temps

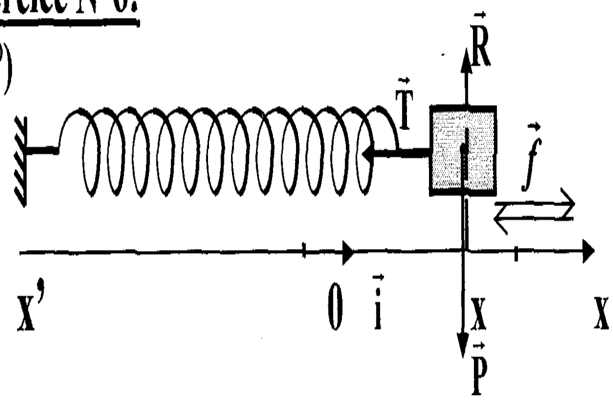
3°) l'enregistrement qui contient plus d'oscillations correspond la force de frottement plus faible

Plus la force de frottement est grande plus le retour de (C) vers son état d'équilibre est plus lente

n_1	h_3	Critique (apériodique)
n_2	h_1	Pseudopériodique
n_3	h_4	Apériodique
n_4	h_2	Pseudopériodique

Exercice N°6:

1°)



Système :{solide}

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

Projection de la RFD sur l'axe $-kx - hv = ma$

$\Rightarrow ma + kx + hv = 0 \Rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + Kx = 0$

$\Rightarrow 4(0{,}5.\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + Kx) = 0$

$\Rightarrow 2.\frac{d^2x}{dt^2} + 4h\frac{dx}{dt} + 4Kx = 0$

par identification

$4k = 200 \Rightarrow k = 50Nm^{-1}$

$4h = 8 \Rightarrow h = 2kg.s^{-1}$

a- T=0,6s

b- $E_0=\frac{1}{2}kX_m^2=\frac{1}{2}.50.(3.10^{-2})^2=2,25.10^{-2}J$

c- $\begin{cases} t_1=0 \quad E_0=2,25.10^{-2}J \\ t_2=T \quad E_1=\frac{1}{2}kX_{m_2}^2=\frac{1}{2}50.\left(2,5.10^{-2}\right)^2=1,56.10^{-2}J \end{cases}$

$E_{perdue}=E_0-E_1=68,75.10^{-4}J$

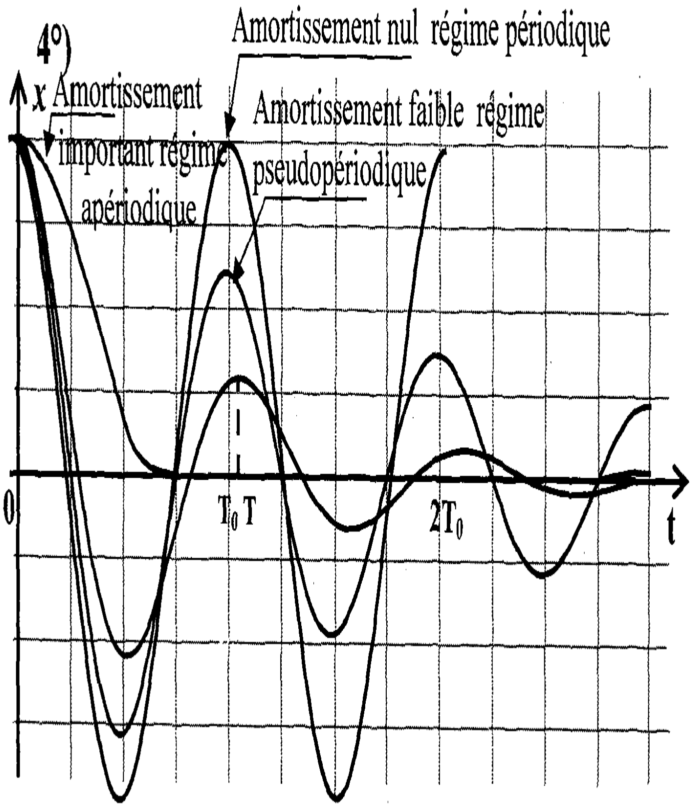
3°)

a- $E=E_C+E_p=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}kx^2$

b- $\frac{dE}{dt}=mva+kxv=v(ma+kx)=-hv^2$

c- $\frac{dE}{dt}=-2.(0,3)^2=-0,18\ Watt$

4°)



Correction

A- Physique

Thème-2- Evolution du système mécanique: le pendule élastique

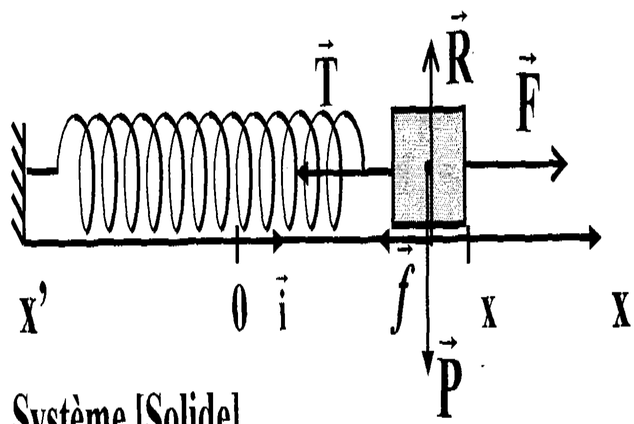
Chapitre 2:Oscillations forcées en régime sinusoïdal

Exercice N°1

1)

a-

Sens de déplacement



Système [Solide]

<u>RFD</u> $\vec{P}+\vec{R}+\vec{T}+\vec{F}=m\vec{a}$

Projection sur l'axe : $T + F = ma$

$\Rightarrow -kx + F = ma \Rightarrow ma + kx = F$

$\Rightarrow \frac{md^2x}{dt^2}+kx=F$

$F=F_m \sin(\omega t)$

$x(t) = x_m \sin(\omega t,\varphi_x)$

- $kx \rightarrow \vec{V_1}(kx_m,\varphi_x)$

- $\frac{md^2x}{dt^2} \rightarrow \vec{V_e}(m\omega^2 x_m,\varphi_x+\pi)$

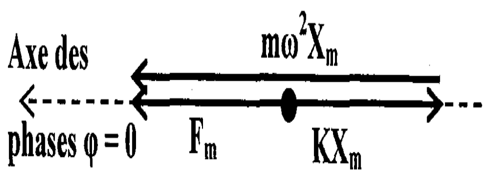
$F \rightarrow \vec{V}=\vec{V_1}+\vec{V_2}(F_m,\varphi_F=0)$

$m\omega^2 = 0,1(40)^2 = 160$; $k = 90$

$\omega = 40\ rad.s^{-1}$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{90}{0,1}} = 30\ rads - 1$$

$$\omega > \omega_0 \Rightarrow \omega^2 > \omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow m\omega^2 > k$$



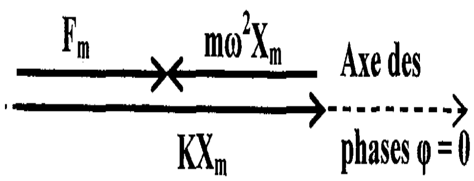
$$F_m = m\omega^2 x_m - kx_m = x_m\left(m\omega^2 - k\right)$$

$$x_m = \frac{Fm}{m\omega^2 - k} = \frac{4,5}{160-90} = 6,42.10^{-2}m$$

$$x(t) = 6,42.10^{\ 2}\sin(40t+\pi)\ \text{en m.}$$

Remarque :

Si $\omega < \omega_0$



$$x_m = \frac{F_n}{k - m\omega^2}$$

$$\varphi_x = \varphi_F$$

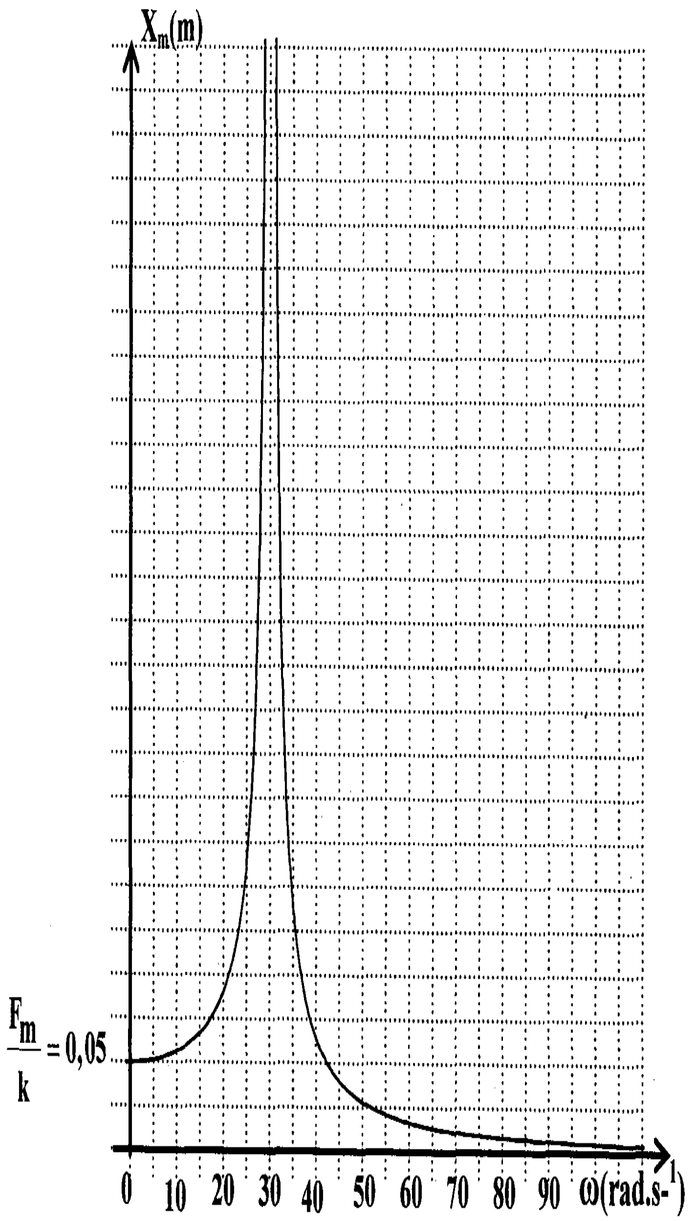
Dans le cas général h = 0

$$x_m = \frac{F_m}{|m\omega^2 - k|}$$

$\varphi_x = \varphi_F$ si $\omega < \omega_0$

$\varphi_x = \varphi_F + \pi$ si $\omega > \omega_0$

b- $$x_m = \frac{F_m}{|m\omega^2 - k|}$$



$$\omega \to 0 \to X_m = \frac{F_m}{k}$$

$$\omega \to \omega_0 = 30\ rad.s^{-1} \Rightarrow x_m \to \infty$$ (résonance très aigue)

On risque de détruire le ressort

2°)

a-

<u>RFD</u> $\vec{P}+\vec{R}+\vec{T}+\vec{F}+\vec{f}=m\,\vec{a}$

<u>Proj</u> : $T+f+F=ma \Rightarrow -kx-hv+F=ma$

$\Rightarrow ma+hv+kx=F$

$$\Rightarrow \frac{md^2x}{dt^2}+\frac{hdx}{dt}+kx=F$$

$x(t)=x_m\sin(\omega t+\varphi_x)$

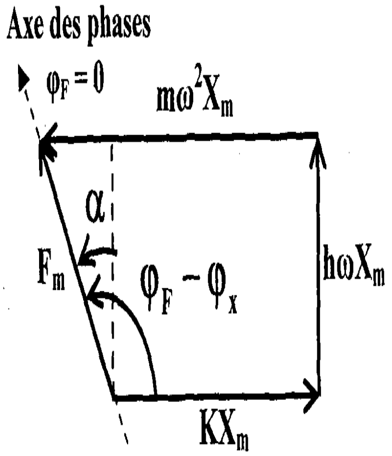
$kx \to \vec{V_1}(KX_m;\varphi_x)$

$$h\frac{dx}{dt} \to \vec{V_2}(h\omega X_m;\varphi_x+\frac{\pi}{2})$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} \to \vec{V_3}(m\omega^2X_m;\varphi_x+\pi)$$

$F \to \vec{V}(F_m;\varphi_F=0)$

$\vec{V}=\vec{V_1}+\vec{V_2}+\vec{V_3}$



$\omega_0 = 30$ rads $\Rightarrow m\omega^2>k$

$$Fm^2=h^2\omega^2x_m^{\ 2}+(m\omega^2x_m-kx_m)^2$$

$$=x_m^2\left(h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2\right)$$

$$x_m=\frac{F_m}{\sqrt{h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2}}$$

$$x_m=\frac{4,5}{\sqrt{0,25.40^2+(160-90)^2}}=6,18.10^{-2}m$$

$$tg(\alpha)=\frac{m\omega^2-k}{h\omega}=\frac{160-90}{20}=3,5 \Rightarrow (\alpha)=1,29rad$$

$$\varphi_F-\varphi_x=\alpha+\frac{\pi}{2}=2,86rad\ \ rad \Rightarrow \varphi_x=-2,86\ rad$$

$x(t)=6,180.10^{-2}\sin(40t-2,86)$ en m

$$x_m=\frac{F_m}{\sqrt{h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2}}$$

b-résonance d'élongation (d'amplitude)

x_{max} est maximale

$\Rightarrow g(\omega)=h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2$ est min

$\Rightarrow g'(\omega)=0$

$\Rightarrow 2h^2\omega+2(m\omega^2-k)2m\omega=0$

$\Rightarrow 2\omega(h^2+2m(m\omega^2-k))=0$

$\omega\neq 0$

$$\ldots + 2m(m\omega^2 - k) = 0 \Rightarrow 2m(m\omega^2 - k) = -h^2$$

$$\Rightarrow m\omega^2 - k = -\frac{h^2}{2m} \Rightarrow m\omega^2 = k - \frac{h^2}{2m}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} - \frac{h^2}{2m^2} \Rightarrow \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}}$$

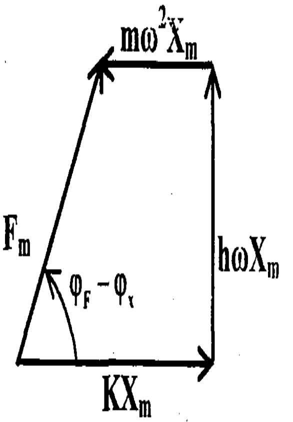
$\Rightarrow \omega_r < \omega_0$

$$\omega_r = \sqrt{(30)^2 - \frac{(0,5)^2}{0,02}} = 29,8 \text{rad.s}^{-1}$$

$$X_{m_r} = \frac{F_m}{\sqrt{h^2\omega_r^2 + (m\omega_r^2 - k)^2}}$$

$$= \frac{4,5}{\sqrt{0,25(29,8)^2 + (0,1.29,8^2 - 90)^2}} \simeq 0,3m$$

$\omega_r < \omega_0$



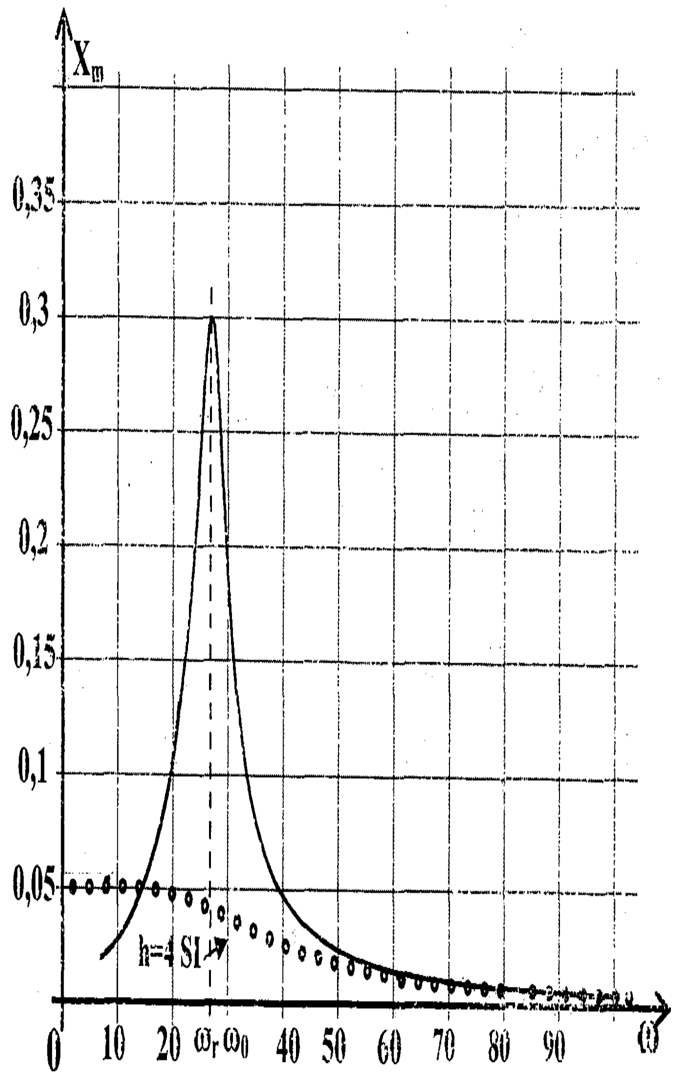
$$tg(\varphi_f - \varphi_x) = \frac{h\omega_r}{k - m\omega_r^2} = \frac{0,5.29,8}{90 - 0,1(29,8)^2}$$

$\varphi_F - \varphi_x = 1,45$ rad

$\varphi_x = -1,45$ rad

pour $h = 4 kg.s^{-1}$

$$\begin{cases} \omega'_r = \sqrt{30^2 - \frac{16}{0,02}} = 10 \text{ rads} \\ x'_{m_r} = \frac{4,5}{\sqrt{0,16\times100 + (10-90)^2}} = 0,056m \end{cases}$$



Remarque :

Pour qu'il y a phénomène de résonance il faut que

$$\omega_r = \omega_0 - \frac{h^2}{2m^2} > 0 \Rightarrow \frac{h^2}{2m^2} < \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

$$\Rightarrow h^2 < 2mk \Rightarrow h < \sqrt{2mk} = h_{limite}$$

$$h_{limite} = \sqrt{2\text{-}0{,}1.90} = 4{,}24SI$$

3°)

a- $ma + hv + kx = F$

$$\Rightarrow \frac{mdv}{dt} + hv + k\int vdt = F$$

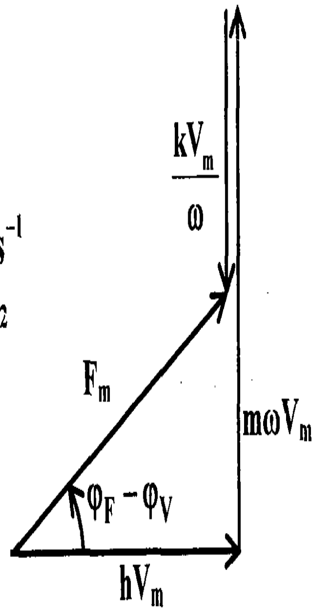
Par analogie

$$\Rightarrow \frac{Ldi}{dt} + Ri + \frac{1}{C}\int idt = U$$

$\omega = 40\ rads^{-1} > \omega_0 = 30rads^{-1}$

$$F_m^2 = h^2V_m^2 + \left(m\omega v_m - \frac{kV_m}{\omega}\right)^2$$

$$= V_m^2\left(h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2\right)$$



$$V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2}} = \frac{4{,}5}{\sqrt{0{,}25 + (4 - 2{,}25)^2}}$$

$$V_m = 2{,}47ms^{-1}$$

$$tg(\varphi_F - \varphi_V) = \frac{m\omega - \frac{k}{\omega}}{h} = \frac{4 - 2{,}25}{0{,}5} = 3{,}5$$

$\varphi_F - \varphi_V = 1{,}29rad$

$\varphi_V = -1{,}29rad$

$V(t) = 2{,}47\sin(40t - 1{,}29)$ en ms^{-1}

$x(t) = \int vdt$

$$x(t) = \frac{2{,}47}{40}\sin\left(40t - 1{,}29 - \frac{\pi}{2}\right) \text{ en m}$$

$$= 6{,}18.10^{-2}\sin(40t - 2{,}86)$$

$$V_m = X_m\omega \text{ et } \varphi_V = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$$

$$c-\ V_{max} = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + (m\omega - \frac{k}{\omega})^2}}$$

Résonance de vitesse

$$V_{max} \text{ est max} \rightarrow h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2 \text{ est min}$$

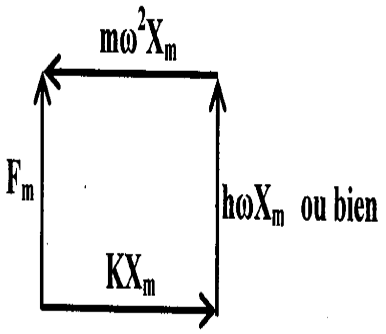
$$\Rightarrow m\omega - \frac{k}{\omega} = 0 \Rightarrow m\omega = \frac{k}{\omega} \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m}$$

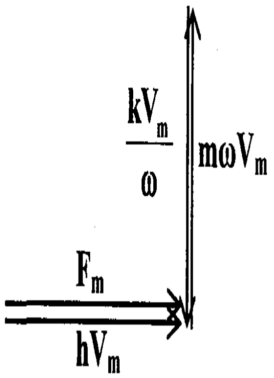
$$\Rightarrow \omega_R = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 30rads^{-1}$$

$$F_m = hv_m \rightarrow V_m = \frac{F_m}{h} = \frac{4,5}{0,5} = 9ms^{-1}$$

$$\varphi_F = \varphi_V \qquad \varphi_V = 0$$

$$\varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{2}$$





V(t)=9.sin(30t)

$$x(t) = \int v dt = \frac{9}{30}\sin\left(30t - \frac{\pi}{2}\right) = 0,3\sin\left(30t - \frac{\pi}{2}\right)$$

4°)

a- $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

$$\frac{dE}{dt} = mva + kxv = v(ma + kx)$$

$$= v(F - hv)$$

$$F = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$$

$$hv = hV_m \sin(\omega t + \varphi_v)$$

$$\omega = 40rads \neq \omega_0 \Rightarrow Fm \neq hv_m \quad \text{et} \quad \varphi_F \neq \varphi_V$$

$$F - hv \neq 0 \Rightarrow \frac{dE}{dt} \neq 0 \Rightarrow E \text{ varie}$$

$$\begin{pmatrix} x = 0 \\ v = v_m = 2,47ms \end{pmatrix} \Rightarrow E_1 = \frac{1}{2}mV_m^2 = 0,3J$$

$$\begin{pmatrix} x = X_m = 6,18m \\ v = 0 \end{pmatrix} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{2}kv_m^2 = 0,17J$$

b-

$$\frac{dE}{dt} = v(F - hv)$$

$$\omega = \omega_0 = 30rads \quad \begin{pmatrix} F_m = hv_m \\ \varphi_F = \varphi_V \end{pmatrix} \Rightarrow F - hv = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dE}{dt} = 0 \Rightarrow E = cte$$

$$\begin{pmatrix} x = 0 \\ v = \pm V_n = \pm 9ms^{-1} \end{pmatrix} \Rightarrow E = \frac{1}{2}mV_m^2 = 4,05J$$

<u>Rq</u>

$$F - hv = 0 \Rightarrow \underbrace{F + f = 0}_{\text{Equation différentielle}} \Rightarrow F = -f$$

La force excitatrice compense la force de frottement

$$ma + hv + kx = F \Rightarrow ma + kx = f - hv$$

$$\Rightarrow ma + kx = 0 \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

5°) $P = \frac{RI_m^2}{2}$

a- $P = \frac{hV_m^2}{2} = 0,5\frac{(2,47)^2}{2} = 1,52\text{watt}$

b- $P = \frac{hV_m^2}{2}$

P est max → V_n est max ⇒ résonance de vitesse

$\Rightarrow \omega=\omega_0=30\text{rad.s}^{-1}$

$V_m = 9\text{ms}^{-1}$

$P_0 = \frac{0,5(9)^2}{2} = 20,25\text{watt}$

$W = P_0\Delta t \quad / \quad \Delta t = T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$

$W = 20,25\,\frac{2\pi}{30} = 4,4\text{J}$

Exercice N°2 :

1°)

a- $0 < \varphi_F - \varphi_x < \pi$

F est toujours en avance % à x(t)

$F_{(1)} \rightarrow$ courbe (2)

$x(t) \rightarrow$ courbe (1)

b- $\omega_1 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{6x\frac{0,2}{3}} = 5\pi \text{ rad s}^{-1} = 15,7 \text{ rad s}^{-1}$

c- $\Delta t = \frac{T}{12}$

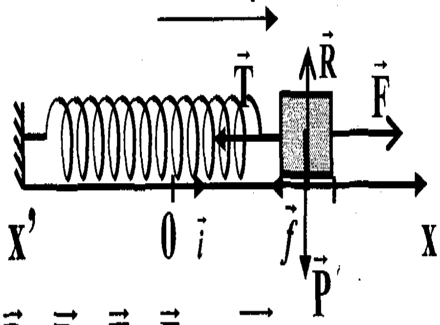
$|\Delta\varphi| = \Delta t.\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{T}{12} = \frac{\pi}{6}$ or $\Delta\varphi > 0$

$\Rightarrow \varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{6}$

d- $x(t) = 6.10^{-2}\sin(5\pi t)$ (en m)

$F(t) = 1,17.\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ (en N)

2°)



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

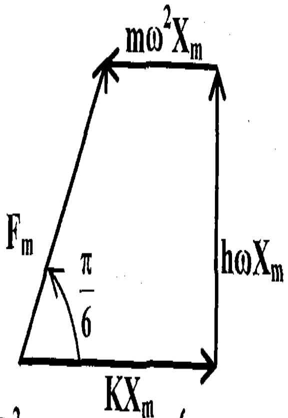
Proj : $T + f + F = ma \Rightarrow -kx - hv + F = ma$

$\Rightarrow ma + hv + kx = F \Rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F$

3°)

a- Pour $\omega = \omega_1 = 5\pi\text{rad.s}^{-1}$

$\varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{6}$



Remarque : $F_m^2 = h^2 x_m \quad \left(kx_m - m\omega^2 x_m\right)^2$

$= x_m^2\left(h^2.\omega^2 + (k - m\omega^2)^2\right)$

$$\Rightarrow x_m = \frac{Fm}{\sqrt{n^2\omega^2 + (k - m\omega^2)^2}}$$

Par analogie

$$Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2\omega^2 + \left(\frac{1}{c} - L\omega^2\right)^2}}$$

b- $tg\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{h\omega_1}{k - m\omega_1^2} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3}\left(k - m.\omega_1^2\right) = h.\omega_1$

c- $\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{h.\omega.X_m}{F_m} \Rightarrow h = \frac{F_m}{\omega_1.X_m}.\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)$

$$h = \frac{10^{-2}.1,17.0,5}{5\pi.6.10^{-2}} = 0,62kg.s^{-1}$$

4°)

a- résonance d'amplitude $\Rightarrow x_m$ prend sa valeur max

d'après la courbe $\omega_r = 9,8x2 = 19,6.rad.s^{-1}$

b- $\omega_2 = 23.rad.s^{-1}$ pour X_m=6cm

5°)

a- $\varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{2}$

$\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$

Donc $\varphi_F - \varphi_x = \varphi_F - \varphi_v + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_F - \varphi_v = 0$

F et V en phase :

$$V_m = \frac{F_m}{h} = \frac{1,17}{0,62} = 1,88m.s^{-1}$$

$v(t) = 1,88\sin\left(20t + \frac{\pi}{6}\right)$ en $m.s^{-1}$

b-résonance de vitesse

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ représente la pulsation propre.

6°)

a- $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$

$\frac{\sqrt{3}}{3}\left(k - m\omega_1^2\right) = h.\omega_1 \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3}.m\left(\omega_0^2 - \omega_1^2\right) = h.\omega_1$

$$m = \frac{3h\omega_1}{\sqrt{3}.\left(\omega_0^2 - \omega_1^2\right)} = 0,11Kg$$

$\dots 44N.m^{-1}$

b- $\omega_2 \rightarrow x_m = 6.10^{-2}m.$

$$X_m = \frac{F_m}{\sqrt{n^2\omega^2 + (m\omega^2 - k)^2}}$$

$$\Rightarrow h^2\omega^2 + (m\omega^2 - k)^2 = \left(\frac{F_m}{X_m}\right)^2$$

$$\Rightarrow h^2\omega^2 + m^2\omega^4 + k^2 - 2mK\omega^2 = \left(\frac{F_m}{X_m}\right)^2$$

On pose $\Omega = \omega^2$

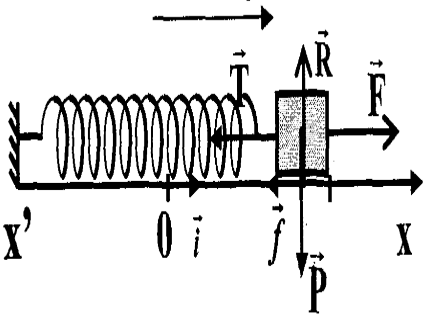
$$m^2\Omega^2 + (h^2 - 2mk)\Omega + k^2 - \left(\frac{F_m}{X_m}\right)^2 = 0$$

$$0{,}012\Omega^2 - 9{,}3\Omega + 1555{,}75 = 0$$

$$\begin{cases} \Omega_1 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{x_1} = 15{,}6 rad.s^{-1} \\ \Omega_2 \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{x_2} = 23 rad.s^{-1} \end{cases}$$

Exercice N°3 :

1°)



$\dots + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}$

Projection Sur $\overrightarrow{X'X}$:

$T + f + F = ma \Rightarrow -kx - hv + F = ma$

D'où l'équation différentielle :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F \qquad (1)$$

2°) $T(t) = -kx = kX_m \sin(\omega t + \varphi_x + \pi)$.

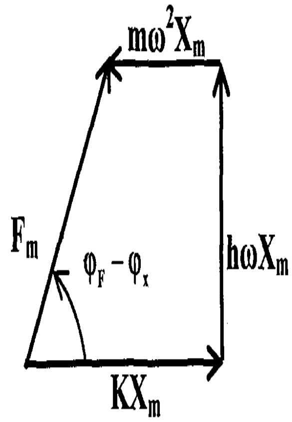
On a donc : $T_m = kX_m$ et $\varphi_T = \varphi_x + \pi$

3°)

a-D'après la méthode de Fresnel, (1) devient :

$$\vec{V_1}(kX_m, \varphi_x) + \vec{V_3}(m\omega^2 X_m, \varphi_x + \pi) + \vec{V_2}\left(h\omega X_m, \varphi_x + \frac{\pi}{2}\right) = \vec{V}(F_m, \varphi_F)$$

$$\omega < \omega_0 \Rightarrow \omega^2 < \omega_0^2 = k/m \Rightarrow m\omega^2 < k \Rightarrow \|\vec{V_3}\| < \|\vec{V_1}\|$$



b-$\sin(\varphi_F - \varphi_x) = h\omega X_m / F_m > 0 \Rightarrow 0 < \varphi_F - \varphi_x < \pi$

$\varphi_T = \varphi_x + \pi \Rightarrow 0 < \varphi_F - \varphi_T + \pi < \pi \Rightarrow -\pi < \varphi_F - \varphi_T < 0$

Donc $\varphi_F - \varphi_T < 0 \Rightarrow F(t)$ est toujours en retard par rapport à $T(t)$

La courbe (1) correspond à $F(t)$.

c- $|\varphi_F - \varphi_T| = \omega.\Delta t$ avec $\Delta t = \frac{T}{3}$ (2 divisions pour Δt et 6 divisions pour T)

$$\Rightarrow |\varphi_F - \varphi_T| = \frac{2\pi}{3}\text{rad}$$

$$\varphi_F - \varphi_T < 0 \Rightarrow \varphi_F - \varphi_T = -\frac{2\pi}{3}$$

$$\varphi_F - \varphi_T = \varphi_F - (\varphi_x + \pi) \Rightarrow \varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{3}\text{rad}.$$

d- $T_m = 1{,}5N$; $F_m = 1{,}2N$;

La période est $T = 3.\frac{\pi}{15} = \frac{\pi}{5}s$ (6 divisions)

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = 10\text{rad.s}^{-1}$$

à $t = 0$, on a $F = -F_m \Rightarrow \sin\varphi_F = -1$

$$\Rightarrow \varphi_F = -\frac{\pi}{2}\text{rad}.$$

$$\varphi_F - \varphi_T = -\frac{2\pi}{3} \Rightarrow \varphi_T = -\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} \Rightarrow \varphi_T = \frac{\pi}{6}\text{rad}.$$

D'où : $F(t) = 1{,}2\sin\left(10t - \frac{\pi}{2}\right)$ et $T(t) = 1{,}5\sin\left(10t + \frac{\pi}{6}\right)$

e- $\sin(\varphi_F - \varphi_x) = \frac{h\omega X_m}{F_m} \Rightarrow X_m = \frac{F_m}{h\omega}.\sin(\varphi_F - \varphi_x) = \frac{1{,}2}{10\sqrt{3}}.\sin\frac{\pi}{3}$

$$\Rightarrow X_m = 6cm$$

$$T_m = kX_m \Rightarrow k = \frac{T_m}{X_m} = \frac{1{,}5}{0{,}06} \Rightarrow k = 25N.m^{-1}$$

$$tg(\varphi_F - \varphi_x) = \frac{h\omega}{(k - m\omega^2)} \Rightarrow k - m\omega^2 = \frac{h\omega}{tg(\varphi_F - \varphi_x)}$$

$$\Rightarrow m = \frac{k}{\omega^2} - \frac{h}{\omega tg(\varphi_F - \varphi_x)} \Rightarrow m = 0{,}15kg$$

f- d'après la figure 1 on $T = 3 \times \frac{\pi}{15} = \frac{\pi}{5}s$

$$\text{d'où } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{5}} = 10\text{ rad.s}^{-1}$$

$$\text{on a } \omega_r = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{h^2}{2m^2}} = 10\text{rad.s}^{-1}$$

$\Rightarrow \omega = \omega_r \Rightarrow$ C'est la résonance d'amplitude.

4°)

a- $P = \frac{1}{2}hV_m^2$ avec $V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2}}$

$$\Rightarrow P = \frac{1}{2}h\frac{F_m^2}{h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2}.$$

b) $P(\omega)$ est maximale $\Rightarrow V_m(\omega)$ est max (Résonance de vitesse) $\left(m\omega-\dfrac{k}{\omega}\right)^2$ est min $\Rightarrow m\omega-\dfrac{k}{\omega}=0$

d'où $\omega=\omega_0=\sqrt{\dfrac{k}{m}}=12{,}9\,rad.s^{-1}$

c) * $V_m=\dfrac{F_m}{h}\Rightarrow X_m=\dfrac{F_m}{\omega V_m}=5{,}37\,cm\Rightarrow T_m=kX_m=1{,}34N.$

Donc T_m diminue de 1,5N à 1,34N.

* $\varphi_F-\varphi_V=0\Rightarrow\varphi_F-\varphi_x=\dfrac{\pi}{2}$

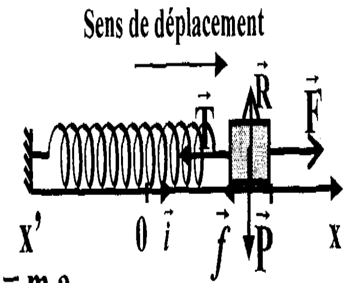
$\Rightarrow\varphi_F-\varphi_T=\varphi_F-\varphi_x+\pi=-\dfrac{\pi}{2}.$

T(t) devient en quadrature avance / F(t).

* $\omega=\omega_0=12{,}9\,rad.s^{-1}\Rightarrow T=T_0=0{,}487s.$

La période diminue de 0,628s à 0,487s.

Exercice N°4 :



1°)Système solide

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

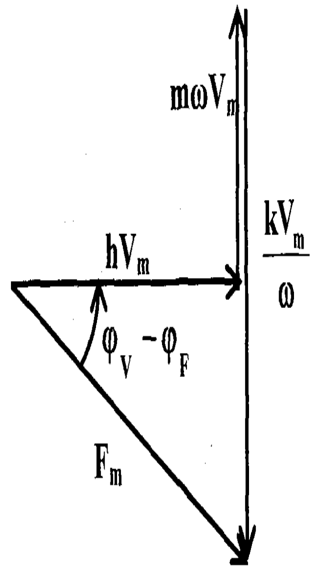
Projection : $-kx+F-hv=m.a$

$\Rightarrow ma+hv+kx=F\Rightarrow m\dfrac{dv}{dt}+hv+k\int vdt=F$

$$\begin{cases}F=F_m\sin(\omega t+\varphi_F)\\ V=V_m\sin(\omega t+\varphi_v)\end{cases}$$

2°) $\omega=20\,rad.s^{-1}<\omega_0=\sqrt{\dfrac{k}{m}}=\sqrt{\dfrac{100}{0{,}25}}=25\,rad.s^{-1}$

$\omega^2<\dfrac{k}{m}\Rightarrow m.\omega^2<k\Rightarrow m\omega<\dfrac{k}{\omega}$



$$F_m^2=h^2V_m^2+\left(\frac{kV_m}{\omega}-mV_m.\omega\right)^2=V_m^2\left(h^2+\left(\frac{k}{\omega}-m.\omega\right)^2\right)$$

$$V_m=\frac{F_m}{\sqrt{h^2+\left(\frac{k}{m}-m\omega\right)^2}}$$

$$V_m=\frac{0{,}6}{\sqrt{(2{,}4)^2+(5-3{,}2)^2}}=0{,}2\,ms^{-1}$$

$$tg(\varphi_v-\varphi_F)=\frac{\frac{k}{\omega}-m\omega}{h}=\frac{5-3{,}2}{2{,}4}=0{,}75$$

$\varphi_v-\varphi_F=0{,}64\,rad$

$$\varphi_v = 0,64 + \varphi_F = 0,64 - \frac{\pi}{2}$$

$$v(t) = V_m \sin\left(20t + 0,64 - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{en m.s}^{-1}$$

$$x(t) = \frac{V_m}{\omega}\sin\left(20t + 0,64 - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$x(t) = 0,01\sin(20t + 0,64 - \pi) \quad \text{en m}$$

3°)

$$* \; T = -kx = -kX_m \sin(\omega t + \varphi_x)$$

$$T(t) = kX_m \sin(\omega t + \varphi_x + \pi)$$

$$T_{max} = kX_m = 1N$$

$$* \; f = -hv = -hV_m \sin(\omega t + \varphi_v)$$

$$f(t) = -hV_m \sin(\omega t + \varphi_v + \pi)$$

$$f_{max} = hV_m = 2,4x0,2 = 0,48N$$

4°) $E_{consommée} = P.t = \frac{h.V_m^2}{2}t = \frac{2,4(0,2)^2}{2}.60 = 2,88J$

5°) V_m prend sa valeur maximale $\Rightarrow$ résonance de vitesse

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow m = \frac{k}{\omega^2} = \frac{100}{(20)^2} = 0,25kg$$

$$m_0 = 250 - 160 = 90g$$

$$F_m = h.V_m \;\text{ et }\; \varphi_F = \varphi_v$$

$$V_0 = \frac{F_m}{h} = \frac{0,6}{2,4} = 0,25m.s^{-1}$$

$$F = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$$

$$f = -hv = -hV_m \sin(\omega_0 t + \varphi_v) = -F_m \sin(\omega_0 t + \varphi_F)$$

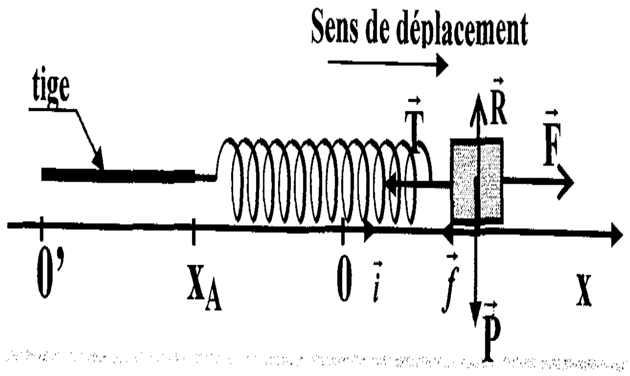
d'où $\varphi_f = \varphi_F + \pi$ et $\left\|\vec{f}\right\| = \left\|\vec{F}\right\|$

• Seulement pour la résonance de vitesse, la force excitatrice compense totalement la force de frottement

$$\bullet\; Z = \frac{F_m}{V_m} = h = 2,4Kg.s^{-1}$$

Exercice N°5 :

1°)



S... (solide)

Bilan des forces :

$\vec{T}$: Tension du ressort

$\vec{P}$: Poids du solide

$\vec{R}$: Réaction du plan

$\vec{f}$: Force de frottement

$T = -k(x - x_A) = -kx + kx_A$

$T' = T + F$

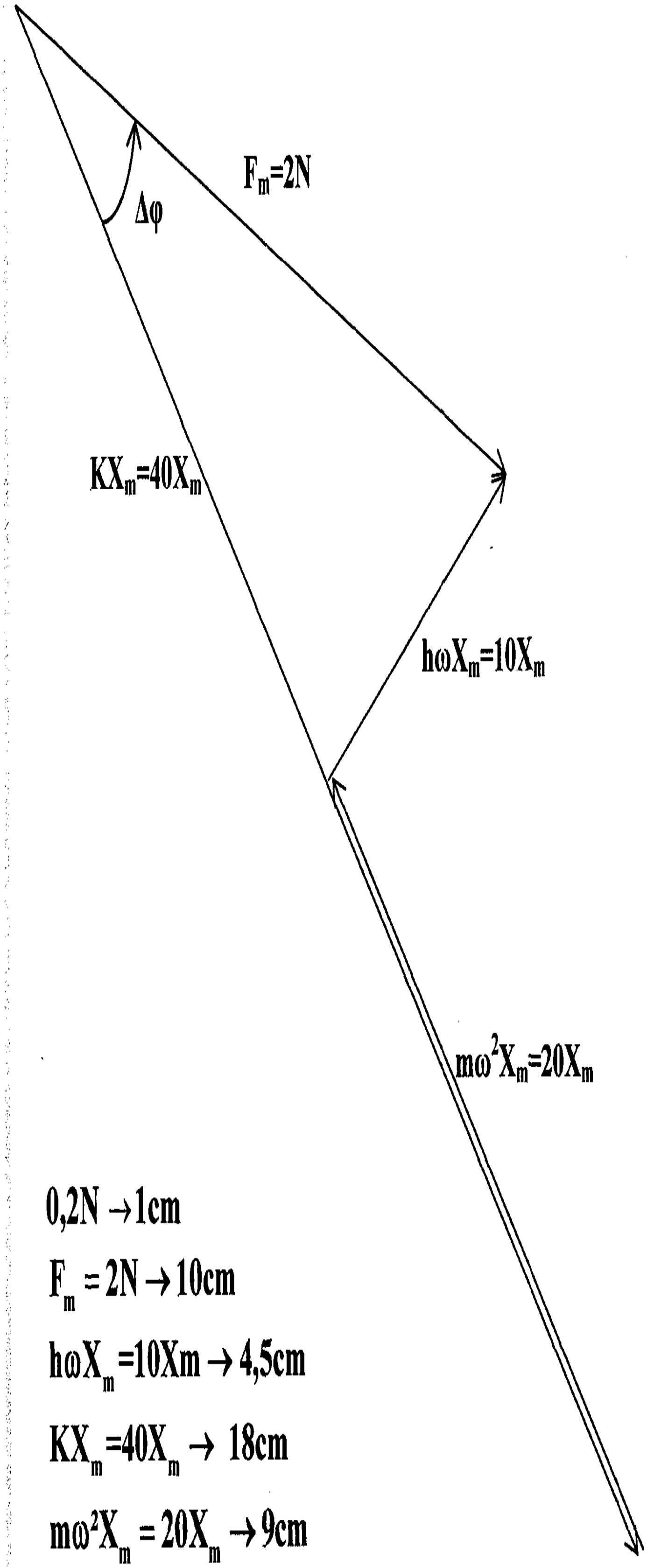
RFD : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T'} + \vec{f} = m.\vec{a}$

Proj : $T' + f = ma \Rightarrow T + F + f = ma$

$$\Rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F$$

2°)

a- $\omega = 10 rad.s^{-1}$



$0,2N \rightarrow 1cm$

$F_m = 2N \rightarrow 10cm$

$h\omega X_m = 10Xm \rightarrow 4,5cm$

$KX_m = 40X_m \rightarrow 18cm$

$m\omega^2X_m = 20X_m \rightarrow 9cm$

$* \; 0{,}2N \rightarrow 1cm$

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{6}$$

$h\omega X_m \rightarrow 10X_m \rightarrow 4{,}5cm$

$$10X_m = \frac{4{,}5x0{,}2}{1}$$

$$\Rightarrow X_m = \frac{4{,}5x0{,}2}{10} = 0{,}09m$$

c- $x(t) = 0{,}9\sin\left(10t - \frac{\pi}{6}\right)$ en m

d- $F_m^2 = h^2\omega^2 + m^2 + (kX_m - m\omega^2X_m)^2$

$$= X_m^2\left(h^2\omega^2 + \left(k - m\omega^2\right)^2\right)$$

$$X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2\omega^2 + \left(k - m\omega^2\right)^2}}$$

résonance d'élongation (d'amplitude) $\Rightarrow X_{max}$ est maximale

$\Rightarrow g(\omega) = h^2\omega^2 + (m\omega^2 - k)^2$ est min

$\Rightarrow g'(\omega) = 0$

$\Rightarrow 2h^2\omega + 2(m\omega^2 - k)2m\omega = 0$

$\Rightarrow 2\omega(h^2 + 2m(m\omega^2 - k)) = 0$

$\omega \neq 0$

$\Rightarrow h^2 + 2m(m\omega^2 - k) = 0 \Rightarrow 2m(m\omega^2 - k) = -h^2$

$$\Rightarrow m\omega^2 - k = -\frac{h^2}{2m} \Rightarrow m\omega^2 = k - \frac{h^2}{2m}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} - \frac{h^2}{2m^2} \Rightarrow \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}}$$

3°)

a- $I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$

$$V_m = \frac{F_m}{Z} = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(m\omega - \frac{K}{\omega}\right)^2}}$$

b- Résonance de vitesse $\Rightarrow V_m$ est maximale $\Rightarrow$

$$\Rightarrow m\omega - \frac{K}{\omega} = 0 \Rightarrow m\omega = \frac{K}{\omega} \Rightarrow \omega^2 = \frac{K}{m}$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

donc $V_m = \frac{F_m}{h} \Rightarrow Z = h$

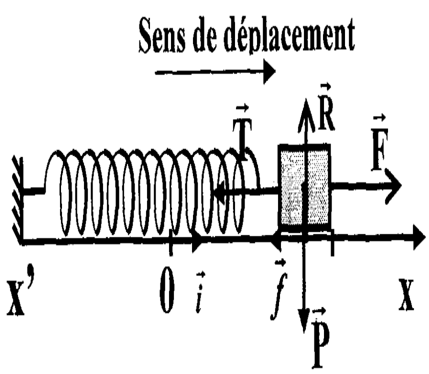
d- $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

$$\frac{dE}{dt} = mva + kxv = v(ma+kx) = v(F-hv) = 0$$

$\Rightarrow E$ est constante

Exercice N°6 :

1°)



Système (solide)

RFD : $\vec{P}+\vec{R}+\vec{T}+\vec{f}+\vec{F}=m.\vec{a}$

Proj : $-kx-hv+F=m.a \Rightarrow ma+hv+kx=F$

$$\Rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{hdx}{dt}+kx=F \Rightarrow \frac{mdv}{dt}+hv+k\int vdt=F$$

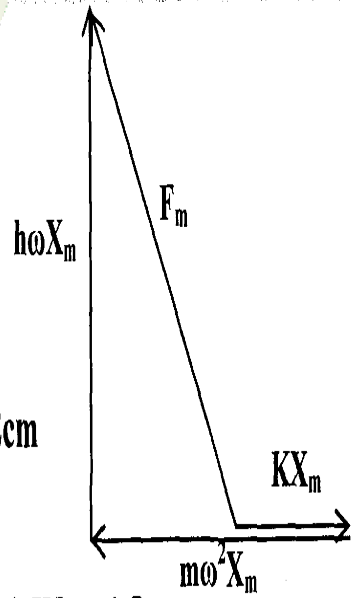
2°) $x(t)=X_m\sin(\omega t+\varphi_x)$

$$\Rightarrow x(t)=5.10^{-2}.\sin\left(30t-\frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\omega=30rad.s^{-1}>\omega_0=\sqrt{\frac{k}{n}}=20rad.s^{-1}$$

$$\varphi_F-\varphi_x=\frac{2\pi}{3}=120°$$

$$\varphi_F-\varphi_x>\frac{\pi}{2}$$



Echelle $1N \rightarrow 1cm$

$kX_m=40.5\,10^{-2}=2N\rightarrow 2cm$

$F_m=?$

$m\omega^2X_m=0,1.30^2.5\,10^{-2}=4,5N\rightarrow 4,5cm$

$\varphi_F-\varphi_x=120°$

a- $F_m\rightarrow 5cm \Rightarrow F_m=5N$

b- $h\omega X_m\rightarrow 4,5cm\Rightarrow h\omega X_m=4,5N\Rightarrow h=\frac{4,5}{30.5\,10^{-2}}=3kg.s^{-1}$

c- $T(t)=-Kx(t)=-kX_m\sin(\omega t+\varphi_x)=2\sin\left(30t-\frac{2\pi}{3}+\pi\right)$

$$=2\sin\left(30t+\frac{2\pi}{3}\right) \text{ en N}$$

$$f(t)=-hv(t)=-hX_m\omega\cos(\omega t+6x)=-4,5\cos\left(30t-\frac{2\pi}{3}\right) \text{ en N}$$

3°)

a- T en quadrature avance % à F

$$\varphi_T-\varphi_F=\frac{\pi}{2}$$

Or $T=-kx\Rightarrow \varphi_T=\varphi_x+\pi$

$\varphi_x + \pi - \varphi_F = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{2}$

Or $v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow \varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$

Donc

$$\varphi_F - \left(\varphi_v - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_F = \varphi_v$$

F et V en phase => résonance de vitesse

b- $\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{n}} = 20 rad.s^{-1}$

$f(t) = -h.v(t) = -hV_n \sin(\omega_0 t + \varphi_v)$

Or pour $\omega = \omega_0$ on a $F_m = hV_m$ et $\varphi_F = \varphi_v$

Donc $f(t) = -F_m \sin(\omega_0 t + \varphi_F) = -F(t) = -5\sin(20t)$

$= 5\sin(20t + \pi)$ en N

c- $f(t) = -F(t) \Rightarrow f + F = 0$

$\Rightarrow$ f et F en opposition de phase

$\|\vec{f}\| = \|\vec{F}\|$

La force excitatrice compense totalement la force de frottement

d- $P_0 = \frac{RI_m^2}{2}$

Par analogie

$P = \frac{hV_m^2}{2} = \frac{3}{2}\left(\frac{5}{3}\right)^2 = 4{,}16$ watt

Exercice N°8 :

I-

1°)

a-

* $F(t) = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$

$F_m = 2N$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{6}} = 12 rad.s^{-1}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{à } t=0 \; F(0) = F_m \sin(\varphi_F) = 0 \\ \cos(\varphi_F) > 0 \end{array}\right\} \Rightarrow \varphi_F = 0$$

$F(t) = 2\sin(12t)$ en N

* $V(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v)$

$V_m = 1 m.s^{-1}$

$$\Delta t = \frac{T}{8} \Rightarrow |\Delta\varphi| = \omega \Delta t = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{8} = \frac{\pi}{4}$$

F(t) en avance de phase % av(t)

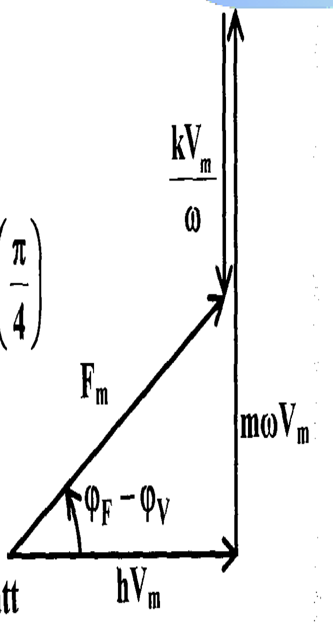
$\Rightarrow \varphi_F - \varphi_v = \frac{\pi}{4}$ or $\varphi_F = 0 \Rightarrow \varphi_v = -\frac{\pi}{4}$

$v(t) = \sin\left(12t - \frac{\pi}{4}\right)$ en $m.s^{-1}$

b- $tg(\varphi_F - \varphi_v) = \dfrac{m\omega - \frac{k}{\omega}}{h}$

$\cos(\varphi_F - \varphi_v) = \dfrac{hV_m}{F_m} \Rightarrow h = \dfrac{F_m}{V_m}\cos\left(\dfrac{\pi}{4}\right)$

$h = \dfrac{2\sqrt{2}}{1\ 2} = \sqrt{2}kg.s^{-1}$



c- $P = \dfrac{hV_m^2}{2} = \dfrac{\sqrt{2}.(1)^2}{2} = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$ watt

2°) V_m est maximale $\Rightarrow$ Résonance de vitesse

$\Rightarrow \omega_1 = \omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m}} \Rightarrow \omega_0^2 = \dfrac{k}{m}$ or pour $\omega = 12rad.s^{-1}$

$tg(\varphi_F - \varphi_v) = \dfrac{m\omega - \frac{k}{\omega}}{h} = tg\left(\dfrac{\pi}{4}\right) = 1$

$m\omega - \dfrac{k}{\omega} = h$ et $\omega_0^2 = \dfrac{k}{m} \Rightarrow m = \dfrac{k'}{\omega_0^2}$

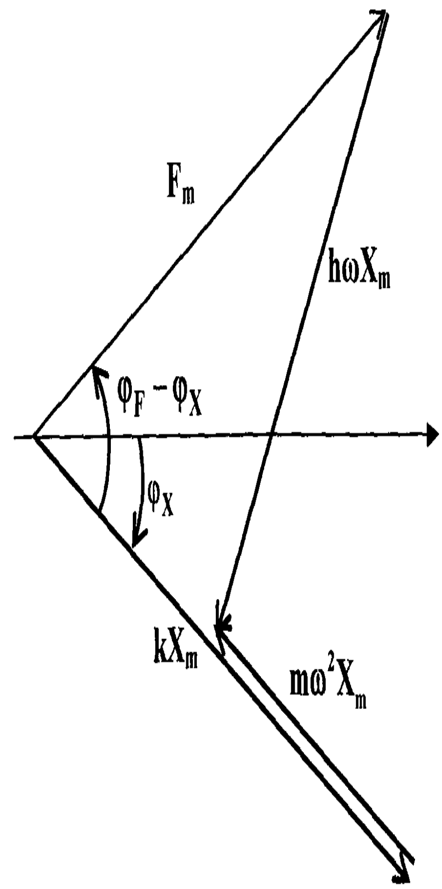
$k\left(\dfrac{\omega}{\omega_0^2} - \dfrac{1}{\omega}\right) = h \Rightarrow k = \dfrac{h}{\dfrac{\omega}{\omega_0^2} - \dfrac{1}{\omega}}$

$k = \dfrac{\sqrt{2}}{\dfrac{12}{100} - \dfrac{1}{12}} = 38,5Nm^{-1}$

$m = \dfrac{k}{\omega_0^2} = \dfrac{38,5}{100} = 0,385kg$

II- Diagramme de Fresnel :

1°) Echelle 1cm $\rightarrow$ 1N



* $kX_m \rightarrow 7,5cm$ donc $kX_m = 7,5N$
* $m\omega_2^2 X_m \rightarrow 4cm \Rightarrow m\omega_2^2 X_m = 4N$

$\omega_2 = \sqrt{\dfrac{4}{4010^{-3}.0,15}} = 25,8rad.s^{-1}$

* $h_2\omega_2 X_m \rightarrow 6cm \Rightarrow h_2\omega_2 X_m = 6N$

$h_2 = \dfrac{6}{25,8x0,15} = 1,55kg.s^{-1}$

* $\varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{3}$ (d'après la construction)

2°) $\varphi_x = -\frac{\pi}{6}$ (d'après la construction)

$X_m = 0,15m$

$\omega_2 = 25,8 rad.s^{-1}$

$x(t) = 0,15\sin\left(25,8t - \frac{\pi}{6}\right)$ en m

Exercice N°9 :

1°) L'excitateur cède de l'énergie au résonateur pour lui permettre d'effectuer un mouvement rectiligne sinusoïdale de fréquence N est égale à celle de l'excitateur.

2°)

a- $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$

$X_m = 8cm$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2.\frac{\pi}{8}} = 8 rad.s^{-1}$

À $t = 0$ $\begin{cases} x(0) = X_m \sin(\varphi_x) = 4cm = -\frac{X_m}{2} \\ \cos(\varphi_x) > 0 \end{cases}$

$\begin{cases} \sin(\varphi_x) = -\frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_x = -\frac{\pi}{6} \\ \cos(\varphi_x) > 0 \end{cases}$

$x(t) = 810^{-2}.\sin\left(8t - \frac{\pi}{6}\right)$ en m.

b-La période propre

$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,2}{20}} = 0,2\pi = \frac{\pi}{5}$

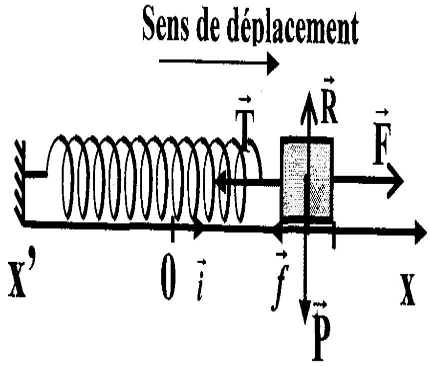
La période de l'excitateur est égale à la période x(t).

$T = 2x\frac{\pi}{8} = \frac{\pi}{4} \neq T_0$

Donc le régime est forcé.

3°)

a-



<u>RFD</u> appliquée au solide (s)

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

<u>Proj</u> :- $kx - hv + F = ma$

$\Rightarrow \frac{md^2x}{dt^2} + \frac{hdx}{dt} + kx = F$

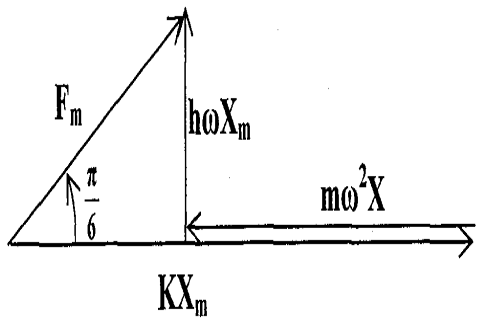
b- $\omega = 8rad.s^{-1} < \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{n}} = 10rad.s^{-1} \Rightarrow m\omega^2 < k$

* $kX_m = 1,6N \to 8cm$

$0,2N \to 1cm$

* $m\omega^2 X_m = 0,2(8)^2.80^{-2} = 1N \to 5cm$

* $\varphi_F - \varphi_x = \frac{\pi}{6}$



c-D'après la construction

$$\left.\begin{array}{l} F_m \to 3,5cm \\ 0,2N \to 1cm \end{array}\right\} \Rightarrow F_m = 0,7N$$

$h\omega X_n \to 2cm \to hwX_n = 0,4N$

$$h = \frac{0,4}{8.810^{-2}} = 0,625kg.s^{-1}$$

4°)

a- $I_m = \dfrac{U_n}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$

$$V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(m\omega - \frac{k}{\omega}\right)^2}}$$

b-Résonance de vitesse

$$\omega_1 = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10rad.s^{-1}$$

c- $f(t) = -hv(t) = -hV_n \sin(\omega_0 t + \varphi_v) = -F(t)$

$\omega = \omega_0 \qquad F_m = hV_m = 0,5N$

$\varphi_F = \varphi_V = 0$

Donc $f(t) = -0,5\sin(10t)$ en N $\quad f(t) = -F(t)$

d- $E = Ec + Ep = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$

$$\frac{dE}{dt} = mva + kxv = v(ma + kx) = v(F - fhv)$$

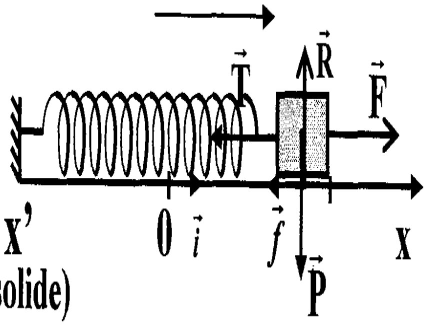
$$= v(F + f) = 0 \quad \Rightarrow E = \text{constante}$$

$$E = \frac{1}{2}mV_n^2 = \frac{1}{2}.0,2\left(\frac{0,7}{0,625}\right)^2 = 0,112J$$

$$V_m = \frac{F_m}{h}$$

Exercice N°10 :

1°)



système (solide)

<u>RFD :</u> $\vec{P}+\vec{R}+\vec{T}+\vec{f}+\vec{F}=m.\vec{a}$

<u>Proj</u> : $T+f+F=ma \Rightarrow -kx-hv+F=ma$

$$\frac{md^2x}{dt^2}+\frac{hdx}{dt}+kx=F$$

2°) Pour $\omega=\omega_r$

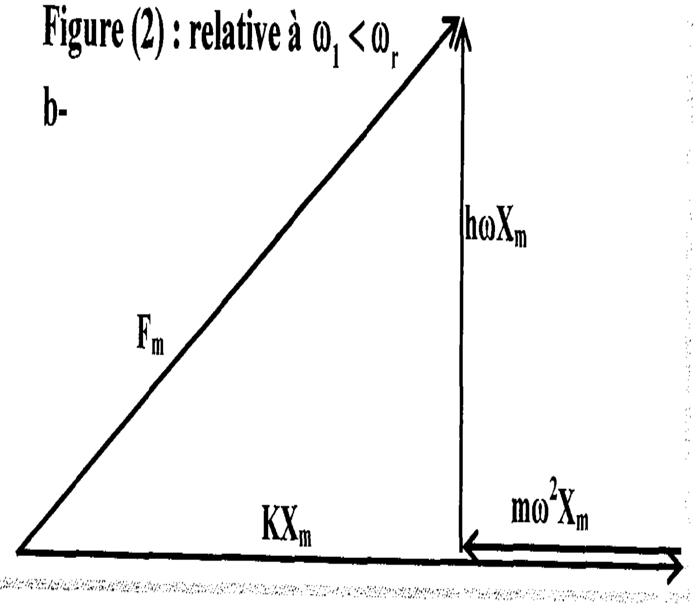
X_m prend sa valeur maximale $\Rightarrow$C'est le phénomène de résonance d'élongation.

3°)

a-figure (1) $\omega>\omega_r$ car $\varphi_F-\varphi_x>\frac{\pi}{2}$ donc : c'est la représentation de Fresnel relative à ω_2.

Figure (2) : relative à $\omega_1<\omega_r$

b-



c- $\begin{cases} KX_m \to 11{,}5cm \\ m\omega^2X_m \to 4cm \end{cases}$

donc $4KX_m=11{,}5.m.\omega_1^2.X_m$

$$\omega_1^2=\frac{4k}{11{,}5m}=\frac{4.14{,}4}{11{,}5.0{,}1}$$

$\omega_1=7rad.s^{-1}$

$*F_m=0{,}4N\to7{,}5cm$

$kX_m\to11{,}5cm$

$$kX_m=\frac{11{,}5x0{,}4}{7{,}5}\Rightarrow X_m=4{,}26.10^{-2}m$$

$*\ 0{,}4N\to7{,}5cm$

$h\omega_1X_m\to4cm$

$$h\omega_1X_m=\frac{4x0{,}4}{7{,}5}$$

$h=0{,}7kg.s^{-1}$

4°)

$$a\text{-}\ X_m=\frac{F_n}{\sqrt{h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2}}$$

X_m est max $\Rightarrow g(\omega)=h^2\omega^2+(m\omega^2-k)^2$ est min

$\Rightarrow g'(\omega)=0$

$$\Rightarrow \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}} \text{ avec } \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

b-Si on augmente la surface de la plaque P la force de frottement augmente $\Rightarrow$ h augmente donc X_{m_r} et ω_r diminuent.

c-Pour qu'il y a résonance il faut que

$$\omega_r^2 = \frac{k}{m} - \frac{h^2}{2m^2} > 0 \Rightarrow \frac{h^2}{2m^2} < \frac{k}{m} \Rightarrow h < \sqrt{2mk}$$

Donc $h_0 = \sqrt{2mk} = \sqrt{2-2,1.14,4}$

$h_0 = 1,69 kg.s^{-1}$

5°)

$$a\text{-}X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2\omega^2 + (m\omega^2 - k)^2}}$$

Par analogie

$$\Rightarrow Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2\omega^2 + \left(L\omega^2 - \frac{1}{C}\right)^2}}$$

$$b\text{-}\omega_r = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{h^2}{2m^2}}$$

par analogie

$$\Rightarrow \omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}} = 2\pi N_r \Rightarrow 4\pi^2 N_r^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}$$

$$\Rightarrow R^2 = 2L^2\left(\frac{1}{LC} - 4\pi^2 Nr^2\right)$$

$R = 40\Omega$

Correction

A- Physique

Thème 3 : les ondes

Chapitre 1 : les ondes mécaniques progressives

A-Onde progressive le long d'une corde élastique.

Exercice N°1 :

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

$$\lambda = V.T = \frac{V}{N}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{10}{50} = 0{,}2m = 20cm$$

2°)

a- $y_0 = a.\sin(\omega t + \varphi_0)$

Avec : * $a = 5.10^{-3}m$

* $\omega = 2\pi N = 100\pi rd.s^{-1}$

On a à $t = 0$ s : $\begin{cases} y_0 = a\sin(\varphi_0) = 0 \\ \frac{dy_0}{dt} > 0 \Rightarrow \cos(\varphi_0) > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi_0 = 0$

D'où :

$y_0(t) = 5.10^{-3}\sin(100\pi t + 0) \quad \forall t \geq 0$ (en m).

b- d'après le principe de propagation d'onde.

$$y_M(t) = y_0(t - \theta) \quad \text{avec } \theta = \frac{x}{V}$$

$$\Rightarrow y_M(t,x) = a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_0\right)$$

* Aux point A ; $x_A = 5cm$

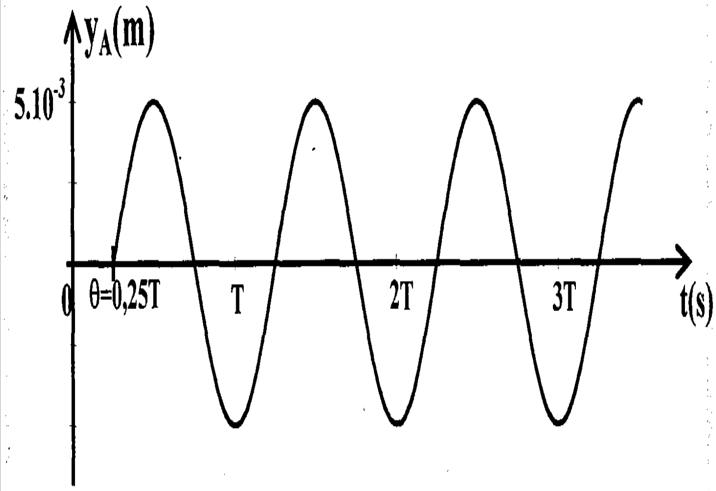
$\frac{x_A}{\lambda} = \frac{\;}{20} = 0,25 \rightarrow x_A = 0,25\lambda = \frac{\lambda}{4}$

Donc $\theta_A = \frac{1}{4}T$

Ou bien $\theta_A = \frac{x_A}{V} = \frac{0,25\lambda}{V} \rightarrow \theta_A = 0,25T$

$\varphi_A = -\frac{2\pi}{\lambda}x_A + \varphi_\theta = -2\pi \times 0,25 + 0 = -\frac{\pi}{2}rd$

$$\text{d'où} \begin{cases} y_A(t) = 5.10^{-3}.\sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) & \text{si } t \geq \theta_A \\ y_A(t) = 0 & \text{si } t < \theta_A = 0,25T \end{cases}$$



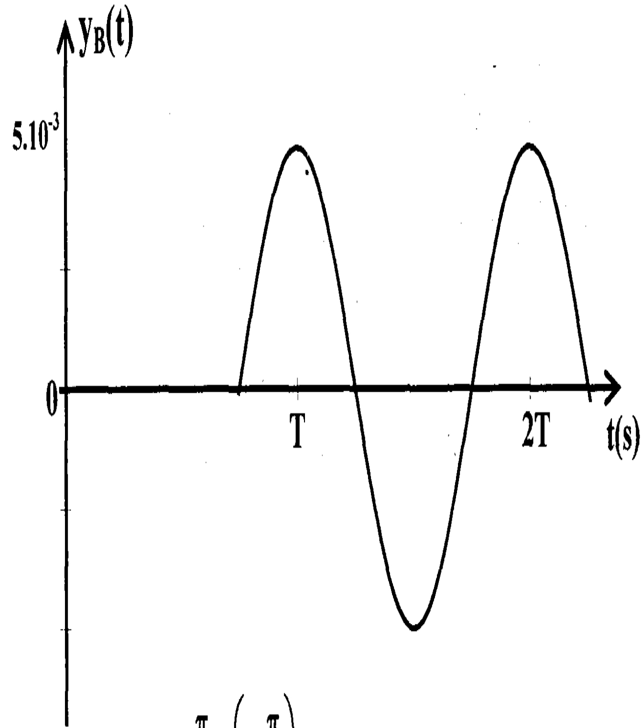
Le point A commence son mouvement à l'instant θ_A en allant dans le sens (+) comme la source.

* **Au point B : $x_B = 15cm$**

On a $\frac{x_B}{\lambda} = \frac{15}{20} = 0,75 \rightarrow x_B = 0,75\lambda \Leftrightarrow \theta_B = 0,75T$

$\rightarrow \varphi_B = \frac{-2\pi}{\lambda}x_B = \frac{-2\pi}{20}x15 = -1,5\pi = -2\pi + \frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_B(t) = 5.10^{-3}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right); \text{si } t \geq \theta_B = \frac{3}{4}T \\ y_B(t) = 0 \text{ si } t < \theta_B = \frac{3}{4}T \end{cases}$$



$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A = \frac{\pi}{2} - \left(-\frac{\pi}{2}\right) = \pi \text{ rad}$.

A et B sont en opposition de phase

3°)

a- à $t_1 = 0,04s$

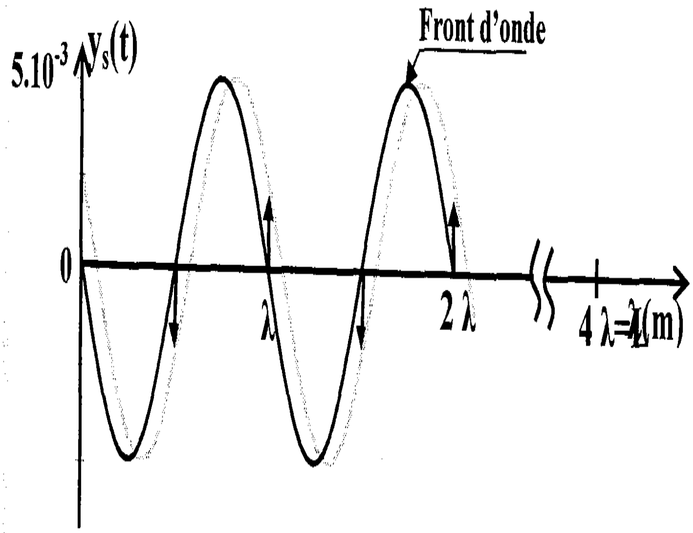
$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{50} = 0,02s.$

On a donc $t_1 = 2T$

$= V.t_A \Rightarrow d = 2\lambda$ La distance parcourue par le front d'onde pendant t_1

Le front d'onde se trouve à 2λ de source.

$L=0{,}8m=4\lambda$



sinusoïde d'espace à t_1

b-

* O et M sont en phase $\rightarrow \varphi_0 - \varphi_M = 2k\pi$

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = 2k\pi \Leftrightarrow \frac{x}{\lambda} = k \Leftrightarrow x = k.\lambda$$

avec $0 \leq x \leq 2\lambda = d$

pour $k = 1 \rightarrow x = \lambda$

pour $k = 2 \rightarrow x = 2\lambda$

c- O et M sont en opposition de phase

$$\rightarrow \varphi_0 - \varphi_M = \pi + 2k\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \pi + 2k\pi$$

$$\Rightarrow x = \frac{\lambda}{2} + k\lambda \leq 2\lambda$$

pour $k = 0 \rightarrow x = \frac{\lambda}{2}$

pour $k = 1 \rightarrow x = \frac{3\lambda}{2}$

4°) $y(t)=a.\sin(\omega t+\varphi)$

$$v = \frac{dy}{dt} = a\omega\cos(\omega t + \varphi)$$

$y = 0 \Rightarrow v = \pm a\omega$

a- $v > 0 \Rightarrow \frac{dy}{dt} > 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} < 0$

point O $\rightarrow x=0$

point $M_1 \rightarrow x=\lambda$

point $M_2 \rightarrow x=2\lambda$

b- $v < 0 \Rightarrow \frac{dy}{dt} < 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} > 0$

point $M_3 \rightarrow x=\frac{1}{2}\lambda$

point $M_4 \rightarrow x=\frac{3}{2}\lambda$

Exercice N°2 :

1°)

* Milieu élastique

* Pas de réflexion de l'onde.

pour que la célérité soit constante il faut que le corde

2°) $y_s(t) = a\sin(\omega t + \varphi_s)$

$\omega = 2\pi N = 100\pi rad.s^{-1}$

$$\left.\begin{matrix} \grave{a}t = 0\ y_s(0) = a\sin\varphi_s = 0 \\ \cos\varphi_s > 0 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \varphi_s = 0$$

$$V_s(t) = \frac{dy_s(t)}{dt} = a\omega.\cos(\omega t + \varphi_s)$$

$a\omega = 0,3\pi$

$$a = \frac{0,3\pi}{100\pi} = 3.10^{-3}m$$

$y_s(t) = 3.10^{-3}\sin(100\pi t)$ si $t \geq 0$

3°) D'après le principale de propagation

$y_M(t) = y_s(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x}{v}$

$$y_M(t) = a\sin(\omega t - \omega\theta + \varphi_s) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_s\right)$$

Equation horaire :

$$\begin{cases} y_M(t) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) & \forall t \geq \theta \\ y_M(t) = 0 & \forall t \leq \theta \end{cases}$$

4°)

a-M et S en opposition de phase : $\varphi_s - \varphi_M = \pi + 2k\pi$

$$\Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \pi + 2k\pi \Rightarrow \frac{2x}{\lambda} = 1 + 2k$$

$$\Rightarrow 2x = \lambda + \lambda 2k \Rightarrow x = \frac{\lambda}{2} + \lambda k$$

b-1^{er} pt = k = 0

$2^{ème}$ pt = k = 1

$3^{ème}$ pt = k = 2

$4^{ème}$ pt = k = 3

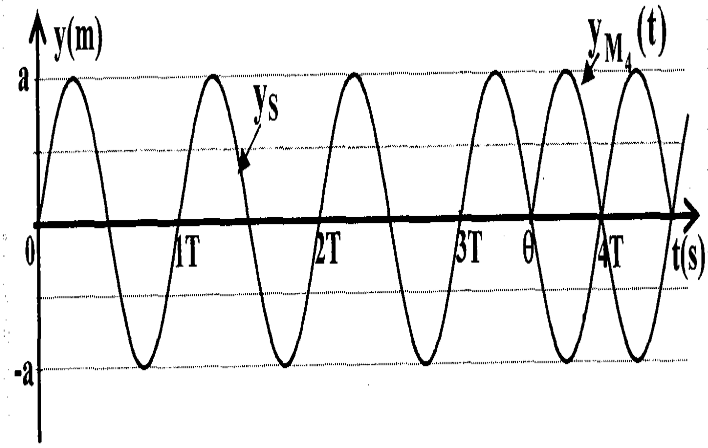
Pour k = 3

$$x = \frac{\lambda}{2} + 3\lambda = 3,5\lambda = 56cm$$

$\Rightarrow \lambda = 16cm$

$V = \lambda.N = 0,16 \times 50 = 8m.s^{-1}$

c-



Le point M commence sont mouvement à $\theta_4 = 3,5T$ en allant dans le sens (+) **comme la source (S)**

d- $t_1 = 4,5.10^{-2}s$

$T = \frac{1}{50} = 2.10^{-2}s$

$\frac{t_1}{T} = \frac{4,5.10^{-2}}{2.10^{-2}} = 2,25$

$t_1 = 2,25T$

$t_1 < \theta_1 \Rightarrow$ Le point M_4 est au repos d'où $y_{M_4} = 0$

et $V_{M_4} = 0$

$t_2 = 8.10^{-2}s = 4T$ d'après la courbe $y_{M_4}(t)$

$y_{M_4} = 0$ et $V_{M_4} = -a\omega = -0,3\pi m.s^{-1}$

5°)

a- $t_3 = 7,5.10^{-2}s = 3,5T$

La distance parcourue par l'onde pendant t_3

$x_f = d = v.t_3 = v.3,5T = 3,5\lambda$

Donc $y_{t_3}(x) = a\sin\left(\omega t_3 - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \forall x \le d$

$= a\sin\left(100\pi t_3 - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \forall x \le d$

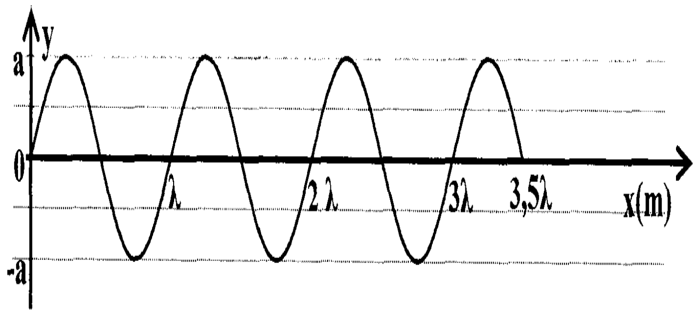
$= a\sin\left(\pi - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \forall x \le d$

$= a\sin(\pi - 12,5\pi x) \quad \forall x \le d$

$y_{t_3}(x) = 3.10^{-3}\sin(\pi - 12,5\pi x) \quad \forall x \le 3,5\lambda$

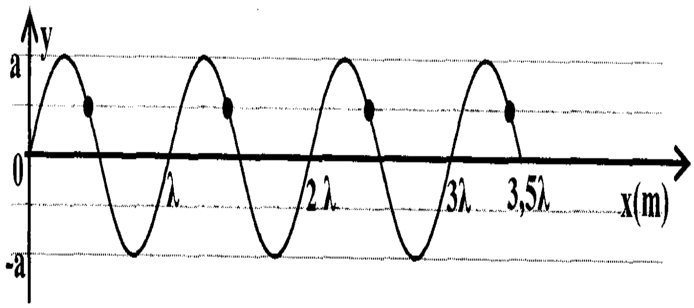
$\Rightarrow y_{t_3}(x) = 3.10^{-3}\sin(12,5\pi x) \quad \forall x \le 3,5\lambda$

b-



c-

$$\begin{cases} y = \frac{a}{2} \\ \frac{dy}{dt} > 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} < 0 \end{cases}$$



d- $V = \omega\sqrt{a^2 - y^2} = \omega\sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = a\omega\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,3\frac{\sqrt{3}}{2}\pi m.s^{-1}$

$$y_s(t) = a\sin(\omega t + \varphi_s)$$

1°) Principe de propagation :

$$y_M(t) = y_s\left(t - \frac{x}{v}\right) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_s\right)$$

2°)

a-T correspond à 8 divisions $\Rightarrow T = 20ms$.

Donc $N = 50Hz$.

t_A correspond à 17 divisions

$\Rightarrow t_A = 42{,}5ms = 2{,}125T$.

b-$x_A = v.t_A = v.2{,}125T \Rightarrow x_A = 2{,}125\lambda$.

c- À $t = 47{,}5ms = 2{,}375T$, on a :

$$y_A = -a \Rightarrow \sin\left(\frac{2\pi}{T}.2{,}375T + \varphi_A\right) = -1$$

$$\Rightarrow \sin(4{,}75\pi + \varphi_A) = -1$$

$$\Rightarrow \sin(0{,}75\pi + \varphi_A) = -1 \Rightarrow 0{,}75\pi + \varphi_A = -\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \varphi_A = -1{,}25\pi = 0{,}75\pi \Rightarrow \varphi_A = \frac{3\pi}{4}\text{rad.}$$

$$\varphi_A = -\frac{2\pi x_A}{\lambda} + \varphi_S = -4{,}25\pi + \varphi_S$$

$$\Rightarrow \varphi_S = 5\pi \Rightarrow \varphi_S = \pi\text{rad.}$$

a- M en quadrature de phase avec $A \Rightarrow \varphi_A - \varphi_M = \pm\frac{\pi}{2}$

avec $\varphi_M = -\frac{2\pi x}{\lambda} + \pi(2\pi)$ et $\varphi_A = \frac{3\pi}{4}$rad.

$$\frac{3\pi}{4} + \frac{2\pi x}{\lambda} - \pi = \frac{\pi}{2} + k\pi$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = k\pi + \frac{3\pi}{4} \Rightarrow x = \left(\frac{k}{2} + \frac{3}{8}\right)\lambda$$

avec $0 \le x \le L = 1{,}32m$.

b- Pour les points qui vibrent en quadrature avance

avec $A : \varphi_M - \varphi_A = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_A - \varphi_M = -\frac{\pi}{2}$

$$\frac{3\pi}{4} + \frac{2\pi x}{\lambda} - \pi = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = 2k\pi - \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow x = \left(k - \frac{1}{8}\right)\lambda$$

Cherchons k correspondant à B. On a :

$$x_B - x_A = \left(k - \frac{1}{8}\right)\lambda - 2{,}125\lambda = (k - 2{,}25)\lambda.$$

$|x_B - x_A|$ doit être minimale $\Rightarrow |k - 2{,}25|$ est minimale

$\Rightarrow k = 2$

$: x_B = \frac{15}{8}\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{8x_B}{15} \Rightarrow \lambda = 48cm$. Pour la célérité : $v = \lambda N = 0,48 \times 50 \Rightarrow v = 24ms^{-1}$

Autre méthode : B est le point le plus proche de A qui vibre en quadrature de phase avec $A \Rightarrow |x_B - x_A| = \lambda/4$

Si $x_B - x_A = \lambda/4 \Rightarrow (k-2,25)\lambda = \lambda/4 \Rightarrow k = 2,5$

(non entier $\Rightarrow$ faux)

Si $x_B - x_A = -\lambda/4 \Rightarrow (k-2,25)\lambda = -\lambda/4 \Rightarrow k = 2$

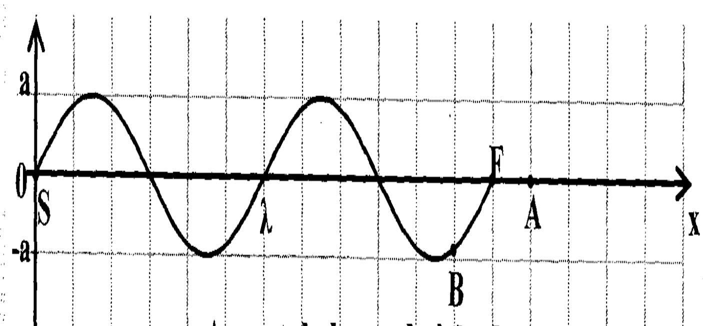
4°)

a- À $t_1 = 4.10^{-2}s = 2T$: l'onde a avancé de $x_F = vt_1 = 2\lambda$.

$(x_F < L = 2,75\lambda)$

$$y(x) = a\sin\left(\omega t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right) = a\sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \omega t_1\right)$$

$$\Rightarrow y(x) = a\sin\frac{2\pi x}{\lambda} \quad \text{pour } 0 \le x \le 2\lambda$$



Aspect de la corde à la date t_1

b- $x_A = 2,125\lambda > x_F \Rightarrow$ A est encore au repos

$\Rightarrow v_A(t_1) = 0$

$x_B = \frac{\quad}{8}\lambda = 1,875\lambda < x_F$

$$\Rightarrow v_B(t_1) = a\omega\cos\left(\omega t_1 - \frac{2\pi x_A}{\lambda} + \pi\right) = a\omega\cos\left(-\frac{3\pi}{4}\right)$$

$$= -0,666ms^{-1}$$

Exercice N°4 :

1°) L'immobilité apparente est obtenue

si $Ne = N/k$ avec $k \in \mathbb{N}^*$

Ne est max pour $k = 1 \Rightarrow Ne_{max} = N$. D'où $N = 100Hz$.

2°) $y_s(t) = a\sin(\omega t + \varphi_s)$ pour $t \ge 0$ avec $\omega = 2\pi N$

$\omega = 200\pi rad.s^{-1}$

À $t=0$ $y_s = 0$ et $\frac{dy_s}{dt} = v_0 > 0 \Rightarrow \sin\varphi_s = 0$

et $\cos\varphi_s > 0 \Rightarrow \varphi_s = 0$

$v_0 = V_m = \omega a$ (vitesse au passage par la position d'équilibre) $\Rightarrow a = v_0/\omega = 0,4\pi/200\pi \Rightarrow a = 2mm$

D'où : $y_s(t) = 2.10^{-3}\sin(200\pi t)$ pour $t \ge 0$.

3°) D'après le principe de propagation :

$$y_M(t) = y_s(t - x/v) = a\sin(\omega t - 2\pi x/\lambda) \text{ pour } t \ge \frac{x}{v}$$

a- Les points vibrant en quadrature de phase sont distants de $(2k+1)\frac{\lambda}{4}$. La plus petite distance est $\Delta x = \frac{\lambda}{4}$

Donc $\lambda = 4\Delta x = 24cm$ et $v = \lambda.N = 24ms^{-1}$

b- M vibre en quadrature retard avec S

$$\Rightarrow \varphi_s - \varphi_M = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2k\pi \Rightarrow x = (k + 1/4)\lambda$$

$$0 \le x \le L = 1m \Rightarrow -0,25 \le k \le 3,9 \Rightarrow$$

k	0	1	2	3
x	$\frac{\lambda}{4} = 6cm$	$\frac{5\lambda}{4} = 30cm$	$\frac{9\lambda}{4} = 54cm$	$13\frac{\lambda}{4} = 78cm$

5°)

a- Le point M_1 commence à vibrer à la date $t_1 = \frac{x_1}{v}$

$$\rightarrow t_1 = 0,025s \Rightarrow x_1 = v.t_1 = 24x0,025 \Rightarrow x_1 = 0,6m$$

A l'instant t_2, l'onde a avancé de $x_F = vt_2 = 3\lambda = 72cm$

$$\Rightarrow t_2 = x_F / v = 0,72/24 \Rightarrow t_2 = 3T = 3.10^{-2}s.$$

b- Entre t_2 et $t_3 = t_2 + T/4$, l'onde avance de $\frac{\lambda}{4} = 6cm$.

Le front d'onde devient $x_3 = 3,25\lambda = 78cm.$

6°) La sinusoïde des espaces à t_2 a pour équation :

$$y(x) = a.\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi\right) \quad \text{pour} \quad 0 \le x \le 3\lambda.$$

$$\text{pour } x = \frac{\lambda}{4} \quad y = a.\sin\left(-\frac{\pi}{2} + \varphi\right) = -a$$

$$\Rightarrow -\frac{\pi}{2} + \varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\text{donc } y(x) = a.\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad 0 \le x \le 3\lambda.$$

Cherchons les points M tels que $y_M(t_2) = -\frac{a}{2}$ et $v_M(t_2) < 0$

Graphiquement : En chacun de ces points, la courbe y(x) est croissante. On trouve 3 points :

$A(x_A = 10cm)$, $B(x_B = 34cm)$ et $C(x_C = 58cm)$

Par calcul

$$y_M(t_2) = \frac{-a}{2}$$

$$\Rightarrow y(x) = a\sin(-\frac{2\pi x}{\lambda}) = -\frac{a}{2} \Rightarrow \sin(-\frac{2\pi x}{\lambda}) = -\frac{1}{2}$$

$$v_M(t_2)=\left.\frac{dy_M}{dt}\right)_{(t_2)}<0$$

$$\Rightarrow \cos\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)<0 \Rightarrow -\frac{2\pi x}{\lambda}=\frac{7\pi}{6}+2k\pi$$

d'où :

$$\Rightarrow x=\left(k-\frac{7}{12}\right)\lambda \text{ avec } 0 \le x \le 3\lambda \Rightarrow 0{,}6 \le k \le 3{,}6$$

k	1	2	3
x	$\frac{5\lambda}{12}=10cm$	$\frac{17\lambda}{12}=34cm$	$\frac{29\lambda}{12}=58cm$

Exercice N°5 :

1°)

$$y_{M_2}(t)=y_{M_1}(t-\theta) \text{ avec } \theta=\frac{M_1M_2}{C}=\frac{7{,}5\,10^{-2}}{15}=5\,10^{-3}s$$

$$y_{M_2}(t)=10^{-2}\sin\left(100\pi\left(t-5\,10^{-3}\right)\right)$$

$$=10^{-2}\sin\left(100\pi t-\frac{\pi}{2}\right)$$

2°)

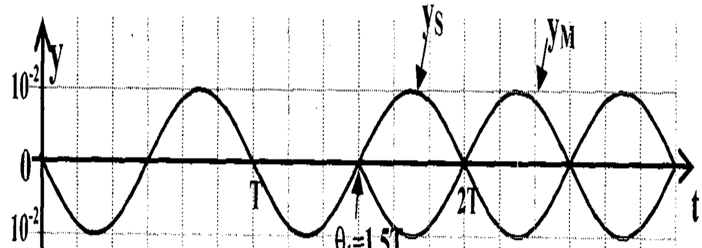
a- $y_s(t)=y_M(t+\theta_1)$ $\theta_1=0{,}03s$

$$y_s(t)=10^{-2}\sin\left(100\pi\left(t+0{,}03\right)\right)$$

$$=10^{-2}\sin 100\pi t+3\pi=10^{-2}\sin\left(100\pi t+\pi\right)\ \forall t\ge\theta_1$$

b- Le point M_1 commence sont mouvement à

$\theta_1=0{,}03s=1{,}5T$ en allant dans le sens négatif comme la source $\left(\varphi_s=\pi\right)$



3°) $y_A(t)=y_{M_1}(t-\theta_A)$ avec $\theta_A=\frac{d}{v}$

$$y_A(t)=a\sin\left(\omega t-\frac{2\pi d_1}{\lambda}\right)\Rightarrow \varphi_A=-\frac{2\pi d_1}{\lambda}$$

$$y_B(t)=y_M\left(t-\theta_B\right) \text{ avec } \theta_B=\frac{d_2}{C}$$

$$y_B(t)=a\sin\left(\omega t-\frac{2\pi d_2}{\lambda}\right)\Rightarrow \varphi_B=-\frac{2\pi d_2}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi=\varphi_A-\varphi_B=\frac{2\pi}{\lambda}\left(d_2-d_1\right)$$

A et B en quadrature de phase

$$\varphi_A-\varphi_B=\frac{2\pi}{\lambda}\left(d_2-d_1\right)=\frac{\pi}{2}+k\pi \Rightarrow d_2-d_1=\frac{\lambda}{4}+\frac{k\lambda}{2}$$

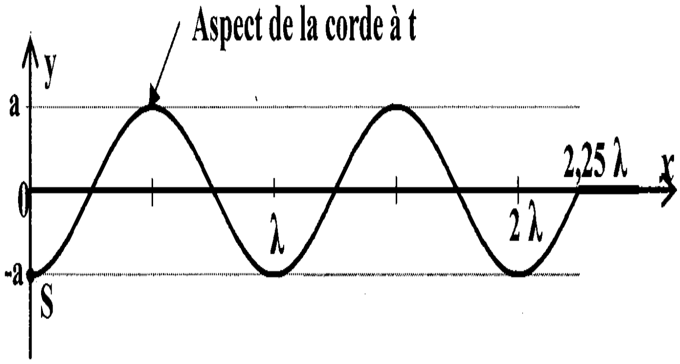
4°)

a- $t = 4{,}5\,10^{-2}s = 2{,}25T$

$$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{50} = 2\,10^{-2}s$$

La distance parcourue par l'onde

$d = x_{finale} = vt = 2{,}25\lambda$



b- $y = -10^{-2}m = -a$

D'après l'aspect de la corde il y a 3 points

$x = 0$

$x = \lambda$ et $x = 2\lambda$

5°)

a- À t_1, $x_{f_1} = ct_1 = 40cm = 2\lambda$

à t_2, $x_{f_2} = ct_2 = 55cm = 2{,}75\lambda$

$x_{f_2} - x_{f_1} = C(t_a - t_1)$

$$C = \frac{x_{f_2} - x_f}{t_2 - t_1} = \frac{15\,10^{-2}}{0{,}75\,10^{-2}} = 20ms^{-1}$$

* $\lambda = 20 = 0{,}2m$

$$* \; N = \frac{C}{\lambda} = \frac{20}{0{,}2} = 100Hz$$

$$b\text{- } x_{f_1} = ct_1 \Rightarrow \frac{x_f}{C} = \frac{0{,}4}{20} = 2\,10^{-2}s = 2T$$

$$x_{f_2} = ct_2 \Rightarrow t_2 = \frac{x_f}{C} = \frac{0{,}55}{20} = 2{,}75.10^{-2}s$$

c- $y_s(t) = a\sin\left(200\pi t + \varphi_s\right)$

$\omega = 2\pi N = 200\pi\ rads^{-1}$

À $t = t_2 = 2{,}75\,10^{-2}s$ $\quad y_s(t_2) = a$

$y_s(t_2) = a\sin\left(200\pi.2{,}75\,10^{-2} + \varphi_s\right) = a$

$\sin\left(5{,}5\pi + \varphi_s\right) = 1$

$$5{,}5\pi + \varphi_s = \frac{\pi}{2}$$

$\varphi_s = -5\pi = \pi - 6\pi$

$y_s(t) = 10^{-2}\sin\left(200\pi t + \pi\right)$

Ou bien le front d'onde est un creux $\Rightarrow \varphi_S = \pi$

A- Physique

Correction

Thème 3 : les ondes

Chapitre 1 : les ondes mécaniques progressives

B- Onde progressive à la surface d'un liquide

Exercice N°1 :

1°)

a-

- Les points situés à la même distance de (s) d'élongation **y= a** forment des rides circulaires crêtes et d'élongation **y = - a** forment des rides circulaires creux.

- Pour **Ne = N = 25Hz** donc **Te = T** c'est-à-dire entre **2 éclairs** consécutifs chaque ride prend la place d'un autre d'où l'immobilité apparante.

b-La distance entre une crête et le creux voisin

$$d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2d = 12mm$$

$$V = \lambda N = 12 10^{-3} . 25 = 0,3 ms^{-1}$$

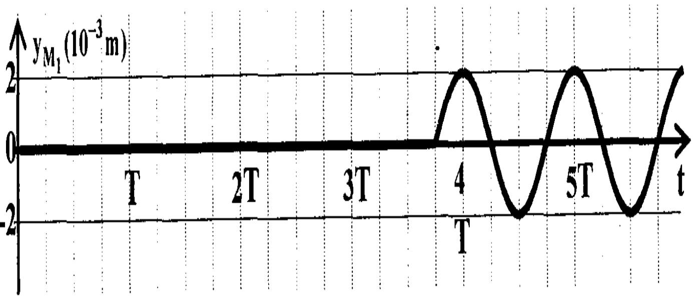
2°)

a- $y_{M_1}(t) = y_s(t-\theta) / \theta_1 = \frac{x_1}{v} = 0,15s = 3,75T$

$$y_{M_1}(t) = 2 10^{-3} \sin\left(50\pi(t - 0,15)\right)$$

$$= 2 10^{-3} \sin\left(50\pi t - 7,5\pi\right) \forall t \geq \theta = 3,75T$$

$$\begin{cases} y_{M_1}(t) = 2 10^{-3} \sin\left(50\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \forall t \geq \theta = 3,75T \\ y_{M_1}(t) = 0 \forall t < \theta \end{cases}$$



3°) $t_1 = 0,48s$

La distance parcourue par l'onde

$d = vt_1 = 0,3.0,48 = 0,144m > R = 6cm$

$$y_{t_1}(x) = 210^{-3}\sin\left(50\pi t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

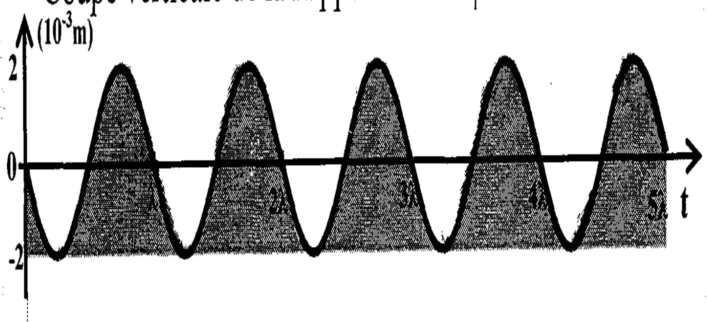
$$= 210^{-3}\sin\left(50\pi.0,48 - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

$$= 210^{-3}\sin\left(24\pi - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad \text{avec} \quad \lambda = 1,2cm$$

$$y_{t_1}(x) = 210^{-3}\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \forall\ 0 \le x \le R = 6cm = 5\lambda$$

$$\begin{cases} x = 0 \quad y_{t_1} = 0 \\ x = \frac{\lambda}{4} \quad y_{t_1} = -210^{-3}m = -a \end{cases}$$

Coupe verticale de la nappe d'eau à t_1



Exercice N°2 :

1°) En lumière ordinaire, on observe des rides circulaires équidistantes qui s'éloignent de la source S avec une célérité constante.

2°)

a-

* $Ne = 25Hz \Rightarrow Ne = \frac{N}{2} \Rightarrow$ Immobilité apparente des rides.

* $Ne = 26Hz \Rightarrow Ne$ légèrement $> \frac{N}{2} \Rightarrow$ On observe des rides en mouvement ralenti dans le sens inverse (rides qui semblent converger vers S).

b- $d = r_6 - r_1 = 5\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d}{5} = 1,6cm.\ \ v = \lambda.N = 0,8ms^{-1}$

3°)

a- M_1 commence son mouvement à $\theta = (\frac{19}{8})T$

$\Rightarrow \theta = 2T + \frac{3}{8}T = 2,375T$ avec

$T = \frac{1}{N} = 2.10^{-2}s \Rightarrow \theta = 4,75.10^{-2}s\ \ \theta = \frac{r_1}{v} \Rightarrow r_1 = v.\theta = 3,8cm.$

b- $y_{M_1}(t) = a\sin\left(\omega t + \varphi_{M_1}\right)$

avec $a = 2mm$ et $\omega = 2\pi N = 100\pi rad.s^{-1}$

À $t = \frac{21T}{8}$, on a $y_{M_1} = -a \Rightarrow \sin(21\frac{\pi}{4} + \varphi_{M_1}) = -1$

$\Rightarrow -0{,}75\pi + \varphi_{M_1} = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_{M_1} = \frac{\pi}{4}\text{rad.}$

D'où l'équation de la courbe

$y_{M_1}(t) = 2.10^{-3}\sin(100\pi t + \frac{\pi}{4})$ pour $t \geq 2{,}375T = 4{,}75.10^{-2}s.$

c- $\varphi_{M1} = \varphi_S - \frac{2\pi r_1}{\lambda}$ avec $\frac{r_1}{\lambda} = \frac{19}{8} \Rightarrow$

$\varphi_S = \varphi_{M1} + \frac{2\pi r_1}{\lambda} = \frac{\pi}{4} + 19\frac{\pi}{4} = 5\pi \Rightarrow \varphi_S = \pi\text{ rad.}$

d'où l'équation du mouvement de S :

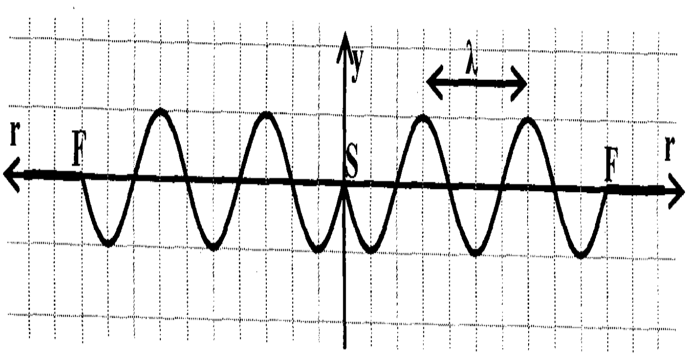
$y_s(t) = 2.10^{-3}\sin\left(100\pi t + \pi\right)$ pour $t \geq 0.$

4°) À $t_1 = 5.10^{-2}s = 2{,}5T$, l'onde a avancé de $r_F = 2{,}5\lambda.$

$y_{t_1}(r) = a.\sin(\omega t_1 - \frac{2\pi r}{\lambda} + \varphi_s) = a\sin(-\frac{2\pi r}{\lambda}).$

D'où la sinusoïde des espaces à t_1 :

$y(r) = a\sin\left(-\frac{2\pi r}{\lambda}\right)$ pour $0 \leq r \leq 2{,}5\lambda.$



5°)

a-

• $\varphi_A = \varphi_S - \frac{2\pi SA}{\lambda}$ avec $SA = 3{,}2cm = 2\lambda \Rightarrow$

$\varphi_A - \varphi_S = 0$. Donc A vibre en phase avec S.

$\varphi_B = \varphi_S - \frac{2\pi SB}{\lambda}$ avec $SB = 4cm = 2{,}5\lambda \Rightarrow$

$\varphi_B - \varphi_S = \pi$. Donc B vibre en opposition de phase avec S.

$\varphi_C = \varphi_S \frac{-2\pi SC}{\lambda}$ avec $SC = 5{,}2cm = 3{,}25\lambda$

$\Rightarrow \varphi_C - \varphi_S = -\frac{\pi}{2}$. Donc C vibre en quadrature retard de phase avec S.

$\varphi_D = \varphi_S - \frac{2\pi.SD}{\lambda}$ avec $SD = 6cm = 3{,}75\lambda$

$\Rightarrow \varphi_D - \varphi_S = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$ D vibre en quadrature avance de phase par rapport à S

b- $y_A(t_2) = a\sin\left(\omega t_2 + \pi\right) = a\sin 9{,}2\pi = a\sin\left(-0{,}8\pi\right)$

$\Rightarrow y_A(t) = -1{,}18mm.$

$v_A(t_2) = a\omega\cos\left(\omega t_2 + \pi\right) = a\omega\cos\left(-0{,}8\pi\right)$

$\Rightarrow v_A(t_2) = -0{,}508m.s^{-1}.$

...3 :

1°) $y_S(t)=a\sin\left(\omega t+\varphi_S\right)$ pour $t\geq 0$

Avec $a=2.10^{-3}$m ; $\omega=40\pi$ rad.s^{-1} et $\varphi_S=\pi$ rad

a- Le point P commence son mouvement à la date

$t_P=\dfrac{x_1}{v}$ avec $t_P=0{,}075$s (courbe) d'où $v=\dfrac{x_1}{t_P}$

$v=\dfrac{1{,}5.10^{-2}}{0{,}075}=0{,}2\text{m.s}^{-1}$

b- $\lambda=v.T$ avec $T=5.10^{-2}$s (courbe)

$\Rightarrow\lambda=0{,}2\times 5.10^{-2}=10^{-2}\text{m}\Rightarrow\lambda=1\text{cm}$

Ou bien : $t_P=0{,}075\text{s}=\dfrac{3T}{2}\Rightarrow x_1=\dfrac{3\lambda}{2}\Rightarrow\lambda=\dfrac{2x_1}{3}=1\text{cm}$

c- $y_P(t)=a\sin\left(\omega t+\varphi_P\right)$ pour $t\geq t_P$

Avec $a=2\text{mm}$ et $\omega=\dfrac{2\pi}{T}=40\pi\text{ rad.s}^{-1}$.

À $t=t_P$: $y_P=0$ et $\dfrac{dy_P}{dt}<0\Rightarrow\sin(\omega\dfrac{3T}{2}+\varphi_P)=0$

et $\cos(\omega\dfrac{3T}{2}+\varphi_P)<0$ avec $\omega\dfrac{3T}{2}=3\pi$

$\pi+\varphi_P=\pi\Rightarrow\varphi_P=0$

d'où $y_P(t)=2.10^{-3}\sin\left(40\pi t\right)$ pour $t\geq\dfrac{3T}{2}$

...après le principe de propagation

$$y_P(t)=y_S(t-t_p)=a\sin(\omega t-\frac{2\pi x_p}{\lambda}+\varphi_S)=a\sin(\omega t)$$

2°)

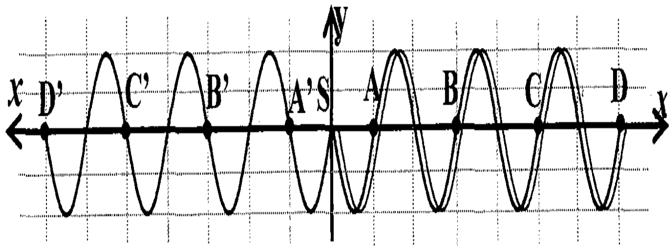
a- La coupe transversale de la surface est la sinusoïde des espaces à t_1 : $y_{t_1}(x)=a\sin(\dfrac{2\pi x}{\lambda}-\omega t_1-\varphi_S+\pi)$

À $t_1=17{,}5.10^{-2}\text{s}=3{,}5T$, l'onde a avancé de $x_F=3{,}5\lambda$

$\Rightarrow x_F=3{,}5\text{cm}$

$\varphi_{t_1}=-\omega t_1-\varphi_S+\pi=-\omega.3{,}5T=-7\pi+8\pi=\pi\text{ rad}$

D'où $y_{t_1}(x)=a\sin(\dfrac{2\pi x}{\lambda}-\pi)$ pour $0\leq x\leq 3{,}5\lambda$



b- À $t_1=17{,}5.10^{-2}\text{s}=3{,}5T$:

$y_P(t)=a\sin\left(\omega t+\varphi_P\right)=a\sin 7\pi=0$

Cherchons l'ensemble des points M tels que

$y_M(t_1)=0$ et $v_M(t_1)<0$

Graphiquement : En chacun de ces points, la courbe $y(x)$ est croissante (il suffit d'avancer un peu la sinusoïde des espaces). Sur l'axe de x, ces points sont :

$$A \text{ et } A'(x=\frac{\lambda}{2}), B \text{ et } B'(x=\frac{3\lambda}{2}), C \text{ et } C'(x=\frac{5\lambda}{2})$$

$$\text{et } D \text{ et } D'(x=\frac{7\lambda}{2})$$

Par calcul : $y_M(t_1)=0 \Rightarrow y(x)=a\sin(\frac{2\pi x}{\lambda}+\pi)=0$

$$v_M(t_1)=dy_M(t_1)<0 \Rightarrow \frac{dy}{dx}=a.\frac{2\pi}{\lambda}\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}+\pi)>0$$

$$\text{d'où } \frac{2\pi x}{\lambda}+\pi=2K\pi \Rightarrow x=(K-\frac{1}{2})\lambda$$

$$\text{avec } 0\le x\le 3{,}5\lambda \Rightarrow 0\le (K-\frac{1}{2})\lambda \le 3{,}5\lambda \Rightarrow 0{,}5\le K\le 4$$

K	1	2	3	4
x	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{2}$	$\frac{5\lambda}{2}$	$\frac{7\lambda}{2}$

Sur la surface, ces points forment **4 cercles** de centre S

et rayons : $\frac{\lambda}{2}=5mm, \frac{3\lambda}{2}=15mm, \frac{5\lambda}{2}=25mm$

et $\frac{7\lambda}{2}=35mm$

Exercice N°4 :

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

2°) On observe des rides circulaires concentriques qui progressent de la source vers l'extérieur.

3°)

* Pour Ne = 25Hz.

$\frac{N}{Ne}=\frac{50}{25}=2 \rightarrow$ On observe des rides circulaires apparemment immobiles.

* Pour Ne = 26Hz

$\frac{N}{Ne}=1{,}9 \rightarrow$ On observe des rides circulaires apparemment de mouvement ralenti dans le sens contraire de propagation c'est-à-dire s'approche de S.

4°) $x_F=v.t_1 \Rightarrow v=\frac{x_F}{t_1}=\frac{8.10^{-3}}{0{,}02}=0{,}4m.s^{-1}$

$$\lambda=\frac{v}{N} \Rightarrow \lambda=\frac{0{,}4}{50}=0{,}008m=8mm$$

5°)

a- D'après le principe de la propagation :

$$y_M(t)=y_s(t-\theta) \text{ avec } \theta=\frac{r}{v}$$

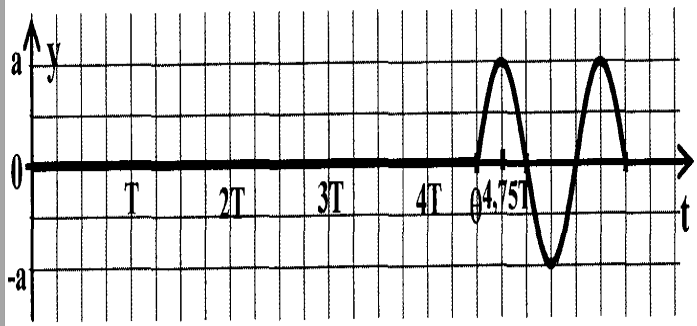
$$y_M(t)=a\sin(\omega t-\omega\theta)=a\sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{T}.\frac{r}{v}\right)=a\sin\left(\omega t-\frac{2\pi r}{\lambda}\right)$$

$$\theta=\frac{r}{v}=\frac{3{,}6.10^{-2}}{0{,}4}=9.10^{-2}=4{,}5T$$

$\varphi_M = -\frac{\quad}{\lambda} = -2\pi \times 4,5 = -9\pi \equiv \pi\ [2\pi]$

$y_M(t) = a\sin(100\pi t + \pi)\ \forall\ t \geq 4,5T$

b- Le point M commence à vibrer à 4,5T en allant dans le sens (+) comme la source.



$y_M = a \rightarrow$ à $t = 4,75T + kT$

La 1ère fois, $k = 0 \rightarrow t = 4,75T = 9,5.10^{-2}s$

c- N vibre en phase avec $S \Rightarrow \varphi_S - \varphi_N = 2k\pi$

$\Rightarrow \frac{2\pi r}{\lambda} = 2k\pi \Rightarrow r = k\lambda$

$0 \leq r < 3,6.10^{-2}m = 4,5\lambda$

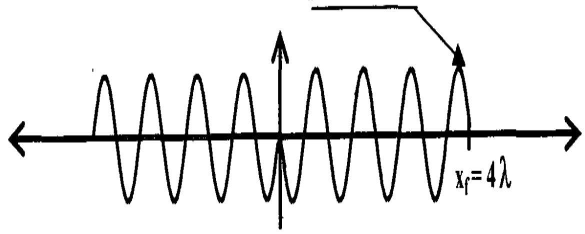
$k \in \{0,1,2,3,4\}$

La plus proche de $N \Rightarrow k = 4 \Rightarrow r = 32.10^{-3}m$

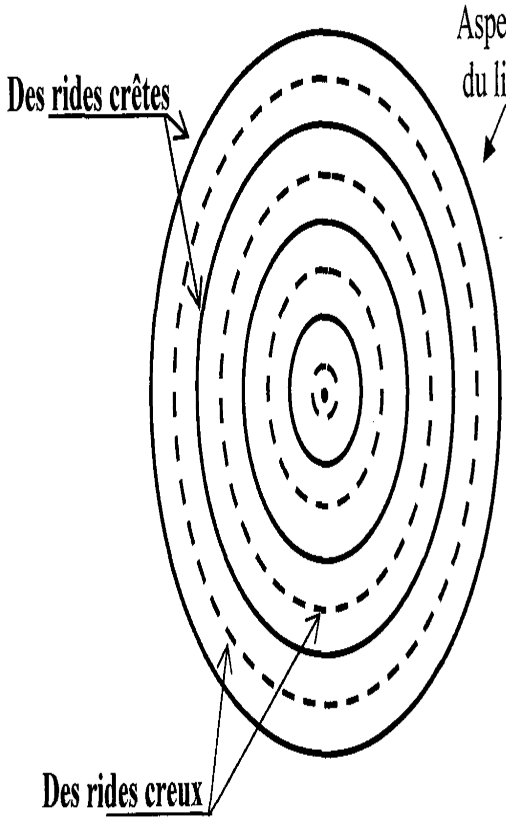
6°) $t_1 = 0,08s = 4T \Rightarrow x_F = 4\lambda = 3,2cm$

Le front d'onde est une crête qui se trouve à 4λ de S.

Coupe verticale à la surface du liquide à t_1=4T



Aspect de la surface du liquide à t_1=4T



Exercice N°5 :

1°) $y_S(t) = a\sin(\omega t + \varphi_S)$ pour $t \geq 0$ avec $a = 2.10^{-3}m$, $\omega = 40\pi rad.s^{-1}$ et $\varphi_S = \pi$ rad.

a- Le point P commence son mouvement à la date

$t_p = \frac{x_1}{v}$ avec $t_p = 0,075s$ (courbe)

D'où $v = \frac{x_1}{t_p} = 1,5.10^{-2}/0,075 = 0,2ms^{-1}$

b- $\lambda = vT$ avec $T = 5.10^{-2}s$ (courbe)

$\Rightarrow \lambda = 0,2x2.10^{-2} = 10^{-2}m \Rightarrow \lambda = 1cm$

<u>ou bien :</u> $t_p = 0,075s = \frac{3T}{2} \Rightarrow x_1 = \frac{3\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2x_1}{3} = 1cm.$

c- $y_p(t) = a\sin(\omega t + \varphi_p)$ avec $a = 2mm$ et

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 40\pi\ rad.s^{-1}$.

$À\ t = t_p = \frac{3T}{2} : y_p = 0$ et $\frac{dy_p}{dt} < 0 \Rightarrow \sin\left(\omega\frac{3T}{2} + \varphi_p\right) = 0$

$\cos\left(\omega\frac{3T}{2} + \varphi_p\right) < 0$ avec $\omega.\frac{3T}{2} = 3\pi$

$\Rightarrow \pi + \varphi_p = \pi \Rightarrow \varphi_p = 0$

D'où $y_p(t) = 2.10^{-3}\sin 40\pi t$ pour $t \geq \frac{3T}{2}$

<u>Ou bien :</u> D'après le principe de propagation

$y_p(t) = y_s(t - t_p) = a.\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x_1}{\lambda} + \varphi_s\right) = a.\sin(\omega t).$

2°)

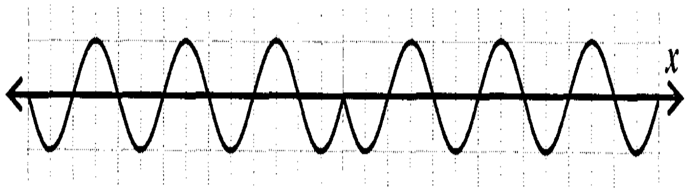
a- La coupe transversale de la surface est la sinusoïde des espaces à t_1 : $y(x) = a\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda} + \omega t_1 + \varphi_s\right)$

À $t_1 = 17,5.10^{-2}s = 3,5T$, l'onde a avancé de

$x_F = 3,5\lambda = 3,5cm$

$\varphi_{t_1} = \omega t_1 + \varphi_s = 8\pi.$

d'où $y(x) = a\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ pour $0 \leq x \leq 3,5\lambda$



b- À $t_1 = 17,5.10^{-2}s = 3,5T : y_p(t_1) = a\sin(\omega t_1 + \varphi_p)$

$\Rightarrow y_p(t_1) = a\sin 7\pi = 0$

Cherchons l'ensemble des points M tels que $y_M(t_1) = 0$ et $v_M(t_1) < 0$

<u>Graphiquement :</u> En chacun de ces points, la courbe y(x) est croissante (il suffit d'avancer un peu la sinusoïde des espaces). Sur l'axe des x, ces points sont situés sur des rides circulaires de centre S et de rayons $\left(x = \frac{\lambda}{2}\right)$, $(x=3\frac{\lambda}{2})$, $(x=5\frac{\lambda}{2})$ et' $(x=7\frac{\lambda}{2})$

<u>Par le calcul :</u> $y_M(t_1) = 0 \Rightarrow y(x) = a\sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right) = 0.$

$v_M(t_1) = \left(\frac{dy_M}{dt}\right)_{(t_1)} < 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} = a.\frac{2\pi}{\lambda}\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \pi\right) > 0.$

D'où : $\frac{2\pi x}{\lambda} + \pi = 2k\pi \Rightarrow x = (k - \frac{1}{2})\lambda$ avec $0 \le x \le 3,5\lambda$

$\Rightarrow 0,5 \le k \le 4.$

k	1	2	3	4
x	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{2}$	$\frac{5\lambda}{2}$	$\frac{7\lambda}{2}$

Sur la surface, ces points forment **4 cercles** de centre S

et de rayons $\frac{\lambda}{2}$=5mm, $\frac{3\lambda}{2}$=15mm, $\frac{5\lambda}{2}$=25mm

et $\frac{7\lambda}{2}$ = **35mm.**

Exercice N°6 :

1°) La distance entre 2 crêtes consécutives est égale à λ

donc $d = 7\lambda$ = **14cm** $\Rightarrow \lambda$ = **2cm**

2°) D'après la principe de propagation de petits ébranlements

$y(t,x) = y_1(t - \theta)$ avec $\theta = \frac{x}{v}$

$y(t,x) = 510^{-3}\sin\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) = 510^{-3}\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{T.v}\right)$

$y_M(t,x) = 510^{-3}\sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ or $\omega = 2\pi N = 80\pi rad.s^{-1}$

$\frac{2\pi}{\lambda} = 100\pi$

$V = \lambda N = 0,02x40 = 0,8\omega.s^{-1}$

$y_M(t,x) = 510^{-3}\sin(80\pi t - 100\pi x) \quad \forall t \ge 1,25x$

3°) * Pour M_1 : $x_1 = 2,5\lambda \Rightarrow \theta_1 = 2,5T$ avec

$T = \frac{1}{N} = \frac{1}{40} \Rightarrow T = 2,510^{-2}s$

$-2\pi\frac{x_1}{\lambda} = -5\pi$

$$\begin{cases} y_{M_1}(t) = 510^{-3}\sin(80\pi t + \pi) & \forall t \ge 2,5T \\ y_{M_1}(t) = 0 & \forall t \le 2,5T \end{cases}$$

pour M_2 $x_2 = 6\lambda \Rightarrow \theta_2 = 6T$

$$\begin{cases} y_{M_2}(t) = 510^{-3}\sin(80\pi t) & \forall t \ge 6T \\ y_{M_2}(t) = 0 & \forall t \le 6T \end{cases}$$

* $\varphi_{M_1} = \pi rad$; $\varphi_{M_2} = 0rad$

$\Delta\varphi = \varphi_{M_1} - \varphi_{M_2} = \pi \Rightarrow M_1 et M_2$ vibrent en opposition de phase.

4°) * $v_{M_1} = \frac{dy_{M_1}}{dt} = 510^{-3} \bullet 80\pi\cos(80\pi t + \pi)$

$v_{M_1} = 0,4\pi\cos(80\pi t + \pi) \quad \forall t > 2,5T$

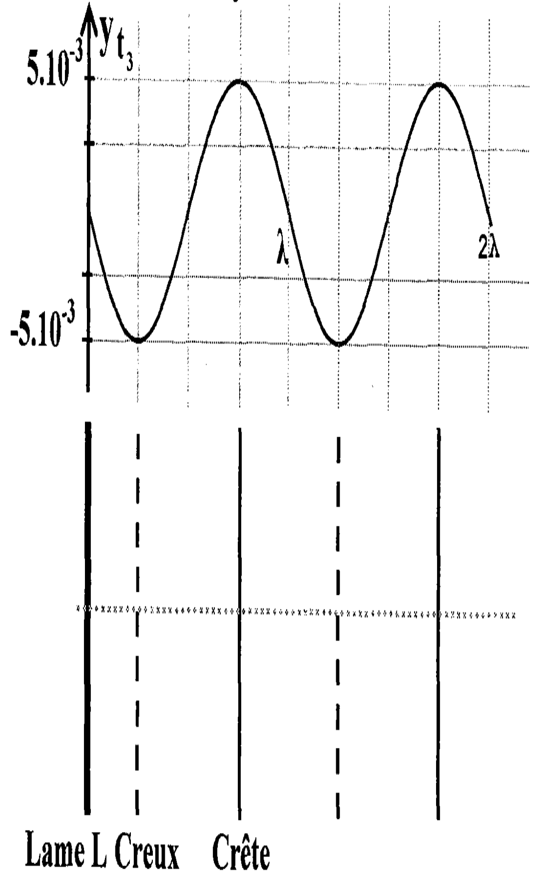
Pour $t_2 = 6,2510^{-2}s = 2,5T : v_{M_1} = 0,4\pi m.s^{-1}$

$y_{M_1}(t_2) = 510^{-3}\sin(80\pi \times t_2 + \pi) = 510^{-3}\sin(0)$

$\Rightarrow y_{M_1}(t_2) = 0 \Rightarrow$ Le Mouvement se fait dans le sens (+)

5°) À l'instant $t_3 = 510^{-2}s = 2T$, la distance parcourue par l'onde est $d = x_f = 2\lambda$

Le front d'onde est une crête et se trouve à 2λ de la source à cet instant t_3



A- Physique

Correction

Thème 3 : les ondes

Chapitre 1 : les ondes mécaniques progressives

C-Onde sonore :

Exercice N°1 :

1°) 0,1ms→1cm

2T→10cm

$$\Rightarrow T = 0,1 \times \frac{10}{2} \Rightarrow T = 0,5ms$$

$$N = \frac{1}{T} \Rightarrow N = \frac{1}{0,5.10^{-3}} = 2.10^{3}Hz$$

2°)

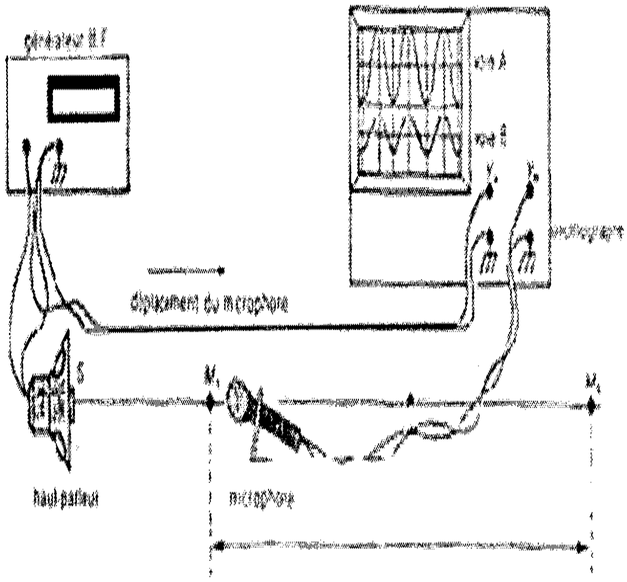
- Lorsque les deux microphones sont situés à la distance λ, on observe pour la première fois les 2 courbes en phase ; donc λ=17cm

- $\lambda = \frac{v}{N} \Rightarrow v = \lambda.N \Rightarrow v = 0,17 \times 2.10^{3} = 340ms^{-1}$

$v = 340ms^{-1}$

3°)

-



On ... deux tensions :

-Tension correspondant au son émis par le haut parleur.

-Tension correspondant au son capté par le microphone.

• $1cm \to 0{,}2ms$

$10cm \to 2T$

$\Rightarrow T = 0{,}2 \times \frac{10}{2} \Rightarrow T = 1ms$

$N = \frac{1}{T} \Rightarrow N = \frac{1}{1.10^{-3}} = 10^3 Hz$

• - Les deux sinusoïdes sont en phase pour la première fois à la distance $d = x_2 - x_1 = \lambda \Rightarrow \lambda = 34cm$

- $v = \lambda.N \Rightarrow v = 0{,}34.10^3 = 340ms^{-1}$

Exercice N°2 :

1°) $\Delta t = \frac{T}{4}$

$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T}.\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}$

$N_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{4.9.10^{-3}} = 2{,}777.10^3 Hz$

2°)

$\begin{cases} SM_2 = k\lambda \\ SM_3 = (k+1)\lambda \end{cases} \Rightarrow M_2M_3 = \lambda = 12cm$

$V = \lambda.N = 333{,}324 m.s^{-1}$

3°) Loi de propagation : $y_{M1}(t) = y_A(t+\theta)$

$= a\sin(\omega(t+\theta))$

$= a\sin\left(2\pi Nt + 2\pi N\frac{M.A}{v}\right)$

$= 2.10^{-3}\sin\left(2\pi 1667t + \frac{2\pi.1667{,}4.10^{-2}}{333{,}3}\right)$

$= 2.10^{-3}\sin(3334t + 0{,}4\pi)$

Exercice N°3 :

1°) L'onde sonore est longitudinale car la direction de la propagation de l'onde et celle du mouvement des particules du gaz sont les même

2°)

a- L'amplitude de la courbe (2) est plus faible donc c'est la courbe du microphone.

b- $\Delta t = \frac{T}{4}$ (M_1 et M_2 en quadrature de phase)

c- $\Delta t = \frac{T}{4} \Rightarrow M_1M_2 = \frac{\lambda}{4} = 17cm$

$\Rightarrow \lambda = 68cm$

$V = \lambda.N = 68.10^{-2} \times 500 = 340 m.s^{-1}$

3°) On éloigne le microphone de M_1 et lorsque les deux sinusoïdes se trouvent de nouveau en phase pour la 1ère fois au point M_2 on aura $M_1M_2 = \lambda$

A- Physique

Correction

Thème 3 : les ondes
Chapitre 2 : Interaction Onde-matière

Exercice N°1 :

Expérience n°1 :

a- diffraction.

b- $5\lambda = 2,5.10^{-2} \Rightarrow \lambda = 5.10^{-3}$m.

c- $v = \lambda N = 5.10^{-3}.80 = 0,4ms^{-1}$.

λ ne change pas dans ce phénomène de diffraction (même milieu).

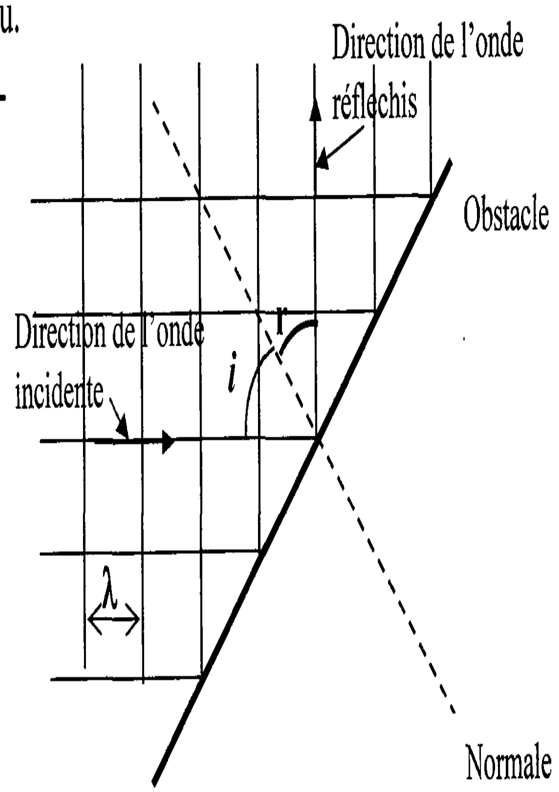
d- si $e \leq \lambda$ on obtient le phénomène de diffraction.

Expérience n°2 :

a- Phénomène : Réflexion (retour de l'onde).

b- λ est la même car la réflexion se fait dans le même milieu.

c-



Loi de réflexion : $i = r = 45°$

Expérience n°3 :

a- 1ère cas : Transmission (cas particulier de réfraction), la direction de l'onde obtenue est la même à celle de l'onde incidence.

2éme cas : réfraction : direction de l'onde obtenue

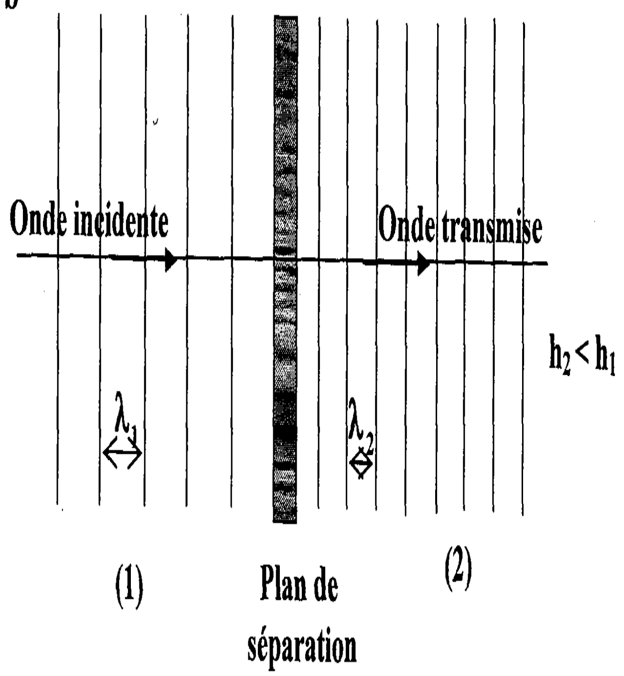
$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

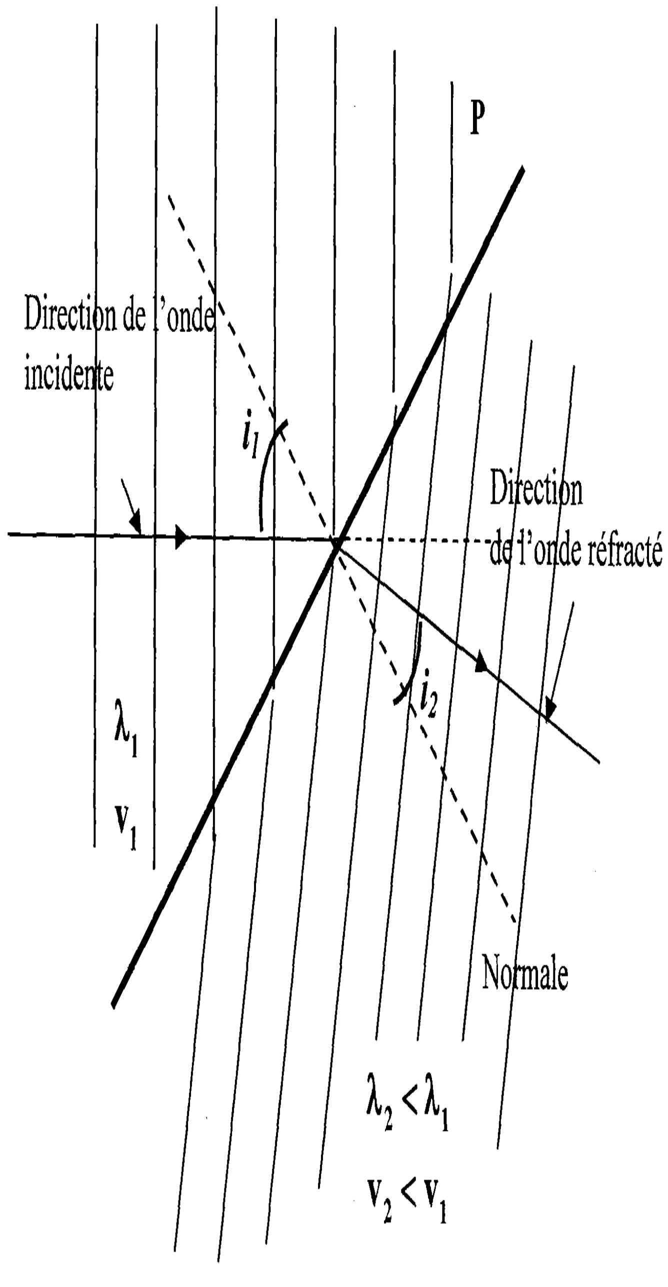
$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{\|\vec{g}\|.h_1} = \sqrt{16.10^{-2}} = 0{,}4m.s^{-1} \rightarrow \lambda_1 = \frac{v_1}{N} = 0{,}5cm \\ v_2 = \sqrt{\|\vec{g}\|.h_2} = \sqrt{9.10^{-2}} = 0{,}3m.s^{-1} \rightarrow \lambda_2 = \frac{v_2}{N} = 0{,}375cm \end{cases}$$

$$\sin i_2 = v_2.\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{0{,}3\sin 45}{0{,}4} = 0{,}53$$

$$\Rightarrow i_2 = 32°$$

b-



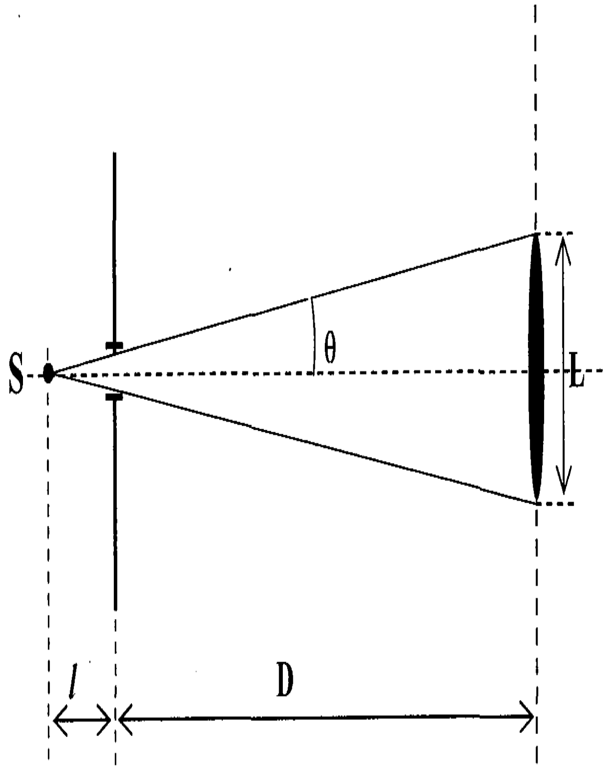


Ex... 2 :

1°) Une lumière monochromatique est une lumière formée par une seule couleur caractérisée par une fréquence υ (nu)

2°)

a-



b- $tg\,\theta = \frac{L}{2(D+l)} = \frac{a}{2l} \Rightarrow L = \frac{a(D+l)}{l} \Rightarrow$ Ce n'est pas le phénomène de diffraction.

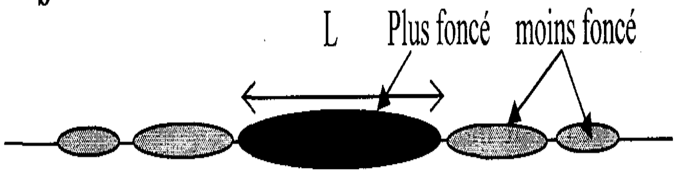
Car dans le phénomène de diffraction : **L= dépend de λ**

L est proportionnelle à $\frac{\lambda}{a}$

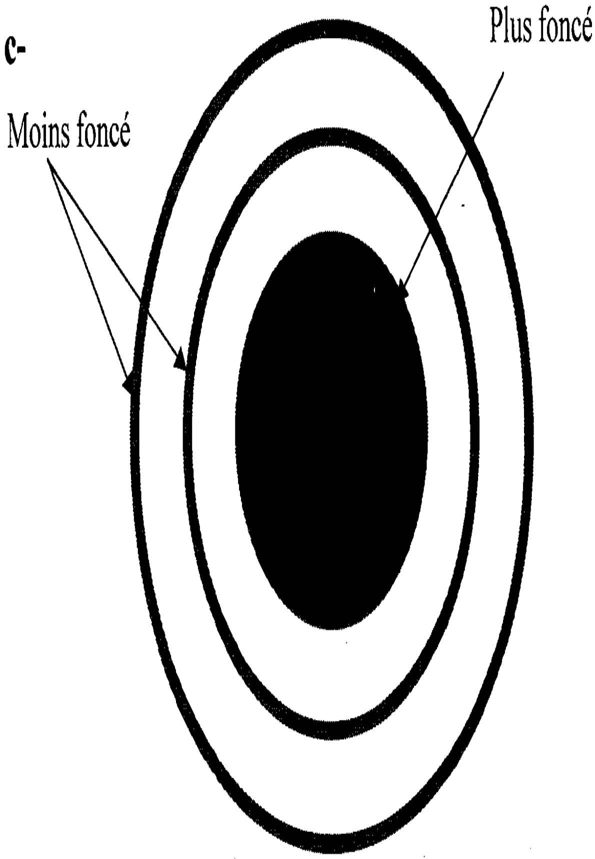
3°)

a- La diffraction d'une onde est la modification et par suite sa forme au voisinage d'une ouverture ou d'un obstacle de dimensions comparables à sa longueur d'onde.

b-



c-



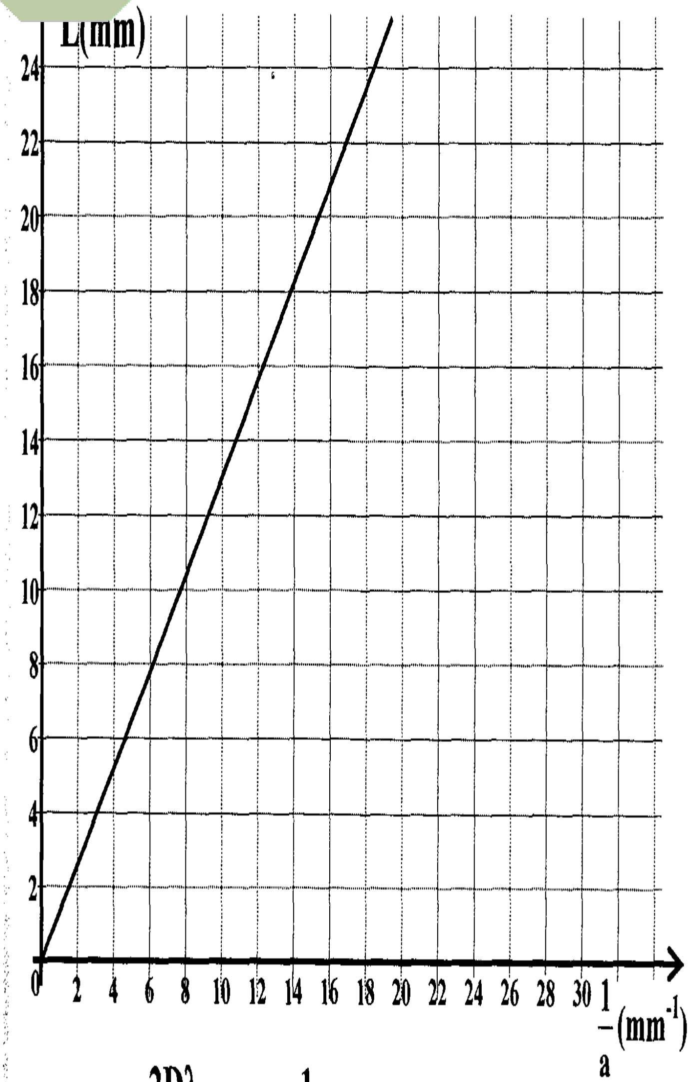
4°)

a-

L (mm)	27	22,5	16	13,5	11	4,5	3,5
$\frac{1}{a}$ (mm^{-1})	20	16,66	12,5	10	7,69	3,33	2,17

a= 5,10⁻²mm.

$\frac{1}{a} = \frac{1}{5.10^{-2}} = 20mm^{-1} = 20.10^{3}m^{-1}$



b- $L = \frac{2D\lambda}{a} = 2D\lambda.\frac{1}{a}$

$L = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est un segment de droite qui passe par l'origine

$L = pente.\frac{1}{a}$ or $pente = \frac{(11-16).10^{-3}}{(7,69-12,5)10^{3}} = 1.10^{-6}m^2$

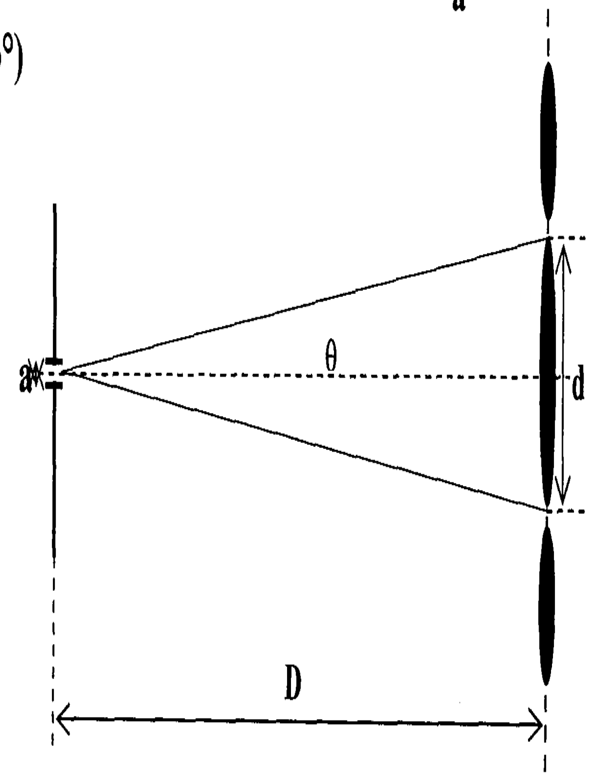
donc $pente = 2D\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{pente}{2D} = \frac{10^{-6}}{2\times1} = 0,5.10^{-6}m$

Exercice N°3 :

1°) $d = \frac{2D}{\lambda a} = \frac{[m]}{[m][m]} = \left[m^{-1}\right]$ n'est pas acceptable.

2°) Si a diminue d augmente $\Rightarrow d = \frac{2\lambda D}{a}$

3°)



$tg\theta = \frac{d}{2D}$

θ est très faible. $tg(\theta) = \theta \Rightarrow \theta = \frac{d}{2D}$ or $\theta = \frac{\lambda}{a}$

Donc $\frac{d}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow d = \frac{2D\lambda}{a}$

4°) $\lambda = \frac{da}{2D} = \frac{4,9.10^{-2}\times4.10^{-5}}{2\times1,6} = 0,6.10^{-6}m$

Exercice 4 :

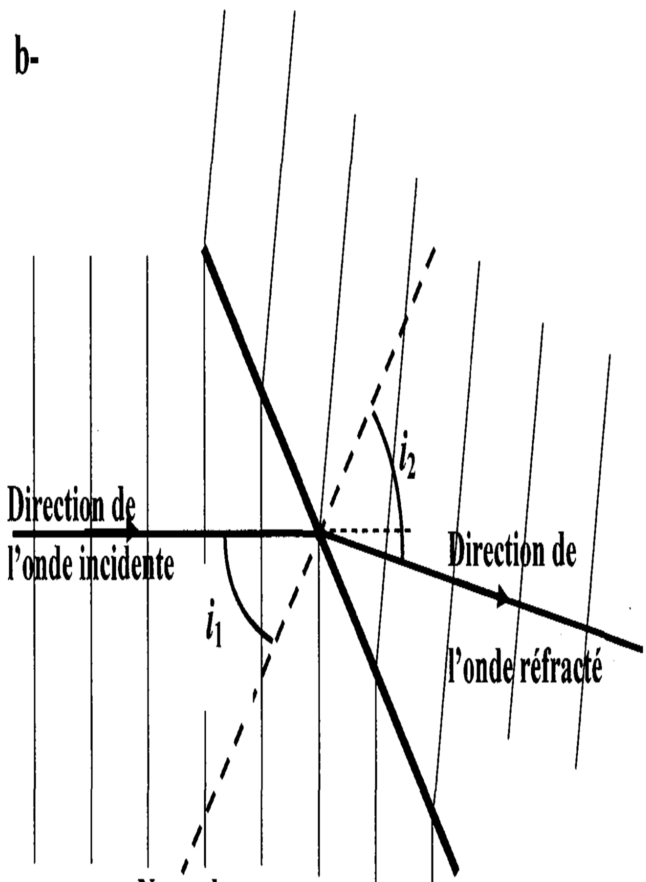
1°)

a- $\dfrac{\sin i_1}{\sin i_2} = \dfrac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin i_2 = \dfrac{v_2}{v_1}.\sin i_1$

$\sin i_2 = \dfrac{30.10^{-2}}{20.10^{-2}}.\sin 20 = \dfrac{3}{2} \times 0,3420 = 0,5130$

$i_2 = 30,86°$

b-



$i_2 > i_1$

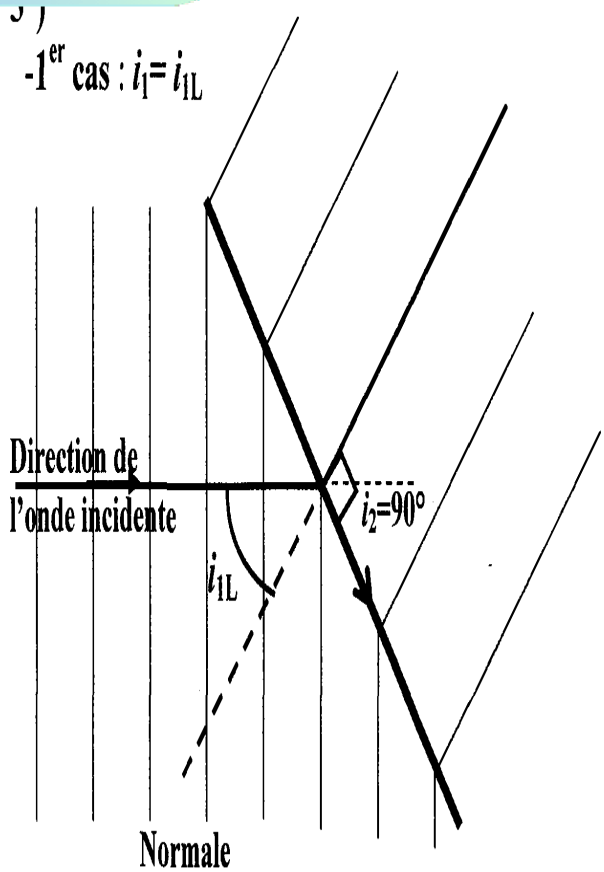
2°) Si $i_2 = 90°$ alors $i_1 = i_{1limite}$

$\dfrac{\sin i_{1L}}{\sin 90} = \dfrac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin i_{1L} = \dfrac{v_1}{v_2}.\sin 90 = \dfrac{2}{3}$

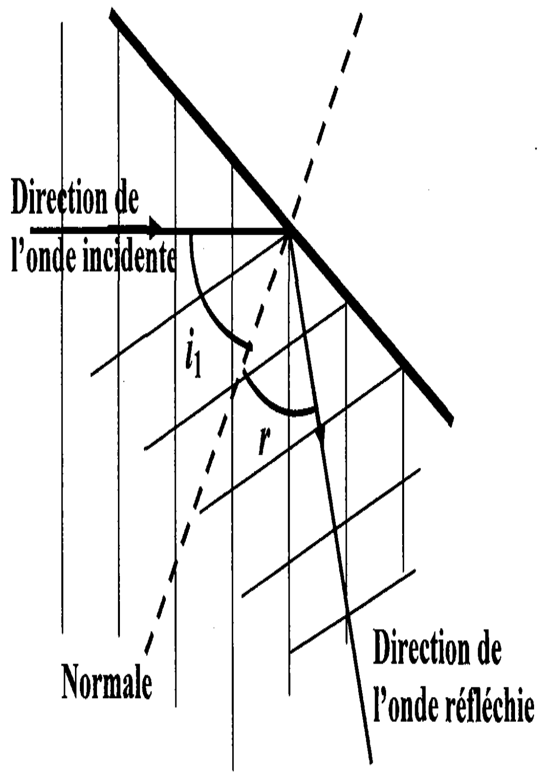
$\Rightarrow i_{1L} = 41,8°$

3°)

-1^er cas : $i_1 = i_{1L}$



- 2^éme cas : $i_1 > i_{1L}$: Réflexion totale.

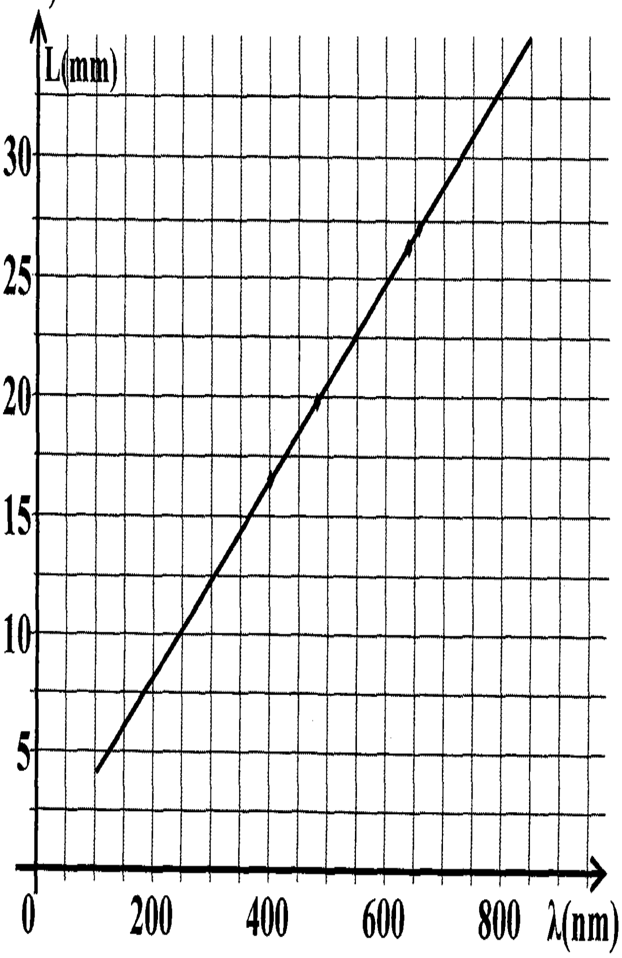


5 : Diffraction de la lumière par une fente.

1°) La figure de diffraction comprend une tache centrale brillante et des taches latérales moins intenses et moins larges. Ces taches sont séparées par des zones sombres (noires).

2°) Cette expérience met en évidence le caractère ondulatoire de la lumière.

3°)



La courbe $L = f(\lambda)$ est une droite qui passe par l'origine d'équation $L = K\lambda$.

K est le coefficient directeur de la droite.

4°)

a- Relation entre L et a : $L = \dfrac{2D\lambda}{a}$

b- Par identification : $K = \dfrac{2D}{a} \Rightarrow a = 2.\dfrac{D}{k}$

$$K = \frac{30.10^{-3}-0}{750.10^{-9}-0} = 4.10^{4}$$

$$a = 2.\frac{2}{4.10^{4}} = 10^{-4}\ m \Rightarrow a = 0{,}1mm$$

5°)

a- La diffraction de la lumière par un trou, donne une figure de diffraction formée d'une tache centrale circulaire brillante entourée par des anneaux moins intenses et minces. Des zones sombres séparent la tache centrale du premier anneau et les anneaux les uns des autres.

b- On ne peut pas isoler un rayon lumineux avec ce trou car la lumière se diffracte en le traversant. En plus, plus le diamètre du trou est faible, plus la diffraction est importante (tache centrale plus large).

Exercice N°6 :

1°) $h_1 = 1{,}6cm \Rightarrow v_1 = \sqrt{\|\vec{g}\|.h_1} = 0{,}4\,m.s^{-1} \Rightarrow \lambda_1 = \dfrac{v_1}{N} = 8mm$

$h_2 = h_1 - e = 0{,}9cm h_1 = 1{,}6cm \Rightarrow v_2 = \sqrt{\|\vec{g}\|.h_2} = 0{,}3\,m.s^{-1}$

$\Rightarrow \lambda_2 = \dfrac{v_2}{N} = 6mm$

2°) Réfraction de 1 vers 2 : $i_1=30°$

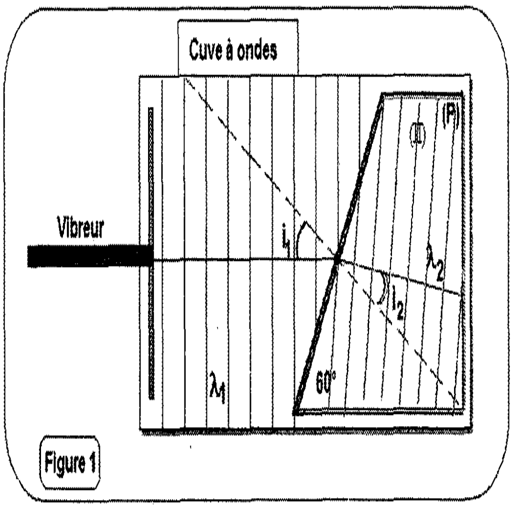
$$\lambda_1 \sin i_2 = \lambda_2 \sin i_1 \Rightarrow \sin i_2 = \frac{\lambda_2 \sin i_1}{\lambda_1} = 0{,}375.$$

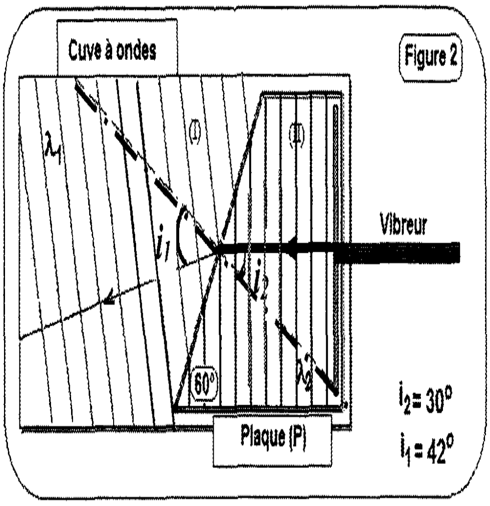
D'où $i_2=22°$.

3°) Réfraction de 2 vers 1 : $i_2=30°$

$$\lambda_1 \sin i_2 = \lambda_2 \sin i_1 \Rightarrow \sin i_1 = \frac{\lambda_1 \sin i_2}{\lambda_2} = 0{,}667.$$

D'où $i_1=42°$.





Exercice N°7 :

1°)

a- M_1 en opposition de phase avec S $\Rightarrow \varphi_s - \varphi_{M_1} = \pi$

avec $\varphi_{M_1} = \dfrac{-2\pi x_1}{\lambda_1} + \varphi_s$.

D'où $\dfrac{2\pi x_1}{\lambda_1} = \pi + 2k\pi \Rightarrow x_1 = (k + \dfrac{1}{2})\lambda_1$.

On a $x_1 > 0 \Rightarrow k > -\dfrac{1}{2} \Rightarrow k \geq 0$.

M_1 est le plus proche de S $\Rightarrow k = 0$

$\Rightarrow x_1 = \dfrac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = 2.x_1 \Rightarrow \lambda_1 = 1{,}6$ cm.

b- $v_1 = \lambda_1 . N = 1{,}6.10^{-2} \times 20 = 0{,}32\ ms^{-1}$.

c- $\varphi_A = \dfrac{-2\pi x_A}{\lambda_1} + \varphi_S$ avec $x_A = L_1 = 8cm = 5\lambda_1$

$\Rightarrow \varphi_A = -10\pi + \varphi_S \Rightarrow \varphi_A - \varphi_S = 0$.

2°) Entre la 1ère et la 5éme ride crête : $\Delta x = 4\lambda_2$

$\Rightarrow \lambda_2 = \dfrac{\Delta x}{4} = 1{,}2$ cm.

$v_2 = \lambda_2 . N = 1{,}2.10^{-2} \times 20 = 0{,}24\ ms^{-1}$.(la fréquence N est la même dans les deux milieux).

a- $\varphi_B - \varphi_S = (\varphi_B - \varphi_A) + (\varphi_A - \varphi_S) = (\varphi_B - \varphi_A) = \dfrac{-2\pi\, L_2}{\lambda_2}$

(car $\varphi_A - \varphi_S = 0$ et A et B même milieu).

Autre méthode : L'onde issue de S traverse 2 milieux pour arriver à B $\Rightarrow \theta_B = \dfrac{L_1}{v_1} + \dfrac{L_2}{v_2}$

$$\Rightarrow \varphi_B = -\omega.\theta_B + \varphi_S = -2\pi\left(\frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2}\right) + \varphi_S$$

$$\Rightarrow \varphi_B - \varphi_S = -2\pi\left(\frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2}\right).$$

$$-2\pi\frac{L_1}{\lambda_1} = -10\pi \text{ rad} \Rightarrow \varphi_B - \varphi_S = -2\pi\frac{L_2}{\lambda_2}.$$

b- B vibre en phase avec S $\varphi_B - \varphi_S = 0 \Rightarrow -2\pi\dfrac{L_2}{\lambda_2} = 2k\pi$

$\Rightarrow L_2 = k\lambda_2$ avec $k \in \mathbb{Z}$.

Pour la 1ére lame: $L_2 = 5{,}4$ cm $= 4{,}5\lambda_2 \neq k\lambda_2$. Cette lame n'est pas la bonne.

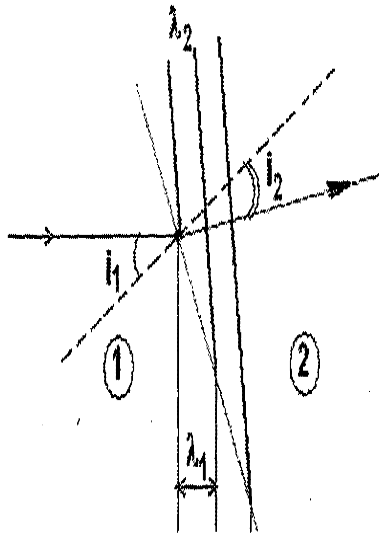
Pour la 2éme lame: $L_2 = 7{,}2\text{cm} = 6\lambda_2 \Rightarrow k = 6$. C'est la lame qu'il faut choisir.

4°)

a- $i_1 = \alpha = 30°$. La 2éme loi de réfraction donne :

$$\sin i_2 = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right).\sin i_1 = 0{,}375 \Rightarrow i_2 = 22°.$$

b- Toute ride crête est $\perp$ à la direction de propagation.



Exercice N° 8 :

1°) Les phénomènes observées sont : Réflexion et Réfraction.

2°) **Faisceau 1 = faisceau réfléchi.**

Faisceau 2 = faisceau incident.

Faisceau 3 = faisceau réfracté.

3°) **i_1 : angle d'incidence.**

i_2 : angle réfracté.

r : angle réfléchi.

4°) $\dfrac{\lambda_B}{\lambda_A} = \dfrac{1{,}5}{1} = 1{,}5 \Rightarrow \dfrac{v_B.T}{v_A.T} = 1{,}5 \Rightarrow \dfrac{v_B}{v_A} = 1{,}5$

5°) $i_1 = r = 40°$: **Loi de réflexion.**

$\dfrac{\sin i_1}{\sin i_2} = \dfrac{v_A}{v_B} = \dfrac{1}{1{,}5}$. **(Loi de réfraction).**

$\Rightarrow 1{,}5.\sin i_1 = \sin i_2$ or $i_1 = 40°$

donc $\sin i_2 = 0{,}96$ alors $i_2 = 77°$

…oboscope donne l'immobilité apparente dans les 2 milieux pour une même fréquence Ne.

7°) i_2=90° $\Rightarrow i_1 = i_{1Limite} = ?$

$1{,}5.\sin i_{1Limite} = \sin i_2 = \sin 90° = 1$

$\Rightarrow \sin i_{1L} = \frac{1}{1{,}5} \Rightarrow i_{1L} = 42°.$

* Pour $i_1 \leq i_{1L}$: On a réfraction et réflexion partielle.

* Pour $i_1 > i_{1L}$: On a réflexion totale + pas de réfraction.

Exercice N°9:

I-

1°)

- La diffraction.

- Par analogie avec les ondes mécaniques, la lumière subit le phénomène de la diffraction donc c'est une onde

2°)

a- $\theta = \frac{\lambda}{a}$: écart angulaire : c'est le demi-angle à partir du quel on voit la demie tache centrale.

b- $\begin{cases} \theta \text{ en radium} \\ \lambda \text{ et a en mètre} \end{cases}$

c- si a ▯ θ▯ ⇒ la largeur l augmente

3°) $tg\theta = \frac{l}{2D}$ or $tg\theta$ ▯ θ d'où $\theta = \frac{l}{2D}$

4°) $\frac{\lambda}{a} = \frac{l}{2D} \Rightarrow l = 2.\frac{\lambda D}{a}$

$\Rightarrow a = 2.\frac{\lambda D}{l} = \frac{2.633.10^{-9}.3}{38.10^{-3}} = 10^{-4}$ m

II-

1°) C'est une lumière monochromatique formé par une seule couleur (rouge).

2°)

a- $C=\lambda.\upsilon \Rightarrow \upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3.10^8}{633.10^{-9}} = 4{,}74.10^{14}$ Hz

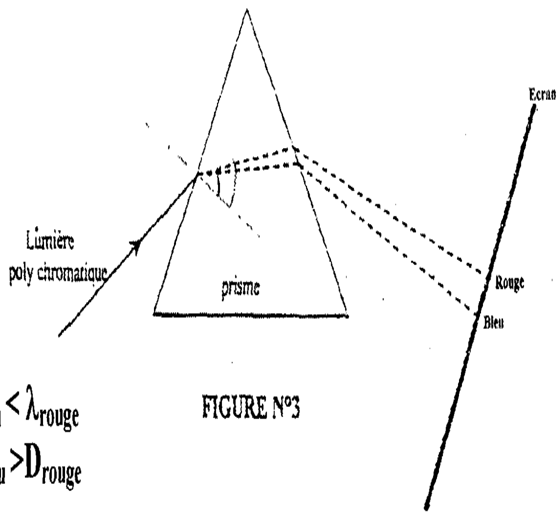
b- υ ne varie pas d'un milieu à un autre.

3°)

a- n dépend du milieu et de la fréquence υ.

b- $\lambda' = \frac{\lambda}{n} = \frac{633.10^{-9}}{1{,}61} = 393.10^{-9}$ m

4°)



$\lambda_{bleu} < \lambda_{rouge}$

$D_{bleu} > D_{rouge}$

FIGURE N°3

Correction

A- Physique

Thème 4

Chapitre 1 : spectres atomiques

Exercice N°1 :

1°)

a- $E_n = \dfrac{-13,6}{n_2} eV$

$n = 1 \quad E_1 = -13,6 eV$

$n = 2 \quad E_2 = -3,4 eV$

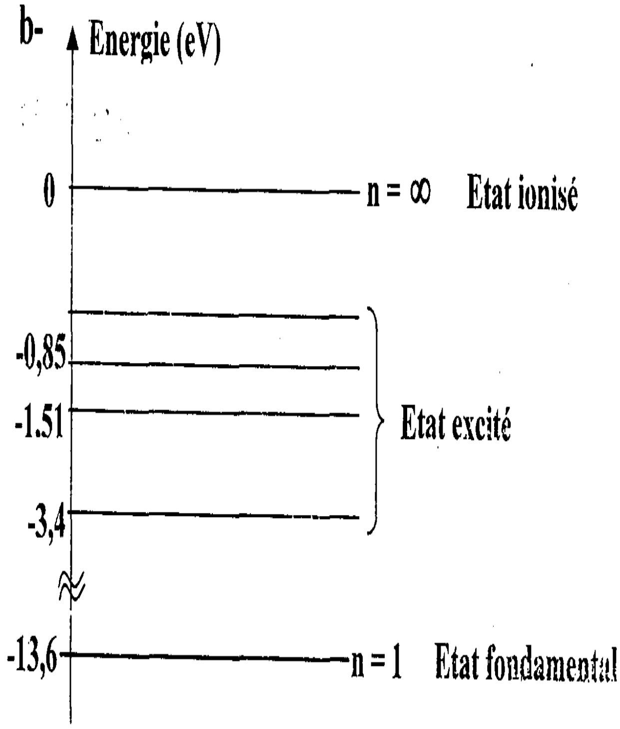
$n = 3 \quad E_3 = -1,51 eV$

$n = 4 \quad E_4 = -0,85 eV$

$n = 5 \quad E_5 = - \quad eV$

$n = 6 \quad E_6 = - \quad eV$

b-



2°)

a- $\omega_{ph} = E_p - E_1 \Rightarrow E_p = \omega_{ph} + E_1$

$E_p = 12,75 - 13,6 = -0,85\ e.V = E_4$

Ce photon est absorbé par l'atome qui devient à l'état excité (au niveau 4).

b- $E_p = \omega_{ph} + E_1 = 11 - 13,6 = -2,6\ e.V$

Ne correspond à aucun niveau, ce photon n'est pas absorbé.

c- L'énergie d'ionisation est l'énergie qu'il faut fournir à l'atome pour passer de l'état fondamental à l'état ionisé

$$\omega_{ph} = E_0 - E_1 = 0 - (-13,6) = 13,6\ e.V$$

$$\omega_{ph} = \frac{h.c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h.c}{\omega_{ph}}$$

$$\lambda = \frac{6,62.10^{-34}.3.10^8}{13,6.1,6.10^{-19}}$$

$$\lambda = 91.10^{-9}m = 91nm$$

e- $\omega_{ph} = 15,6eV > 13,6e.V$

Ce photon ionise l'atome d'hydrogène et communique de l'énergie cinétique à l'électron.

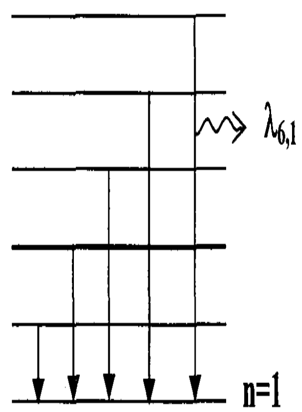
3°)

a- Série de Lyman :

Retour au niveau (1)

$p \to 1$

$$\begin{cases} 2 \to 1 \\ 3 \to 1 \\ 4 \to 1 \\ 5 \to 1 \\ 6 \to 1 \end{cases}$$



$$\omega_{ph} = E_p - E_1 = \frac{-13,6}{p^2} + 13,6$$

$$\frac{hC}{\lambda} = 13,6\left(1 - \frac{1}{p^2}\right)\ eV$$

$p = 6 \to n = 1$

$$\lambda_{6\to1} = \frac{hC}{13,6(eV)\left(1 - \frac{1}{36}\right)} = 93.10^{-9}m$$

$p = 2 \to n = 1$

$$\lambda_{2\to1} = \frac{hC}{13,6(eV)\left(1 - \frac{1}{36}\right)} = 12.10^{-9}m$$

b- série de Balmer

Retour du niveau (2)

$$\omega_{ph} = E_p - E_2 = \frac{-13,6}{p^2} + \frac{13,6}{4}$$

$$\frac{hC}{\lambda} = 13,6\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2}\right)eV$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hC}{13,6.(eV)\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2}\right)}$$

$$\left.\begin{array}{l}\lambda_{3\to2}=657nm\\ \lambda_{6\to2}=410nm\end{array}\right)\Rightarrow \textbf{lumière visible}$$

Remarque : Transition $p\to n\ /\ p>n$

$$\omega_{ph}=E_p-E_n$$

$$=\frac{-13,6}{p^2}+\frac{13,6}{n^2}$$

$$h\upsilon=13,6\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{p^2}\right)e.V$$

fréquences : $\upsilon=\frac{13,6}{h}\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{p^2}\right)e.V$

Exercice N°2 :

1°) Un atome excité se désexcite pour retrouver un état plus stable donc il revient à son état fondamentale.

2°) $E_i=13,6\ eV=\frac{hC}{\lambda}$

$$\Rightarrow\lambda=\frac{hC}{E_i}=\frac{6,62.10^{-34}\times3.10^8}{13,6}=91nm$$

3°) $E_2-E_1\le E_C<E_3-E_1$

$10,2eV\le E_C<12,09eV$

4°)

a- La discontinuité de la lumière émise est due spectre d'émission est due à que l'énergie de l'atome est quantifiée cette énergie ne peut prendre que certaine valeurs bien déterminées.

b- $n\to2$ $W_{ph}=E_n-E_2=13,6eV.\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)=h\upsilon$

$$\upsilon=\frac{13,6eV}{h}.\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)$$

c- Série de Balmer

Exercice N°3 :

1°) $n=\infty\to E_\infty=0$ eV : **Etat ionise**

$n=1\to E_1=-13,6$ eV : **Etat fondamental**

énergie d'ionisation (transition $1\to\infty$) $E_i=13,6$ eV

2°) Transition $n\to2$ $\quad n>2$

$$\omega_{ph}=E_n-E_2=\frac{-13,6}{n^2}+\frac{13,6}{4}$$

$$\frac{hC}{\lambda}=13,6\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)eV$$

$$\Rightarrow\frac{1}{\lambda}=\frac{13,6}{hc}\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)$$

3°)

a- $\lambda=\dfrac{hc}{13,6\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)e.V}$

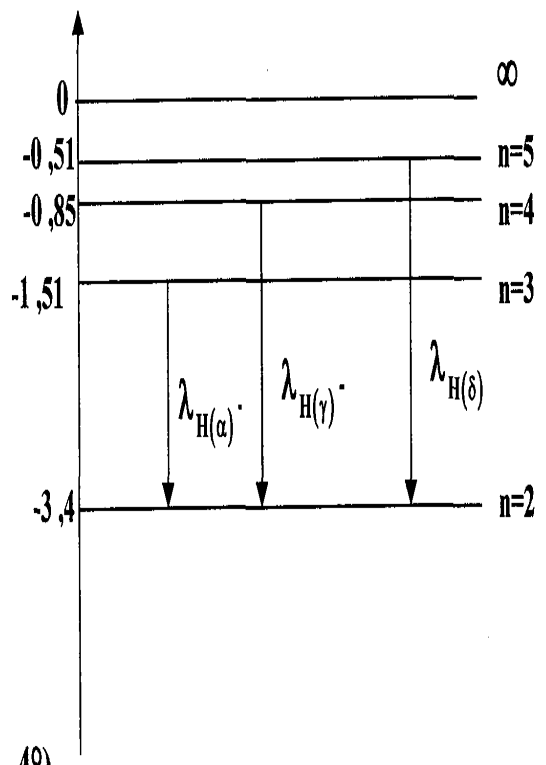
$$\frac{...}{13,6\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)}nm$$

$$\lambda = 91,17x\frac{1}{\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)}nm$$

$n = 3 \Rightarrow \lambda = 656,47mm = \lambda_{H(\alpha)}$

$n = 4 \Rightarrow \lambda = 486,2mm = \lambda_{H(\gamma)}$

$n = 5 \Rightarrow \lambda = 410mm = \lambda_{H(\delta)}$



4°)

a- Transition $3 \rightarrow 1 : \lambda_3 = 91,17\left(\frac{1}{1-\frac{1}{9}}\right) = 102,5nm$

Transition $2 \rightarrow 1 : \lambda_2 = 91,17\left(\frac{1}{1-\frac{1}{4}}\right) = 121,56nm$

Transition $3 \rightarrow 2 : \lambda = 656,47nm(H\alpha)$

b- Les radiations qui sont absorbés correspondent aux transitions $\begin{cases} 1 \rightarrow 2 \\ 1 \rightarrow 3 \\ 2 \rightarrow 3 \end{cases}$ et donc λ_3, λ_2 et λ.

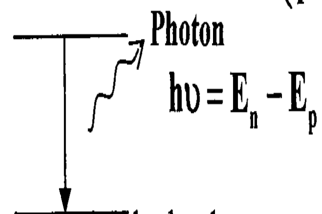
Exercice N°4 :

1°)

a- Transition du niveau d'énergie E_n au niveau $E_p \Rightarrow$

Emission d'un photon d'énergie $W_{ph} = E_n - E_p$.

Or $W_{ph} = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow W_{ph} = hcR_H\left(\frac{1}{p^2}-\frac{1}{n^2}\right)$.



b- L'énergie maximale du photon correspond à la transition de $n = \infty$ à $p = 1$

$W_{ph} = hcR_H = 6,62.10^{-34}x3.10^8x10,96.10^6 = 2,18.10^{-18}J.$

D'où $W_{ph} = \frac{2,18.10^{-18}}{1,6.10^{-19}} = 13,6eV$ (égale à l'énergie d'ionisation E_i de H)

2°) $\upsilon_{3,2} = c\frac{1}{\lambda} = cR_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$

$= 3.10^8 x10,96.10^6(1/4 - 1/9)$

$= 4,57.10^{14} Hz\left(\lambda_{3,2} = 657nm\right)$

$\upsilon_{4,2} = c\frac{1}{\lambda} = cR_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right)$

$= 3.10^8 x10,96.10^6(1/4 - 1/16)$

$= 6,165.10^{14} Hz\left(\lambda_{4,2} = 487nm\right)$

3°) Excitation d'un atome par choc avec des photons (excitation par une radiation lumineuse)

* Si $W_{ph} < E_i = 13,6eV$, le photon n'est absorbé que si son énergie permet une transition de $\mathbf{p = 1}$ à **n entier > 1** (c'est-à-dire que son énergie correspond à celle de l'un des photons émis).

$$W_{ph} = hcR_H\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{n^2} = 1 - \frac{W_{ph}}{hcR_H} = 1 - \frac{W_{ph}}{13,6eV}$$

$$\Rightarrow n^2 = \frac{13,6eV}{13,6eV - W_{ph}}.$$

*Si $W_{ph} \geq E_i$, le photon est toujours absorbé et l'atome passe à l'état ionisé.

a- $w_1 = 6,15eV < E_i \Rightarrow n = 1,35$ n'est pas entier. Donc le photon n'est pas absorbé et l'atome reste à son état fondamental.

b- $W_2 = 12,09eV < E_i \Rightarrow n = 3$. C'est un entier. Donc le photon est absorbé et l'atome passe au niveau E_3.

c- $W_3 = 18,25eV > E_i$. Donc le photon est absorbé et l'atome passe à l'état ionisé (photo-ionisation).

L'excès d'énergie est pris par l'électron arraché sous forme cinétique : $E_c = W_3 - E_i = 4,65eV$

4°) Excitation d'un atome par choc avec des électrons :

L'électron excite l'atome du niveau **p** au niveau **n** si son énergie cinétique est $E_c \geq E_n - E_p$.

$$a\text{-}E_c \geq E_n - E_2 = hcR_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \leq \frac{E_c}{hcR_H} \Rightarrow \frac{1}{n^2} \geq \frac{1}{4} - \frac{E_c}{hcR_H} = \frac{hcR_H - 4E_c}{4hcR_H}$$

$$\Rightarrow n^2 \leq \frac{4hcR_H}{hcR_H - 4E_c}$$

AN :

$$n^2 \leq \frac{4x2,18.10^{-18}}{2,18.10^{-18} - 4x3,52.10^{-19}} = 11,3 \Rightarrow n \leq 3,36 \Rightarrow n = 3.$$

Donc l'atome est excité du niveau 2 au niveau 3 et l'électron prend après le choc l'énergie cinétique :

$E_c - E_c - (E_3 - E_2) = E_c - h\nu_{3,2}$

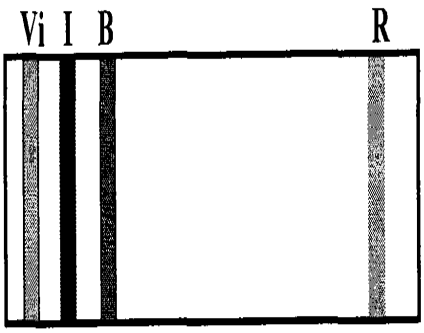
$= 3{,}52.10^{-19} - 6{,}62.10^{-34} x 4{,}57.10^{14} = 0{,}495^{-19} J$

b-Pour ioniser l'atome H à partir du niveau 2, il faux que $E_c \geq E_\infty - E_2 = hcR_H \frac{1}{2^2} = \frac{2{,}18}{4}.10^{-18} = 5{,}45.10^{-19} J$.

D'où : $\frac{1}{2}mv^2 \geq 5{,}45.10^{-19} J$

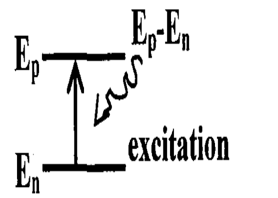
$$\Rightarrow v \geq \sqrt{\frac{2x5{,}45.10^{-19}}{9{,}1.10^{-31}}} = 1{,}09.10^6 ms^{-1}.$$

Exercice N°5 :

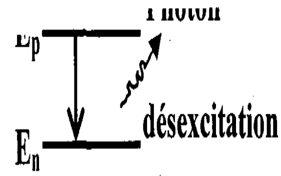


1°) La discontinuité de la lumière émise est due spectre d'émission est due à que l'énergie de l'atome est quantifiée : cette énergie ne peut prendre que certaine valeurs bien déterminées

2°) Ces 4 radiations appartiennent à la série du visible (série de Balmer)

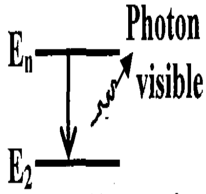


Ces radiations correspondent aux transitions de E_n à E_2.



Photon émis : $h\upsilon_{n\to 2} = E_n - E_2$

$$\frac{hc}{\lambda n_2} = -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{4} = E_0\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$$



$$\Rightarrow \lambda_{n,2} = \frac{hc}{E_0\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)} \text{ avec } \frac{hc}{E_0} = \frac{6{,}62.10^{-34} x 3.10^8}{13{,}6x1{,}6.10^{-19}}$$

$\Rightarrow \lambda_{n,2} = 91{,}27.10^{-9} m = 91{,}27nm$

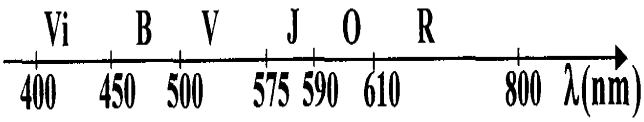
$\lambda_{32} = 657nm$ (rouge) λ_1

$\lambda_{42} = 487nm$ (bleu) λ_2

$\lambda_{52} = 435nm$ (indigo) λ_3

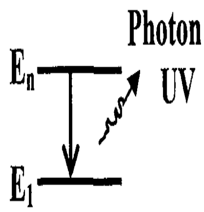
$\lambda_{62} = 411nm$ (violet) λ_4

Lumière visible :400nm < λ < 800nm



3°)

a-Série de l'UV (ou série de **Lyman**) : transition de E_n à E_1.



Photon émis : $h\upsilon_n = E_n - E_1$

$$h\frac{c}{\lambda n_1}=E_0\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\Rightarrow 1-\frac{1}{n^2}=\frac{hc}{E_0\lambda n_1}\Rightarrow \frac{1}{n^2}=1-\frac{hc}{E_0\lambda n_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n^2}=1-\frac{91,27}{\lambda(nm)}$$

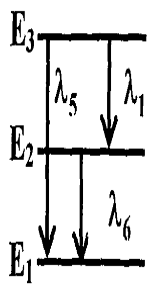
$\lambda_5=103nm \Rightarrow n=2,96=3$ (de E_3 à E_1)

$\lambda_6=122nm \Rightarrow n=2$ (de E_2 à E_1)

* Photon $\lambda_5 = W_5 = h\lambda_5=\dfrac{hc}{\lambda_5}=1,93.10^{-18}J=12,05eV$

$$W_5=h\lambda_6=\frac{hc}{\lambda_6}=10,2eV$$

* $E_3-E_1=(E_3-E_1)+(E_2-E_1)$



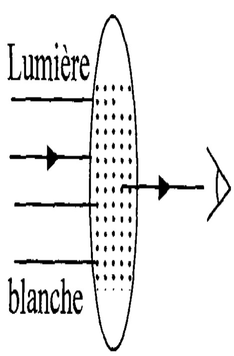
$$\Rightarrow \upsilon_{3,1}=\upsilon_{3,2}+\upsilon_{2,1}$$

$$\Rightarrow \frac{c}{\lambda_{3,1}}=\frac{c}{\lambda_{3,2}}+\frac{c}{\lambda_{2,1}}$$

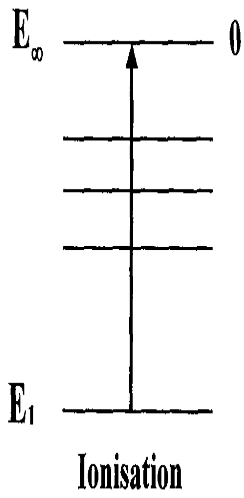
$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{31}}=\frac{1}{\lambda_{32}}+\frac{1}{\lambda_{21}}\Rightarrow \frac{1}{\lambda_5}=\frac{1}{\lambda_6}+\frac{1}{\lambda_1}$$

4°) On observe le spectre d'absorption de l'atome H.

C'est le spectre continu de la lumière blanche avec 4 raies noires à la place des 4 raies visibles du spectre d'émission.



Exercice N°6 :



1°) $E_3=-\dfrac{E_0}{3^2}=\dfrac{-13,6}{9}=-1,51eV$

$=-2,42.10^{-19}J$

$E_n=-2,8eV$

$$E_n=\frac{-E_0}{n^2}=-2,8$$

$$\Leftrightarrow n^2=\frac{-E_0}{E_n}=\frac{13,6}{2,8}\Leftrightarrow n=2,2$$

Donc H ne peut pas avoir ce niveau.

2°)

a-Pour exciter H, il faut que

$$W_{ph}\ge E_i \Rightarrow \frac{hc}{\lambda}\ge E_i$$

$$\Rightarrow \lambda \le \frac{hc}{E_i}$$

$$W_{min}=\frac{hc}{\lambda_{max}}=E_i$$

$$\lambda_{max}=\frac{hc}{E_i}$$

$$\lambda \le \frac{6,62.10^{-34}x3.10^8}{13,6.10^{-19}}=91,27nm \Rightarrow \lambda_{max}=91,27nm$$

$E_i=E_\infty-E_1=13,6eV$ (énergie d'ionisation)

* $\lambda = 103nm$ pour que le photon soit absorbé, il faut que $W_{ph} = E_n - E_1$ avec $n \in IN^*$

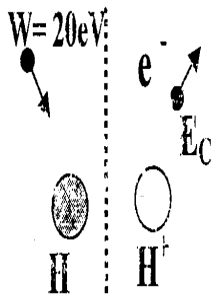
$$\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_1 = E_0\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{n^2} = 1 - \frac{hc}{\lambda E_0} = 1 - \frac{91,27}{103}$$

$\Rightarrow n = 3 \Rightarrow$ Photon absorbé.

* $W_1 = 11eV$

$$W_{ph} = E_n - E_1 \Leftrightarrow W_{ph} = E_0\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{n^2} = 1 - \frac{W}{E_0} = 1 - \frac{11}{13,6} \Rightarrow n = \cancel{2},3 \text{ Refusé}$$



$Ec = W - Ei = 6.4eV$

3°)

a- Pour que l'é excite l'atome H, il faut que

$$E_C \geq E_2 - E_1 = E_0\left(1 - \frac{1}{4}\right) = 0,75E_0$$

$= 10,2eV$

$$W_{emise} : E_2 \rightarrow E_1 = \frac{hc}{\lambda} = 10,2eV$$

$$\lambda = \frac{hc}{10,2.1,6.10^{-19}} = \frac{6,62x10^{-34}x3.10^2}{10,2 - 1,6.10^{-19}}$$

$= 122x10^{-9}m = 122nm$

b- E_2-E_1=10,2eV< Ec=11,5eV< E_3-E_1=12, 09 eV

L'atome absorbe une énergie 10,2eV et passe au 1^er état excite $(n = 2)$

Après le choc l'électron sera éjecté avec

$$E_c^{'} = E_c - E_{absorbée} = 11,5 - 10,2 = 1,3eV$$

$$E_c^{'} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c^{'}}{m^2}} = \sqrt{\frac{2.1,3x1,6.10^{-19}}{0,91.10^{-30}}} = 6,76.10^5 ms^{-1}$$

Exercice N°7 :

Spectre de l'atome de sodium

1°) L'atome **Na** est formé de **11 électrons, 11 protons et 12 neutrons.**

2°) L'énergie de l'atome **Na** est quantifiée veut dire que cette énergie ne peut prendre que certaines valeurs discontinues. Non, la mécanique de Newton ne permet pas d'expliquer cette quantification.

3°) L'état fondamental correspond à l'énergie la plus basse : $E_1 = -5,14eV$

4°) La photo-ionisation est provoquée par un photon d'énergie $h\upsilon = E_i + E_c$

Avec $E_i = E_\infty - E_1 = 5,14eV = 8,224.10^{-19} J$

et $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 4,5.10^{-19}$ **J.**

D'où $h\upsilon = 12,724.10^{-19}$ **J** et $\upsilon = 1,92.10^{15}$Hz.

$\lambda = \frac{c}{\upsilon} = 156\text{nm} < 400\text{nm}$. C'est une radiation ultraviolette.

5°)

a- L'énergie du photon émis est $\frac{hc}{\lambda} = E_5 - E_1$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_5 - E_1} = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^8}{(-1,38 + 5,14) \times 1,6.10^{-19}} = 588\text{nm}$$

b- La radiation émise est visible

6°) La plus grande longueur d'onde correspond à la plus petite énergie du photon émis, donc à la plus petite transition : du niveau E_5 au niveau E_4

$$\lambda = \frac{hc}{E_5 - E_4} = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^8}{(-1,38 + 1,51) \times 1,6.10^{-19}} = 9,55\mu\text{m}$$

Correction

A- Physique

Thème 4 : Physique atomique et nucléaire

Chapitre 2 : Réactions nucléaires

<u>Exercice N°1</u>

1°)

a-

$$\begin{cases} 84 \text{ protons} \\ 210 - 84 = 126 \text{ neutrons} \end{cases}$$

b- $E_{l(P_0)} = \underbrace{\Delta_{m(P_0)}}_{\text{Défaut de masse}} C^2$

$\Delta_m = 84m_p + 126m_n - m(P0)$

$= (84.1,00727 + 126.1,00866 - 209,9368)$

$= 1,76504u$

$E_{l(P_0)} = \Delta_m C^2 = 1,76504u.C^2$

$= 1,76504.1,66.10^{-27}.(3.10^8)^2 = 2,63.10^{-10}\,J$

$= 1,76504.931,5\dfrac{Mev}{C^2}.C^2 = 1644\,Mev$

<u>Energie de liaison par nucléon</u> $E = \dfrac{E_l}{A}$

$E = \dfrac{1644}{210} = 7,82MeV$

2°) <u>Corps radioactif :</u> C'est un corps qui se désintégré en un nouveau corps avec émission des rayonnements

$\alpha = {}_2^4He$ Héluin

$\beta^- = {}_{-1}^{0}e$ électron $\left(\beta^+ = {}_1^0e \quad \text{positon}\right)$

γ = photon

a- $^{210}_{83}Bi \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$

Conservation de nombre de masse $210 = A+0$

$\Rightarrow A=210$

Conservation de nombre de charge : $83 = Z - 1$

$\Rightarrow Z = 84$

$^{210}_{84}X = {}^{210}_{84}P_0$

$^{210}_{83}Bi \longrightarrow {}^{210}_{84}P_0 + {}^{0}_{-1}e$

b- $\begin{cases} 83 \text{ protons} \\ 127 \text{ neutrons} \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} 84 \text{ protons} \\ 126 \text{ neutrons} \end{cases}$

A l'intérieur du noyau un neutron se transforme en un proton et un électron : $^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$

3°)

a- $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{Z'}Pb + {}^{A}_{Z}X$

Conservation de nombre de masse :

$A = 210 - 206 = 4 \Rightarrow X = {}^{4}_{2}He$

$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$

b-Energie libérée : $w = |\Delta m| C^2$

La variation de la masse

$\Delta m = m_{final} - m_{initiale} = m_{produit} - m_{réactif}$

$= m(Pb) + m(\alpha) - m(Po)$

$\Delta m = 205,9295 + 4,0015 - 209,9368 = - 0,00584 \text{ u}$

$\Delta m < 0 \Rightarrow$ perte de masse $\Rightarrow$ Libération d'énergie

$W = |\Delta m| C^2 = 0,0058uC^2 = 0,0058.931,5 \text{ MeV}$

$W = 5,4 \text{ MeV}$

c- $\dfrac{E_C(\alpha)}{E_C(p_b)} = \dfrac{m(pb)}{m(\alpha)} \Rightarrow E_C(p_b) = \dfrac{m(\alpha)}{m(pb)}.E_C(\alpha)$

$E_C(p_b) = \dfrac{4}{206}.5,2$

$= 0,1 \text{ MeV}$

$Po \longrightarrow Pb + \alpha$

Conservation d'énergie :

$W = E_c(pb) + E_c(\alpha) + E(\gamma)$

$E(\gamma) = W - (E_c(pb) + E_c(\alpha)) = 0,1MeV \neq 0$

Il y a rayonnement γ

$E(\gamma) = \dfrac{hC}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \dfrac{hC}{E(\delta)} = \dfrac{6,62.10^{-34}.3.10^{8}}{0,1.1,6.10^{-13}}$

$\lambda = 1,24.10^{-11} \text{m}$

* Le noyau fils (Pb) se forme à l'état excite lors de son désexcitation il émet rayonnement (γ)

$\underset{\text{Etat excite}}{Pb} \longrightarrow \underset{\text{Etat fondamental}}{Pb} + \gamma$

N°2 :

1°) Ces transmutations sont spontanées car elles se font sans intervention du milieu extérieur

$${}^{A}_{Z}X = {}^{210}_{82}X \qquad A = 128 + 82 = 210$$

donc ${}^{A}_{Z}X = {}^{210}_{82}Pb$

2°)

a- ${}^{210}_{83}Bi \longrightarrow {}^{210}_{84}Po + \underset{\uparrow}{{}^{0}_{-1}e}$

C'est β^- (électron)

b- ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$

3°)

a – ${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + \underbrace{{}^{4}_{2}He}_{\text{c'est la particule } \alpha \text{ (Hélium)}}$

b-La variation de la masse

$$\Delta m = m(Pb) + m(\alpha) - m(P_0)$$

$$= 205{,}97444 + 4{,}0015 - 209{,}98286$$

$$= -0{,}00584 < 0$$

$\Rightarrow$ **perte de masse $\Rightarrow$ libération d'énergie**

c- $W = (\Delta m)C^2 = 0{,}0058\ uC^2$

$= 0{,}0058.931{,}5\ MeV = 5{,}4\ MeV$

Remarque : Si ${}^{206}Pb$ se forme à l'état fondamental (pas de γ)

$$\begin{cases} Ec(\alpha) = ? \\ Ec(Pb) = ? \qquad V = ? \end{cases}$$

$$W = Ec(\alpha) + Ec(Pb)$$

$$\frac{E_c(\alpha)}{E_c(Pb)} = \frac{m(Pb)}{m(\alpha)} \Rightarrow E_c(Pb) = \frac{m_\alpha}{m_{Pb}} E_c(\alpha)$$

Donc $W = E_c(\alpha) + \frac{m_\alpha}{m_{Pb}} E_c(\alpha) = E_c(\alpha)\left(1 + \frac{m(a)}{m(Pb)}\right)$

$$E_c(\alpha) = \frac{W}{1 + \frac{m(\alpha)}{mpb}} = \frac{5{,}4MeV}{\left(1 + \frac{4}{206}\right)} = 5{,}2MeV$$

$$E_C(\alpha) = \frac{1}{2} mV(\alpha)^2 \Rightarrow V_\alpha = \sqrt{\frac{2E_{C\alpha}}{m(\alpha)}} = \sqrt{\frac{2.5{,}2.1{,}6.10^{-13}}{4.1{,}66.10^{-27}}}$$

$$V_\alpha = \sqrt{\frac{2 \times 5{,}2MevC^2}{4 \times 931{,}5Mev}} = 1{,}6.10^7 m.s^{-1}$$

$$1u = 931{,}5 \frac{MeV}{C^2}$$

4°) $E_l\left({}^{206}Pb\right) = 1578MeV$ et $E_l\left({}^{210}P_0\right) = 1600MeV$

Energie de liaison par nucléon $E = \frac{E_l}{A}$

$$E(Pb) = \frac{1578}{206} = 7{,}66MeV$$

$$E(Po) = \frac{1600}{210} = 7{,}61MeV$$

$E(Pb) > E(Po) \Rightarrow$ Pb est plus stable que Po

Exercice N°3 :

1°)

a- $^{241}_{95}Am \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{237}_{93}Np$

b- La perte de masse est

$|\Delta m| = m_1 - m_2 - m_3 = 5,1.10^{-3}u = 4,75Mev.c^{-2}$.

c- $\frac{E_{C_\alpha}}{E_{C_{N_p}}} = \frac{m_{N_p}}{m_\alpha} = 59,25 \Rightarrow E_{C_\alpha} > E_{C_{N_p}}$.

C'est la particule α qui a la plus grande énergie cinétique

L'énergie libérée est $|\Delta E| = |\Delta m|.c^2 = 4,75MeV$

On a : $\begin{cases} E_{C_{Np}} = E_{C_\alpha} \ (1) \\ E_{C_\alpha} + E_{C_{Np}} = |\Delta E| \quad (2) \end{cases}$

On obtient $E_{C\alpha} = \frac{m_{Np}}{m_{Np} + m_\alpha}|\Delta E|$

AN: $E_{C\alpha} = \frac{237}{241} x4,75 = 4,67MeV$.

Or $E_{C\alpha} = \frac{1}{2}mv_\alpha^2 \Rightarrow v_\alpha = \sqrt{\frac{2E_{C\alpha}}{m_\alpha}}$

$$v_\alpha = \sqrt{\frac{2x4,75x1,6.10^{-13}}{4x1,66.10^{-27}}} = 1,51.10^7 ms^{-1}$$

Ou bien : $v_\alpha = \sqrt{\frac{2x4,75MeV}{4x931,5MeV.c^{-2}}} = 5,05c = 1,51.10^7 ms^{-1}$

2°)

a- Le rayonnement γ est formé de photons qui proviennent des désexcitations des noyaux fils **Np** formés dans des états excités.

b- L'équation (2) devient :

$E_{c\alpha} + E_{CNp} = |\Delta E| - E_{excitation} (2')$ avec $E_{excitation} = h\upsilon$.

(1) et (2') donnent :

$$E_{C_\alpha} = \frac{m_{Np}}{m_{Np} + m_\alpha}\left(|\Delta E| - h\upsilon\right) \Rightarrow h\upsilon = |\Delta E| - \frac{m_{Np+m_\alpha}}{m_{Np}} E_{C_\alpha}$$

(énergie maximale de γ)

AN: $h\upsilon = 4,75 - \frac{241}{237}x3,75 = 0,937 MeV$.

D'où : $\upsilon = \frac{0,937x1,6.10^{-19}}{6,62.10^{-34}} = 2,26.10^{20}Hz$.

Exercice N°4 :

1°) $^{210}_{84}P_0 \longrightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

2°) La variation de la masse

$\Delta m = m_{Pb} + m_\alpha - m_{P_0} = -0,00424u$

$\Delta m < 0 \Rightarrow$ **Perte de masse** $\Rightarrow$ **Libération d'énergie**

$W = |\Delta m|c^2 = 0,0042.U.C^2 = 0,0042.931,5 = 3,91$ MeV

4°) $m_0 = 2,52g$ de(P_0)

Nombre de noyau

$$N_0 = \frac{m_0}{m \text{ d'un noyau}} = \frac{2,52g}{210,08574u} = \frac{2,52.10^{-3}Kg}{210.0957.1,6610^{-27}Kg}$$

$N_0 = 7,2210^{21}$ noyaux

Ou bien

$m_0 = 2,52g$ de (P_0)

Nombre de mole

$$N_0 = \frac{m_0}{M_{molaire}} = \frac{2,52g}{210g.mol^{-1}} = 0,012 \text{ mol}$$

$1 \text{ mol} \rightarrow N_{Avo}$

$N_0 = n_0 \, x \, N_{Avo}$

$= 0,012 \times 6,02\ 1023 = 7,22\ 10^{21}$ noyau

5°)

$Po \longrightarrow Pb + He$			
$t=0$	N_0	0	0
t_{qq}	N	N'	$N' = N_0 - N$

D'après la loi de décrissance radioactif

$$\underbrace{N}_{\substack{\text{nombre de noyau} \\ \text{de Po restant à l'instant t}}} = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{avec } \lambda = \frac{Ln2}{T}$$

Nombre de noyau de He obtenu à l'instant t est

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

donc la masse de He obtenu est

$$m = N'.m_{d'un\ noyau} = N_0\left(1 - e^{-\lambda t}\right).m_{d'un\ noyau}$$

$$m = 7,22.10^{21}\left(1 - e^{-\frac{Ln2}{140}.175}\right).4,0026.1,66.10^{-27}$$

$$m = 2,78.10^{-5}Kg$$

Exercice N°5

1°) La période radioactive est la durée nécessaire pour que le nombre de noyaux initialement présents diminue de la moitie.

$$\begin{cases} t=0 : N = N_0 \quad A = A_0 = \lambda N0 \\ t=T : N = \dfrac{N_0}{2} \quad A = \dfrac{A_0}{2} \end{cases}$$

2°) $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-dt}$$

$$-Ln(2) = -\lambda T \Rightarrow T = \frac{Ln(2)}{\lambda}$$

$t=0 : A_0 = 400Bq$

$t=T : A=\frac{A_0}{2}=200Bq$

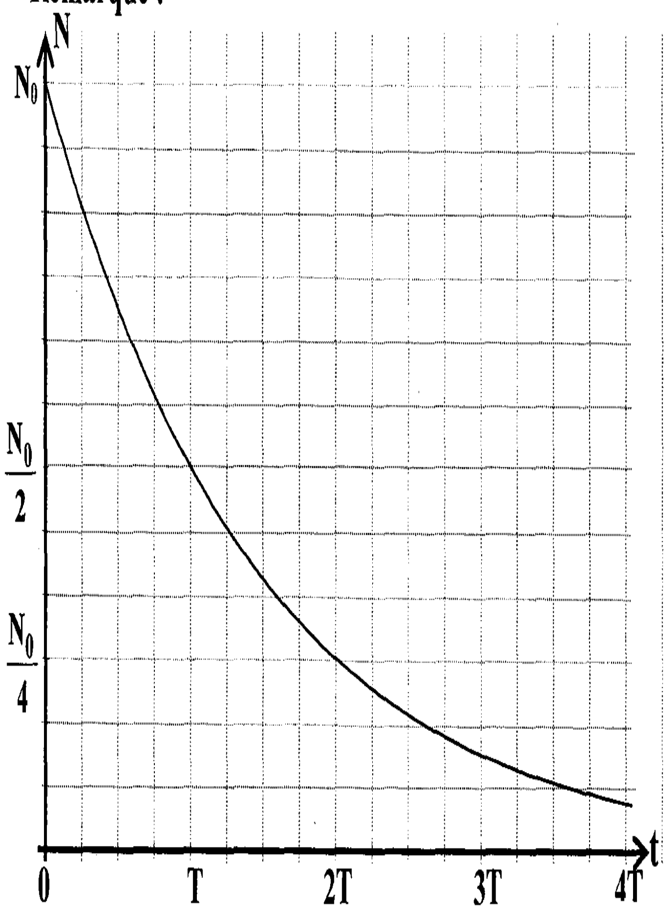
d'après la courbe $T=200s \Rightarrow \lambda=\frac{Ln(2)}{200}=3,46.10^{-3}s^{-1}$

4°) $A=A_0e^{-\lambda t}$

à t_1 : $A=400.e^{-3,4610^{-3}.1000}=12,57Bq \Rightarrow N=\frac{A}{\lambda}=3,685.10^4$

Ou bien : $t_1=1000s=5T : A=\frac{A_0}{2^5}=\frac{400}{2^5}=12,5Bq$

Remarque :



$t=nT \quad n\in \square^*$

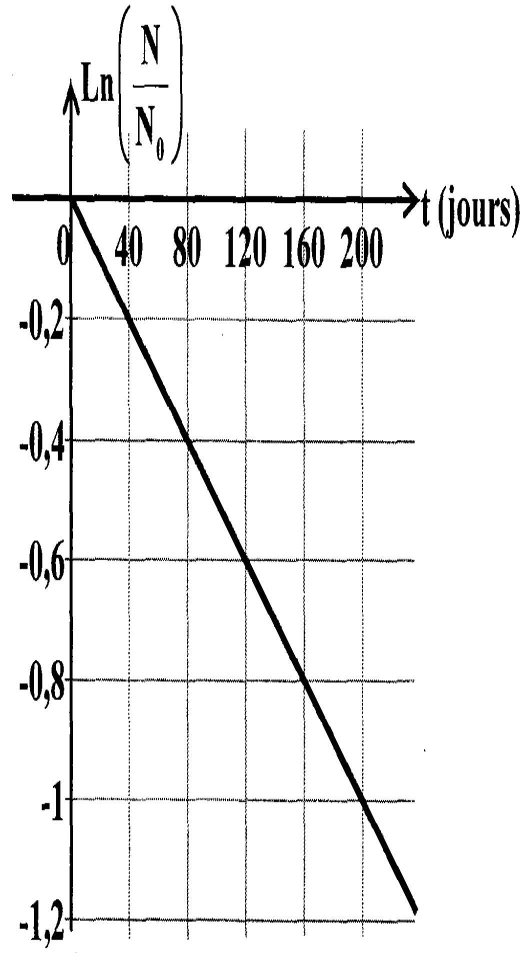
$N=\frac{N_0}{2^n}$

Exercice N°6 :

1°)

a-

t(jours)	0	40	80	120	160	200
$Ln\left(\frac{N}{Nc}\right)$	0	-0,19	-0,4	-0,59	-0,79	-1



b-Expression Théorique

$N=N_0e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0}=e^{-\lambda t} \Rightarrow L_n\left(\frac{N}{N_0}\right)=-\lambda t$

Etude expérimentale $Ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$ est un segment de droite qui passe par l'origine $\rightarrow Ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = at$

Par identification $a = -\lambda =$ pente $= \frac{-0,4}{80} = -5.10^{-3}$

$\Rightarrow \lambda = 510^{-3}\,jours^{-1}$

* $T = \frac{Ln(2)}{\lambda} = \frac{Ln(2)}{510^{-3}} = 138,63$ jours

2°) $m = \frac{m_0}{10} \Rightarrow N = \frac{N_0}{10} = N_0 e^{-\lambda t}$

$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t} \Rightarrow -Ln(10) = -\lambda t \Rightarrow t = \frac{Ln(10)}{\lambda}$

$t = \frac{Ln(10)}{510^{-3}} = 460,5$ jours

Exercice N°7 :

1°)

a- ${}^{52}_{23}V \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{52}_{24}Cr$

La particule β^- (électron) provient du noyau suite à la transformation d'un neutron en un proton

$${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$

b-Le photon provient de la désexcitation du noyau fils Cr lorsqu'il se forme dans un état excité

$E = hc/\lambda \Rightarrow \lambda = hc/E = 8,68.10^{-15}m.$

2°) Loi de désintégration : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

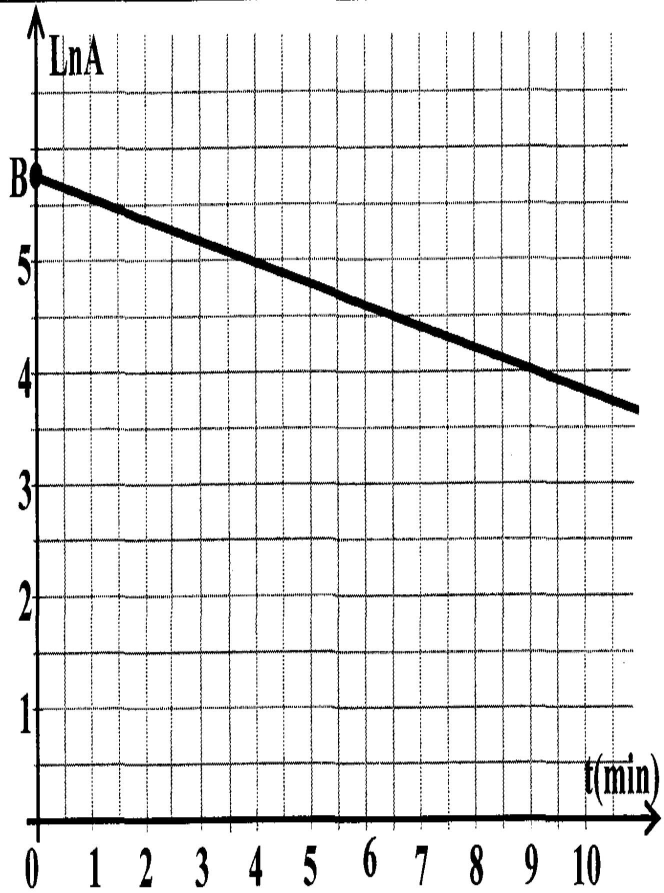
a- L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégration effectuée chaque seconde

b- $A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$ avec $\lambda N_0 = A_0$ l'activité à t=0

$\Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$

courbe $Ln\,A = f(t)$

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7
A(Bq)	317	251	215	175	148	117	94	86
LnA	5,76	5,53	5,37	5,16	5	4,76	4,54	4,45



c-La courbe est une droite d'équation : $Ln\,A = at + b$

avec $b = 5,75$ (point B) et $a = \frac{(4,5 - 5,75)}{(6,5 - 0)} = -0,192min^{-1}$

Théoriquement : $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow LnA = -\lambda t + LnA_0$

L'identification des 2 équations donne :

$\lambda = 0,192 min^{-1} \Rightarrow \lambda = 3,2.10^{-3} s^{-1}$

$$T = \frac{Ln2}{\lambda} \Rightarrow T = 3,61 min = 217 s$$

d-L'identification donne aussi : $LnA_0 = b$

$A_0 = e^b = 314 Bq$ (ou d'après le tableau: $A_0 = 317 Bq$).

$A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} \Rightarrow N_0 = 99.10^3$ noyaux

à $t = 30 min$: $N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow N = 312$ noyaux

Exercice N°8

1°) ${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$

2°) Noyau ${}^{210}_{84}Po$:

$E_{\ell_1} = (84m_p + 126m_n - m_{Po})c^2 = 1,766uc^2 = 2,639.10^{-10} J$

$\Rightarrow E_{\ell_1} = 1,65.10^3 MeV.$

Noyau ${}^{206}_{82}Pb$:

$E_{\ell_2} = (82m_p + 124m_n - m_{Pb})c^2 = 1,742uc^2 = 2,602.10^{-10} J$

$\Rightarrow E_{\ell_2} = 1,63.10^3 MeV.$

On compare les énergies de liaison par nucléon :

$$\frac{E_{\ell_1}}{A} = \frac{E_{\ell_1}}{210} = 7,86 MeV/nucléon$$

$\frac{E_{\ell_2}}{A} = \frac{E_{\ell_2}}{206} = 7,91 MeV/nucléon$. On a $\frac{E_{\ell_2}}{A} > \frac{E_{\ell_1}}{A} \Rightarrow {}^{206}_{82}Pb$ est plus stable que ${}^{210}_{84}Po$

3°) L'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium 210 est due à une perte de masse :

$|\Delta E| = |\Delta m| c^2 = (m_{Po} - m_\alpha - m_{Pb})c^2 = 5,8.10^{-3} uc^2 = 5,416 MeV.$

4°) La plus grande partie de l'énergie libérée est prise par α sous forme cinétique. Si on néglige l'énergie cinétique de recul du noyau fils Pb, on aura : $E_{C\alpha} = |\Delta E|$.

Or $E_{C\alpha} = 1/2 m v_\alpha^2 \Rightarrow v_\alpha = \sqrt{2E_{C\alpha}/m_\alpha}$.

$$AN : v_\alpha = \sqrt{\frac{2x5,416x1,6.10^{-13}}{4x1,66.10^{-27}}} = 1,62.10^7 ms^{-1}.$$

5°)

a- La période radioactive d'un radionucléide est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux présents dans un échantillon, se désintègre. Pour le polonium 210 : **T = 138 jours.**

b-Le nombre de noyaux non désintégrés à la date t est : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ (Loi de décroissance radioactive) λ est la constante radioactive du polonium 210 : $\lambda = \frac{Ln2}{T}$.

c- La masse de N noyaux est $m = N.m_{Po}$.

D'où : $m = m_0 e^{-\lambda t}$

A $t = 2 ans = 2x365 = 730 jours$: $m = m_0 e^{-Ln\frac{2.t}{T}} = 2,556.10^{-2} \mu g$

d- $N_{\alpha\ formé} = N_{Po\ désintégré} = N_0 - N = \dfrac{(m_0 - m)}{m_{Po}}$

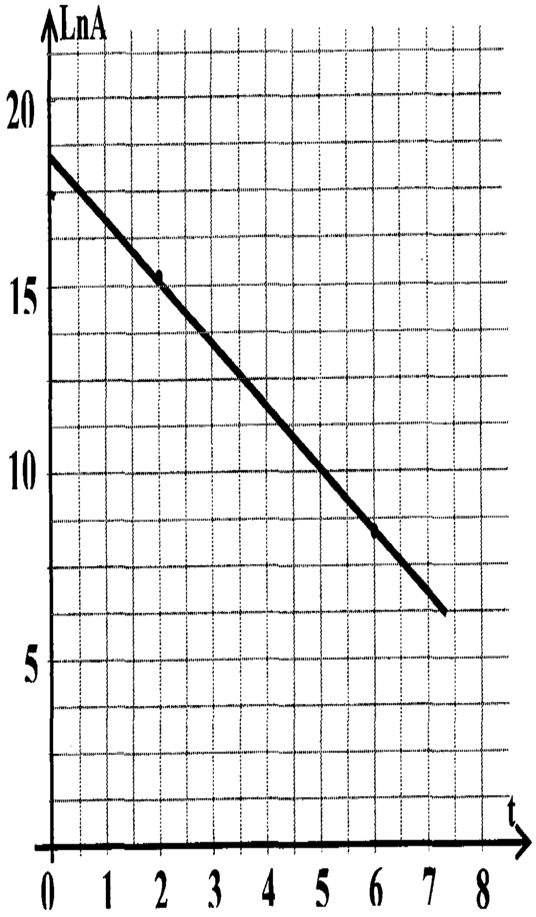
$$N_\alpha = \frac{(1-2,556.10^{-2}).10^{-9}}{210\times 1,66.10^{-27}} = 2,8.10^{-15}\text{ noyaux.}$$

e- $A = \lambda N = \left(\dfrac{Ln2}{T}\right)\left(\dfrac{m}{m_{Po}}\right) = \left(\dfrac{Ln2}{138\times 24\times 3600}\right).\left(\dfrac{2,556.10^{-11}}{210\times 1,66.10^{-27}}\right)$

$\Rightarrow A = 4,26.10^6 Bq$

f- $A = \lambda N \Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow LnA = -\lambda t + LnA_0$

$(\lambda = 5,02.10^{-3} j^{-1} = 1,8833 ans^{-1}$



La courbe LnA=f(t) est une droite décroissante :

Ln A = - 1,833t + 18,9

$t = 0 \Rightarrow A_0 = \lambda\dfrac{m_0}{m} = 167.10^6 Bq \Rightarrow LnA_0 = 18,9.$

$t = 2ans \Rightarrow A = 4,26.10^6 Bq \Rightarrow LnA = 15,3.$

Exercice n°9 :

1°) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{137}_{55}Cs + {}^{97}_{40}Zr + x\left({}^{1}_{0}n\right) + y\left({}^{0}_{-1}e\right)$

* $235 + 1 = 137 + 97 + x \Rightarrow x = 2$

* $92 \rightarrow 55 + 40 - y \Rightarrow y = 3$

2°) $W_{libérée} = E_{l_f} - E_{l_{in}} = E_{l(Cs)} + E_{l(Zr)} - E_{l(U)}$

$= 137 \text{ x } 8,4 + 97 \text{ x } 8,6 - 235.7,6$

$= 199 \text{ MeV} = 199 \text{ x } 1,6.10^{-13} = 3,18.10^{-11} J$

3°) $W_{libérée} = |\Delta m| C^2$

$= \left(\left(m(n) + m(U)\right) - \left(m(Xe) + m(Sr) + 2m(n)\right)\right).C^2$

$W_{lib} = \left(\left(1,0087 + 235,12\right) - \left(138,955 + 94,945 + (2\times 1,0087)\right)\right).u.C^2$

$0,2125\times 1,66.10^{-27}(3.10^8) = 3,17475.10^{-11} J$

Exercice N°10 :

1°)

a- ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$

$\begin{cases} A=1 \\ Z=1 \end{cases} \Rightarrow {}_1^1X = {}_1^1p$

b- ${}_{92}^{235}U + {}_0^1n \longrightarrow {}_{54}^{140}Xe + {}_Z^{94}Sr + a({}_0^1n)$

$Z = 92 - 54 = 38$

$a = (235+1) - (140+94) = 2$

2°) (1) → la fusion

(2) → la fission

3°)

a- $W_{lib} = |\Delta m| C^2$ Energie libérée pour former1noyau de ${}_2^4H$

$W_{lib} = \left(\left(m({}_1^2H) + m({}_2^3H)\right) - \left(m({}_2^4He) + m({}_1^1p)\right)\right)C^2$

$= (2{,}0140 + 3{,}01603 - (4{,}0026 + 1{,}00727))uC^2$

$= 0{,}02016 \times 1{,}66.10^{-27}\ (3108)^2 = 3.10^{-12}J = = 18{,}8MeV$

Dans V = 1L de ${}_2^4He$

$n = \frac{V}{V_M} = \frac{1}{22{,}4} = 0{,}0446mol$

$N_{noyau} = n_{mole}.N_{Ava} = 2{,}688.10^{22}noyaux$

$W_{librée}$ pour former 1L de He

$W_{totale} = N.W_{librée} = 2{,}688.10^{22} \times 18{,}8$

$= 5.10^{23}Mev = 8.10^{10}J$

b-Réaction (2)

$W_{librée} = \Delta E_l = E_l(Xe) + E_l(Sr) - E_l(U)$

$= (140 \times 8,) + (94 \times 8{,}5) - (7{,}5 \times 235)$

$= 184{,}5\ MeV$

Exercice N°11 :

Dans l'organisme vivant : $n_0 = \frac{N({}_6^{14}C)}{N({}_6^{12}C)} = 10^{-12} = Cte$

$\Rightarrow N({}_6^{14}C)$ négligeable devant $N({}_6^{12}C)$

Dans l'organisme mort : $n(t)=n_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{n(t)}{n_0} = e^{-\lambda t}$

1°) À t = 0 (instant de la mort) : $n(t=0)=n_0 \Rightarrow \frac{n(t=0)}{n_0} = 1$

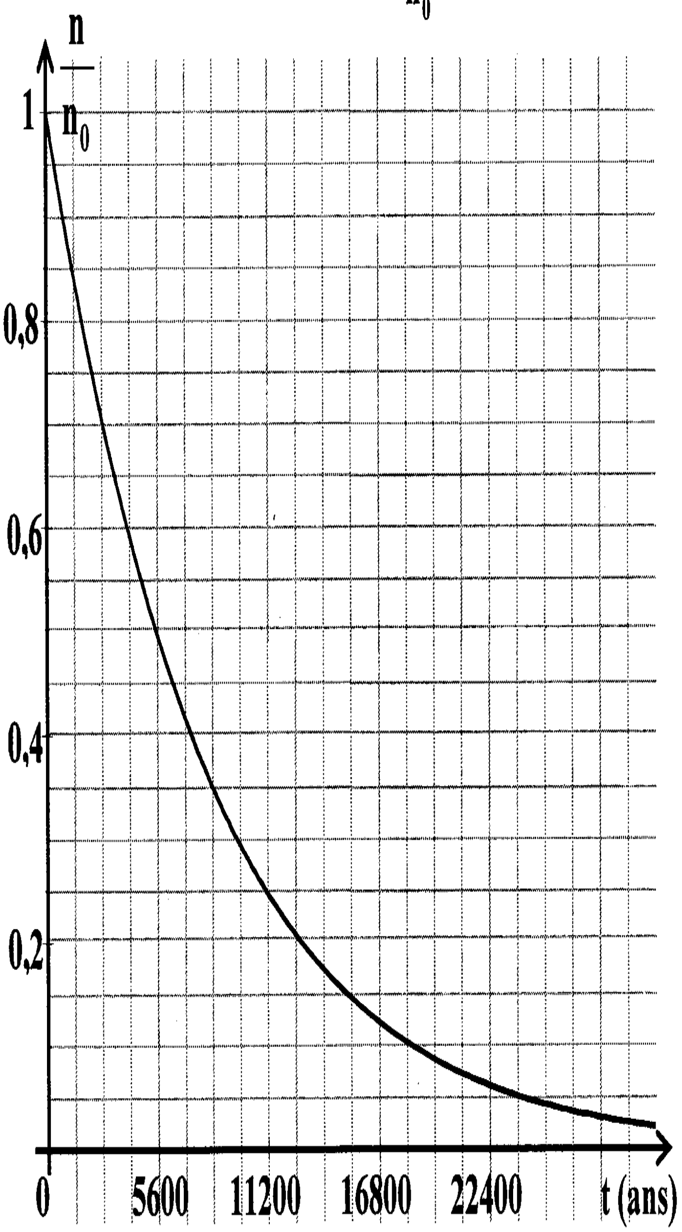
À t = T=5600ans : $n(t=T) = \frac{n_0}{2} \Rightarrow \frac{n(t=T)}{n_0} = 0{,}5$

À t = 2T=11200ans : $n(t=2T) = \frac{n_0}{4} \Rightarrow \frac{n(t=T)}{n_0} = 0{,}25$

etc

t(années)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{n(t)}{n_0}$	1	0,71	0,5	0,35	0,25	0,18	0,125

2°) La courbe $\frac{n(t)}{n_0} = f(t)$ est une exponentielle est décroissante d'équation : $\frac{n(t)}{n_0} = e^{-\lambda t}$



3°) Graphiquement :

$\frac{n(t)}{n_0} = 0,49 \Rightarrow t = 5800ans;$

$\frac{n(t)}{n_0} = 0,44 \Rightarrow t = 6600ans;$

$\frac{n(t)}{n_0} = 0,39 \Rightarrow t = 7600ans$

Par le calcul : $\frac{n(t)}{n_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{\lambda t} = \frac{n_0}{n}$

$$\Rightarrow \lambda t = Ln\left(\frac{n_0}{n}\right) \Rightarrow \frac{Ln2}{T} t = Ln\left(\frac{n_0}{n}\right) \Rightarrow t = \frac{Ln\left(\frac{n_0}{n}\right)}{Ln2} T$$

AN : $\frac{n_0}{n} = \frac{1}{0,49} \Rightarrow t = 5763$ ans ;

$\frac{n_0}{n} = \frac{1}{0,44} \Rightarrow t = 6633$ ans ; $\frac{n_0}{n} = \frac{1}{0,39} \Rightarrow t = 7607ans$

B-Chimie

Thème -3- Réaction acide base

Chapitre 2: pH des solutions aqueuses

Exercice N°1 :

Les mesures sont effectuées à 25°C

On donne les pK_a des acides suivants :

- Acide éthanoïque CH_3COOH : pKa_1= 4.74 ;
- Acide hypochloreux $HClO$: pKa_2= 7,5 ;

On considère une solution S_1 d'acide éthanoïque et une solution S_2 d'acide hypochloreux de même concentration **C**. Les pH sont respectivement pH_1= 2,87 et pH_2= 4,25. Ces deux acides sont faiblement ionisés dans l'eau.

1°) Etablir l'expression de la concentration **C** en fonction du pK_a et du **pH** de la solution correspondant à un acide faiblement ionisé. Déduire la valeur de **C** des solutions S_1 et S_2.

2°) Calculer le taux d'avancement final τ_f de chacun des deux acides.

3°) Comparer la force de ces deux acides d'après les pK_a, τ_f et le **pH** de leurs solutions.

4°) Etudier l'effet d'une dilution modéré de l'une des solutions S_1 ou S_2 sur :

a- La constante d'équilibre K_a du couple acide-base considéré.

b- Le pH de la solution.

c- Le taux d'avancement final τ_f .

Exercice N°2 :

1°) Ecrire l'équation de la réaction sur l'eau (volume **V = 1L**)

- D'un acide A_1H qui réagit totalement avec l'eau.
- D'un acide A_2H qui réagit partiellement avec l'eau.

2°) Que devient le **pH** d'une solution de l'acide A_1H si on dilue **10 fois** la solution ?

3°) Deux flacons A et B contiennent respectivement les solutions S_A et S_B de **pH** égale à **2**. On dilue **10** fois ces deux solutions ; les pH des solutions dilués valent **3** pour S_A et **2,6** pour S_B.

- Montrer que l'un des deux acides réagit totalement avec l'eau mais l'autre réagit partiellement. Quel flacon contient celui qui réagit totalement ?
- Quelle est la concentration C_1 de l'acide avant dilution ?
- Soit C_2 la concentration de l'autre acide avant dilution, comparer C_2 et C_1.
- Par quel facteur le taux d'avancement final est-il multiplié par dilution ?

Exercice N°3 :

Par dissolution de chacune des deux bases $\mathbf{B_1}$ et $\mathbf{B_2}$ séparément dans l'eau, on prépare deux solutions S_1 et S_2 de concentrations molaires respectives $C_1 = 10^{-3}\,mol.L^{-1}$ et $C_2 = 6{,}4.10^{-2}\,mol.L^{-1}$ de <u>même</u> **pH=11**.

1°) Calculer la concentration molaire de chacune des deux solutions en ions hydroxyde.

2°) Comparer les forces des deux bases.

3°) Une des deux bases est forte. Laquelle ? Justifier la réponse.

4°) On dilue **100** fois la solution de base forte. Etablir l'expression du **pH** de la solution en fonction du $\mathbf{pK_e}$ et la concentration initiale **C** de la solution. Calculer la valeur du pH de la solution obtenue.

5°) On dilue **100** fois la solution de base faible. Etablir l'expression de la constante d'acidité $\mathbf{K_a}$ du couple $\mathbf{BH^+/B}$ en fonction du **pH**, $\mathbf{pK_e}$ et la concentration initiale **C** de la solution. Calculer le $\mathbf{pK_a}$ du couple acide/base sachant que le **pH** de la solution diluée vaut **10**.

Exercice N°4 :

1°) Etablir l'expression du pH d'un monoacide faible en fonction de sa concentration initiale et de son $\mathbf{pK_a}$ en considèrent qu'il est faiblement ionisé.

2°) On considère une solution S_1 obtenue en dissolvant **0,1 mole** d'un acide **AH** dans l'eau de manière à obtenir **1 litre** de la solution.

A un prélèvement de $\mathbf{100\ cm^3}$ de cette solution on ajoute $\mathbf{900\ cm^3}$ de l'eau pure. On obtient la solution S_2.

Par ailleurs, on place $10\,cm^3$ de la solution $\mathbf{S_1}$ dans une fiole jaugée de 1 litre et on complète jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée ; soit $\mathbf{S_3}$ la solution obtenue. La mesure au pH-mètre du pH de ces trois solutions a conduit aux valeurs suivantes :

Solution	S_1	S_2	S_3
pH	2,9	3,4	3,9

a- Déterminer la concentration initiale de l'acide AH dans chacune de ces trois solutions. Que peut-on conclure des valeurs du pH observé ?

b- Déterminer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution S_2.

c- Calculer le taux final pour les trois solutions S_1, S_2 et S_3. Interpréter qualitativement la variation observée.

d- Tracer la courbe de variation du **pH** en fonction de **(-logC).** Déduire de la courbe le **pk$_a$** du couple **(AH/A$^-$).**

e- Identifier l'acide **AH**. On donne :

Couple acide/base	$H_2C_2O_4/HC_2O_4^-$	HNO_2/NO_2^-	$CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-$
pK$_a$	**1,25**	**3,30**	**4,80**

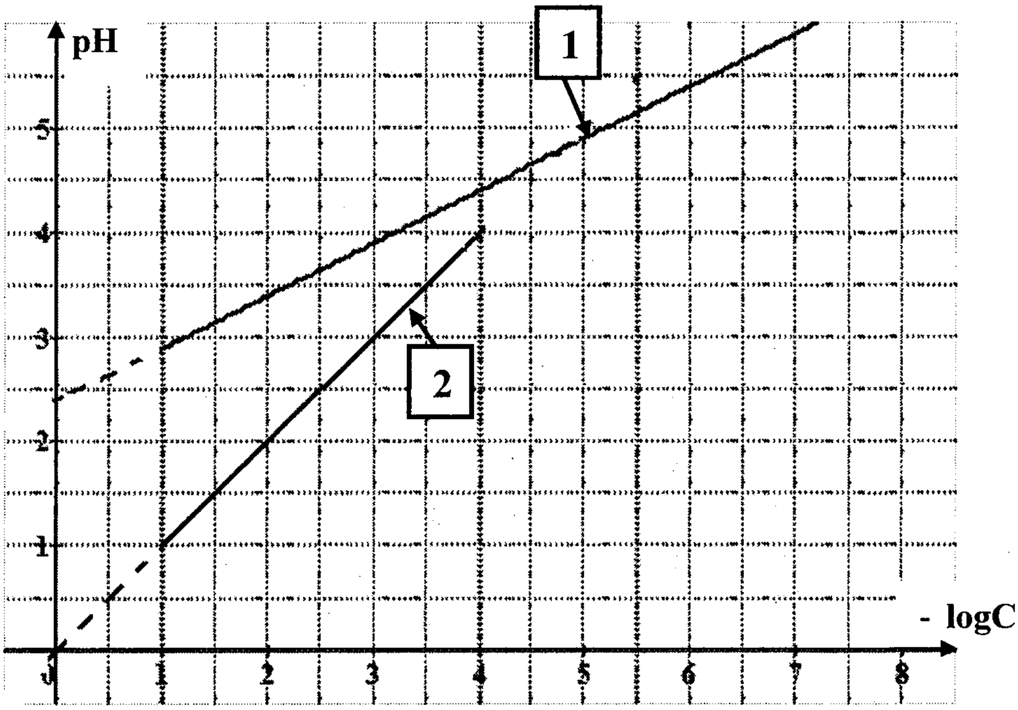
Exercice N°5 :

A l'aide d'un pH mètre, on mesure les valeurs du pH de deux solutions aqueuses **S_1** et **S_2** pour différentes concentrations **C.**

* **S_1** est une solution d'acide nitrique HNO_3 (acide fort).
* **S_2** : solution d'acide éthanoïque. CH_3COOH.

On donne les courbes du pH des deux solutions en fonction (**-log C**) :

pH= f(-log C).



1°)

a- L'une des courbes montre que l'acide correspondant est fort. Justifier laquelle de ces deux courbes.

b- Ecrire l'équation de la réaction de cet acide avec l'eau.

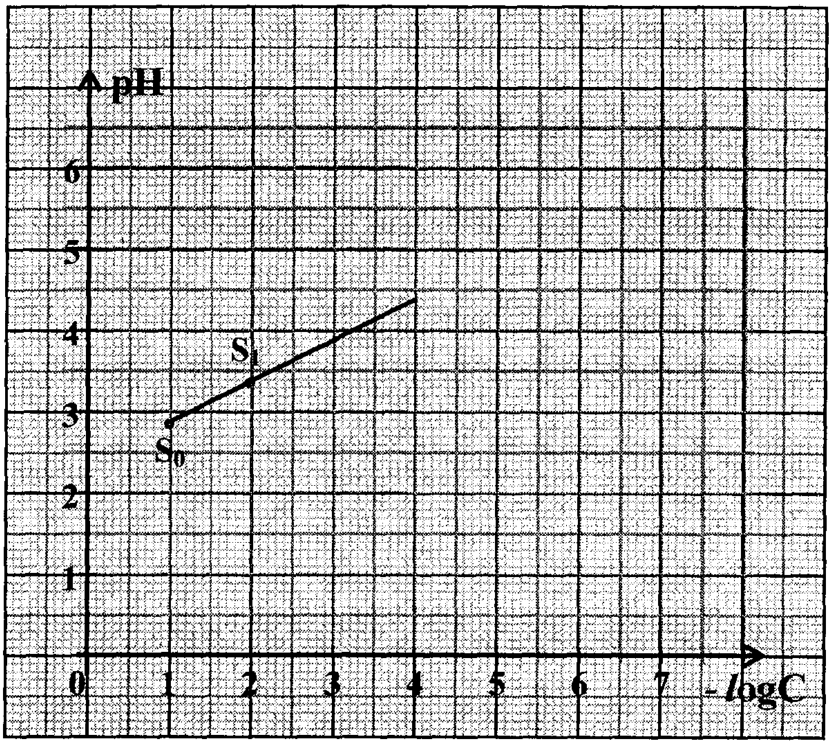
2°) Pou l'acide faible :

a- Déduire à partir de la courbe que le **pH** s'écrit **pH = a (-log C) + b**. Calculer **a et b**.

b- Rappeler l'expression du **pH** d'une solution d'acide faible, faiblement ionisé. Déduire la valeur du **pK$_a$**.

Exercice N°6 :

On dispose d'une solution aqueuse (S_0) d'un acide **AH** de concentration initiale C_0 . On procède à trois dilutions successives et on mesure à chaque fois le **pH**. On obtient le graphe de la figure ci contre :



1°)

a- Déduire que la valeur de $C_0 = 10^{-1}$ **mol.L**$^{-1}$.

b- L'acide AH est-il fort ou faible ? Justifier.

c- Etablir l'équation numérique de la courbe.

2°)

a- Dresser le tableau descriptif de l'avancement volumique de la réaction d'ionisation de **AH.**

b- Montrer, en précisant les approximations utilisées, que le **pH** de la solution de l'acide **AH** de concentration **C** peut s'écrire :$pH=\frac{1}{2}(pK_a - \log C)$.

3°)

a- En déduire le pK_a du couple AH/A^-

b- Identifier l'acide utilisé.

On donne :

AH	$CH_2ClCOOH$	HCOOH	CH_3COOH
pK_a	2,9	3,8	4,8

4°) On se propose de préparer à partir de (S_0), la solution (S_1) de volume **100mL.**
Décrire le mode opératoire permettant d'effectuer cette dilution en précisant la liste du matériel nécessaire.

Exercice N°7 :

On donne : M_c=12 g.mol^{-1} ; M_H= 1 g. mol^{-1} et M_N= 14 g. mol^{-1}

On dissout une masse m de méthylamine de formule CH_3NH_2 dans l'eau pur. On obtient une solution (S) de volume V_0= 500 mL, de concentration molaire C_0= 0,4 mol.L^{-1} et de pH= 12.

1°)

a- Le méthylamine est-elle un acide ou une base ? Faible ou forte ? Justifier votre réponse.

b- Ecrire l'équation de la réaction de la méthylamine avec l'eau t déduire les couples acide/base mis en jeu.

c- En supposant que la base est faiblement ionisée :

* Montrer que la constante d'acidité du couple correspondant est $K_a = \frac{C.10^{-2pH}}{K_e}$

* Montrer que la constante d'acidité du couple correspondant est $K_a = \frac{K_e}{C.\tau^2}$.

* Calculer pK_a.

2°)

a- Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution autre que l'eau.

b- Calculer la masse m du méthylamine utilisé pour préparer la solution(S).

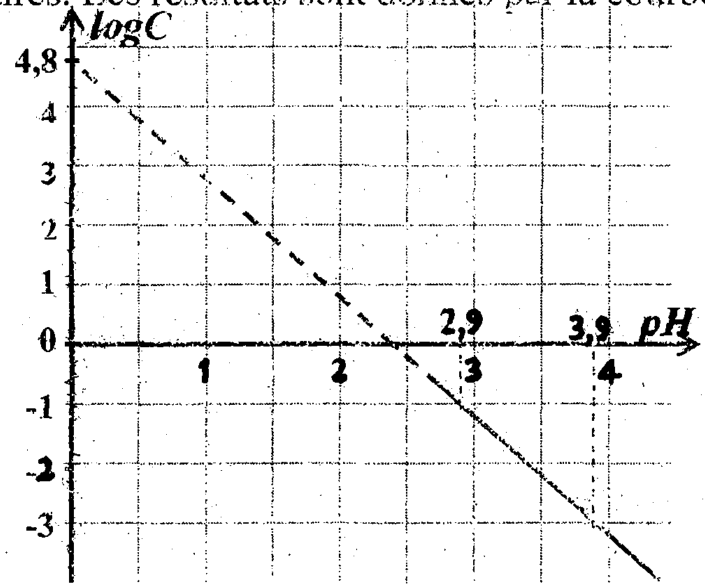
3°) On prélève un volume V= 10 mLde la solution(S) et on la dilue **n** fois. En remarque que la **pH** varie de **0,3**

a- Dire si cette variation est une augmentation ou une diminution

b- Calculer n est déduire le volume d'eau ajouté.

Exercice N°8:

Dans le but d'étudier l'effet de la dilution sur la dissociation ionique d'un acide **AH**, on mesure le **pH** d'une solution aqueuse d'un acide pour différentes concentrations molaires. Les résultats sont donnés par la courbe suivante.



1°)

a- L'acide **AH** est-il fort ou faible ? Justifier.

b- Déterminer l'équation numérique de la courbe.

c- Donner l'expression de $\log(C)$ en fonction du pH est du pK_a du couple AH/A^-.

d- Déduire la valeur du pK_a du couple acide/base correspondant.

2°)

a- Ecrire l'équation d'ionisation de **AH** dans l'eau.

b- Exprimer en fonction de la concentration molaire **C** et du taux d'avancement final τ_f la concentration molaire de chaque espèce chimique dans la solution aqueuse de **AH**.

c- Calculer les valeurs τ_1 et τ_2 du taux d'avancement final de la réaction d'ionisation de l'acide dans l'eau correspondant respectivement aux solutions de $pH_1 = 2,9$ et $pH_2 = 3,9$.

d- Déduire l'effet de la dilution sur la dissociation ionique de **AH**.

Exercice N°9:

I-

1°) Le couple (NH_4^+/NH_3) a un $pK_a = 9,2$ à 25°C. On donne $K_e = 10^{-14}$

On prépare une solution(S) d'ammoniac NH_3 de **pH= 10**.

a-Donner l'expression de la constante de basicité de la base NH_3.

b- Calculer la molarité de chaque entité chimique dans la solution (S).

c- Déduire la concentration initiale C de cette solution.

2°)Soit une solution (S_1) de chlorure d'ammoniac (**solide** NH_4Cl) de concentration initiale $C_1 = 0,25 mol.L^{-1}$ et de volume $V_1 = 0,25L$.

a- Montrer que $[H_3O^+]^2 = C_1.Ka$. Calculer **pH**.

b- Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution.

c- Soit τ_f le taux final. Montrer que $\tau_f^2 = \frac{Ka}{C_1}$. Calculer τ_f.

d- On ajoute à (S_1) un volume V_0 d'eau. $\tau'_f = 2.\tau_f$. Calculer V_0 et **pH'** de (S_2) obtenue.

II- L'éthanoate de sodium CH_3CO_2Na est un solide ionique de masse molaire $M = 82 g.mol^{-1}$.

On prépare une solution aqueuse (S) de ce solide de volume $V = 0,4L$ et de concentration initiale $C = 0,5 mol.L^{-1}$. On donne $pK_a(CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-) = 4,7$.

1°) Calculer la masse du solide dissoute dans l'eau.

2°) Montrer que le pH de cette solution s'écrit : $pH = \frac{1}{2}(pK_e + pK_a + \log C)$. Préciser les approximations utilisées. Calculer la valeur de ce **pH**.

B-Chimie

Thème -3- Réaction acide base

Chapitre 3 : Dosage acide-base

Exercice N°1 :

Dans **50 cm^3** d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire **2.10^{-2}mol.L^{-1}**, on ajoute progressivement de la soude de concentration inconnue et on suit la neutralisation à l'aide du bleu de bromothymol, le virage a lieu lorsqu'on a ajouté **53.5 cm^3** de la solution de soude.

1°) Déterminer la concentration molaire de la solution de soude.

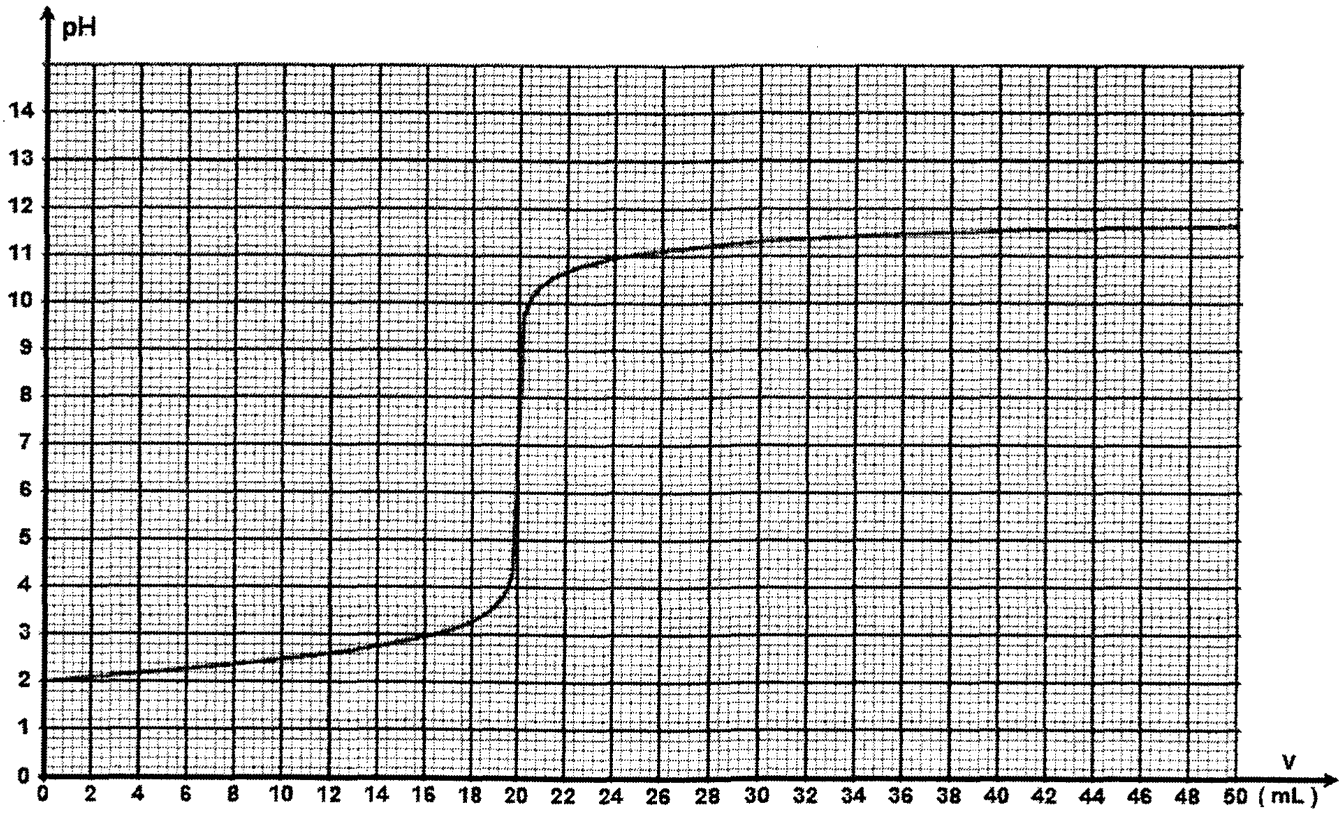
2°) Calculer le pH de la solution acide initiale.

3°) Quel sera son pH à l'équivalence ? Justifier cette valeur.

4°) Déterminer les concentrations molaires des espèces chimiques en présence dans la solution lorsque le volume V_B prend la valeur **53,5 cm^3**.

Exercice N°2 :

La variation du **pH** de la solution obtenue par l'action d'une solution de soude de concentration molaire **C_b** sur **20mL** d'une solution d'acide chlorhydrique **(HCl)** de concentration molaire **C_a** donne la courbe ci-contre :



1°)

a- Déterminer les coordonnées du point d'équivalence **E.**

b- Sachant que la base est forte déduire la force de l'acide utilisé.

c- Ecrire l'équation de la réaction. Montrer qu'elle est totale.

d- Justifier le caractère acide, basique ou neutre de la solution obtenue à l'équivalence.

2°) En exploitant la courbe, déterminer :

a- La concentration C_a de la solution acide.

b- La concentration C_b de la solution basique.

3°) On dilue au dixième $\left(C'_a = \frac{C_a}{10}\right)$ la solution acide. On prélève **20mL** de la solution diluée et on refait l'expérience précédente.

Répondre par vrai ou faux en justifiant la réponse :

a- Le **pH** initial reste constant.

b- Le volume de la base à l'équivalence est égale à V_{bE}**=5mL.**

c- Le **pH** à l équivalence est égale à $pH_E=7$

Exercice N°3 :

Dans **10cm³** d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque, on verse progressivement une solution aqueuse déci molaire de soude. On obtient les résultats suivants :

V_B cm³	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10.5	11	11.5	13	15
pH	2.4	3	3.2	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.7	5.1	8.2	11.4	12	12.1

1°) Tracer la courbe de neutralisation **pH= f (V_B)** en déduire le volume au point d'équivalence.

2°) Ecrire l'équation de titrage.

3°) Calculer la molarité de la solution acide.

4°) Déduire d'après la courbe une valeur approchée du pK_a de l'acide méthanoïque.

5°) Montrer que la réaction de titrage est pratiquement totale.

6°) Justifier le caractère basique au point d'équivalence.

7°) En utilisant la valeur du pH de la solution d'acide initiale et sa concentration retrouver la valeur du pK_a.

8°) Calculer les molarités de toutes les entités présentes en solution quand le volume de base ajouté est égale à :

a- V_B **=5,5 cm³**

b- V_B **=11 cm³**

Exercice N°4 :

Les résultats du dosage de trois solutions acides **A, B et C** par une solution de soude (**NaOH**) de concentration molaire $C_b=10^{-2}mol.L^{-1}$, sont groupés dans le tableau suivant :

Volume de soude versé (ml)	0	10	19	20	21	30
pH pour le dosage de l'acide A	2	2.5	3.6	7	10.3	11.3
pH pour le dosage de l'acide B	3.5	4.9	6.2	8.3	10.3	11.3
pH pour le dosage de l'acide C	2.9	3.8	5.1	7.75	10.3	11.3

Les solutions **A, B et C** sont respectivement des solutions : d'acide nitrique HNO_3, d'acide propanoïque $C_2H_5CO_2H$ et d'acide méthanoïque HCO_2H.

Les trois solutions sont de même concentration $C_a=10^{-2}mol.L^{-1}$ et utilisées à volume identique $V_a=20$ **ml**.

Toutes les solutions sont utilisées à **25°C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau $Ke = 10^{-14}$.

1°)

a- En utilisant le **pH** initial les trois solutions, classer les trois acides par ordre d'acidité croissante. Justifier.

b- L'un au moins des trois acides est fort, lequel ? Justifier. Ecrire l'équation de son ionisation dans l'eau.

2°) Ecrire l'équation du dosage pour chaque acide.

3°)

a- Définir l'équivalence acido-basique.

b- Déduire en vous aidant du tableau, le **pH** à l'équivalence pour chaque acide.

c- Justifier, pour chaque cas, la valeur du **pH** trouvé à l'équivalence.

d- Retrouver la classification faite dans 1) a. Justifier la réponse.

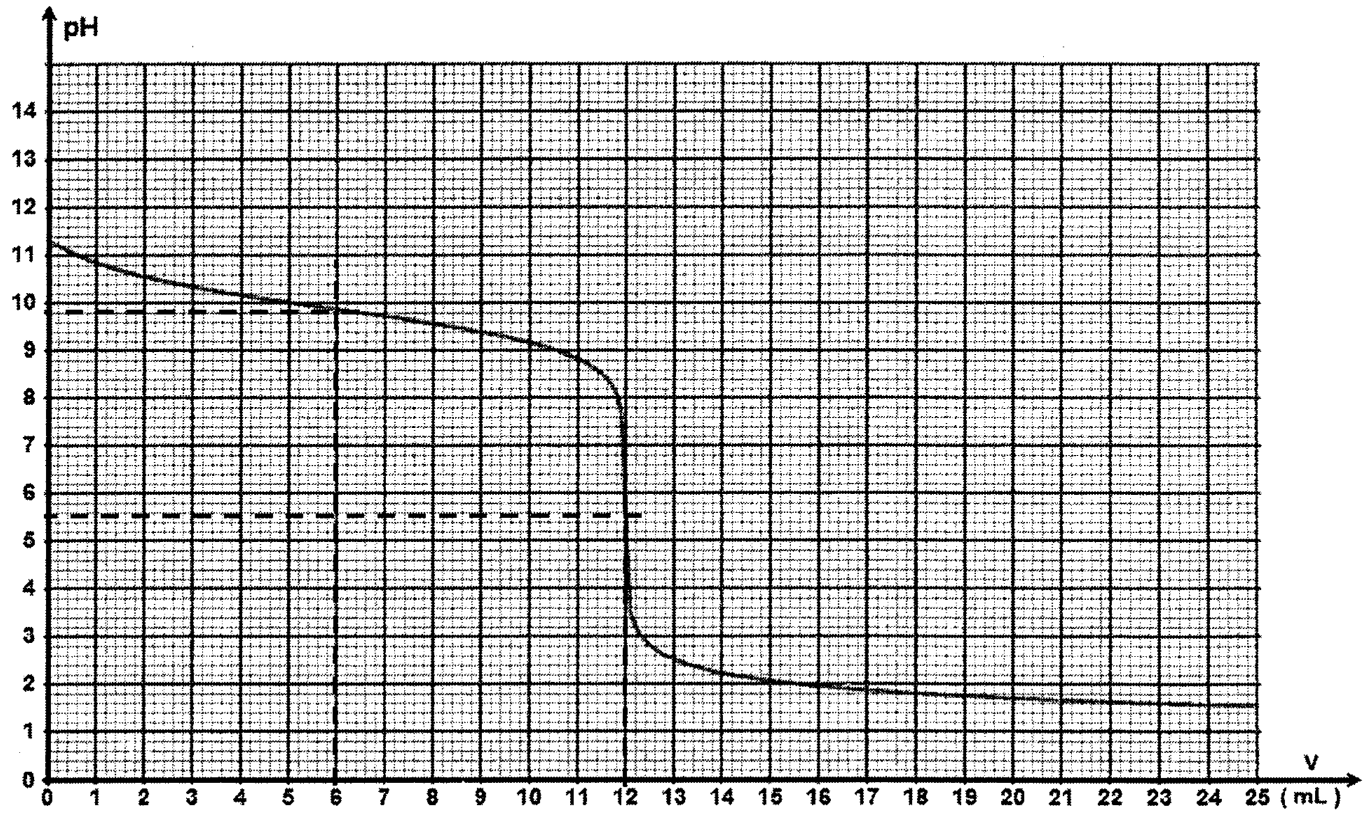
4°) Déduire, à partir du tableau, dans le cas ou c'est possible, la constante d'acidité **Ka** de l'acide. Peut-on apprécier de nouveau la force relative des acides ? Justifier.

5°) Comparer le **pH** des trois solutions après le point d'équivalence et à volume égal de la base versée. Expliquer ce résultat.

Exercice N°5 :

On dose à 25°C une solution S_B de triméthylamine de formule $(CH_3)_3N$ de concentration C_B par une solution S_A d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 10^{-1} mol.L^{-1}$.

A un volume V_B = **20cm³** de S_B on ajoute progressivement la solution S_A et on mesure le **pH** après chaque addition, ce qui permet de tracer la courbe **pH=f (V_A)**.



1°) Déduire de la courbe la force du triméthylamine et écrire l'équation bilan de la réaction responsable de la variation du **pH**.

2°)

a- Déterminer C_B.

b- Soit S_E la solution obtenue à l'équivalence.

b_1- Interpréter le caractère acide de S_E.

b_2- Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans S_E.

b_3-En déduire la valeur du **pK_a** du couple **$((CH_3)_3NH^+ / (CH_3)_3N)$.** Comparer cette valeur à celle fournie par la courbe.

b_4- Montrer qu'on peut séparer S_E en dissolvant une masse m de chlorure de triméthylammonium **$(CH_3)_3NHCl$** que l'on calculera.

3°) Quelles sont les propriétés de la solution obtenue pour V_A=**6cm³**? Justifier.

4°) On dispose de trois indicateurs colorés suivants :

Indicateur coloré	BBT	Rouge de méthyle	Phénol phtaléine
Zone de virage	6 à 7,6	4,2 à 6,2	8 à 10

a- Quel est l'indicateur le plus approprié pour ce dosage ?

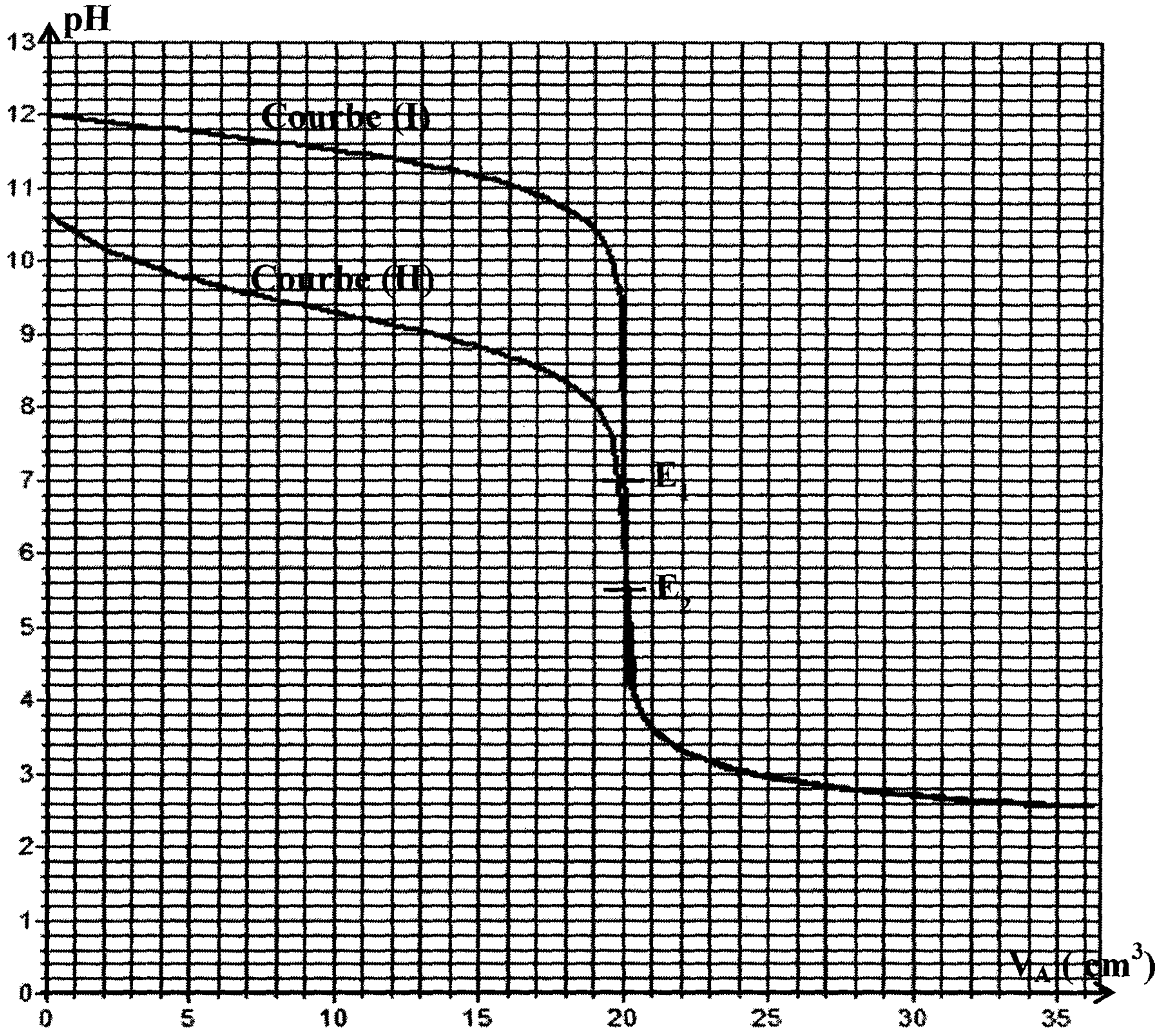
b- A défaut de cet indicateur, peut-on utiliser l'un des deux autres. Justifier.

Exercice N°6:

Au cours d'une séance de **T.P** deux élèves réalisent séparément le dosage de deux solutions aqueuses de bases B_1 et B_2 à l'aide d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration $C_A=10^{-2} mol.L^{-1}$.

Les mesures de pH au cours de l'addition progressive de la solution acide à **20cm³** de chaque solution basique ont permis de tracer les courbes suivantes où :

(I) correspond à B_1 et **(II)** correspond à B_2.



1°) Donner un schéma du montage permettant de réaliser cette expérience.

2°) Montrer que les formes de ces deux courbes permettent de comparer les forces de ces deux bases.

3°)

a- Déterminer les coordonnés du point d'équivalence dans chaque cas.

b- Calculer les concentrations molaires des deux solutions basiques et les comparer.

4°) Pour chacune des deux courbes :

Justifier le caractère acido-basique du milieu réactionnel au point d'équivalence.

5°) Déterminer en le justifiant le $\mathbf{pK_a}$ du couple de la base $\mathbf{B_2}$.

6°) L'élève manipulant $\mathbf{B_1}$ refait son expérience de dosage mais en ajoutant aux $\mathbf{20cm^3}$ de départ de la solution de cette base un volume égal d'eau. Dire, en le justifiant, ce qui se passe :

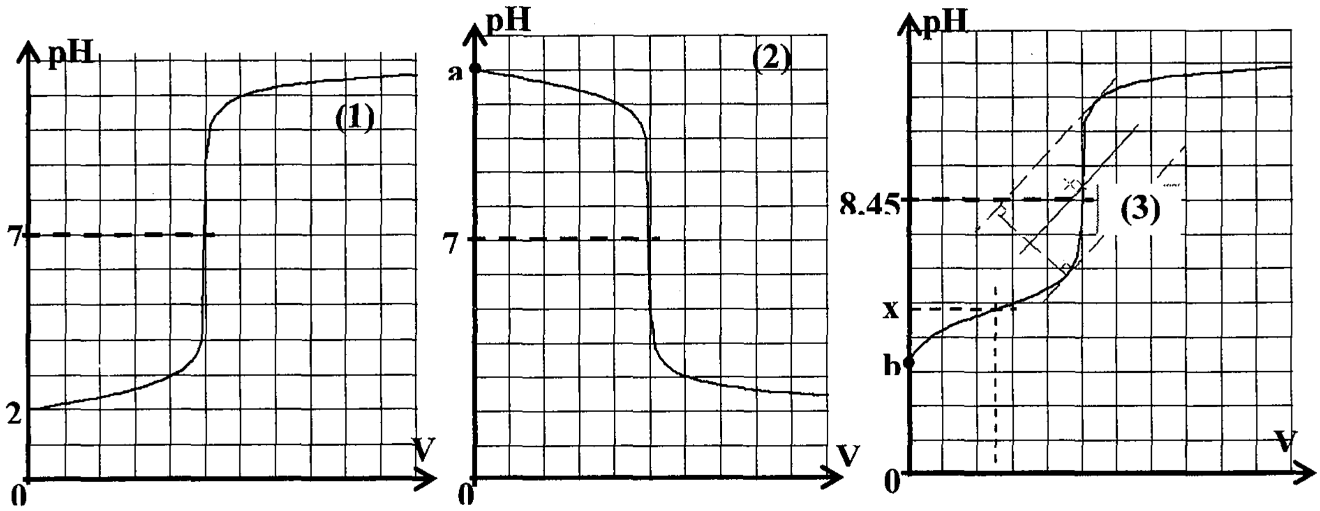
∗Au **pH** initial.

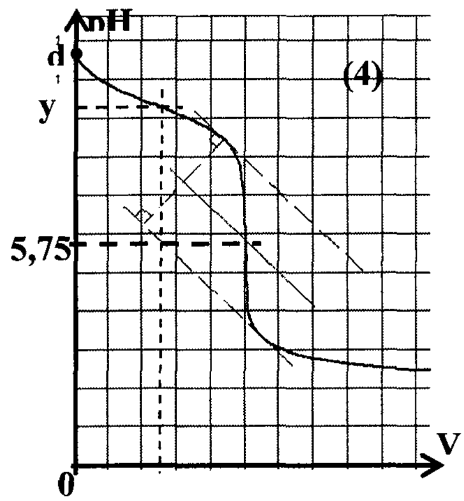
∗Au point d'équivalence.

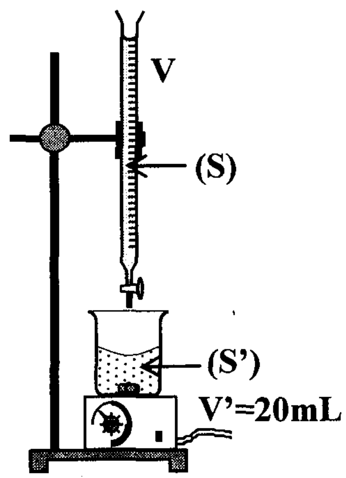
Exercice N°7:

On réalise le dosage de **V'= 20mL** d'une solution **(S')** par une solution **(S)**. **(S)** et **(S')** sont des solutions de **HC*l***, de **RCOOH**, de **NaOH** ou de $\mathbf{NH_3}$ de même concentration **C**.

Pour chaque couple **(S,S')** on obtient l'une des courbes suivantes représentant le **pH** du mélange en fonction du volume **V** de la solution **(S)** ajoutée.







1°) Préciser, pour chaque dosage, les noms des solutions **(S)** et **(S')** utilisées.

2°) Ecrire l'équation de la réaction bilan pour chaque dosage.

3°) Déterminer, à l'équivalence :

a- Le volume V_e de **(S)** qu'il faut ajouter.

b- La nature et le nom de chaque solution obtenue. Donner l'expression du pH pour les dosages **3 et 4.**

c- Calculer **C** et pK_a de chacun des couples de **RCOOH** et de NH_3 (Supposé faiblement ionisé dans l'eau).

4°) Déterminer les valeurs des **pH** : **a, b, d, x, et y.**

5°) Calculer la molarité de chaque entité chimique présente dans la solution de **pH= y**.

6°) On dispose des trois indicateurs suivants : l'hélianthine **(3,2 – 4,4)**, le bleu de Bromothymol **(6,2 – 7,6)** et le phénol phtaléine **(8,2–10).** Lequel convient le mieux pour chaque dosage ?

7°) L'une des solutions **(S')**, diluée au dixième, prend la teinte sensible de l'hélianthine. Laquelle ?

Exercice N°8:

Le tableau suivant donne le pH du mélange obtenue en ajoutant une solution de **HC*l*** sur V_B**= 10mL** de chacune des solutions suivantes : **(S_1)** de **NaOH**, **(S_2)** de NH_3 et **(S_3)** de CH_3NH_2. Les quatre solutions ont la même concentration $C = 10^{-2} mol.L^{-1}$

V_A (mL)	0	5	9.5	10	10.5	15
pH_1	12	11.5	10.4	…….	3.6	2.
pH_2	10.6	……	7.9	5.75	3.6	2.
pH_3	11.3	……	9.6	6.4	3.6	2.

1°) Comparer les forces des trois bases à partir des pH pour V_A=0

2°) Définir le point d'équivalence. Calculer V_{AE} pour chaque dosage et compléter le tableau.

3°) Montrer qu'on peut comparer les forces des trois bases à partir des **pH** des solutions à l'équivalence.

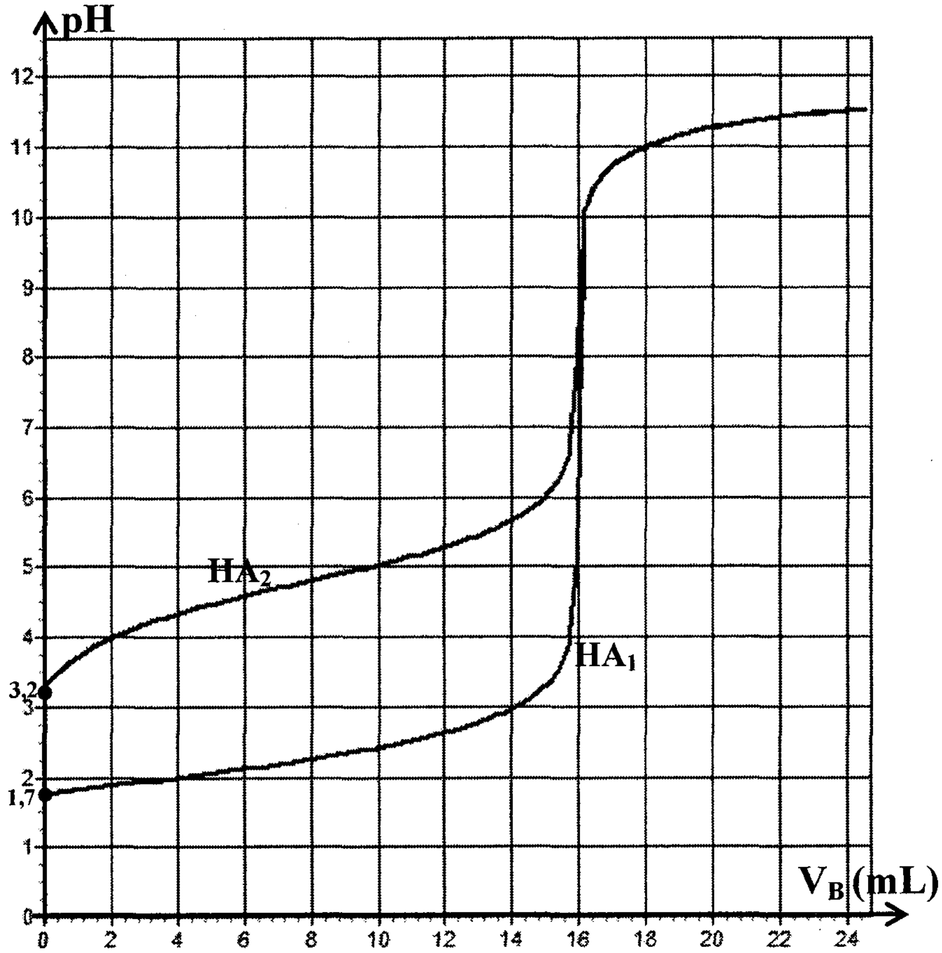
4°) Expliquer pourquoi les **3** solutions ont le même **pH** après l'équivalence pour le même V_A. Calculer le **pH** de chacune pour V_A **=12 mL**.

5°) Pour le dosage de **(S_1)** : Quelles est la masse du résidu solide obtenu si on fait évaporer à sec la solution obtenue à l'équivalence ?

On donne : **Na= 23 g.mol^{-1}** et **C*l*= 35.5g.mol^{-1}**

Exercice 9 :

Les deux courbes suivantes représentent le dosage de V_A= **40mL** de chacune des solutions (S_1) d'un acide HA_1 et (S_2) d'un acide HA_2 par une même solution (S_B) de soude.



1°) Comparer les forces des deux acides ? Calculer les concentrations C_1, C_B et C_2. Déduire le **pKa** de l'acide HA_2.

2°) Pour le dosage de HA_1, quelle est la nature de la solution à l'équivalence ? Expliquer.

3°) Pour le dosage de HA_2 quelle est la nature de la solution à l'équivalence ? Calculer les molarités des différentes espèces chimiques dans cette solution sachant que son **pH** est **8,4**.

4°) Calculer le pH de la solution obtenue pour V_B= **8mL**:

a- Au cours du dosage de HA_1.

b- Au cours du dosage de HA_2.

5°) Expliquer pourquoi les deux courbes sont-elles confondues après l'équivalence ?

6°) Dans une deuxième expérience, on fait diluer la solution (S_2) au dixième ($V'_A = 10V_A$) et on refait le dosage d'un volume V_A = **40mL** de la solution diluée (S_2) avec la même solution de soude. Que deviennent les coordonnées du point d'équivalence.

B- Chimie

Thème 4 : Les Piles

Exercice N°1 :

On considère la pile électrochimique constituée par :

-Une demi-pile à droite formée par une lame de cobalt **Co** plongée dans une solution de sulfate de cobalt **(Co^{2+} +SO_4^{2-})**

-Une demi-pile à gauche formée par une lame de Nickel **Ni** plongée dans une solution de sulfate de Nickel **(Ni^{2+} + SO_4^{2-})**

-Un pont salin.

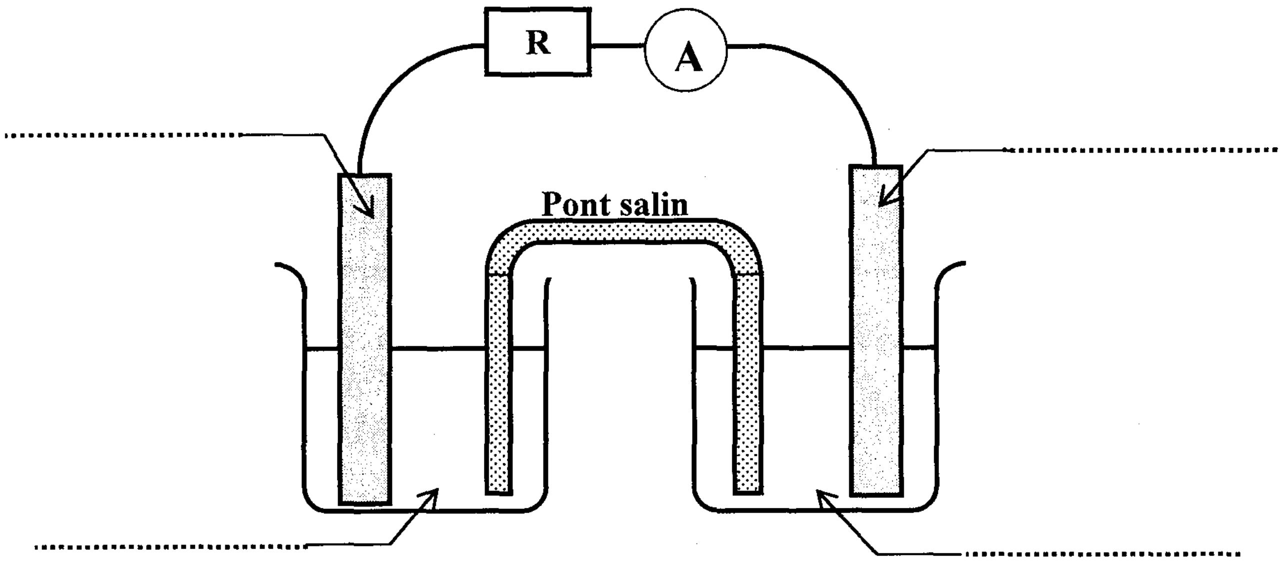
1°) Donner le symbole de la pile.

2°) Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.

3°) Préciser le rôle du pont salin et dire si on peut le remplacer par un fil conducteur.

4°) La mesure de la f.e.m de cette pile a donné la valeur **E= - 0,05 V**. Ecrire l'équation de la réaction spontanée.

5°) On relie les bornes de la pile à un résistor et un milliampèremètre. Compléter la **figure** et préciser le sens du courant et de la circulation des électrons dans le circuit extérieur à la pile.



Exercice N°2 :

On considère la pile schématisée sur la figure ci-dessus et mettant en jeu les couples **Cd^{2+}/Cd** et **Fe^{2+}/Fe**

1°)

a- Ecrire le symbole de la pile.

b- Quel est le rôle du pont salin ?

2°) Un voltmètre branché aux bornes de cette pile indique une tension **E_1= 0,01 V.**

a- Indiquer la polarité des électrodes.

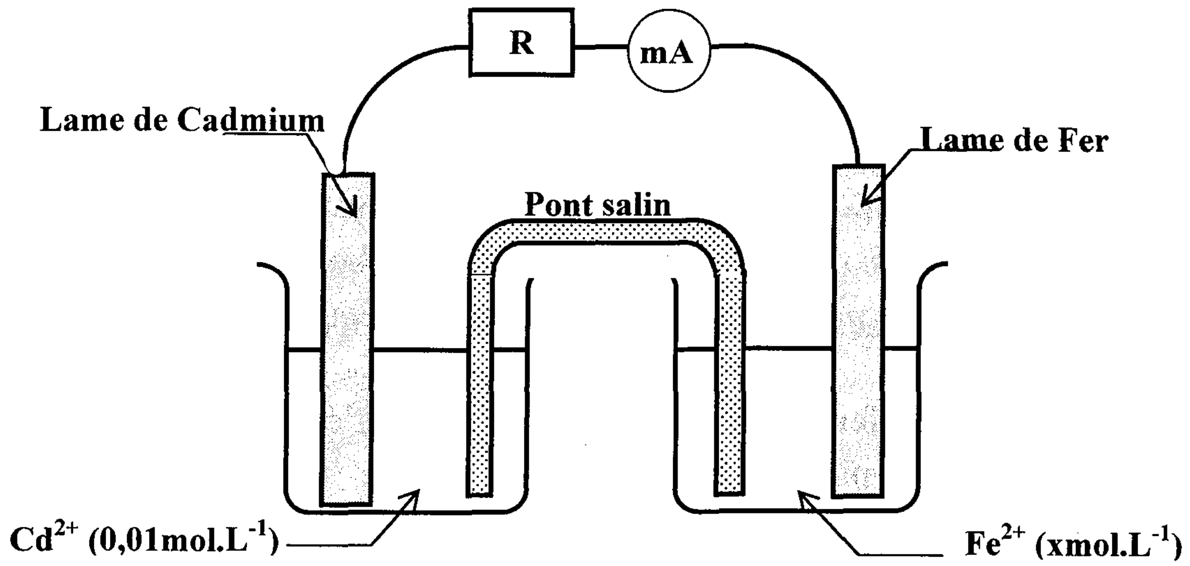
b- Ecrire l'équation de la réaction spontanée lorsque la pile débite un co...

c- Calculer la concentration x de $\mathbf{Fe^{2+}}$ si la f.e.m. normale de la pile est $\mathbf{E_0= - 0,04\ V}$.

3°) Si $\mathbf{[Fe^{2+}]=0,1 mol.L^{-1}}$.

a- Calculer la f.e.m de la pile et indiquer le sens du courant.

b- Déterminer la constante d'équilibre relative à la réaction spontanée et les concentrations des ions Cd^{2+} et Fe^{2+} lorsque la pile cesse de débiter.



N.B : Les deux compartiments ont des volumes égaux et constants.

Exercice N°3 :

1°) On réalise la pile $\mathbf{P_1 : H_2(1\ atm)|H_3O^+(1\ mol.L^{-1})||Pb^{2+}(1 mol.L^{-1})|Pb}$.

La **fem** normale de cette pile est égale à **– 0,13 V.**

a- Faire un schéma avec toutes les précisions nécessaires de la pile P_1.

b- Préciser le sens du courant dans le circuit extérieur et écrire l'équation de la réaction spontanée.

c- Quel est le rôle du pont salin ?

d- Déterminer le potentiel normal $\mathbf{E^0_{(Pb2+/Pb)}}$.

2°) On réalise la pile P_2 en associant les deux couples **Ox /red** suivant :

Pb^{2+} /Pb à droite et Co^{2+}/Co à gauche. On donne $\mathbf{E^0_{(Co2+/Co)} = - 0,28\ V}$.

a- Donner le symbole de la pile $\mathbf{P_2}$ et écrire l'équation de la réaction associée à cette pile.

b- Déterminer la f.e.m. normale de la pile $\mathbf{P_2}$ et la constante d'équilibre de la réaction associée à cette pile.

c- Les concentrations initiales des solutions sont $\mathbf{[Pb^{2+}]= 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}}$ et $\mathbf{[Co^{2+}]= C}$. Calculer **C** si la f.e.m. **E= 0,11 V.**

d- Déterminer les concentrations de Pb^{2+} et Co^{2+} lorsque la pile cesse de débiter un courant. On suppose que les solutions dans les compartiments de gauche et de droite ont le même volume **V=100mL**.

3°) Partant des conditions initiales de la question **d-** , on ajoute une solution de soude (**NaOH**) dans le compartiment de droite.

La pile redébite-t-elle du courant ? Si oui, dans quel sens ? Justifier.

Exercice N°4 :

I- On considère la pile $\left(Co|Co^{2+}(C_1)\|Ni^{2+}(C_2)|Ni\right)$.

On donne $E_1^0 = E^0(Co^{2+}/Co) = -0{,}28V$ et $E_2^0 = E^0(Ni^{2+}/Ni) = -0{,}25V$.

1°) Comparer les pouvoirs réducteurs du cobalt et du nickel.

2°) Faire un schéma de la pile et calculer la constante d'équilibre **K** de l'équation associée.

3°) Si $C_1=C_2$, calculer la **fem** initiale de la pile et écrire l'équation de la réaction spontanée lorsque la pile débite un courant.

4°) Si $C_2= 10^{-2}mol.L^{-1}$, pour quelles valeurs de C_1, l'électrode de cobalt est-elle le pôle positif de la pile ?

5°) On prend $C_1= 0{,}5mol.L^{-1}$ et $C_2= 10^{-2}mol.L^{-1}$. Les deux solutions ont le même volume **V= 50mL**.

a- Calculer la **fem** initiale **E** de la pile.

b- On relie les deux électrodes par un conducteur. Préciser la réaction spontanée qui va se passer et calculer sa constante d'équilibre **K'**.

c- Calculer les concentrations C'_1 et C'_2 des solutions lorsque la **fem** devient

$$E' = \frac{E}{3}$$

d- Calculer les concentrations C''_1 et C''_2 des solutions lorsque l'équilibre dynamique est atteint.

e- Calculer, à l'équilibre dynamique, la variation de la masse de chaque électrode.

On donne les masses molaires(en $g.mol^{-1}$) : **M(Co)= 58,9 et M(Ni) = 58,7**.

f- La pile étant à l'équilibre, on augmente la concentration de Ni^{2+} jusqu'à $0{,}3\ mol.L^{-1}$. Décrire les modifications observées dans la pile.

II-Considérons maintenant la pile $\left(Fe|Fe^{2+}(C_1)\|Cd^{2+}(C_2)|Cd\right)$ de **fem** initiale **E= 0,07V**. la solution de Fe^{2+} est de volume V_1 et la solution de Cd^{2+} est de volume $V_2= 2V_1$.

En laissant la pile débiter, on constate que l'intensité du courant décroit jusqu'à s'annuler lorsque les concentrations deviennent $C'_1 = 43.10^{-3}$**mol.L^{-1}** et **$C'_2 = 2.10^{-3}$mol.L-1.**

1°) Calculer la **fem** normale E^0 de la pile. Qui est le plus réducteur, le fer ou le cadmium ?

2°) Calculer les concentrations initiales C_1 et C_2 des deux solutions.

3°) Représenter la courbe **E= f (logπ)** montrant la variation de la **fem E** de la pile lorsque celle-ci fonctionne (π est la fonction des concentrations de l'équation associée).

Exercice N°5 :

Une pile est constituée de deux couples redox suivants Cu^{2+}/Cu et M^{2+}/M (**M : métal inconnu**) pris dans les conditions normales et à la même concentration. L'électrode du cuivre est placée à droite.

1°)

a- Sachant qu'une lame de ce métal **M** est attaquée par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique alors qu'une lame de cuivre ne l'est pas, montrer que le pôle positif de la pile est l'électrode du cuivre.

b- Faire un schéma de la pile en précisant le sens du courant électrique et celui des électrons dans le circuit extérieur.

c- Ecrire, en le justifiant, les équations des réactions aux électrodes lorsque la pile débite du courant. Déduire l'équation de la réaction spontanée qui se produit.

2°)

a- Définir la **fem** normale de la pile.

b- Sachant que cette **fem** normale est égale à **0,78V** et que le potentiel normal d'électrode du couple Cu^{2+}/Cu **est** $E^0_{(Cu2+/Cu)} = 0,34V$, calculer le potentiel normal d'électrode du couple M^{2+}/M.

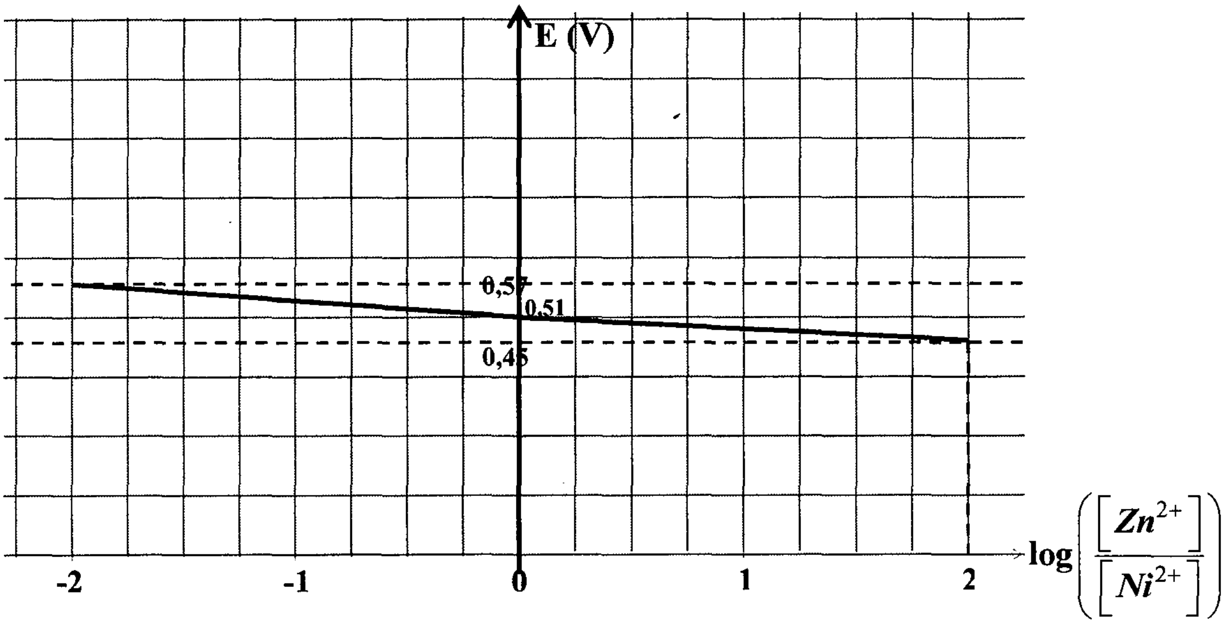
c- Identifier le métal **M** en utilisant le tableau suivant :

Couple rédox	Co^{2+}/Co	Fe^{2+}/Fe	Ni^{2+}/Ni	Zn^{2+}/Zn
E° couple(V)	-0,29	-0,44	- 0 ,25	- 0,76

d- Proposer une autre méthode, en l'expliquant, permettant de déterminer le potentiel normal d'électrode du couple M^{2+}/M.

Exercice N°6 :

On fait varier les concentrations en ions **Ni^{2+}** et **Zn^{2+}** de la pile **Zn / Zn^{2+} // Ni^{2+} /Ni** ; à l'aide d'un voltmètre on mesure la **fem E** de cette pile. Les résultats ont donné la courbe suivante :



1 °)

a- Montrer que E s'écrit sous la forme $\mathbf{E = A + B.}\ \log\left(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]}\right)$

b- Que présente A ?

2°)

a- Déterminer la force électromotrice normale E° de la pile.

b- Sachant que **$E°(Zn^{2+}/Zn) = -0,76V$**, déterminer **$E°(Ni^{2+}/Ni)$.**

c)Comparer le pouvoir réducteur des deux métaux.

3°) Dans le cas où $\log\left(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]}\right) = 2$, indiquer en le justifiant

a- Le sens d'évolution spontané de la réaction.

b- Le sens du courant à l'intérieur de la pile.

4°) Déterminer la valeur du $\log\left(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]}\right)$ pour que la **fem** de la pile soit nulle.

Y a-t-il variation des concentrations à partir de ce moment ? Expliquer.

Exercice N°7 :

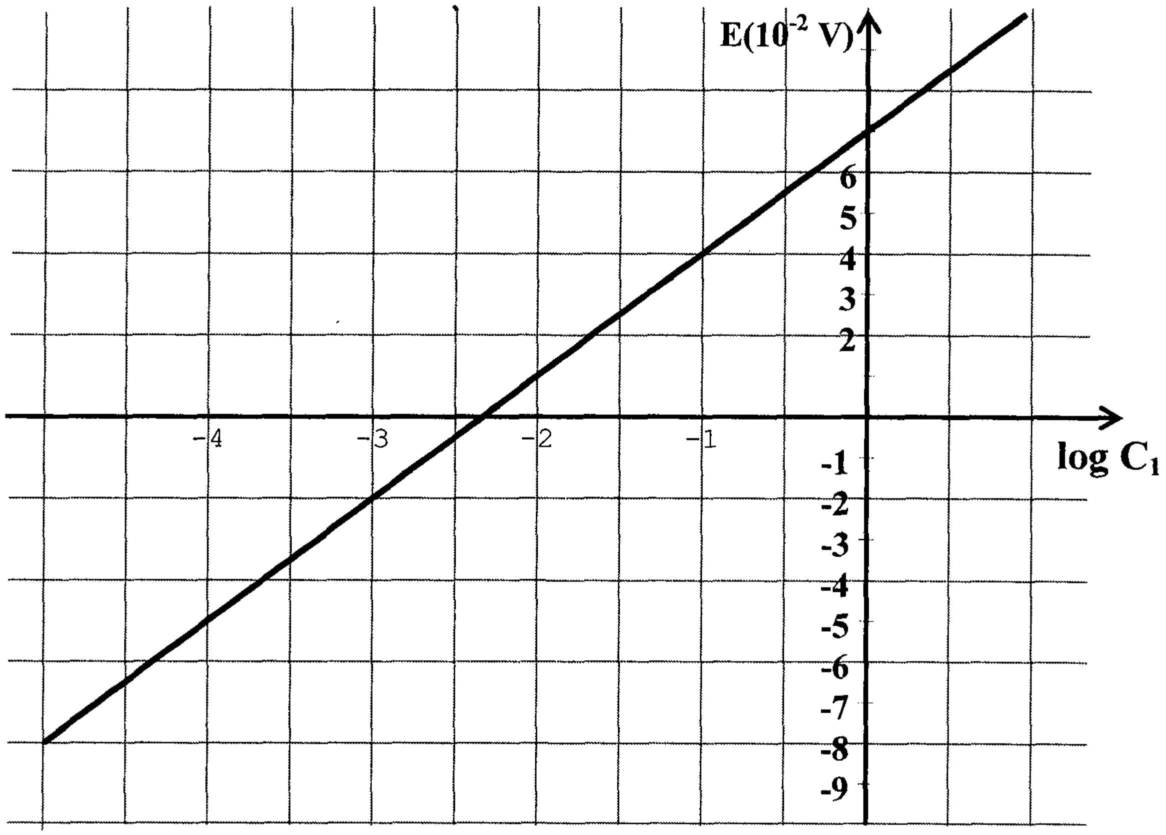
On considère la pile électrochimique de symbole : $\mathbf{Fe|Fe^{2+}(C_1)||Cd^{2+}(C_2)|Cd}$.

1°) Faire le schéma de la pile et écrire l'équation associée à cette pile.

2°) Donner l'expression de la **fem** de la pile en fonction de sa **fem** normale **E°**, C_1 **et** C_2.

3°) En maintenant $C_2 = 0{,}1 mol.L^{-1}$, on fait varier C_1 et on mesure à chaque fois la **fem E** de la pile.

La courbe suivante représente la variation de **E** en fonction de **log** C_1.



a- Etablir l'équation de cette courbe.

b- Déterminer la f.e.m normale **E°** de la pile.

c- Sachant que $E°(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}44V$, déterminer $E°(Cd^{2+}/Cd)$.

Qui est le plus réducteur, le fer ou le cadmium ?

d- Calculer la valeur de C_1 pour laquelle la pile ne débite pas de courant électrique.

En déduire la constante d'équilibre relative à l'équation associée.

4°) On prend $C_1 = 10^{-3} mol.L^{-1}$ et $C_2 = 1 mol.L^{-1}$.

Le volume de la solution dans chaque compartiment est **V= 100mL**.

a- Déterminer la f.e.m initiale de la pile.

b- Calculer les valeurs des concentrations C'_1 et C'_2 lorsque l'équilibre est atteint.

c- Calculer alors la variation de la masse de la lame de fer.

On donne **Fe= 56 g.mol^{-1}**.

d- Laquelle des concentrations C'_1 ou C'_2 doit-on diminuer par dilution pour inverser la polarité de la pile.

Exercice N°8 : Pile alcaline

Dans les piles boutons à oxyde de manganèse $\mathbf{MnO_2}$ qu'on désigne par $\mathbf{P_1}$ et oxyde de mercure **HgO** qu'on désigne par $\mathbf{P_2}$. Les couples redox mis en jeu sont $\mathbf{Zn(OH)_4^{2+} / Zn}$ et $\mathbf{MnO_2 / MnO_2H}$ dans $\mathbf{P_1}$ et $\mathbf{Zn(OH)_4^{2+} / Zn}$ et **HgO / Hg** dans $\mathbf{P_2}$.

1°) Sachant qu'au cours du fonctionnement des piles le Zinc en poudre s'oxyde. Préciser les constituants du compartiment anodique et ceux du compartiment cathodique de la pile $\mathbf{P_1}$.

2°) Lequel des deux électrolytes, $\mathbf{NH_4C\mathit{l}}$ ou **KOH,** est utilisé dans une pile bouton alcaline pour assurer la jonction entre le compartiment anodique et le compartiment cathodique ?

3°) Donner une représentation symbolique de la pile $\mathbf{P_2}$.

4°) Ecrire les équations des réactions redox qui se produisent dans chacune des piles au cours de leur fonctionnement.

B- Chimie

Correction

Thème -3-

Chapitre2 : pH des solutions aqueuses

Exercice N°1 :

$CH_3COOH \rightarrow pKa_1 = 4,74$

$HClO \rightarrow pKa_2 = 7,5$

$pH_1 = 2,87$

$pH_2 = 4,28$

1°) $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$ (1)

		$AH + H_2O$	$\rightleftarrows$	$H_3O^+ +$	A^- (2)
Etat du système	Avancement volumique				
À l'état initial (t=0)	0	C		$10^{-\frac{pKe}{2}}$	0
À l'état final	y_f	$C - y_f$		10^{-pH}	y_f

$* [H_3O^+] = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2$

$= [OH^-] + [A^-]$

Le milieu est acide $[OH^-] <<< [H_3O^+]$

$[OH^-]$ est négligeable devant la concentration de $[H_3O^+]$

$[H_3O^+] = [A^-] = y_f.$

$* [AH] = C - y_f = C - [A^-]$

L'acide faiblement ionisé donc $[A^-]$ est négligeable devant $[AH]$ donc $[AH] = C$

Ou bien : $\tau_f = \frac{y_f}{y_{max}} = \frac{[H_3O^+]}{C} \Rightarrow [H_3O^+] = \tau_f.C$

$[AH] = C - y_f = C - [H_3O^+] = C - C.\tau_f = C(1 - \tau_f)$

L'acide est faiblement ionisé $\Rightarrow \tau_f < 0,05 \Rightarrow$ on néglige τ_f devant 1

$\ldots - \tau_f) = C$

Loi d'action de masse :

$$K_a = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[AH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C} = C\tau_f^2$$

$$C = \frac{[H_3O^+]^2}{Ka} = \frac{10^{-2pH}}{10^{-pKa}} = 10^{-2pH+pKa} = C.$$

Remarque: $\log(C) = -2pH + pKa$

$$pH = \frac{1}{2}(pKa - \log(c))$$

$$C = 10^{-2\times2,87+4,74} = 10^{-1}mol.l^{-1}$$

2°) $$\tau_{f1} = \frac{y_f}{y\,max} = \frac{10^{-pH_1}}{C} = \frac{10^{-2,87}}{10^{-1}} = 10^{-1,87}$$

$$= 0,013 < 0,05$$

$$\tau_{f1} = \frac{10^{-4,25}}{10^{-1}} = 10^{-3,25} = 0,00056.$$

3°)

• $pKa_1 < pKa_2 \Rightarrow CH_3COOH$ est un acide plus fort que *lO* .

• $\tau_{f_1} > \tau_{f_2} \Rightarrow CH_3COOH$ est plus ionisé que *HClO* or les deux acides ont la même concentration donc CH_3COOH **est plus fort.**

• Pour la même concentration plus $[H_3O^+]$ est grande plus pH est faible plus l'acide est plus fort.

$pH_1 < pH_2 \Rightarrow CH_3COOH$ est un acide plus fort.

4°)

a- D'après la loi d'action de masse Ka ne dépend que de la température.

b- $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log C).$

Dilution $\Rightarrow C$□ $\rightarrow -\log C$□ $\Rightarrow pH$□

c- $Ka = \tau_f^2 C \Rightarrow \tau_f^2 = \frac{Ka}{C}$

Dilution $\Rightarrow C$□ , $Ka = cst \Rightarrow \tau_f$□

Exercice N°2 :

1°) $A_1H + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + A^-$

$A_2H + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + A^-$

2°) A_1H est un acide fort $\Rightarrow [H_3O^+] = C$

$\rightarrow pH = -\log(C)$

dilution 10 fois $\Rightarrow C' = \frac{C}{10}$ d'où $pH' = -\log\left(\frac{C}{10}\right)$

$\Rightarrow pH' = -\log C + \log 10 = -\log C + 1 = pH + 1.$

Remarque:

$$S\begin{pmatrix} C \\ V \\ n = CV \\ pH \end{pmatrix} + Veau \longrightarrow S'\begin{pmatrix} C' \\ V' = V + Veau \\ n = C'V' \\ pH' \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow C'V' = CV \Rightarrow C' = \frac{CV}{V'}$$

$$pH' = -\log C' = -\log\left(\frac{CV}{V'}\right) = -\log C - \log\left(\frac{V}{V'}\right)$$

$$\Rightarrow pH' = pH - \log\left(\frac{V}{V'}\right).$$

3°)

- Pour la solution S_A : $pH' = pH + 1. \Rightarrow S_A$ solution d'acide fort.

- Pour S_B $pH' \neq pH + 1$ C'est un acide faible.

$[H_3O^+] = 10^{-pH_1} = 10^{-2}\ mol.l^{-1}$.

- A_2H est un acide faible donc $[H_3O^+] < C_2 \Rightarrow 10^{-2} < C_2$.

$\Rightarrow C_1 < C_2$

- Pour un acide fort $\tau_f = 1$ ne dépend pas de la dilution.

- Pour l'acide A_2H : $\tau_f = \dfrac{10^{-pH_2}}{C_2}$

Après dilution 10 fois $pH_2' = 2{,}6$ et $C_2' = \dfrac{C_2}{10}$

$$\tau'_f = \frac{10^{-pH'_2}}{C'_2} = \frac{10^{-2,6}}{C_2}.10 = \frac{10^{-1,6}}{C_2}.$$

$$\frac{\tau'_f}{\tau_f} = \frac{10^{-1,6}}{10^{-2}} = 10^{0,4} = 2,5 \Rightarrow \tau'_f = 2,5\tau_f$$

Remarque : Pour un acide faiblement ionisé : $Ka = C\tau_f^2$

Après dilution $Ka = C'_2\,\tau_f'^2 \Rightarrow C'_2\tau_f'^2 = \dfrac{C_2}{10}\tau_f'^2 = C_2\tau_f^2$

$\Rightarrow \tau_f'^2 = 10\,\tau_f^2 \Rightarrow \tau'_f = \sqrt{10}.\tau_f$

Exercice N°3 :

$C_1 = 10^{-3}\ mol.l^{-1}$, $C_2 = 6{,}4.10^{-2}\ mol.l^{-1}$. $pH = 11$

1°) $[OH^-] = \dfrac{Ke}{[H_3O^+]} = \dfrac{10^{-pKe}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pKe}$

$\Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}\ mol.l^{-1}$.

2°) Pour le même **pH** plus **C** est faible plus la base est forte.

B_1 est plus forte que B_2

3°) $C_1 = [OH^-]$ d'où B_1 est base forte.

$[OH^-] < C_2$ d'où B_2 est faible.

4°) $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$.

		$B_1 +$	H_2O	$\longrightarrow OH^-$	$+ BH^+$
Etat du système	Avancement volumique				
À l'état initial (t=0)	0	C_1	-	$10^{-\frac{pKe}{2}}$	0
À l'état final	y_f	$C_1 - y_f$	-	$[OH^-] = 10^{pH-pKe}$	y_f

$[OH^-]_t = [OH^-]_{eau} + [OH^-]_{base} = [H_3O^+] + [BH^+]$

Le milieu est basique on néglige $[H_3O^+]$ devant $[OH^-]$

$\Rightarrow [OH^-] = [BH^+] = y_f$

- B_1 base forte $C_1 - y_f = 0 \Rightarrow C = y_f = [OH^-] = C$

$[OH^-] = 10^{pH-pKe} = C$

$\log C = pH - pKe \Rightarrow pH = pKe + \log C$.

- Dilution 100 fois $\Rightarrow pH' = pKe + \log C - \log(100)$

$\Rightarrow pH' = pKe + \log C - 2 = pH - 2$.

3°) $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$.

		$B_1 +$	$H_2O \rightleftarrows$	OH^-	$+BH^+$
Etat du système	Avancement volumique				
À l'état initial (t=0)	0	C_1		$10^{-\frac{pKe}{2}}$	0
À l'état final	y_f	$C_1 - y_f$		$[OH^-]$	y_f

$*[OH^-]_t = [OH^-]_{eau} + [OH^-]_{base}$.

$= [H_3O^+] + [BH^+]$

Milieu basique $[H_3O^+]$ négligeable.

$[OH^-] = [BH^+] = y_f$.

$*[B_1] = C - y_f = C - [OH^-]$

...ment ionisé : $[B_1] = C$.

Loi d'action de masse :

$$K_b = \frac{[OH^-][BH^-]}{[B_1]} = \frac{[OH^-]^2}{C}$$

$$-pK_b = 2\log[OH^-] - \log(C)$$
$$= 2(pH - pKe) - (\log C)$$

$$pH = \frac{-pKb + \log C + 2\,pKe}{2}$$

$$pH = \frac{1}{2}(pKe + pKa + \log C)$$ après dilution 100 fois

$$pH' = \frac{1}{2}(pKe + pKa + \log C - 2) = pH - 1$$

$$pKa = 2pH' - pKe - \log C + 2$$
$$= 2 \times 10 - 14 - 0{,}4.10^{-2} + 2 = 9{,}2.$$

Exercice N°4:

1°)

AH acide faible(pH ; C; pKa).

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \ (1)$$

		$AH + H_2O \rightleftharpoons$		$H_3O^+ + A^-$ (2)	
Etat du système	Avancement volumique				
À l'état initial (t=0)	0	C		$10^{-\frac{pKe}{2}}$	0
À l'état final	y_f	$C - y_f$		10^{-pH}	y_f

- $[H_3O^+] = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2$

$$[H_3O^+] = [OH^-] + [A^-]$$

$\Rightarrow$ le milieu est acide, on néglige $[OH^-]$ devant $[H_3O^+]$

$$[H_3O^+] = [A^-] = y_f$$

- $[AH] = C - y_f = C - [H_3O^+]$

- Loi d'action de masse :

$$Ka = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[AH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C - [H_3O^+]} = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-pH}}$$

- $\tau_f = \frac{y_f}{C} = \frac{[H_3O^+]}{C} \Leftrightarrow [H_3O^+] = C.\tau_f$

$$\Rightarrow Ka = \frac{C^2.\tau_f^2}{C(1-\tau_f)} = \frac{C\,.\tau_f^2}{(1-\tau_f)}$$

L'acide est faiblement ionisé $\Rightarrow \tau_f$ est très négligeable devant 1 ($\tau_f < 0{,}05$)

$$[AH] = C$$

$$Ka = C\,.\tau_f^2 = \frac{[H_3O^+]^2}{C} \Rightarrow [H_3O^+]^2 = Ka.C$$

$$\Rightarrow 10^{-2pH} = Ka.C \Rightarrow 2pH = pKa - \log C$$

$$\Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pKa - \log C)$$

a-

$$S_1\begin{cases}C_1=0{,}1mol.L^{-1}\ ;\ pH_1=2{,}9\\ V_1=1L\ ;\end{cases}$$

$$S_2\begin{cases}V_2=10V_1\\ C_2=\dfrac{C_1}{10}=0{,}01mol.L^{-1};\ pH_2=3{,}4\end{cases}$$

$$S_3\begin{cases}C_1=0{,}1mol.L^{-1};C_3=\dfrac{C_1}{100}=0{,}001mol.L^{-1};pH_3=3{,}9\\ V_1=10\ ;\ V_3=100V_1=1L\end{cases}$$

La dilution 10fois : $pH_2=pH_1+0{,}5$

La dilution 100fois : $pH_3=pH_1+1$

Remarque :

$$pH=\frac{1}{2}(pka-\log C)$$

Après dilution n fois $pH'=\frac{1}{2}(pka-\log C')$

$$pH'=\frac{1}{2}(pka-\log\frac{C}{n})$$

$$=\frac{1}{2}(pka-\log C+\log n)$$

$$=\frac{1}{2}(pka-\log C)+\frac{1}{2}\log n$$

$$pH'=pH+\frac{1}{2}\log n$$

$$b\text{-}\ S_2:\begin{cases}pH_2=3{,}4\\ C_2=0{,}01mol.L^{-1}\end{cases}$$

Les espèces présentes H_3O^+, OH^-, AH, A^- et H_2O

$$[H_3O^+]=10^{-pH_2}=10^{-3{,}4}=4.10^{-4}mol.L^{-1}$$

$$[OH^-]=10^{-10{,}6}=2{,}5.10^{-11}mol.L^{-1}$$

$$[AH]=C-[H_3O^+]=10^{-2}-4.10^{-4}=9{,}6.10^{-3}mol.L^{-1}$$

$$[A^-]=[H_3O^+]=4.10^{-4}mol.L^{-1}$$

$$[H_2O]=55{,}55mol.L^{-1}$$

c- $\tau_f=\dfrac{[H_3O^+]}{C}=\dfrac{10^{-pH}}{C}$

$$(S_1):\tau_{f_1}=\frac{10^{-pH_1}}{C_1}=\frac{10^{-2{,}9}}{0{,}1}=1{,}25.10^{-2}$$

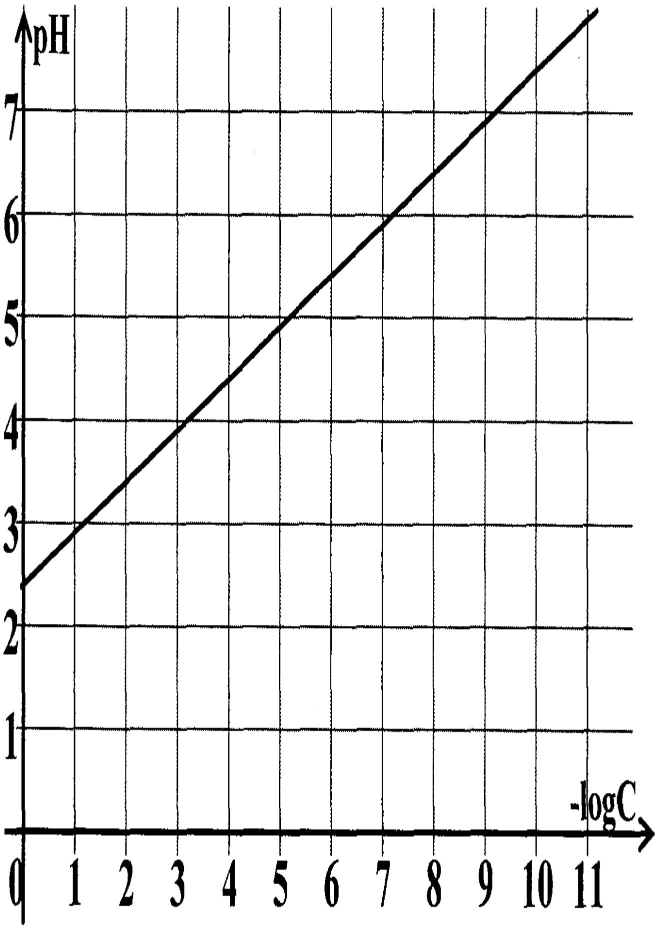
$$(S_2):\tau_{f_2}=\frac{10^{-pH_2}}{C_2}=\frac{10^{-3{,}4}}{0{,}01}=4.10^{-2}$$

$$(S_1):\tau_{f_3}=\frac{10^{-pH_3}}{C_3}=\frac{10^{-3{,}9}}{0{,}001}1{,}25.10^{-1}$$

On remarque que τ_f augmente

La dilution favorise l'ionisation de l'acide faible.

$C\ mol.L^{-1}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
$-\log C$	1	2	3
pH	2,9	3,4	3,9



D'après la courbe : $pH=a(-\log C)+b$

or $pH=\frac{1}{2}(pka-\log C)=\frac{1}{2}pka+\frac{1}{2}(-\log C)$

$\Rightarrow \frac{1}{2}pka=2,4 \Rightarrow pka=4,8$

D'où AH est CH_3CO_2H acide éthanoïque

1°)

a- Pour un acide fort **$pH=-\log C$**, c'est l'équation d'un segment de droite qui passe par l'origine donc la courbe **(2)** correspond **$pH=f(-\log C)$** d'un acide fort

b- $HNO_3+H_2O \longrightarrow H_3O^++NO_3^-$

2°)

a- $pH=f(-\log C)$ est un segment de droite qui ne passe pas par l'origine d'équation : **$pH=a(-\log C)+b$**

$$\begin{cases} a=pente=\frac{4,4-3,4}{4-2}=\frac{1}{2} \\ b=2.4 \end{cases}$$

b- $pH=\frac{1}{2}(pka-\log C)=\frac{1}{2}(-\log C)+\frac{1}{2}pka$

Par identification :

$\frac{1}{2}pka=b \Rightarrow pka=2.b=4,8$

Exercice N°6:

1°)

a- $-\log C_0=1 \Rightarrow C_0=10^{-1}mol.L^{-1}$

b- $pH=2,9 \Rightarrow \left[H_3O^+\right]=10^{-pH}=10^{-2,9}mol.L^{-1}$

$\left[H_3O^+\right]<C \Rightarrow$ **acide faible**

c- $pH=a(-\log C)+b$

$\frac{\ldots - 2{,}9}{2-1} = 0{,}5$; $b = 2{,}4$

$\Rightarrow pH = 2{,}4 - \frac{1}{2}\log C$

2°)

a-

		$AH + H_2O \rightleftarrows$		$H_3O^+ + A^-$ (1)	
Etat du système	Avancement volumique				
À l'état initial (t=0)	0	C		$10^{-\frac{pKe}{2}}$	0
l'éta final	y_f	$C - y_f$		10^{-pH}	y_f

b- $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$ (2)

• $[H_3O^+] = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2 = y_f + [OH^-]$

•Milieu acide $\Rightarrow [H_3O^+] \gg [OH^-]$

$\Rightarrow [H_3O^+] = y_f = C.\tau$

$\bullet Ka = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[AH]} = \frac{C^2.\tau^2}{C(1-\tau)}$

On néglige τ devant $1 \Rightarrow Ka = \frac{C^2.\tau^2}{C} = C.\tau^2$

$\Rightarrow Ka = C\frac{10^{-2pH}}{C^2} = \frac{10^{-2pH}}{C} \Rightarrow 10^{-2pH} = C.Ka$

$\Rightarrow 2pH = (pka - \log C) \Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pka - \log C)$

3°)

a- $\begin{cases} pH = \frac{1}{2}(pka - \log C) \\ pH = \frac{1}{2}(4{,}8 - \log C) \end{cases} \Rightarrow pka = 4{,}8$

b- L'acide est CH_3COOH

4°) $-\log C_1 = 2 \Rightarrow C_1 = 10^{-2} mol.L^{-1} \Rightarrow$ dilution 10 fois

$V_1 = 100mL \Rightarrow V_1 = 10.V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{100}{10} = 10mL$

•À l'aide d'une pipette graduée de 10mL on prélève 10mL de la solution S_0. On l'introduit dans une fiole jaugée de 100mL et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Exercice N°7:

1°)

a- CH_3-NH_2 :base car pH>7

$[OH^-] = 10^{-pke+pH} = 10^{-2} mol.L^{-1}$

$[OH^-] < C \Rightarrow$ base faible

b- $CH_3 - NH_2 + H_2O \rightleftarrows CH_3 - NH_3^+ + OH^-$

Les couples :

$\ldots_3/CH_3-NH_2$ et H_2O/OH^-

c-

		$CH_3-NH_2+H_2O \rightleftarrows CH_3-NH_3^++OH^-$			
Etat du système	Avancement volumique	en $mol.L^{-1}$			
À l'état initial (t=0)	0	C		0	$10^{-\frac{pKe}{2}}$
l'état final	y_f	$C-y_f$		y_f	10^{pH-pke}

$$* \; Ka=\frac{[CH_3-NH_2].[H_3O^+]}{[CH_3-NH_3^+]}=\frac{C(1-\tau).10^{-pH}}{C.\tau}$$

• $\tau \ll 1 \Rightarrow 1-\tau \approx 1$ (base faiblement ionisée)

• $[OH^-]=y_f+[OH^-]_{eau}=y_f+[H_3O^+]$

milieu basique $\Rightarrow [H_3O^+] \ll [OH^-]$

$\Rightarrow [OH^-]=y_f=C.\tau$

$$\Rightarrow Ka=\frac{C.10^{-pH}}{[OH^-]}=\frac{C.10^{-pH}}{\frac{Ke}{10^{-pH}}}=\frac{C.10^{-2pH}}{Ke}$$

$$* \; Ka=\frac{[CH_3-NH_2].[H_3O^+]}{[CH_3-NH_3^+]}=\frac{C.(1-\tau).Ke}{[OH^-]^2}$$

$$=\frac{C.(1-\tau).Ke}{C^2.\tau^2}$$

Base faiblement ionisée $\Rightarrow \tau \ll 1$

$$\Rightarrow Ka=\frac{Ke}{C.\tau^2}$$

$$* \; \underline{AN:}\; Ka=\frac{0,4.10^{-24}}{10^{-14}}=0,4.10^{-10}$$

$\Rightarrow pka=-\log Ka=10,4$

2°)

a- $[H_3O^+]=10^{-pH}=10^{-12}mol.L^{-1}$

$[OH^-]=[CH_3-NH_3^+]=10^{-2}mol.L^{-1}$

$[CH_3-NH_2]=C-[CH_3-NH_3^-]$

$=0,4-10^{-2}=0,39mol.L^{-1}$

b- $C_0=\frac{n_0}{V_0}=\frac{m}{M.V_0}\Rightarrow m=C_0.M.V_0$

$\underline{AN:}$ $m=0,4\times0,5\times(12+5+14)=6,2g$

3°)

a- Cette variation est une diminution.

b- $pH=\frac{1}{2}(pka+pke+\log C)$

$pH'=\frac{1}{2}(pka+pke+\log\frac{C}{n})$

$=\frac{1}{2}(pka+pke+\log C)-\frac{1}{2}\log n$

$\Delta pH = pH' - pH = -\frac{1}{2}\log n = -0,03$

$\Rightarrow n = 10^{0,6} = 4$

$V' = 4V \Rightarrow V_{aj} = V' - V = 3V$

$\Rightarrow V_{aj} = 30mL.$

Exercice N°8:

1°)

a- L'acide **AH** est faible car la courbe ne passe pas par l'origine en effet si l'acide est fort son **pH** est proportionnel à **–logC.**

b-Le coefficient directeur de la courbe peut être obtenu par l'opération suivante : $\frac{-1-(-3)}{2,9-3,9} = -2$

L'ordonnée à l'origine vaut 4,8, d'où l'équation numérique de la courbe : **logC=4,8-2pH**

c- logC=pka-2pH

d-La comparaison des deux expressions donne :**pka=4,8**

2°)

a- $AH + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + A^-$

b- Le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation de l'acide AH dans l'eau est :

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]}{C}$$

Comme $n_{H_3O^+} = n_{A^-}$ on a $[H_3O^+] = [A^-] = \tau_f.C$

d'autre part $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{\tau_f.C}$ et $[AH] = C$

c- D'après la courbe on a :

- Pour pH_1=2,9 , $logC_1$=-1⇒C_1=10^{-1}mol.L^{-1}.
- Pour pH_1=3,9 , $logC_1$=-3⇒C_1=10^{-3}mol.L^{-1}.

Ainsi :

- $\tau_{f_1} = \frac{10^{-pH_1}}{C_1} = \frac{10^{-2,9}}{10^{-1}} \Rightarrow \tau_{f_1} = 1,25.10^{-2}$
- $\tau_{f_2} = \frac{10^{-pH_2}}{C_2} = \frac{10^{-3,9}}{10^{-3}} \Rightarrow \tau_{f_2} = 12,5.10^{-2}$

d- La dilution augmente le taux d'avancement final de la réaction, ce qui favorise la dissociation de l'acide.

Exercice N°9 :

I-

1°)

a- $K_b = \frac{[NH_4^+].[OH^-]}{[NH_3]}$

$_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

$2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

		$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$			
Etat du système	Avancement volumique	en $mol.L^{-1}$			
À l'état initial (t=0)	0	C	-	0	$10^{-\frac{pKe}{2}}$
l'état final	y_f	$C - y_f$	-	y_f	10^{pH-pke}

Les espèces chimiques présentes sont : H_2O, H_3O^+, OH^-, NH_3 et NH_4^+.

- $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-10} mol.L^{-1}$
- $[OH^-] = 10^{pH-pke} = 10^{-4} mol.L^{-1}$
- On a : $[OH^-] = [OH^-]_{base} + [OH^-]_{eau}$

$[OH^-] = [NH_4^+] + [H_3O^+]$

or $[H_3O^+] \ll [OH^-]$

alors $[OH^-] = [NH_4^+] = 10^{-4} mol.L^{-1}$.

- $[NH_3] = C - y_f = C - [NH_4^+]$

$\Rightarrow [NH_3] = C - [OH^-]$

b- D'après la loi d'action de masse :

$$K_b = \frac{[NH_4^+].[OH^-]}{[NH_3]} = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$$

$$\Rightarrow [NH_3] = \frac{[OH^-]^2}{K_b} \quad \text{or } K_b = 10^{-pk_b} = 10^{-14+pka}$$

$$\Rightarrow [NH_3] = \frac{[OH^-]^2}{10^{-14+pka}} = \frac{10^{-8}}{10^{-4,8}} = 10^{-3,2}$$

$$\Rightarrow [NH_3] = 6,3.10^{-4} mol.L^{-1}$$

c- $C = [NH_3] + [OH^-] = 7,3.10^{-4} mol.L^{-1}$.

Remarque :

$$\tau_f = \frac{[OH^-]}{C} = \frac{10^{-4}}{7,3.10^{-4}} = 0,13 > 0,05$$

donc la base n'est pas faiblement ionisée.

2°) NH_4Cl est un sel à caractère acide.

$$a - NH_4Cl_{\,solide} \longrightarrow \underbrace{NH_4^+}_{\text{acide faible}} + \underbrace{Cl^-}_{\text{inerte}}$$

d'ou $NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$

		NH_4^+	$+\ H_2O$	$\rightleftarrows NH_3$	$+\ H_3O^+$
Etat du système	Avancement volumique	en $mol.L^{-1}$			
À l'état initial (t=0)	0	C	-	0	$10^{-\frac{pKe}{2}}$
À l'état final ($t=t_f$)	y_f	$C - y_f$	-	y_f	10^{-pH}

$$[H_3O^+] = [H_3O^+]_{acide} + [H_3O^+]_{eau}$$

$$*[H_3O^+] = [NH_3] + [OH^-]$$

or $[OH^-] \ll [H_3O^+]$ alors $[NH_3] = [H_3O^+] = y_f$

et on a $[NH_4^+] = C - y_f \Rightarrow [NH_4^+] = C - [NH_3]$

L'acide est faiblement ionisé : $[NH_3] \ll C$

Donc $[NH_4^+] = C$

Loi d'action de masse :

$$Ka = \frac{[NH_3].[H_3O^+]}{[NH_4^+]} \Leftrightarrow Ka = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+]^2 = Ka.C \Rightarrow 10^{-2pH} = Ka.C$$

$$\Rightarrow 2pH = -\log Ka - \log C \Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)$$

d'où $pH = \frac{1}{2}(9,2 - \log 0,25)$

$\Rightarrow pH = 4,9$

b- Les espèces chimiques présentes sont : H_2O, H_3O^+, OH^-, NH_3, Cl^- et NH_4^+

- $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4,9} mol.L^{-1}$
- $[OH^-] = 10^{-pH-pke} = 10^{-9,1} mol.L^{-1}$
- $[Cl^-] = C = 0,25 mol.L^{-1}$
- $[NH_4^+] = C = 0,25 mol.L^{-1}$
- $[NH_3] = [H_3O^+] = 10^{-4,9} mol.L^{-1}$

$$c-\ \tau_f = \frac{y_f}{y_{max}} = \frac{[H_3O^+]}{C} \Rightarrow [H_3O^+] = C.\tau_f$$

$$Ka = \frac{[H_3O^+]^2}{C} = \frac{C^2.\tau_f^2}{C} = C.\tau_f^2$$

$$\Rightarrow \tau_f^2 = \frac{Ka}{C}$$

$$\tau_f = \sqrt{\frac{Ka}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-9,2}}{10^{-4,9}}} = 0,0070$$

d- $S_1 \begin{cases} C_1 = 0,25 mol.L^{-1} \\ V_1 = 0,25 L \\ pH_1 = 4,9 \\ \tau_f \end{cases} \xrightarrow{+\,eau\ V_0} S' \begin{cases} C' \\ V' = V_1 + V_0 \\ pH' \\ \tau'_f \end{cases}$

- $\tau'_f = 2\tau_f$

$\Leftrightarrow y_f = 4\tau_f^2 \Leftrightarrow \frac{Ka}{C'} = 4\frac{Ka}{C}$

$\Leftrightarrow C' = \frac{1}{4}C$ donc $V' = 4V = 1L$

d'où $V_0 = 0,75L$

• $pH' = \frac{1}{2}(pka - \log C')$

$= \frac{1}{2}(9,2 - \log\frac{0,25}{4})$

$\Rightarrow pH' = 5,2$

II-

1°) On a m=n.M or n=C.V alors m= C.V.M

$\Leftrightarrow$ m=0,5x0,4x82 =16,4g

m=16,4g

2°)

$CH_3CO_2Na_{solide} \longrightarrow \underbrace{CH_3COO^-}_{\text{base faible}} + \underbrace{Na^+}_{\text{inerte}}$

d'ou $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3CO_2H + OH^-$

		$CH_3COO^- + H_2O \longrightarrow CH_3CO_2H + OH^-$			
Etat du système	Avancement volumique	en $mol.L^{-1}$			
Àl'état initial (t=0)	0	C	-	0	$10^{-\frac{pKe}{2}}$
À l'état final ($t=t_f$)	y_f	$C - y_f$	-	y_f	$10^{-pH-pke}$

• On a : $[OH^-] = [OH^-]_{base} + [OH^-]_{eau}$

or $[OH^-]_{base} = [CH_3COOH]$

et $[OH^-]_{eau} = [H_3O^+]$

alors $[OH^-] = [CH_3COOH] + [H_3O^+]$

or $[H_3O^+] \ll [OH^-]$

alors $[OH^-] = [CH_3COOH]$

• $[CH_3COOH] = C - y_f$

L'acide est faiblement ionisée donc $y_f \ll C$ d'où $[CH_3COOH] = C$

• Loi d'action de masse : $K_b = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} = \frac{[OH^-]^2}{C}$

$\Rightarrow \frac{K_e}{K_a} = \frac{K_e^2}{[H_3O^+]^2.C} \Leftrightarrow [H_3O^+]^2 = \frac{K_e.K_a}{C}$

d'ou $2pH = -\log K_e - \log K_a + \log C$

$\Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pK_e + pK_a + \log C)$

$\Rightarrow pH = \frac{1}{2}(14 + 4,7 + \log 0,5) = 9,2$

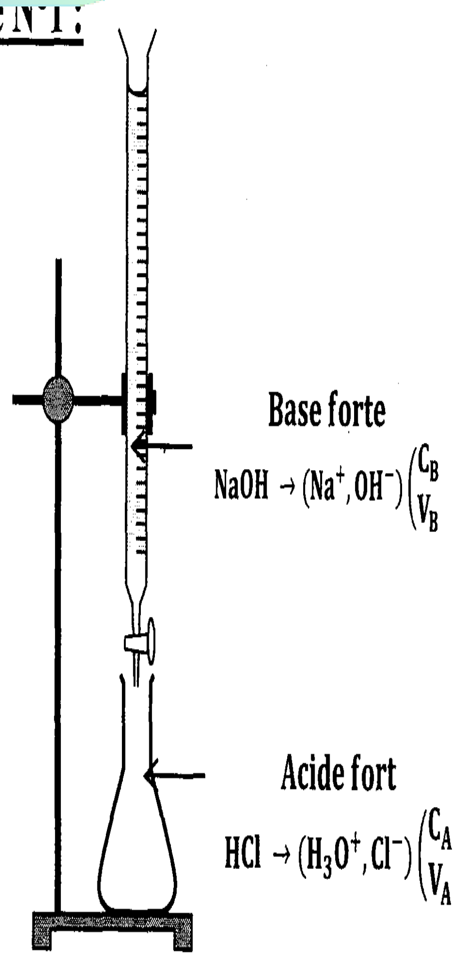
B- Chimie

Correction

Thème -3-

Chapitre3 : Dosage acido-basique

Exercice N°1 :



Equivalence : Tout l'acide introduit réagit avec toute la base ajoutée.

* $n\left(H_3O^+\right)$ provenant de l'ionisation totale de l'acide est égale au nombre de mole de **OH⁻** provenant de l'ionisation totale de la base ajoutée.

$\Rightarrow$ **n acide = n base** $\Rightarrow C_A V_A = C_B V_{BE}$

1°) $C_B = \dfrac{C_A V_A}{V_{B_E}} = \dfrac{2\,10^{-2}.50}{53,5} = 1,87.10^{-2}\,molL^{-1}$

2°) HCl : Acide fort

$[H_3O^+] = C_A$

$pH_i = -\log C_A = -\log 2\,10^{-2} = 1,7$

... tion du dosage : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$

À l'équivalence la solution aqueuse obtenue est la soltion aqueuse de Chlorure de Sodium ($Na^+ + Cl^-$), c'est **une solution neutre** $\Rightarrow pH_E=7$.

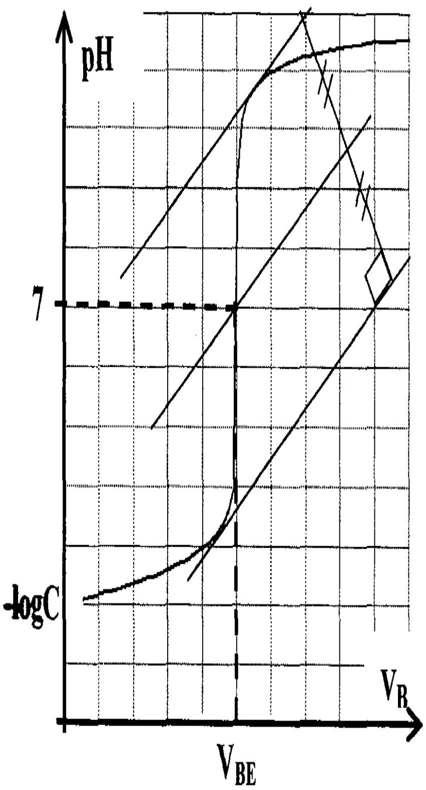
4°) $V_B = 53{,}5cm^3 = V_{BE}$ à l'équivalence.

Les espèces présentes : Na^+, Cl^-, H_3O^+, OH^- et H_2O

$$[Na^+] = \frac{C_B V_{BE}}{V_A + V_{BE}} = \frac{1{,}870^{-2}.53{,}5}{103{,}5} = 9{,}6610^{-3} molL^{-1}$$

$$[Cl^-] = \frac{C_A V_A}{V_A + V_{BE}} = 9{,}6610^{-3} molL^{-1}$$

$$[OH^-] = [H_3O^+] = 10^{-7} molL^{-1}$$



Exercice N°2

1°)

a- $E\begin{cases} V_{BE} = 20mL \\ pH_E = 7 \end{cases}$

b- $pH_E=7 \Rightarrow$ acide fort et base forte

c- $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

$$K = \frac{1}{[H_3O^+].[OH^-]} = \frac{1}{Ke} = 10^{14}$$

K très grande $\Rightarrow$ la réaction est totale

d- A l'équivalence tout l'acide introduit réagit avec toute la base ajoutée on obtient une solution aqueuse : (Na^+, Cl^-). Ces 2 ions sont inerte $\Rightarrow$ solution neutre $\Rightarrow pH_E = 7$

2°)

a- $pH_i = -\log C_a = 2 \Rightarrow C_a = 10^{-2} mol.L^{-1}$

b- $C_b V_{bE} = C_a V_a \Rightarrow C_b = \frac{C_a V_a}{V_{bE}}$

$$C_b = \frac{10^{-2} \times 20}{20} = 10^{-2} mol.L^{-1}$$

3°)

a- $pH_i = -\log C_a$

dilution $pH_i'=-\log C_a'=-\log \frac{C_a}{10}$

$\Rightarrow pH_i' = -\log C_a + \log 10$

$\Rightarrow pH_i' = pH_i + 1 = 3$

Donc c'est faux

b- à l'équivalence $C_a'.V_a' = C_b.V_{b_E}'$

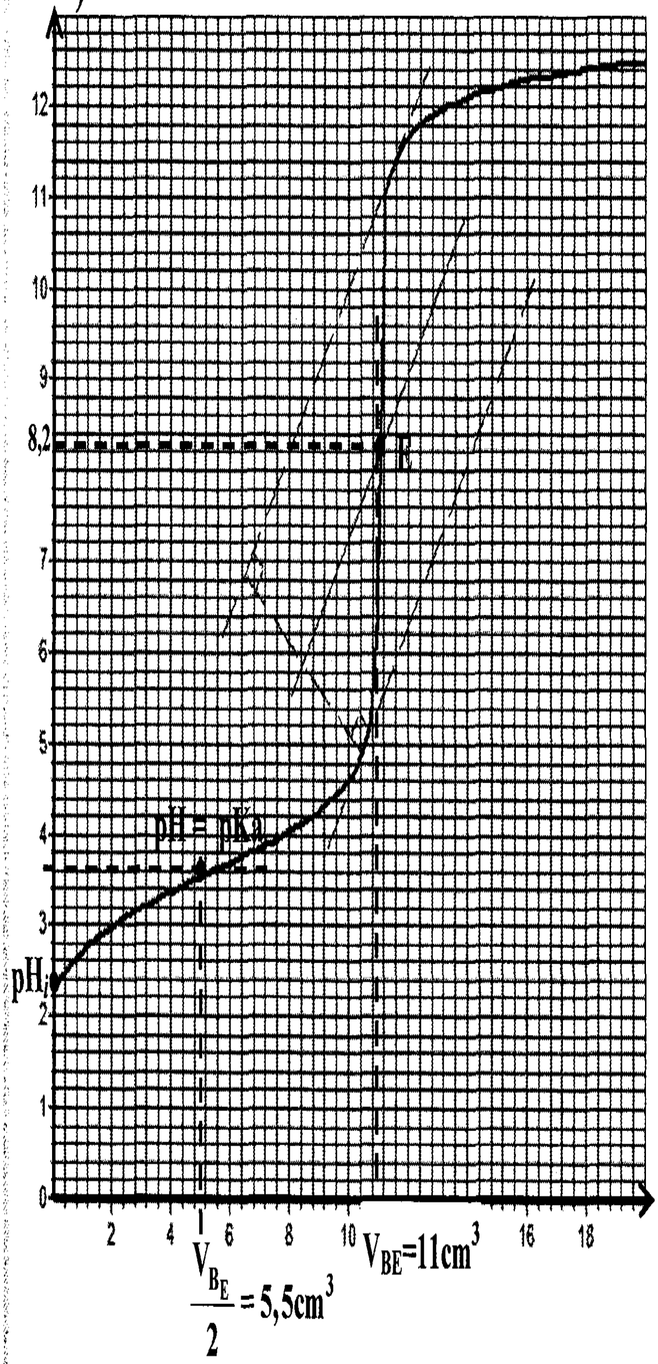
$$\frac{C_a}{10}.V_a = C_b.V_{b_E}' \Rightarrow V_{b_E}' = \frac{20}{10} = 2mL$$

donc c'est faux

c- A l'équivalence la solution est neutre $\mathbf{pH_E=7}$ reste inchangé donc c'est vraie

Exercice N° 3 :

1°)



2°) Equation du dosage

Acide faible ≠ base forte

$$HCOOH + OH^- \rightarrow HCOO^- + H_2O$$

3°) $C_AV_A = C_BV_{B_E}$

$$C_A = \frac{C_BV_{BE}}{V_A} = \frac{0{,}1.11}{10} = 0{,}11 molL^{-1}$$

Déci molaire = $10^{-1} molL^{-1}$

4°) <u>à la demi équivalence :</u>

$$V_B = \frac{1}{2}V_{BE} = 5{,}5 cm^3$$

$pKa = pH = 3{,}6$

<u>Justification :</u>

$$HCOOH \quad + \quad OH^- \quad \rightarrow HCOO^- + H_2O$$

À la demi-équivalence la moitié de l'acide **HCOOH** se transforme en $HCOO^-$

On obtient donc une solution tel que

$$[HCOOH] = [HCOO^-] = \frac{1}{2}\frac{C_AV_A}{V_A + V_B}$$

$$Ka = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]} \Rightarrow Ka = [H_3O^+]$$

$$pKa = -log[H_3O^+] = pH$$

<u>Remarque :</u>

Solution Tampon $[AH] = [A^-]$

$pH = pKa$

<u>Ses propriétés :</u>

... pas lors d'une dilution.

* Son **pH** varie faiblement lors d'une addition modérée d'une base ou d'un acide.

5°) $HCOOH + OH^- \rightarrow HCOO^- + H_2O$

$$K = \frac{(HCOO^-)}{[HCOOH][OH]} = \frac{1}{k_b} \qquad (k_b.k_a = k_e)$$

$$K = \frac{Ka}{Ke} = \frac{10^{-3,6}}{10^{-14}} = 10^{10,4}$$

$K >>> 1$

$\Rightarrow$ La réaction est totale.

6°) <u>Equivalence :</u>

$HCOOH$	$+ \quad OH^-$	$\rightarrow$	$HCOO^- + H_2O$
C_AV_A	C_BV_{BE}		
0	0		C_AV_A

À l'équivalence tout l'acide HCOOH introduit réagit avec toute la base ajoutée on obtient une solution aqueuse de $(HCOO^-, Na^+)$

Na^+ ion inerte

$HCOO^-$ base faible réagit avec l'eau

$$HCOO^- + H_2O \rightleftarrows HCOOH + OH^-$$

Les ions OH^- imposent le caractère basique à l'équivalence $\Rightarrow pH_E > 7$

<u>Remarque</u>

$$\left[\ldots O^-\right]=\frac{C_AV_A}{V_A+V_B}$$

$$pH_E=\frac{1}{2}\left(pKa+pKe+\log\left[HCOO^-\right]\right)$$

$$\left[HCOOH\right]=\left[OH^-\right]$$

Ou bien

$$Ka=\frac{\left[HCOO^-\right]\left[H_3O^+\right]}{\left[HCOOH\right]}\Rightarrow\left[HCOOH\right]=\frac{\left[HCOO^-\right]\left[H_3O^+\right]}{Ka}$$

7°) Initiale $V_B=0$

HCOOH acide faible $\begin{cases}C_A=0{,}11mol^{-1}\\ pH_i=2{,}4\end{cases}$

$$HCOOH+H_2O\rightleftarrows HCOO^-+H_3O^+$$

* $\left[HCOO^-\right]=\left[H_3O^+\right]=y_f$ (on néglige les ions provenant de l'ionisation de l'eau)

* $\left[HCOOH\right]=C_A-y_f=C_A-\left[H_3O^+\right]$

$$Ka=\frac{\left[HCOO^-\right]\left[H_3O^+\right]}{\left[HCOOH\right]}=\frac{\left[H_3O^+\right]^2}{C_A-\left[H_3O^+\right]}=\frac{10^{-2x2,4}}{0{,}11-10^{-2,4}}$$

$Ka=1{,}510^{-4}$

$pKa=3{,}8$

Remarque

...olement ionise

$$Ka=\frac{\left[H_3O^+\right]^2}{C_A}\Rightarrow\left[H_3O^+\right]^2=Ka.C_A$$

$$2pH_i=pKa-\log C_A$$

$$pH_i=\frac{1}{2}\left(pKa-\log C_A\right)$$

8°)

a- $V_B=5{,}5cm^3=\frac{V_{BE}}{2}$ c'est la demi équivalence

$pH=pKa=3{,}6$

Les espèces présentés

$HCOOH$, $HCOO^-$, Na^+, H_3O^+, OH^- et H_2O

$$\left[HCOO^-\right]=\left[HCOOH\right]=\frac{1}{2}\frac{C_AV_A}{V_A+V_B}$$

$$=\frac{1}{2}.\frac{0{,}11.10}{15{,}5}=3{,}510^{-1}mol$$

$$\left[H_3O^+\right]=10^{-3,6}mol.L^{-1}$$

$$\left[OH^-\right]=10^{-10,4}mol.L^{-1}$$

$$\left[Na^+\right]=\frac{C_BV_B}{V_A+V_B}=\frac{0{,}1.5{,}5}{15{,}5}=3{,}510^{-2}molL^{-1}$$

b- $V_B=11cm^3=V_{BE}$ C'est l'équivalence $pH_E=8{,}2$

$\left[H_3O^+\right]=10^{-8,2}molL^{-1}$ et $\left[OH^-\right]=10^{-5,8}molL^{-1}$

$$[\ ] = \frac{C_B V_{BE}}{V_A + V_{BE}} = \frac{0,1.11}{21} = 5,2\,10^{-2} molL^{-1}$$

$$\left[HCOO^-\right] = \frac{C_A V_A}{V_A + V_B} = 5,2\,10^{-2} molL^{-1}$$

$$[HCOOH] = \left[OH^-\right] = 10^{-5,8} molL^{-1}$$

Exercice N°4 :

1°)

a- Pour la même, concentration, plus $\left[H_3O^+\right]$ est grande, **pH** est faible, l'acide est plus fort.

On a : $pH_0(A) < pH_0(C) < pH_0(B)$

Donc l'acide (A) est plus fort que (C) qui est plus fort que (**B**).

b- On a : pour l'acide (A) : HNO_3 : $pH_0 = 2$

donc $\left[H_3O^+\right] = 10^{-2} mol.L^{-1} = C_A$

Donc A est un acide fort.

$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$

2°) Pour A : $HNO_3 + OH^- \rightarrow NO_3^- + H_2O$

Pour B : $C_2H_5CO_2H + OH^- \rightarrow C_2H_5COO^- + H_2O$

Pour C : $HCOOH + OH^- \rightarrow HCOO^- + H_2O$

a- A l'équivalence, tout l'acide introduit réagit avec toute la base ajoutée ; c'est à dire : $n_{acide} = n_{base}$

$$\Leftrightarrow C_A.V_A = C_B V_{BE}$$

b- On a : $C_A.V_A = C_B V_{BE}$

$$\Leftrightarrow V_{BE} = \frac{C_A.V_A}{C_B} = \frac{10^{-2}x20.10^{-3}}{10^{-2}} \Rightarrow V_{BE} = 20mL$$

Donc Pour A : $pH_E = 7$

Pour B : $pH_E = 8,3$

Pour C : $pH_E = 7,75$

4°) Dans les **3 cas**, à l'équivalence, tout l'acide réagit avec toute la base ajoutée.

1^er^ cas : Pour A : La solution obtenue à l'équivalence $(Na^+ ; NO_3^-)$ or ces ions sont inertes alors $pH_E = 7$

2^ème^ cas : pour B : La solution obtenue est $(HCOO^-, Na^+)$

Or $HCOO^-$ est une base faible donc $pH_E > 7$

3^ème^ cas : Pour C : La solution obtenue est $(C_2H_5COO^- ; Na^+)$

$\Rightarrow pH_E > 7$ car $C_2H_5COO^-$ est une base faible.

...quivalence les 3 solutions basiques sont la même concentration $C' = \dfrac{C_A.V_A}{V_A + V_{BE}}$

donc plus que **pH** est grand, plus que la base est forte, plus que son acide conjugués est faible

on a : $pH_E(B) > pH_E(C) > pH_E(A)$

d'où la base cojugée de **(B)** est plus forte que celle de **(C)** qui est plus forte que celle de **(A)**.

Donc l'acide C_2H_5COOH est plus faible que **HCOOH** qui est plus faible que HNO_3.

4°) Pour les acides faibles à la demi équivalence.

$$pK_a = pH \quad \text{et} \quad V_B = \frac{V_{BE}}{a} = 10ml$$

(Pour **A** pas de pK_a (négatif) K_a est très grande car c'est un acide fort).

Pour B : $pKa = 4{,}9 \Leftrightarrow Ka = 10^{-pKa} = 10^{-4,9}$

Pour C : $pKa = 3{,}8 \Leftrightarrow Ka = 10^{-pKa} = 10^{-3,8}$

Plus que pK_a est faible, plus que l'acide est fort donc **C** est plus fort que **B**.

5°) Après l'équivalence, on n'a plus d'acide on a que **NaOH** qui impose son **pH**.

Donc pour le même volume V_B versé **pH** est le même pour les **3** solutions.

Exercice N°5 :

1°)

* La courbe possède 2 points d'inflexion + elle est décroissante.

* $pH_E < 7$: il s'agit d'un dosage d'une base faible par un acide fort.

HCl : acide fort

$(CH_3)_3N$: base faible

$$(CH_3)_3N + (H_3O^+ + Cl^-) \rightarrow (CH_3)_3NH^+ + Cl^- + H_2O$$

2°)

a- $C_BV_B = C_AV_{AE}$ or $V_{AE} = 12ml$

$$\Leftrightarrow C_B = \frac{C_AV_{AE}}{V_B} = \frac{10^{-1}x12}{20} = 6.10^{-2}mol.L^{-1}$$

b-

b_1- A l'équivalence, toute la base introduite réagit avec tout l'acide ajouté, on obtient une solution aqueuse $((CH_3)_3NH^+; Cl^-)$

Cl^- : inerte

$(CH_3)_3NH^+$: acide faible réagit avec l'eau

$$(CH_3)_3NH^+ + H_2O \rightleftarrows (CH_3)_3N + H_3O^+$$

Les ions H_3O^+ imposent le caractère acide à S_E.

•Les espèces présentes dans S_E : Cl^-, H_3O^+, OH^-, H_2O, $(CH_3)_3N$, $(CH_3)_3NH^+$

•$pH_E = 5,5$

$$[H_3O^+] = 10^{-5,5} mol.L^{-1}$$

$$[OH^-] = 10^{-8,5} mol.L^{-1}$$

$$[Cl^-] = \frac{C_A V_A}{V_B + V_{AE}} = \frac{0,1x12}{32} = 3,75.10^{-2} mol.L^{-1}$$

$$= [(CH_3)_3NH^+] = C'_B$$

$$[(CH_3)_3N] = [H_3O^+] = 10^{-5,5} mol.L^{-1}$$

b₃-

$$\bullet Ka = \frac{[(CH_3)_3N][H_3O^+]}{[(CH_3)_3NH^+]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C'_B}$$

$$= \frac{(10^{-5,5})^2}{3,75.10^{-2}} = 2,5.10^{-10}$$

$\Rightarrow pKa = 9,57$

•D'après la courbe, au point de demi-équivalence

$$V_A = \frac{1}{2} V_{AE} = 6ml$$

$\rightarrow pH = pKa = 9,6$

$$b_4\text{-}\ (CH_3)_3NHCl \xrightarrow{H_2O} \underbrace{(CH_3)_3NH^+ + Cl^-}_{c'est\ S_E}$$

$$n = C_B V_B = C_A V_{AE}$$

On a : $m = n \times M_{((CH_3)_3NHCl)} = C_A.V_{AE} x M_{((CH_3)_3NHCl)}$

$$\Rightarrow m = 0,1x12,10^{-3}x(15x3 + 14 + 1 + 35,5)$$

$$\Leftrightarrow m = 0,1146g$$

3°) A la demi-équivalence, la solution obtenue est appelée

solution tampon : $\begin{cases} pH = pKa \\ [(CH_3)_3N] = [(CH_3)_3NH^+] \end{cases}$

Ses propriétés sont :

❖ Son **pH** ne varie pas au cours d'une solution.

❖ Son **pH** varie faiblement au cours d'une addition modérée d'un acide fort (dans ce cas) ou d'une base forte.

4°)

•Un indicateur coloré est un couple acide/base faible dont la couleur de sa forme acide est ≠ de la couleur de sa forme basique.

•Teinte sensible : couleur intermédiaire entre les 2 formes.

•Zone de virage : intervalle de pH où la couleur prise

…n est intermédiaire entre celle des 2 formes.

a- L'indicateur le plus convenable est celui qui contient pH_E dans sa zone de virage : C'est le rouge de méthyle.

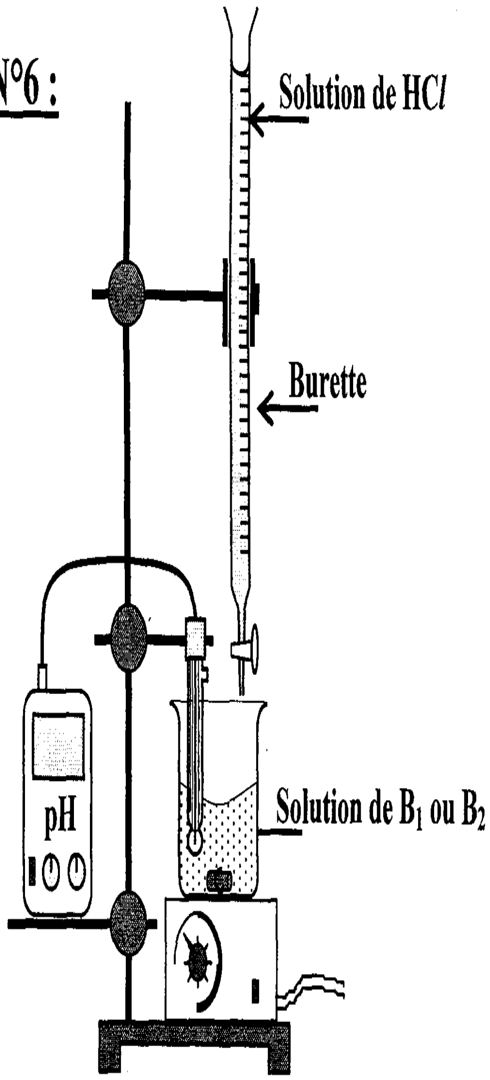
b- Pour le **BBT**, le premier virage se fait lorsque le **pH = 7,6** qui correspond à un volume $V_A = V_{AE} = 12ml$. Donc on peut l'utiliser dans ce dosage.

Pour le $\varphi\varphi$, le 1^er^ **virage** se fait lorsque **pH = 10** qui correspond d'après la courbe à un $V_A = 6ml$

$\Rightarrow$ On ne peut pas l'utiliser.

Exercice N°6 :

1°)



2°)

•La courbe (I) possède un seul point d'inflexion, il s'agit d'un dosage d'une base forte par un acide fort d'où B_1 est une base forte.

•La courbe (II) possède 2 points d'inflexion, il s'agit d'un dosage d'une base faible par un acide fort, d'où B_2 est une base faible.

3°)

a-

$$* \text{ Pour la base } B_1 : E_1 \begin{cases} pH_{E_1} = 7 \\ V_{AE_1} = 20mL \end{cases}$$

$$* \text{ Pour la base } B_2 : E_2 \begin{cases} pH_2 = 5,5 \\ V_{AE_2} = 20mL \end{cases}$$

b- $C_{B_1}.V_B = C_A.V_{AE} \Leftrightarrow C_{B_1} = 10^{-2}mol.L^{-1}$

$\Leftrightarrow C_{B_2} = C_{B_1} = 10^{-2}mol.L^{-1}$

4°) Pour la base B_1 : $pH_{E_1} = 7$

Au point d'équivalence, toute la base réagit avec l'acide, on obtient une solution neutre, donc **pH=7.**

Pour la base B_2 : $pH_{E_2} = 5,5 < 7$

À l'équivalence, la solution obtenue est (B_2H^+, Cl^-) c'est une solution acide.

5°) $V_{AD} = \frac{V_{AE}}{2} = 10mL$

$\Rightarrow pKa\left(B_2 / B_2H^+\right) = 9,4$

•Pour B_1 : Base forte : $pH_0 = pKe + \log C$

$\Rightarrow pH'_0 = pKe + \log C'$ or $C' = \frac{C}{2} < C$

D'où $pH'_0 = pke + \log C - \log 2 = pH_0 - \log 2$ Alors $pH'_0 < pH_0$

- Au point d'équivalence :

En ajoutant de l'eau, le nombre de moles de base : $\left(C_{B_1} V_B\right)$ ne change pas. Donc le nombre de moles d'acide qu'il faut ajouter pour atteindre l'équivalence $C_A V_{AE}$ ne change pas d'où V_{AE} ne change pas.

pH_E reste inchangé car la solution est neutre.

Remarque : Pour **B** une base faible

- $pH_0 = \frac{1}{2}\left(pKa + pKe + \log C\right)$
- $pH'_0 = \frac{1}{2}\left(pKa + pKe + \log \frac{C_B V_B}{V_B + V_{eau}}\right)$
- $C'_B < C_B$ donc $pH'_0 < pH_0$
- Àl'équivalence

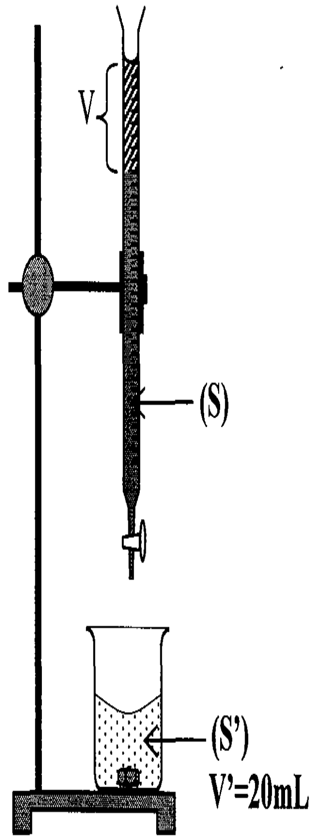
$$\begin{cases} pH_E = \frac{1}{2} - \left(pKa - \log \frac{C_B V_B}{V_{AE} + V_B}\right) \\ pH'_E = \frac{1}{2}\left(pKa - \log \frac{C_B V_B}{V_{AE} + V_B + V_{eau}}\right) \end{cases}$$

D'où $pH_E > pH_E$

A la demi-équivalence : $\begin{cases} pH = pKa \text{ ne change pas} \\ V_A = \frac{1}{2} V_{AE} \text{ ne change pas} \end{cases}$

Exercice N°7 :

1°)



•**Courbe (1)** $\Rightarrow$ Dosage de **HCl (acide fort)** par **NaOH.**

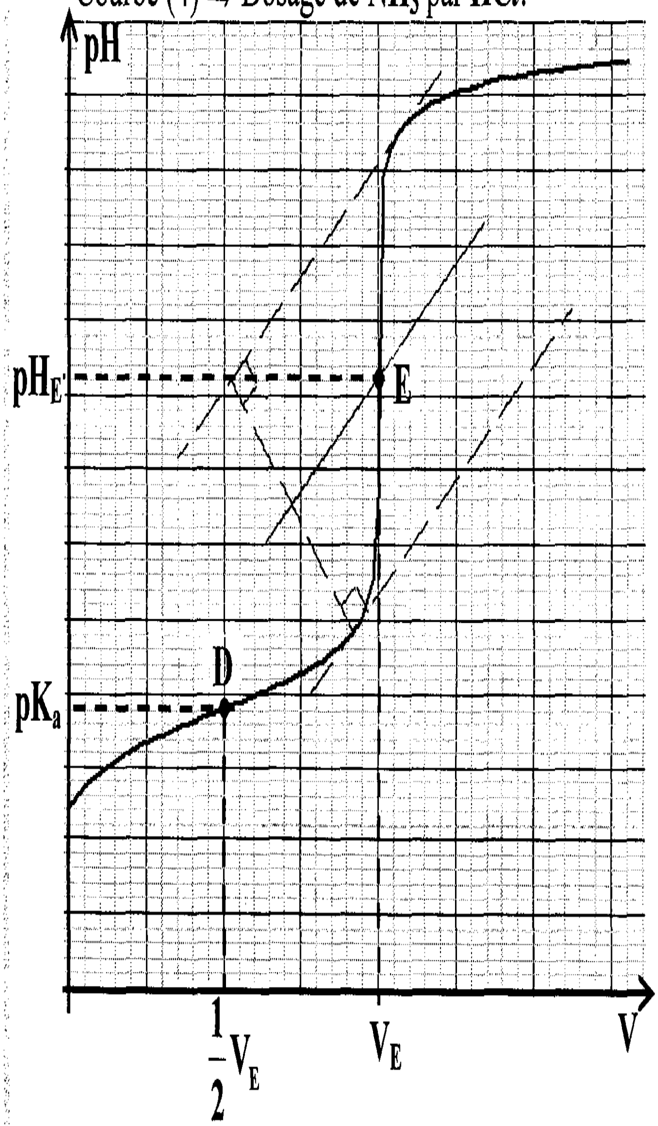
C'est le dosage d'un acide par une base car le **pH**

C'est le dosage d'un acide fort car il y a un seul point d'inflexion **E.**

- **Courbe (2)** $\Rightarrow$Dosage de **NaOH** par **HCl**
- **Courbe (3)** $\Rightarrow$Dosage de **RCOOH** (acide faible)

C'est le dosage d'un acide faible car il y a 2 points d'inflexion **E et D.**

•Courbe (4) $\Rightarrow$ Dosage de NH_3 par HCl.



2°) La Réaction bilan entre les 2 solutions est exothermique, instantanée et totale

* (1) et (2) $\Rightarrow H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

$$K = \frac{1}{Ke} = 10^{14} \text{ très grande (R totale).}$$

* $RCOOH + OH^- \longrightarrow RCOO^- + H_2O$ (3)

$$K = \frac{1}{K_b}$$

* $NH_3 + H_3O^+ \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$

$$K = \frac{1}{K_a}$$

3°) A l'équivalence :

$n_0(\text{acide}) = n_0(\text{base}) \Rightarrow C_AV_A = C_BV_B$

a- $CV_E = C'V'$. Or $C = C' \Rightarrow V_E = V' = 20mL$

b- <u>Dosage (1) et (2) :</u>

	H_3O^+ +	OH^- $\longrightarrow$	$2H_2O$
t = 0	C_AV_A	C_BV_B	excès
téq	$C_AV_A - x$	$C_BV_B - x$	excès

À l'équivalence : H_3O^+ et OH^- limitant $\Rightarrow x = C_AV_A$

On obtient une solution contenant $[Na^+] = [Cl^-]$

C'est une solution de chlorure de sodium **NaCl** (sel neutre)

Cette solution est neutre car Na^+ et Cl^- sont inertes

$\Rightarrow pH_E = 7$

<u>Dosage de **RCOOH** par **NaOH (3)**</u>

	RCOOH +	OH^- $\longrightarrow$	$RCOO^-$ +	H_2O
t = 0	C_AV_A	C_BV_B	0	excès
téq	$C_AV_A - x$	$C_BV_B - x$	x	excès

...ence : RCOOH et OH^- sont les ... limitant $\Rightarrow x = C_AV_A$

On obtient une solution contenant $\left[Na^+\right] = \left[RCOO^-\right]$

C'est une solution de carboxylate de sodium NaRCOO (sel basique)

Cette solution est basique car $RCOO^-$ est une base faible.

$$pH_E = \frac{1}{2}\left(pKa + pKe + \log\frac{C_BV_B}{V_A+V_B}\right)$$

Dosage de NH_3 par HCl (4)

	NH_3	$+ H_3O^+$	$\longrightarrow NH_4^+$	$+ H_2O$
t = 0	C_BV_B	C_AV_A	0	excès
téq	$C_BV_B - x$	$C_AV_A - x$	x	excès

À l'équivalence : NH_3 et H_3O^+ sont les réactifs limitant $\Rightarrow x = C_AV_A$

On obtient une solution contenant $\left[Cl^-\right] = \left[NH_4^+\right]$

C'est une solution de chlorure d'ammonium NH_4Cl (sel acide)

Cette solution est acide car NH_4^+ est un acide faible.

$$pH_E = \frac{1}{2}\left(pKa - \log\frac{C_AV_A}{V_A+V_B}\right)$$

c- La courbe (1) pour V = 0 : Solution de HC*l* de pH = 2

... $\Rightarrow C = 10^{-pH} \Rightarrow C = 10^{-2} mol.L^{-1}$

* Couple $\left(RCOOH/RCOO^-\right)$: $pH_E = 8{,}45$

$$pK_a = 2pH_E - pKe - \log\frac{C_BV_B}{V_A+V_B}$$

$$= 2x8{,}45 - 14 - \log\frac{10^{-2}x20}{40}$$

$\Rightarrow pK_a = 5{,}2$

* Couple $\left(NH_4^+/NH_3\right)$: $pH_E = 5{,}75$

$$pKa = 2pH_E + \log\frac{C_AV_A}{V_A+V_B} = 2x5{,}75 + \log\frac{10^{-2}.20}{40}$$

$\Rightarrow pka = 9{,}2$

4°)

* a=pH d'une solution de NaOH

$pH = a = pKe + \log C = 14 + \log 10^{-2} \Rightarrow a = 12$

* b = pH d'une solution de RCOOH

$$b = \frac{1}{2}\left(pKa - \log C\right) = \frac{1}{2}\left(5{,}2 - \log 10^{-2}\right) \Rightarrow b = 3{,}6$$

* d = pH d'une solution de NH_3

$$d = \frac{1}{2}\left(pKa + pKe + \log C\right) = \frac{1}{2}\left(9{,}2 + 14 + \log 10^{-2}\right)$$

$\Rightarrow d = 10{,}6$

* x = pH à la demi-équivalence $\Rightarrow pH = pKa_3 = 5{,}2$

$y = pKa_4 = 9{,}2$

...e $(NH_3 + HCl)$ de $pH = pKa = ...$

Entités dans ce mélange :

	$NH_3 \ + \ H_3O^+ \longrightarrow NH_4^+ \ + \ H_2O$			
à $t=0$	C_BV_B	C_AV_A	0	excès
à $t_{éq}$	$C_BV_B - x$	$C_AV_A - x$	x	excès

À la demi-équivalence : $V_A = \frac{1}{2}V_E \Rightarrow C_AV_A = \frac{1}{2}C_BV_B$

H_3O^+ est limitant $\Rightarrow x = C_AV_A$

$$\left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} = 10^{-9,2} = 6,3.10^{-10}\,mol.L^{-1}$$

$$\left[OH^-\right] = 10^{-4,8} = 1,58.10^{-5}\,mol.L^{-1}$$

$$\left[Cl^-\right] = \frac{C_AV_A}{V_A+V_B} = \frac{10^{-2}x10}{10+20} = 3,33.10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

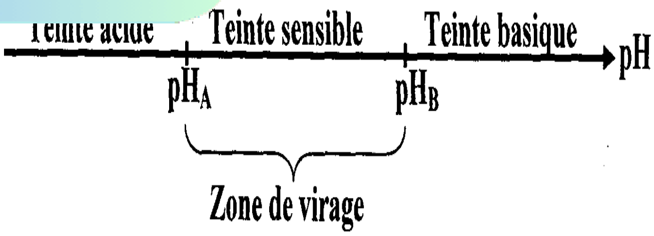
$$\left[NH_4^+\right] = \frac{x}{V_A+V_B} = \frac{C_AV_A}{V_A+V_B} = 3,33.10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

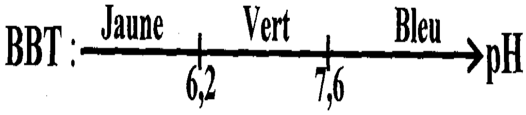
$$\left[NH_3\right] = \frac{C_BV_B - C_AV_A}{V_A+V_B} = \frac{C_AV_A}{V_A+V_B} = 3,33.10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

Cette solution contient autant de $\left[NH_4^+\right]$ que de $\left[NH_3\right]$:

C'est une <u>Solution tampon</u>

$$Ka = \frac{\left[H_3O^+\right]\left[NH_3\right]}{\left[NH_4^+\right]} \Rightarrow pH = pKa$$





Le meilleur indicateur pour un dosage est celui qui a une zone de virage contenant pH_E.

BBT : 6,2 – 7,6

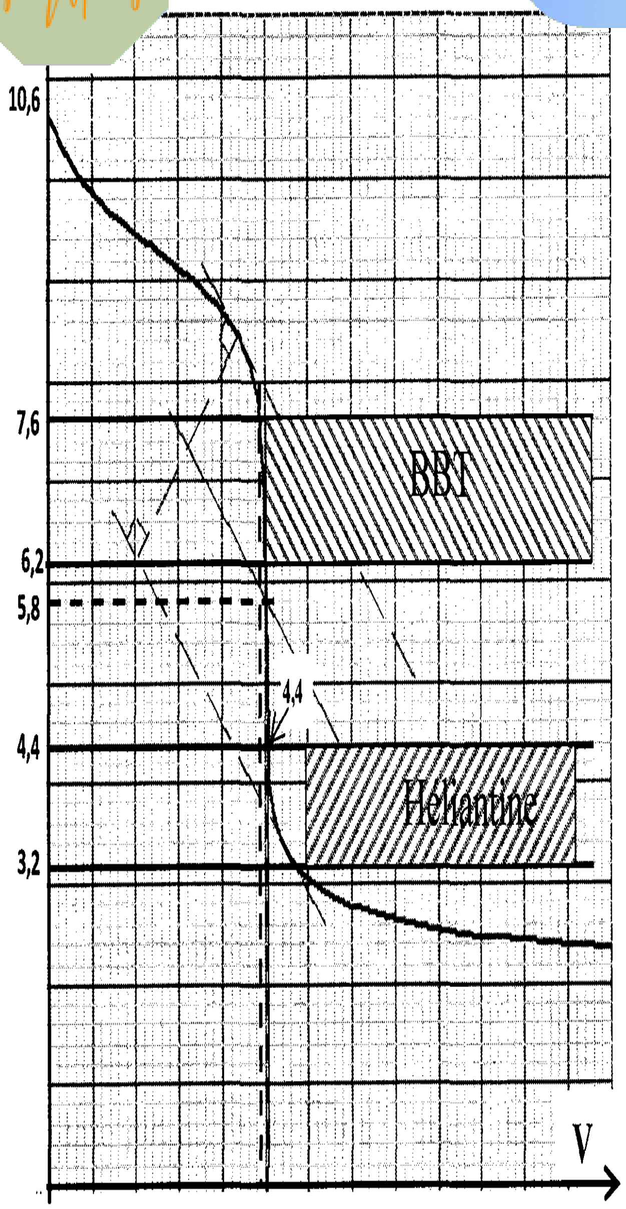
$\varphi\varphi$: 8,2 – 10

Hel : 3,2 – 4,4

(1) et (2) $\Rightarrow pH_E = 7$: Le **BBT** est le meilleur indicateur car sa zone contient **7**.

(3) $\Rightarrow pH_E = 8,45$: La $\varphi\varphi$ est la meilleure car sa zone contient **8,45**

(4) $\Rightarrow$ **$pH_E = 5,8$:** L'hélianthine est le meilleur car il vise pour **pH = 4,4** le plus proche de **5,75** (mieux que le **BBT** qui vive **pH = 7,6**).



7°) (S') prend la teinte sensible de l'hélianthine

$\Leftrightarrow 3{,}2 < pH < 4{,}4 \Rightarrow$ (S') est acide $\Rightarrow$ C'est une solution de **HCl** ou de **RCOOH**

Pour **HCl**, la solution diluée a un **$pH' = 2 + 1 = 3$**

Pour **RCOOH**, la solution diluée a un **$pH' = 3{,}6 + 0{,}5$**

$\Rightarrow pH' = 4{,}1$

Conclusion : (S') est une solution de **RCOOH**.

1°) Pour des solutions basiques de même concentration, la solution contenant la base la plus forte ayant le **pH** le plu élevé **$pH_1 > pH_3 > pH_2$**

Donc **NaOH** est plus forte que **CH_3NH_2**, elle-même plus forte que **NH_3**.

NH_3 — CH_3NH_2 — $NaOH$ $\longrightarrow$

Basicité croissante

Autrement :

Pour base forte **$pH = pKe + \log C$**

$$C = 10^{-2} mol \Rightarrow pH = 14 + \log 10^{-2} = 12$$

$$\left.\begin{array}{l} pH_1 = 12 \Rightarrow pH_1 = pKe + \log C \\ pH_2 = 10{,}6 \Rightarrow pH_2 < pKe + \log C \\ pH_3 = 11{,}3 \Rightarrow pH_3 < pKe + \log C \end{array}\right\} \Rightarrow$$ NaOH base forte alors NH_3 et CH_3NH_2 sont des base faibles

2°) L'équivalence est le point pour lequel la quantité de matière de l'acide égale à la quantité de matière de la base

❖ À l'équivalence de la réaction d'une base forte avec un acide fort le mélange est neutre **$pH = 7$**.

Donc pour S_1 : pour **$V_{AE} = 10ml$ $pH = 7$**

❖ Au point de demi- équivalence de la réaction d'une base faible avec un acide fort $\begin{cases} V_A = \frac{1}{2} V_{AE} \\ pH = pKa(B) \end{cases}$

$V_A = 5mL = \frac{1}{2} V_{AE}$ donc pour (S_2) $pH = pKa(NH_4^+/NH_3)$

Donc pour (S_3) $pH = pKa\left(CH_3NH_4^+/CH_3NH_2\right)$

•Pour $V_A = 0$: $pH_{i_1} = \frac{1}{2}\left(pKe + pKa_2 + \log C\right)$

$$\Rightarrow pKa_2 = 2pH_2 - pKa - \log C$$

<u>AN</u>: $pKa_2 = 2x10,6 - 14 - \log 10^{-2} \Rightarrow pKa_2 = 9,2$

$$pH_{i_2} = \frac{1}{2}\left(pKe + pKa_3 + \log C\right)$$

$$\Rightarrow pKa_3 = 2pH_i - pKe - \log C$$

<u>AN</u>: $pKa_3 = 2x11,3 - 14 - \log 10^{-2} \Rightarrow pKa_3 = 10,6$

•Pour $V_A = 5mL \rightarrow \begin{cases} pH_2 = 9,2 \\ pH_3 = 10,6 \end{cases}$

3°) À l'équivalence $\begin{cases} pH_{1éq} = 7 \\ pH_{2éq} = 5,75 \\ pH_{3éq} = 6,4 \end{cases}$

Pour (S_1) la solution obtenue est neutre donc **NaOH** est base forte

Pour (S_2) et (S_a) les solutions obtenues sont acides constituées par les acides conjuguées des bases NH_3 et CH_3NH_2 qui sont NH_4^+ et $CH_3NH_3^+$

Or ces solutions ont la même concentration $\left(C = \frac{C.V_B}{V_B + V_{HE}}\right)$, et pour des solutions acides de même concentration, la solution contenant l'acide le plus fort possède **pH** le plus faible

$pH_{2éq} < pH_{3éq} \Rightarrow NH_4^+$ acide plus fort que $CH_3NH_3^+$

L'acide les plus fort possède la base conjuguée la plus faible donc NH_3 plus faible que CH_3NH_2

On obtient la classification

NH_3 — CH_3NH_2 — $NaOH$ →

Basicité croissante

4°) Les solutions ont le même **pH** après l'équivalence car le **pH** sera imposé par les ions hydronium H_3O^+ provenant de l'acide chlorhydrique.

5°)

$$m(NaCl) = n(NaCl).M = C_A.V_{Aéq}.M$$

$$m(NaCl) = 10^{-2}.10.10^{-3}.58,5 = 5,8510^{-3}g$$

m = 5,85mg

1°)

* La courbe de dosage de l'acide A_1H possède un seul point d'inflexion donc elle s'agit de courbe de dosage d'un acide fort pas base forte

$\Rightarrow A_1H$ est un acide fort.

* La Courbe de dosage de l'acide A_2H possède deux points d'inflexion donc elle s'agit de courbe de dosage d'un acide faible par base forte => A_2H est un acide faible.

Valeur C_1

$V_B = 0$ $pH_i = 1{,}7$ or pour acide fort $pH_i = -\log C_1$

$\Rightarrow C_1 = 10^{-pH_i} = 10^{-1{,}7} \Rightarrow C_1 = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$

Valeur C_B

Au point d'équivalence n(acide) = n(base)

$\Rightarrow C_1 V_A = C_B . V_{Béq}$

$$\Rightarrow C_B = C_1 \frac{V_A}{V_{Béq}}$$

À l'équivalence $V_{Béq} = 16mL$

$$C_B = 210^{-2} . \frac{40.10^{-3}}{16.10^{-3}} \Rightarrow C_B = 5.10^{-2} mol.L^{-1}$$

Valeur C_2

Au point d'équivalence de dosage de A_2H :

$$C_2 V_A = C_B . V_{Béq} \Rightarrow C_2 = C_B . \frac{V_{Béq}}{V_n}$$

$C_2 = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$

Valeur de pKa_2 :

$$pH_i = \frac{1}{2}(pKa - \log C_2) \Rightarrow pKa = 2pHi + \log C_2$$

D'après la courbe $pHi = 3{,}2$

D'où $pKa = 6{,}4 + \log 2.10^{-2} = 4{,}7$

2°) La solution obtenue à l'équivalence de dosage A_1H est neutre. En effet, cette solution entrant les ions Na^+ et A_1^- qui sont inerte donc le **pH** est celui de l'eau pure.

3°) La solution obtenue à l'équivalence est basique. En effet cette solution constitue par Na^+ et A_2^-

Na^+ est un ion indifférent alors A_2^- est la base conjuguée de l'acide A_2H. Cette base réagit avec l'eau selon l'équation : $A_2^- + H_2O \rightleftarrows A_2H + OH^-$

D'où $[OH^-] > [H_3O^+] \Rightarrow pH > 7$

Les espèces présentés en solutions sont A_2^-, H_3O^+, OH^-, Na^+ et A_2H

* $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-8{,}4} = 3{,}98.10^{-9} mol.L^{-1}$

* $$[OH^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{3{,}98.10^{-3}} = 2{,}5.10^{-6} mol.L^{-1}$$

$$[Na^+]=\frac{C_B V_{Béq}}{V_n+V_{Béq}}$$

$$[Na^+]=\frac{510^{-2}.1610^{-3}}{56.10^{-3}}=1,429.10^{-2}mol.L^{-1}$$

$$*\ PEN:[H_3O^+]+[Na^+]=[A_2^-]+[OH^-]$$

$$\Rightarrow [A_2^-]\approx[Na^+] \text{ or } [AH_1]\gg[H_3O^+] \text{ et } [OH^-]$$

$$[A_2^-]=1,429.10^{-2}mol.L^{-1}$$

$$*\ Ka=\frac{[H_3O^+][A_2^-]}{[A_2H]}$$

$$\Rightarrow [A_2H]=\frac{[H_3O^+][A_2^-]}{Ka}=\frac{3,98.10^{-9}.1,429.10^{-2}}{2.10^{-5}}$$

$$[A_2H]=2,84.10^{-6}mol.L^{-1}$$

4°)

a- $V_B=8ml<16ml\Rightarrow$ Le pH est acide pas H_1A_1

$$PEN:[Na^+]+[H_3O^+]=[A_1^-]+[OH^-]$$

$$[OH^-]\ll[H_3O^+]\Rightarrow[H_3O^+]=[A_1^-]-[Na^+]$$

$$[H_3O^+]=\frac{C_A.V_A}{V_A+V_B}-\frac{C_B.V_B}{V_A+V_B}=\frac{C_MV_A-C_BV_B}{V_A+V_B}$$

$$[H_3O^+]=\frac{210^{-2}.4010^{-3}-510^{-2}.810^{-3}}{4810^{-3}}$$

$$[H_3O^+]=8,33.10^{-3}mol.L^{-1}$$

$$\text{d'où } pH=-\log[H_3O^+]=-\log 8,33.10^{-3}$$

$$\Rightarrow pH=2,8$$

$$b\text{-}V_B=8mL=\frac{1}{2}V_{Béq}\Rightarrow$$

C'est le point de demi- équivalence

d'où **pH => pKa / (A_2H) => pH = 4,7**

On obtient une solution tampon est on les propriétés sont :

•pH augmente légèrement par addition modère d'une base

•pH diminue légèrement par addition modère d'un acide

•pH reste constant par dilution modérée

5°) Les deux courbes sont confondues après l'équivalence car le **pH** de mélanges est imposé par les ions hydroxyde **OH⁻** ajoutée par la base

6°) Volume de l'équivalence :

$$C'_AV_A=C_BV_{Béq}\Rightarrow V_{Béq}=\frac{C'_A}{C_B}V_A$$

$$Or\ C'_A=\frac{C_A}{10}=210^{-3}mol$$

$$d'ou\ V_{Béq}=\frac{210^{-3}}{510^{-2}}4010^3=1,610^{-3}L$$

$$\Rightarrow V_{Béq}=1,6mL$$

$$pH_{éq} \cdot pH_{éq} = \frac{1}{2}\left(pKa + pKa + \log\frac{C'_A.V_A}{V_A + V_{Béq}}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(14 + 4{,}7 + \log\frac{210^{-3}.4010^{-3}}{41{,}610^{-3}}\right)$$

$$\Rightarrow pH_{éq} = 7{,}99 \approx 8$$

B- Chimie

Correction

Thème -4-

Les Piles

Exercice N°1 :

1°) symbole : $Ni|Ni^{2+}||Co^{2+}|Co$

2°) équation associée : $Ni + Co^{2+} \rightarrow Ni^{2+} + Co$

3°) Rôle du pont salin :

- Permer le déplacement des ions pour assurer la neutralité des deux solutions.
- Fermeture du circuit

On ne peut pas le remplacer par un fil conducteur (il ne laisse pas passer les ions)

4°) $E = -0{,}05V$

$E<0 \Rightarrow$ la réaction spontanée est le sens inverse de l'associée : $Co + Ni^{2+} \longrightarrow Ni + Co^{2+}$

5°) $E<0 \Rightarrow V_D < V_G$

$$\begin{cases} Co \text{ est la borne } (-) \\ Ni \text{ est la borne } (+) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} * \text{le sens du courant de } Ni \rightarrow Co \\ * \text{le sens des electrons de } Co \rightarrow Ni \\ \text{à travers le circuit exterieur} \end{cases}$$

Exercice N°2 :

1°)

a- symbole :

$Cd|Cd^{2+}(0{,}01 mol.L^{-1})||Fe^{2+}(x\ mol.L^{-1})|Fe$

équation associée : $Cd + Fe^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Fe$

$$\pi = \frac{[Cd^{2+}]}{[Fe^{2+}]}$$

pont salin :

- Permet le déplacement des ions pour assurer la neutralité des deux solutions.
- Fermeture du circuit

2°)

a- $E_1=0{,}01V=V_D-V_G>0 \Rightarrow V_D>V_G$

$\Rightarrow \begin{cases} \text{Fe est la borne (+)} \\ \text{Cd est la borne (-)} \end{cases}$

b-

$$Cd \longrightarrow Cd^{2+}+2e^-$$
$$Fe^{2+}+2e^- \longrightarrow Fe$$
$$\overline{Cd+Fe^{2+} \longrightarrow Cd^{2+}+Fe}$$

c- $E=E^0-0{,}03.\log\pi \Rightarrow 0{,}03.\log\pi = E^0-E$

$$\Rightarrow \log\pi = \frac{E^0-E}{0{,}03} \Rightarrow \pi = 10^{\frac{E^0-E}{0{,}03}}$$

$$\text{Or } \pi = \frac{[Cd^{2+}]}{[Fe^{2+}]} \Rightarrow [Fe^{2+}] = \frac{[Cd^{2+}]}{\pi} = [Cd^{2+}].10^{-\frac{(E-E^0)}{0{,}03}}$$

$$\Rightarrow [Fe^{2+}] = 0{,}01.10^{\frac{0{,}01+0{,}04}{0{,}03}} = 0{,}464mol.L^{-1}$$

$$\boxed{[Fe^{2+}] = 0{,}464mol.L^{-1}}$$

3°) Si $[Fe^{2+}] = 0{,}1mol.L^{-1}$

a- $E = E0 - 0{,}03.\log\pi = -0{,}04 - 0{,}03.\log\frac{[Cd^{2+}]}{[Fe^{2+}]}$

$$E = -0{,}04 - 0{,}03.\log\frac{0{,}01}{0{,}1} = -0{,}01V$$

$E<0 \Rightarrow V_D < V_G$

$\Rightarrow \begin{cases} \text{Fe est la borne (-)} \\ \text{Cd est la borne (+)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{le sens du courant de } Cd \to Fe \\ \text{à travers le circuit extérieur} \end{cases}$

b- À l'équilibre dynamique

$\begin{cases} \pi = K \\ E = 0 \end{cases}$

$E^0 - 0{,}03\log K = 0$

$$\Rightarrow \underset{\substack{\uparrow \\ \text{relative} \\ \text{à réaction associée}}}{K} = 10^{\frac{E^0}{0{,}03}} = 10^{\frac{-0{,}04}{0{,}03}} = 4{,}6.10^{-2}$$

La réaction spontanée est le sens inverse de l'équation associée

$$\Rightarrow K_{spontanée} = \frac{1}{K_{associée}} = 10^{-\frac{E^0}{0{,}03}} = 21{,}54$$

Equation associée	$Cd + Fe^{2+} \xrightleftharpoons[\text{spontanée}]{} Cd^{2+} + Fe$			
Etat du système				
À l'état initial (t=0)	n_0	0,1	0,01	n_1
À l'état final t_f	n_0+x	$0{,}1+y_f$	$0{,}01-y_f$	n_1-x

$$y_f = \frac{x}{V}$$

$$K=\frac{\left[Cd^{2+}\right]_{éq}}{\left[Fe^{2+}\right]_{éq}}=\frac{0{,}01-y_f}{0{,}1+y_f}=4{,}64.10^{-2}$$

$$\Rightarrow 0{,}01-y_f=\left(0{,}1+y_f\right).4{,}64.10^{-2}$$

$$\Rightarrow 0{,}01-y_f=4{,}64.10^{-3}+4{,}64.10^{-2}y_f$$

$$\Rightarrow 0{,}01-4{,}64.10^{-3}=\left(1+4{,}64.10^{-2}\right)y_f$$

$$\Rightarrow y_f=\frac{0{,}01-4{,}64.10^{-3}}{\left(1+4{,}64.10^{-2}\right)}=5{,}12.10^{-3}mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\left[Cd^{2+}\right]=0{,}01-y_f=4{,}9.10^{-1}mol.L^{-1}\\ \left[Fe^{2+}\right]=0{,}1+y_f=0{,}105.mol.L^{-1}\end{cases}$$

Remarque :

• masse du dépôt formé ?

$n(Cd)_{formé}=x=y_f.V$

$m(Cd)_{formé}=n(Cd)_{formé}.M_{Cd}=y_f.V.M_{Cd}$

• Déterminer $\left[Fe^{2+}\right]$ pour que Fe est la borne (+)

$$\begin{cases}\left[Cd^{2+}\right]_i=0{,}01mol.L^{-1}\\ \left[Fe^{2+}\right]_i=?\ \text{pour que Fe soit la borne (+) : droite}\end{cases}$$

$\Rightarrow E=V_D-V_G>0\Rightarrow$ spontanée est le sens direct

$$\Rightarrow \pi<K\Rightarrow\frac{\left[Cd^{2+}\right]_i}{\left[Fe^{2+}\right]_i}>K=4{,}64.10^{-2}$$

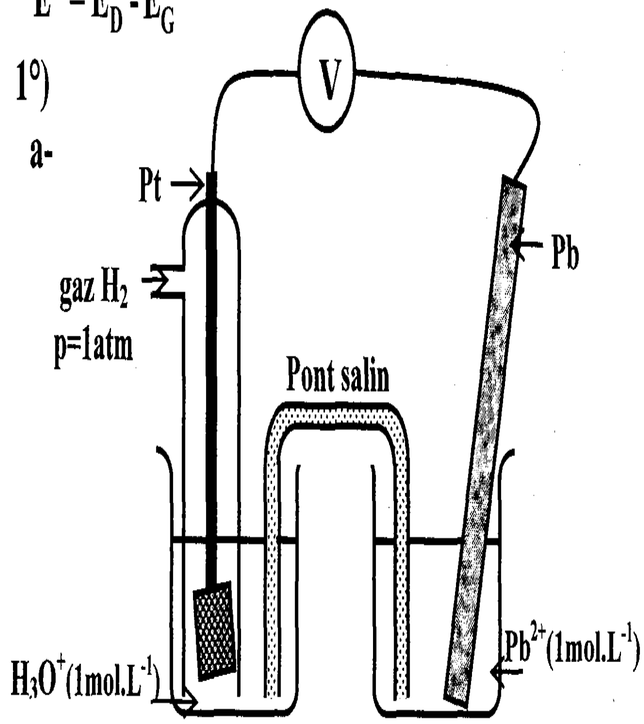
$$\Rightarrow\left[Fe^{2+}\right]_i<\frac{\left[Cd^{2+}\right]_i}{K}=\frac{0{,}01}{4{,}64.10^{-2}}=0{,}215mol.L^{-3}$$

Exercice N°3 :

$E^0=E^0_D-E^0_G$

1°)

a-



$E^0_{(H_3O^+/H_2)}=0$ $\quad$ $E^0_{(Pb^{2+}/Pb)}=?$

Demi pile de réference

Electrode Normale à

Hydrogéne E.N.H

$$E°=E^°_G-E^°_G=E^°_{(Pb^{2+}/Pb)}-E^°_{(H_3O^+/H_2)}$$

$\underset{\text{fem normale}}{E^0} = \underbrace{E^0_{(Pb^{2+}/Pb)}}_{\text{potentiel normale d'électrode d'un couple}}$

Symbole : $Pt|H_2(p = 1atm)|H_3O^+\|Pb^{2+}(1mol.L^{-1})|Pb$

Equation associée : $H_2 + Pb^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + Pb$

b- $E = E^0 = -0,13V < 0 \Rightarrow V_D < V_G$

$\Rightarrow \begin{cases} \text{Pt est la borne (-)} \\ \text{Pb est la borne (+)} \end{cases}$

Equation spontanée est le sens inverse de l'associée :

$$2H_3O^+ + Pb \longrightarrow H_2 + Pb^{2+} + 2H_2O$$

c-

❖ Permet le déplacement des ions pour assurer la neutralité des deux solutions.

❖ Fermeture du circuit

d- $E^0_{(Pb^{2+}/Pb)} = E^0 = -0,13V$

2°)

a- Le symbole : $Co|Co^{2+}\|Pb^{2+}|Pb$

Equation associée : $Co + Pb^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+} + Pb$

$$\pi = \frac{[Co^{2+}]}{[Pb^{2+}]}$$

$E_D - E_G = E^0_{(Pb^{2+}/Pb)} - E^0_{(Co^{2+}/Co)}$

$= -0,13 - (-0,28) = 0,15V$

$K = 10^{\frac{E^0}{0,03}} = 10^{\frac{0,15}{0,03}} = 10^5$

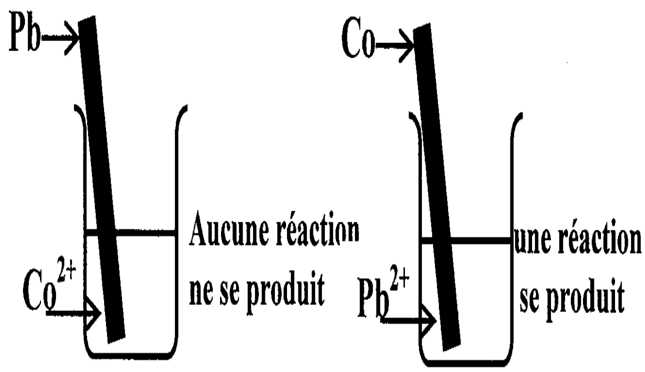
Remarque :

❖ Si $\underline{K>1}$ (Co est plus réducteur que Pb et Pb^{2+} est plus oxydant que Co^{2+})

❖ Plus $E^0_{(Ox/Red)}$ est faible plus le pouvoir réducteur est grand, plus le pouvoir oxydant est faible.

$E^0_{(Co^{2+}/Co)} = -0,28V < E^0_{(Pb^{2+}/Pb)} = -0,13V$

$\begin{cases} \text{Co est plus réducteur que Pb} \\ Co^{2+} \text{ est moins oxydant que } Pb^{2+} \end{cases}$



c- $E = E^0 - 0,03\log\pi$

$\pi = 10^{\frac{E^0 - E}{0,03}} = 10^{\frac{0,15-0,11}{0,03}} =$

$\pi = \frac{[Co^{2+}]}{[Pb^{2+}]} \Rightarrow [Co^{2+}] = [Pb^{2+}]\pi = [Pb^{2+}]10^{\frac{E^0-E}{0,03}}$

$[Co^{2+}] = 5.10 - 2.10^{\frac{0,15-0,11}{0,03}} = 1mol.L^{-1}$

$$K=\frac{[Co^{2+}]_{éq}}{[Pb^{2+}]_{éq}}=10^5 \quad (1)$$

$$\Rightarrow [Co^{2+}]_{éq}+[Pb^{2+}]_{éq}=[Co^{2+}]_i+[Pb^{2+}]_i$$

$$=1+5.10^{-2}=1{,}05mol.L^{-1} \quad (2)$$

$$(1)\rightarrow [Co^{2+}]_{éq}=K.[Pb^{2+}]_{éq}$$

$$(2)\rightarrow K.[Pb^{2+}]_{éq}+[Pb^{2+}]_{éq}=1{,}05$$

$$\Rightarrow [Pb^{2+}]_{éq}=\frac{1{,}05}{1+K}=\frac{1{,}05}{1+10^5}=1{,}05.10^{-5}mol.L^{-1}$$

$$[Co^{2+}]_{éq}=K.[Pb^{2+}]_{éq}=10^5.1{,}05.10^{-5}=1{,}05mol.L^{-1}$$

3°) $Co+Pb^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+}+Pb$

$$Pb^{2+}+2OH^- \longrightarrow Pb(OH)_2$$

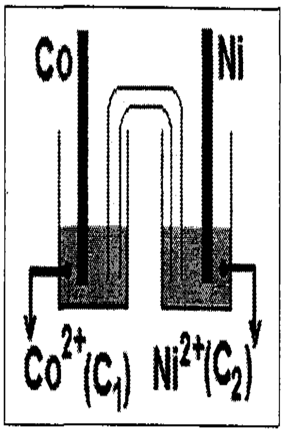
$$\Rightarrow [Pb^{2+}]$$

D'après la loi de modération un réaction se produit dans le sens de la formation de Pb^{2+} c'est le sens inverse $\Rightarrow$ la pile redébite le courant de nouveau de $Co \rightarrow Pb$ dans le circuit extérieur.

Exercice N°4 :

I-

1°) Pour comparer les pouvoirs réducteurs des 2 métaux Co et Ni, il suffit de comparer les potentiels normaux (ou standard) des couples (Co^{2+}/Co) et (Ni^{2+}/Ni).



Celui qui a le potentiel normal le plus petit, est le plus réducteur.

$E_1^0=-0{,}28V < E_2^0=-0{,}25V \Rightarrow$ Co plus réducteur que **Ni.**

2°) On a la pile $(Co|Co^{2+}(C_1)\|Ni^{2+}(C_2)|Ni)$.

Son équation associée est: $Co+Ni^{2+} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} Co^{2+}+Ni$

La fem de la pile est : $E=E^0-\frac{0{,}06}{n}\log\Pi$

avec $n=2$, $E^0=E_2^0-E_1^0=0{,}03$ V et $\Pi=\frac{[Co^{2+}]}{[Ni^{2+}]}=\frac{C_1}{C_2}$.

À l'équilibre dynamique, on a : **$E=0$ et $\Pi=K$**

$$\Rightarrow K=10^{\frac{E^0}{0{,}03}}=10.$$

3) Si $C_1=C_2$ alors $\Pi=1$. Donc $E=E^0=0{,}03V$.

♦$E>0 \Rightarrow$ Le pôle négatif est à gauche (Co). Donc Co cède les e^- et la réaction spontanée est le **sens** (1) de l'équation associée : $Co+Ni^{2+}\rightarrow Co^{2+}+Ni$

♦Autre méthode : $\pi=1<K$. Donc la réaction spontanée

... de l'équation associée.

4°) Pour avoir Co le pôle positif, il faut $E < 0$ (car Co est à gauche) $\Rightarrow E^0 - 0,03 \log \Pi < 0 \Rightarrow$

$$\Pi > 10^{\frac{E^0}{0,03}} = K \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} > K \Rightarrow C_1 > 0,1 mol.L^{-1}.$$

5°) $\underline{C_1 = 0,5 mol\,L^{-1}}$ et $\underline{C_2 = 10^{-2} mol\,L^{-1}}$

a-La fem initiale : $E = E^0 - 0,03 \log \Pi$

avec $\Pi = \frac{C_1}{C_2} = 50$ et $E^0 = 0,03V \Rightarrow E = -0,021V$

b-$\Pi = 50 > K \Rightarrow$ la réaction spontanée est le sens (2) de l'équation associée : $Ni + Co^{2+} \rightarrow Ni^{2+} + Co$

Sa constante d'équilibre est $K' = 1/K = 0,1$.

c- $E' = \frac{E}{3} = E^0 - 0,03 \log \Pi$

$$\Rightarrow \Pi = \frac{C'_1}{C'_2} = 10^{\frac{E^0 - E'}{0,03}} = 17,11 \Rightarrow \boxed{C'_1 = 17,11\ C'_2}\ (1).$$

Aussi, $E' = -0,07V < 0 \Rightarrow$ la réaction spontanée est le sens (2) de l'équation associée.

Donc $n(Co^{2+})$ **réagi** $= n(Ni^{2+})$ **formé**

$$\Rightarrow C_1V - C'_1V = C'_2V - C_2V \Rightarrow \boxed{C'_1 + C'_2 = C_1 + C_2}\ (2)$$

(1) et (2) donnent :

(2) $C'_2 = 2,82.10^{-2}$ mol.L^{-1} et $C'_1 = 0,482$ mol.L^{-1}.

d-A l'équilibre : $\Pi = K = 10 \Rightarrow C'_1 = 10C''_2$ (3) et

$C''_1 + C''_2 = C_1 + C_2$ (4).

Les équations (3) et (4) donnent :

$C''_2 = 4,64.10^{-2}$mol.L^{-1} et $C''_1 = 0,464$ mol.L^{-1}

♦ A gauche (pôle +) il y a réduction de Co^{2+} qui donne un dépôt de cobalt de masse $m_1 = n_1.M_1$

avec $n_1 = n(Co)$ **formé** $= n(Co^{2+})$ **réagi** $= y.V$

$n_1 = (C_1 - C''_1).V$. D'où $m_1 = (C_1 - C''_1).V.M_1 \Rightarrow m_1 = 0,106g$

♦ A droite (**pôle –**) il y a oxydation de l'électrode **Ni** dont la masse va diminuer de $m_2 = n_2.M_2$ avec

$$n_2 = n(Ni)\text{réagi} = n(Ni^{2+})\text{formé} = (C''_2 - C_2).V = y.V$$

D'où $m_2 = (C_2 - C''_2).V.M_2 = 0,107g$.

f- On augmente $[Ni^{2+}]$ de $4,64.10^{-2}$ à $0,3 mol.L^{-1}$. Alors $\Pi = \frac{[Co^{2+}]}{[Ni^{2+}]}$, qui était égal à **K**, va diminuer et devient inférieur à **K**. Il se passe alors la réaction spontanée : $Co + Ni^{2+} \rightarrow Co^{2+} + Ni$ qui est le **sens (1)** de l'équation associée. Donc :

♦ La pile va recommencer à débiter du courant dans le circuit extérieur de **Ni (pôle +)** vers **Co**.

♦ La fem devient positive. Sa valeur initiale est

$$E = 0,03 - 0,03 \log \frac{0,464}{0,3} = 24,3\ mV.$$

♦ La masse de Co diminue et celle de Ni augmente.

II- $\underline{\text{Pile}}$ $(Fe|Fe^{2+}(C_1)\|Cd^{2+}(C_2)|Cd)$: $\underline{E_i = 0,07\ V}$

L'équation associée à cette pile est:

$$Fe + Cd^{2+} \rightleftharpoons Fe^{2+} + Cd$$

1°) Lorsque le courant s'annule, on a un équilibre dynamique dans la pile : $E = 0$ et $\Pi = K$.

$\Rightarrow 0{,}03 \log K = 0 \Rightarrow E^0 = 0{,}03 \log K$

avec $K = \frac{[Fe^{2+}]_{éq}}{[Cd^{2+}]_{éq}} = \frac{C_1'}{C_2'} = \frac{43}{2} = 21{,}5 \Rightarrow \underline{E^0 = 0{,}04V.}$

$E^{\circ} = E^{\circ}(Cd^{2+}/Cd) - E^{\circ}(Fe^{2+}/Fe) > 0.$

Donc $E^{\circ}(Fe^{2+}/Fe) < E^{\circ}(Cd^{2+}/Cd).$

Le fer est alors plus réducteur que le cadmium.

2°) La fem initiale est $E_i = 0{,}07V > 0$. La réaction spontanée est le sens (1) de l'équation associée.

Donc $[Cd^{2+}]$ diminue et $[Fe^{2+}]$ augmente lorsque la pile débite.

♦ Au départ $E_i = E^{\circ} - 0{,}03 \log \frac{C_1}{C_2}$

$\Rightarrow \log \frac{C_1}{C_2} = \frac{E_i - E^0}{0{,}03} = -1 \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = 0{,}1 \Rightarrow \boxed{C_2 = 10\, C_1}$

♦ A l'équilibre $n(Cd^{2+})_{réagi} = n(Fe^{2+})_{formé}$

$\Rightarrow (C_2 - C_2').V_2 = (C_1' - C_1).V_1 \Rightarrow \boxed{2C_2 + C_1 = 2C_2' + C_1'}$

D'où : $C_1 = 2{,}24.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ et $C_2 = 2{,}24.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

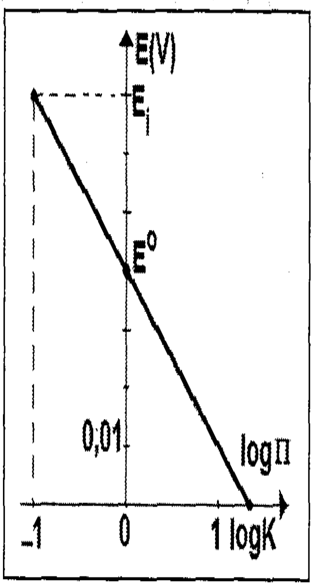
3°) La courbe $E = f(\log\Pi)$ est une droite d'équation :

$E = -0{,}03 \log \Pi + 0{,}04$ avec $0 \leq E \leq 0{,}07V.$

$E = E_i = 0{,}07\ V \Rightarrow \log\Pi = -1$

$E = E^0 = 0{,}04\ V \Rightarrow \log \Pi = 0$

$E = 0 \Rightarrow \log \Pi = \log K = 1{,}33.$



Exercice N°5 :

1°)

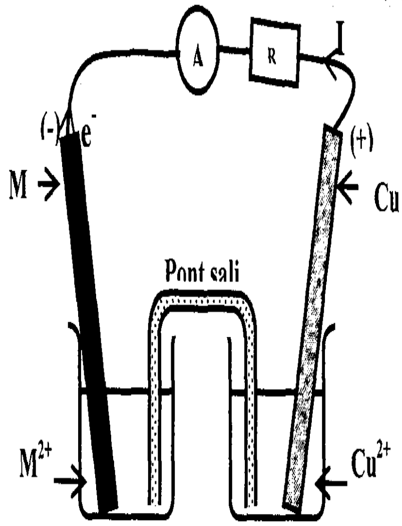
a- Le métal M attaque une solution de $(H^+ + Cl^-)$ donc M est plus réducteur que **l'Hydrogène.**

Le cuivre ne réagit pas avec la solution de $(H^+ + Cl^-)$ donc le cuivre Cu est moins réducteur que **l'Hydrogène.**

$\Rightarrow$ M est plus réducteur que Cu

$\Rightarrow$ M est la bornes (-) et Cu est la borne (+) $\left([Cu^{2+}] = [M^{2+}]\right)$

b-



c- Au niveau de l'électrode M(-)

$M \longrightarrow M^{2+} + 2e^-$

Au niveau de l'électrode Cu(+)

$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

Equation de la réaction spontanée

$M + Cu^{2+} \longrightarrow M^{2+} + Cu$

a- La fem c'est la tension à vide (c'est la **d.d.p**) tel que

$$[M^{2+}]=[Cu^{2+}]=1mol.L^{-1}$$

$$E^0=E^0_D-E^0_G=E^0_{(Cu^{2+}/Cu)}-E^0_{(M^{2+}/M)}$$

b- $E^0_{(M^{2+}/M)}=E^0_{(Cu^{2+}/Cu)}-E^0$

$$=0,34-0,78=-0,44V$$

c- le métal **M** est le Fer **Fe**

d- Pour déterminer le potentiel normal d'électrode $E^0_{(M^{2+}/M)}$ on réalise une pile constituée par un couple (M^{2+}/M) placé à droite et **ENH** à gauche. La mesure de la tension à vide de cette pile ($E^0=E^0_{(M^{2+}/M)}-\underbrace{E^0_{(H_3O^+/H_2)}}_{=0}=E^0_{(M^{2+}/M)}$) corresponde à $E^0_{(M^{2+}/M)}$

Exercice N°6 :

$$Zn|Zn^{2+}||Ni^{2+}|Ni$$

1°)

a- $E=f(\log(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]}))$ est une droite qui ne passe pas par l'origine donc $E=A+B\log(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]})$

b- A=E si $\log(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]})=0$

$\Rightarrow \frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]}=1\Rightarrow [Zn^{2+}]=[Ni^{2+}]$ donc $A=E^0$ **représente la fem normale**

2°)

a- $E^0=0,51V$

b- $E^0=E^0_D-E^0_G=E^0_{(Ni^{2+}/Ni)}-E^0_{(Zn^{2+}/Zn)}$

$$\Rightarrow E^0_{(Ni^{2+}/Ni)}=E^0+E^0_{(Zn^{2+}/Zn)}=-0,25V$$

c- $E^0_{(Ni^{2+}/Ni)}>E^0_{(Zn^{2+}/Zn)}\Rightarrow$ Zn est plus réducteur que Ni

3°) $\log(\frac{[Zn^{2+}]}{[Ni^{2+}]})=2\Rightarrow E=0,45V$

a-

$$E=E_D-E_G>0\Rightarrow E_D>E_G$$

$\Rightarrow \begin{cases}\text{Ni est la borne (+)}\\ \text{Zn est la borne (-)}\end{cases}$

$$Zn\longrightarrow Zn^{2+}+2e^-$$

$$Ni^{2+}+2e^-\longrightarrow Ni$$

Equation spontanée : $Zn+Ni^{2+}\longrightarrow Zn^{2+}+Ni$

...ns du courant est du Zn vers Ni à l'intérieur de la pile.

4°) $E=0 \Rightarrow \pi=K \Rightarrow$ C'est l'équilibre dynamique

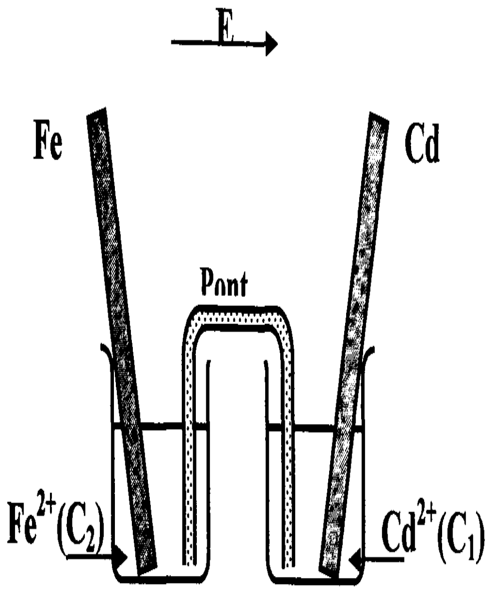
$\Rightarrow$ pas de variation des concentrations.

Exercice N°7 :

Pile $(Fe|Fe^{2+}(C_2)\|Cd^{2+}(C_1)|Cd$

1°) L'équation associée à cette pile :

$Fe + Cd^{2+} \rightleftarrows Fe^{2+} + Cd$



2°) $E=E°-0,03\log\pi$ avec $\pi = \dfrac{C_2}{C_1}$

$\Rightarrow E = E° - 0,03\log\left(\dfrac{C_2}{C_1}\right)$

3°)

a- $E= a.\log C_1+b$ avec $b=0,07V$ et $a=\dfrac{(0,07-0,04)}{(0+1)}=0,03$

D'où l'équation de la courbe : $E=0,03\log C_1+0,07$

b- $E=E°-0,03\log\dfrac{C_2}{C_1}$

$\Rightarrow E = E° + 0,03\log C_1 - 0,03\log C_2$

Par identification

$E° - 0,03\log C_2 = 0,07 \Rightarrow E° = 0,07 + 0,03\log C_2$

$\Rightarrow E° = 0,04V$

c- $E° = E°_{(Cd^{2+}/Cd)} - E°_{(Fe^{2+}/Fe)}$

$\Rightarrow E°_{(Cd^{2+}/Cd)} = E° + E°_{(Fe^{2+}/Fe)} = 0,04 - 044 = -0,4V$

$E°_{(Cd^{2+}/Cd)} > E°_{(Fe^{2+}/Fe)} \Rightarrow$ Le fer Fe est plus réducteur que le Cadmium Cd.

d- La pile ne débite pas de courant $\Rightarrow E=0$

$\Rightarrow 0,07 + 0,03\log C_1 = 0 \Rightarrow \log C_1 = \dfrac{-0,07}{0,03}$

$\Rightarrow C_1 = 4,64.10^{-3} mol.L^{-1}$

Pour l'équation associée :

$\pi = K = \dfrac{C_2}{C_1} = \dfrac{0,1}{4,64.10^{-3}} \Rightarrow K = 21,5$

4°)

a- $E_i = E° - 0,03\log\dfrac{C_2}{C_1} = 0,04 - 0,03\log 10^3 \Rightarrow E_i = -0,05V$

Cd est le pôle négatif. Donc la réaction spontanée est :

	$Cd + Fe^{2+} \longrightarrow Cd^{2+} + Fe$
À t=0	$C_2V \quad C_1V$
À $t=t_f$	$C_2V-x_f \quad C_1V+x_f$

$C_2V-x_f = C'_2V \Rightarrow x_f = (C_2 - C'_2)V$

$C_1V+x_f = C'_1V \Rightarrow x_f = (C'_1 - C_1)V$

Cherchant C'_1 et C'

$$K = \frac{C'_2}{C'_1} \Rightarrow C'_2 = K.C'_1$$

$$C'_1 - C_1 = C_2 - C'_2 \Rightarrow C'_1 + C'_2 = C_1 + C_2$$

$$\Rightarrow C'_1(1+K) = C_1 + C_2 \Rightarrow C'_1 = \frac{C_1 + C_2}{1+K}$$

AN : $C'_1 = \frac{1,001}{26,5} = 4,45.10^{-2} mol.L^{-1}$

et $C'_2 = 21,5 \times \cancel{3,78.10^{-2}} = 0,957 mol.L^{-1}$

c- La masse de la lame de fer augmente de

$\Delta m = x_f.M = (C'_1 - C_1).V.M$

$\Rightarrow \Delta m = (4,45.10^{-2} - 10^{-3}) \times 0,1 \times 56 = 0,244g$

d- À l'équilibre $\Pi = K = \frac{C'_2}{C'_1}$. Pour inverser la polarité de la pile (Fe devient le pôle négatif), il faut que la réaction spontanée soit le sens direct de l'équation associée $\Rightarrow$ il faut rendre $\Pi < K$. Donc, il faut diminuer C'_2 (diluer la solution de Fe^{2+})

Exercice N°8 :

P_1 : oxyde de manganèse

$Zn(OH)_4^{2-}/Zn$ et $MnO_2/MnOOH$

P_2 : oxyde de mercure

$Zn(OH)_4^{2-}/Zn$ et HgO/Hg

1°) Zn s'oxyde $\Rightarrow$ subit une oxydation $\Rightarrow$ Zn est la borne (-) c'est **l'anode**

Anode : $Zn(OH)_4^{2-}/Zn$

Cathode : $MnO_2/MnOOH$

2°) KOH (gélifiée)

3°) Symbole de la pile : $Zn|Zn(OH)_4^{2-}||HgO|Hg$

C- Devoirs

Durée : 3 heures	Devoir de Synthèse N°2 Sciences – Physique	$4^{ème}$

La température des solutions est de 25°C. A cette température $K_e = 10^{-14}$

Partie Chimie :

Exercice N° 1 :

Une solution (S) de la monobase faible ammoniac (**NH_3**) de concentration **$C = 10^{-2}$ mol.L^{-1}** a un **pH = 1,6.**

1°) Dresser le tableau descriptif d'avancement volumique relatif à la réaction de dissociation de l'ammoniac dans l'eau.

2°)

a- montrer que le taux d'avancement final de cette réaction est donnée par la relation :

$$\tau = \frac{10^{pH-pke}}{C}.$$

b- En déduire que **NH_3** est faiblement ionisé dans la solution (S).

3°)

a- en utilisant des approximations que l'on précisera, montrer que la constante d'acidité Ka du couple NH_4^+/NH_3, vérifie la relation : $\frac{ke}{ka} = C\tau^2$.

b- déduire de cette relation, l'expression du p_{Ka} de ce couple en fonction de C, pH et pke.

c- calculer la valeur du pk du couple NH_4^+/NH_3.

Exercice N° 2 :

L'ionisation de l'acide butanoïque **C_4H_7COOH** dans l'eau est limitée tandis que celle de l'acide nitrique **HNO_3** dans l'eau est totale.

I-

1°) Ecrire l'équation chimique de la réaction de chacun des deux acides avec l'eau.

2°)

a- Rappeler l'expression du **pH** d'une solution aqueuse d'un monoacide fort en fonction de sa concentration **C.**

b- Montrer que l'expression du **pH** d'une solution 'un monoacide faiblement ionisé en fonction de sa concentration **C** et du **pKa** du couple acide/base correspondant vérifie la relation : $pH = \frac{1}{2}(pka - \log C)$.

II- Un chimiste dispose de deux flacons contenant chacun l'une des deux solutions aqueuses (**A**) et (**B**) de ces deux acides de concentrations molaires respectives **C_1** et **C_2**. Il dilue **10 fois** chacune des deux solutions pour obtenir deux nouvelles solutions notées respectivement (**A'**) et (**B'**). Les mesures des pH des solutions **(A), (B) (A') et (B')** figurent dans le tableau ci-dessous :

solutions	concentrations	pH
(A)(mère)	C_1	$pH_A = 3,4$
(A') (diluée)	$C'_1 = \frac{C_1}{10}$	$pH_{A'} = 3,9$
(B)(mère)	C_2	$pH_B = 2$
(B') diluée	[illegible]	$pH_{B'} = 3$

1°) Montrer que pour l'acide nitrique, le pH de la solution diluée vérifie la relation : $\mathbf{pH_{diluée} = pH_{mère} + 1}$.

2°)

a- En déduire la nature des acides dissous dans les solutions **(A) et (B).**

b- Sachant que $C_1 = C_2 = C_0$, **calculer** C_0.

3°)

a-Pour la solution aqueuse d'acide butanoïque de concentration C_0, déterminer les concentrations molaires des différentes entités chimiques, autres que l'eau, présentent dans la solution.

b- en déduire le pKa du couple acide-base correspondant.

4°)

a- Calculer le taux d'avancement final des réactions chimiques dans les solutions **(A), (A'), (B) et (B').**

b- En déduire l'influence de la dilution sur le déplacement de l'équilibre chimique dans le cas des acides faibles.

Partie Physique :

Exercice N° 1 :

Un pendule élastique horizontal, constituée d'un ressort R linéaire de raideur $\mathbf{K = 400N.m^{-1}}$ et d'un solide (C) de masse $\mathbf{M = 20\ g}$, mis en oscillations forcées sinusoïdales par un moteur tournants dus au contact solide tige sont négligeables et les forces de frottement visqueux agissant sur la palette qui fait partie du solide sont équivalents à une force unique d'expression $\vec{f} = -h.\vec{v}$ ou h est une constante positive et $\vec{v}$ le vectrice vitesse du solide (c).

La force excitatrice exercée par le moteur a pour expression: $\vec{F} = F_m \sin(2\pi.N.t).\vec{i}$ **(fig 1).** Le solide (C) prend alors un mouvement de translation rectiligne sinusoïde d'élongation **x(t).**

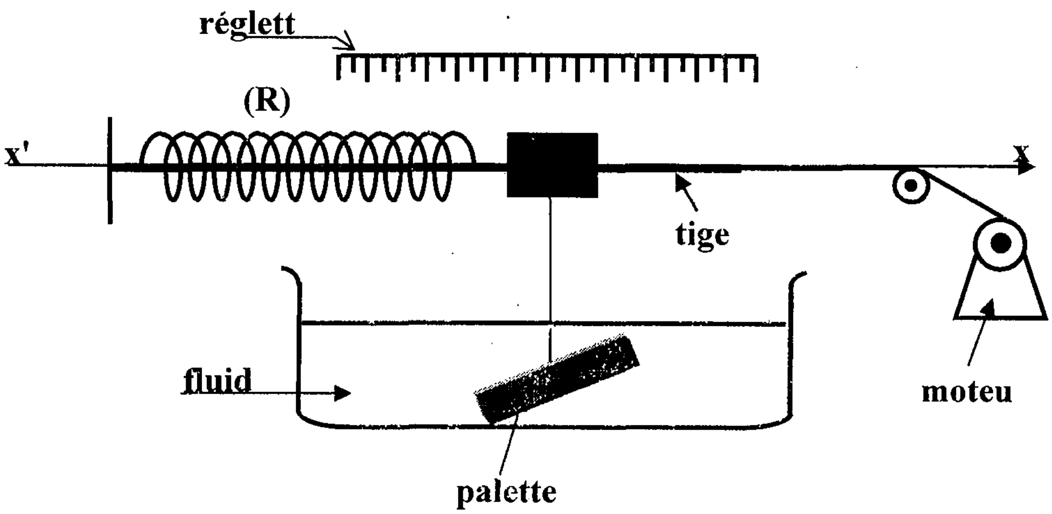


Figure 1

La figure (2) donne les variations de l'amplitude X_m des oscillations de (C) en fonction de la fréquence N de la force excitatrice.

1°) Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide (C) vérifiée par la variable **x(t).**

2°) Faire une construction de Fresnel dans le cas ou N □ N_0 avec N_0 la fréquence propre de l'oscillateur.

3°) Montrer les relations suivantes :

$X_m = \frac{F \ldots}{\sqrt{4.\pi^2.h^2 \ldots}}$ … $= \frac{2.\pi.N.h}{k - 4.\pi^2.N^2.M}$

4°) Déterminer à partir de la courbe $X_m = f(N)$:

a- La fréquence N_r de la résonance d'élongation de l'oscillateur.

b- Les amplitudes des oscillations de (c) pour N tendant vers zéro et pour $N = N_r$.

c- La valeur maximale F_m de la force excitatrice.

5°) La fréquence de la résonance d'élongation N_r est liée à la fréquence propre N_0 de l'oscillateur par la relation : $N_r^2 = N_0^2 - \dfrac{h^2}{8\pi^2 M^2}$, déduire alors :

a- La valeur de **h**.

b- L'expression de **x(t)** à la résonance d'élongation.

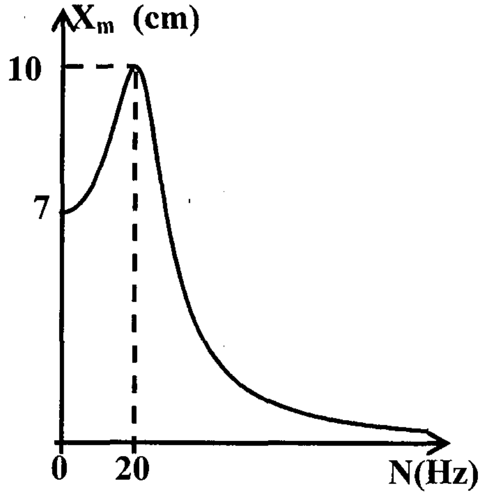


Figure 2

6°)

a- montrer qu'il existe une valeur h_0 de **h** au-delà de laquelle il n'existe plus de résonance d'élongation. Déterminer h_0.

b- Représenter $X_m = f(N)$ pour h_1 □ **h** (calcul dans **5°) a-)**.

7°) Etablir à l'aide de l'analogie mécanique – électrique, l'expression de la charge maximale Q_m en fonction de **N**. Tracer l'allure de la courbe $Q_m = f(N)$ et noter approximativement sur la tracé la position de la fréquence **Nr** correspondant à la résonance de charge par rapport à la fréquence propre N_0 de l'oscillateur. Quel est l'effet d'une augmentation de valeur de la résistance **R** sur l'allure de cette courbe.

8°)

a- En ce basant sur la 3éme question, écrire l'expression de V_m (amplitude de vitesse du solide (C)) en fonction de **F_m, h, M, N et K.**

b-

➢ En déduire l'expression et la valeur de la fréquence correspond au maximum de cette amplitude.

➢ Représenter **F(t)** et **f(t)** sur le même système d'axes dans ce cas.

Exercice N° 2 :

Une lame vibrante communique à l'extrémité **S** d'une corde élastique tendue horizontalement de longueur **L = 0,8 m**, un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical de fréquence **N =100 Hz** et d'amplitude **a = 2 mm**. L'autre extrémité de cette corde comporte un dispositif qui empêche la réflexion des ondes. On néglige l'amortissement des ondes. La source **S** débute son mouvement à l'instant de date $t_0 = 0_s$ à partir de sa position d'équilibre en se déplaçant dans le sens négatif descendant. La célérité de l'onde est $V = 10\ m.s^{-1}$.

1°)

a- L'onde observée est-elle transversale ou longitudinale ? justifier.

b- Qu'observe-t-on en lumière normale et en lumière stroboscopique lorsque la fréquence des éclairs est $N_e = 50$ Hz.

c- Définir et calculer la longueur d'onde λ.

2°)

a- Déterminer l'équation horaire $y_s(t)$ du mouvement de (s).

b- Montrer que l'équation de l'onde progressive s'écrit sous la forme :

$y(t, x) = 2.10^{-3}\sin(200\pi t - 2$ … x … sont exprimés en mètre)

3°)

a- Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point **A** d'abscisse $\mathbf{x_A = 17{,}5\ cm}$.

b- Représenter dans le même système d'axes, les diagrammes des mouvements de **S** et **A**. Comparer leurs mouvements.

c- Calculer la vitesse du point **A** à cet instant $\mathbf{t_2}$.

4°)

a- Représenter l'aspect de la corde à la date $\mathbf{t_1 = 3{,}25.10^{-2}s}$.

b- Déduire l'aspect de la corde à la date $(\mathbf{t_1} + \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{4}})$

c- En déduire les abscisses des points de la corde qui à la date $\mathbf{t_1 = 3{,}25.10^{-2}s}$ ont la même élongation que le point A et une vitesse négative.

5°) En supposant que la source s'est arrêtée brusquement après avoir effectuer une oscillation, représenter l'aspect de la corde à la date $\mathbf{t_1 = 3{,}25.10^{-2}s}$.

Exercice N° 3 : (3 points)

Etude d'un texte documentaire

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calme de certaines rivières. Très léger, cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes. Malgré sa discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond. Cet ombres sont la séquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte.
Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par milieu. Le schéma (figure 3) donne une vue en coupe de l'onde crée par une patte du gerris à la surface de l'eau à un instant t.
O est le point source : point de surface ou est crée l'onde.

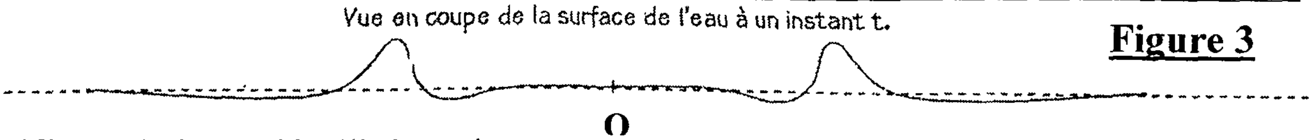


Figure 3

1°) Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau.

2°) L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiées de transversale ou de longitudinale ? justifier la réponse.

3°) Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.

4°) La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{100}}$ (figure 4). Calculer la célérité de l'onde.

Figure 4

Durée : 2 heures	Devoir de contrôle N° 3 Sciences Physiques	$4^{ème}$

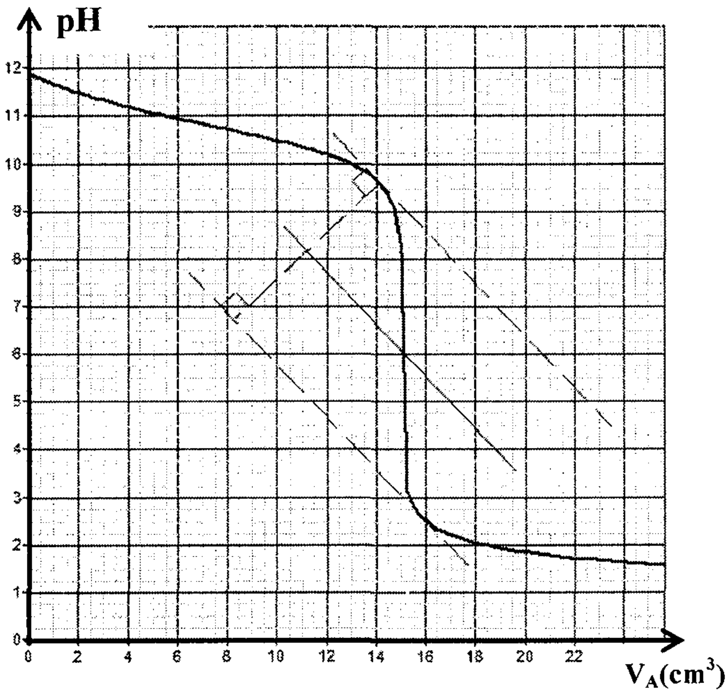
Partie Chimie :

Exercice N° 1 :

On donne : $K_e = 10^{-14}$

On dispose d'une solution aqueuse **(S_B)** d'une monobase **B** de concentration molaire C_B et d'une solution aqueuse **(S_A)** d'acide chlorhydrique **($H_3O^+ + Cl^-$)** de concentration molaire C_A.

On donne un volume $V_B = 30\ cm^3$ de la solution **(S_B)** par la solution **(S_A)**. A l'aide d'un pH- mètre, on suit l'évolution du pH du milieu réactionnel. Les résultats de mesure ont permis de tracer la courbe suivante :



1°)

a- La base **B** est-elle forte ou faible ? justifier.

b- Déterminer le **pKa** du couple **BH^+/B.**

2°)

a- Rappeler l'expression du **pH** d'une solution d'une monobase faiblement ionisée.

b- Sachant que la base **B** est faiblement ionisée, vérifier que la concentration molaire de la solution **(S_B)** est $C_B = 0,1\ mol.L^{-1}$

3°)

a- Ecrire l'équation de la réaction de dosage. Montrer que cette réaction est pratiquement totale.

b-

* Définir l'équivalence acido-basique.

* En déduire la concentration molaire C_A de la solution **(S_A)**

c- Interpréter le caractère acide du mélange à l'équivalence.

4°) Lequel des trois indicateurs cités ci-dessous paraît le mieux approprié à ce dosage ? justifier.

Indicateur	Rouge de Congo	Rouge de Méthyle	phénophtaléine
Zone du virage	3,0 – 4,6	4,8 – 6,3	8,2 – 10,0

5°) On utilise maintenant **20 cm^3** de solution **(S_B)** aux quel on ajoute **5 cm^3** de la solution **(S_A).**

a- Déterminer le **pH** de la solution (**S'**) ainsi obtenue.

b- Qu'appelle-t-on la solution (**S'**). préciser ses propriétés.

6°) On refait le même dosage en ajoutant au volume $V_B = 30\ cm^3$ de la solution **(S_B),** un volume **V** d'eau distillée. Quelle est l'influence de cette dilution sur :

a- Le **pK_a** du couple **BH^+/B**. justifier la réponse.

b- Le **pH** du mélange à l'équivalence.

Exercice N°2 :

On considère la pile symbolisée par $\mathbf{Sn|Sn^{2+}\left(10^{-1}mol.L^{-1}\right)\|Zn^{2+}\left(10^{-1}mol.L^{-1}\right)|Zn}$.

1°)

a- Représenter, avec toutes les indications utiles, cette pile par un schéma.

b- Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.

2°) On relie les deux électrodes de la pile par un circuit extérieur.

a- Préciser la polarité des bornes et le sens de circulation du courant dans le circuit extérieur de la pile.

b- Ecrire les équations des demi-réactions dans chaque demi-pile. En déduire l'équation de la réaction spontanée.

PHYSIQUE

Exercice N° 1 :

On considère une cuve à onde contenant de l'eau. A laide d'une réglette fixée à un vibreur, on produit à la surface de cette eau une onde rectiligne progressive de fréquence constante et égale à **30 Hz**.

I-Dans une première expérience et avec une célérité **v**, on place une plaque en verre sur le trajet des ondes qui empêche toute propagation au-delà d'elle. La plaque fait un angle $\alpha = 25°$ avec la direction de propagation de l'onde (**figure 1**).

1°) Déterminer graphiquement la longueur d'onde λ, déduire sa célérité **v**.

2°) Quel est le phénomène qui se produit au cours de cette expérience ?

3°)

a- Déterminer l'angle d'incidence i_1 ?

b- Schématiser la surface de l'eau en précisant la direction de propagation de l'onde après la rencontre de la plaque en verre (sur la figure1).

Echelle : **1 cm** est représenté par **2 cm.**

II- Dans une deuxième expérience, on ajoute à la cuve à ondes de l'eau de façon à obtenir deux milieux **(I) et (II)** de profondeurs différentes. La surface de séparation des deux milieux fait le même angle $\alpha = 25°$ avec la direction de propagation de l'onde.

1°) a. l'onde subit-elle un changement au niveau de la surface de séparation des deux milieux. De quel phénomène s'agit-il ?

b. comment peut on mettre en évidence expérimentalement que la fréquence **N = 30 Hz** reste inchangée lorsque l'onde passe d'un milieu à l'autre.

2°) sachant que la longueur d'onde dans le milieu (I) est $\lambda_1 = 9.10^{-3}$ **m** et la célérité de l'onde dans le milieu (II) est $v_2 = 0{,}15\ m.s^{-1}$, déterminer la célérité v_1 de l'onde dans le milieu (I) et la longueur d'onde λ_2 dans le milieu (II).

3°) Sachant que l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont liés par :
$v_2.\sin i_1 = v_1.\sin i_2$, calculer l'angle de réfraction i_2.

4°) Représenter sur la **figure 2**, l'aspect de la surface de l'eau éclairée par un stroboscope de fréquence $N_e = N = 30$ **Hz.**

Echelle : **1 cm est représenté par 2 cm.**

III- On supprime la plaque de verre, la profondeur de l'eau est la même dans le cuve à onde. La célérité de propagation de l'onde est $v = 0{,}21\ m.s^{-1}$. La fréquence du vibr[illegible]
N = 30 Hz. A la distan[illegible] [illegible] largeur **a = 0,4 cm**

1°)

a- De quel phénomène s'agit-il ? Le définir.

b- Représenter l'aspect de la surface de l'eau de part et d'autre de la fente (**figure 3**). Echelle : **1 cm est représenté par 2 cm.**

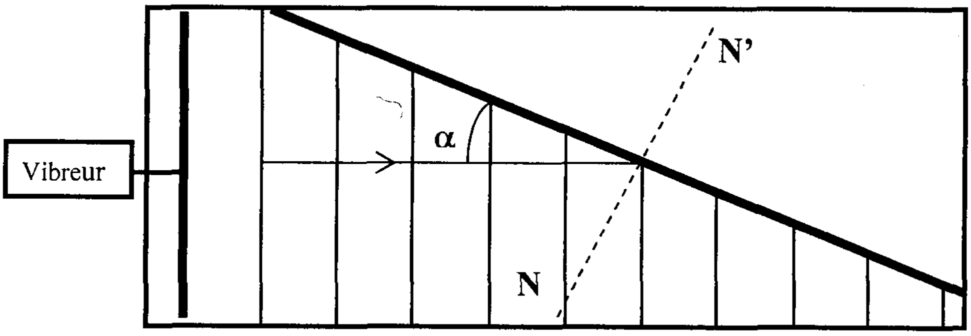
2°) On fait varier la fréquence N du vibreur et on mesure à chaque fois la longueur d'onde λ correspondante. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

N (Hz)	**30**	**20**	**10**
λ (mm)	**7**	**10**	**19**

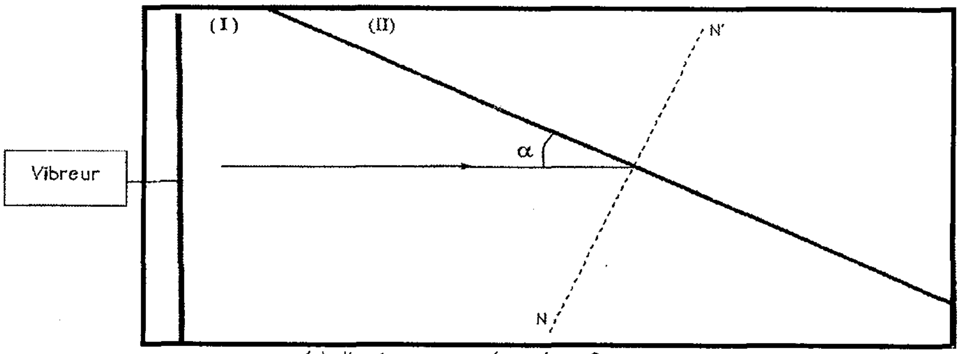
a- Calculer la célérité **v** de l'onde périodique pour chaque fréquence.

b- Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

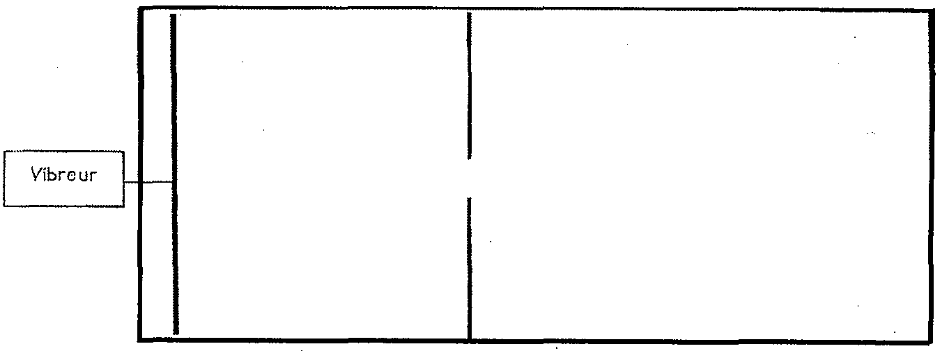
c- Comment appelle-t-on ce phénomène ?



Echelle : 1cm est représenté par 2 cm figure 1



échelle : 1cm est représenté par 2 cm Figure 2



échelle : 1cm est représenté par 2 cm Figure 3

Exercice N° 2 :

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

L'origine des temps est choisie à l' instant où (S) commence à vibrer en se déplaçant vers le haut, sens choisi comme sens positif des élongations.

On suppose qu'il n'ya ni amortissement ni réflexion des ondes.

L'équation horaire du mouvement de (S) est : $y_s = a \sin(100\,\pi\, t)$ **(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 :

- ❖ $N_e = 25$ **Hz ?**
- ❖ $N_e = 26$ **Hz ?**

Justifier la réponse.

4°) Sachant qu'à l'instant de date **t = 0,02s,** le front d'onde est à 8.10^{-3}**m** de (S).

Calculer les valeurs de la longueur d'onde et de la célérité de propagation de l'onde.

5°) Soit un point M de la surface de l'eau à une distance **r = 3,6 cm** de la source (S).

a- Etablir l'équation horaire $y_M(t)$ 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).**

6°) Représenter à l'échelle réelle l'aspect de la surface de l'eau à l'instant de date **t = 0,08s**.

Durée : 2 heures	Devoir de Synthèse N°3 Sciences – Physique	4ème

CHIMIE

Exercice N°1 :

On donne : **$E°(Co^{2+}/Co) = -0,28V$ et $E°(Ni^{2+}/Ni) = -0,25V$**.

1°) On réalise la pile **(P_1)** formée par la demi- pile normale à hydrogène **(E.N.H)** placée à gauche et la demi- pile correspondant au couple **(Co^{2+}/Co)** avec **$[Co^{2+}] = 1mol.L^{-1}$** à droite.

a- Donner le symbole et le schéma avec toutes les précisions nécessaires de cette pile. Ecrire l'équation associée à cette pile.

b- Définir le potentiel normal d'électrode d'un couple redox.

c- Déterminer la fem **E_1** de la pile **(P_1)** et déduire sa polarité.

2°) On forme la pile **P_2** de symbole : $\mathbf{Ni|Ni^{2+}\left(10^{-3}mol.L^{-1}\right)\|Co^{2+}\left(C_2\right)|Co}$. Sa fem initiale est **$E_2 = -0,15V$**.

a- Ecrire l'équation de la réaction spontanée qui va se passer si on ferme le circuit de la pile.

b- Calculer la constante d'équilibre de cette réaction et la valeur de **C_2**.

c- Quelles valeurs de **C_2** doit-on choisir pour inverser la polarité de cette pile?

Exercice N°2 :

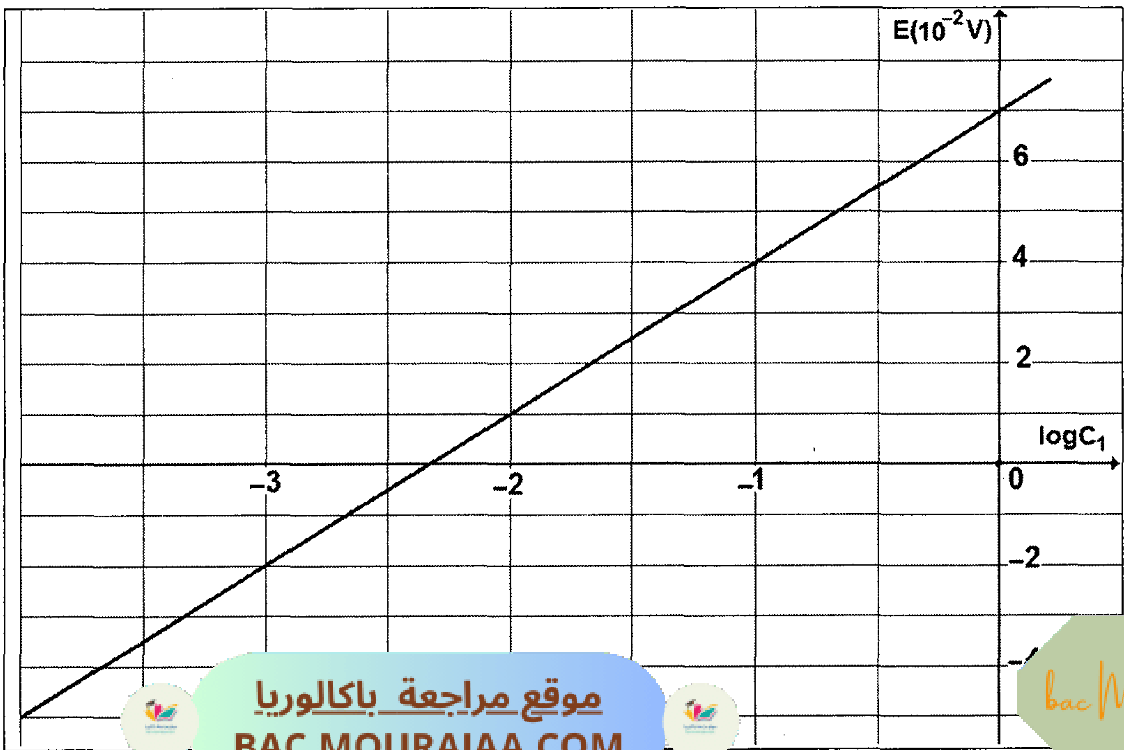
On considère la pile électrochimique de symbole $(Fe/Fe^{2+}(C_2)\ //Cd^{2+}(C_1)/Cd)$

1°) Faire le schéma de la pile et écrire l'équation associée à cette pile.

2°) Donner l'expression de la fem de la pile en fonction de sa fem normale **E°**, **C_1** et **C_2**.

3°) En maintenant **$C_2 = 0,1\ mol.L^{-1}$**, on fait varier **C_1** et on mesure à chaque fois la fem **E** de la pile.

La courbe suivante représente la variation de E en fonction de **$\log C_1$**.



a- Etablir l'équation de cette courbe.

b- Déterminer la fem normale E° de la pile.

c- Sachant que $\mathbf{E°(Fe^{2+}/Fe)) = -0,44V}$, déterminer $\mathbf{E°(Cd^{2+}/Cd)}$. Qui est le plus réducteur, le fer ou le cadmium ?

d- Calculer la valeur de $\mathbf{C_1}$ pour laquelle la pile ne débite pas de courant électrique.

En déduire la constante d'équilibre relative à l'équation associée.

4°) On prend $\mathbf{C_1 = 10^{-3} mol.L^{-1}}$ et $\mathbf{C_2 = 1 mol.L^{-1}}$.

Le volume de la solution dans chaque compartiment est V = 100mL.

a- Déterminer la fem initiale de la pile.

b- Calculer les valeurs des concentrations $\mathbf{C'_1}$ **et** $\mathbf{C'_2}$ lorsque l'équilibre est atteint.

c- Calculer alors la variation de la masse de la lame de fer.

On donne $\mathbf{Fe = 56 g.mol^{-1}}$.

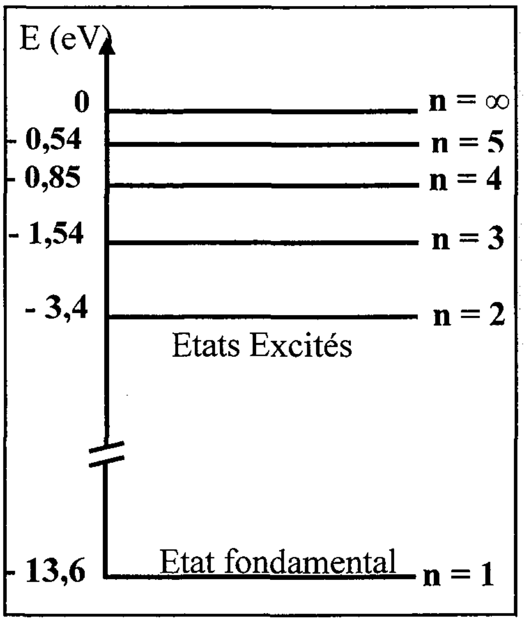
d- Laquelle des concentrations C'_1 ou C'_2 doit-on diminuer par dilution pour inverser la polarité de la pile.

PHYSIQUE :

<u>On donne</u> : $1u = 1,66.10^{-27}$ kg ; $1MeV = 1,6.10^{-13}J$; $C = 3.10^8\ m.s^{-1}$;
$h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; $m_e = 9,1.10^{-31}$ kg ; $1eV = 1,6.10^{-19}$ J.

<u>Exercice N°1 :</u>

Le diagramme ci-contre présente quelques uns des niveaux d'énergie possibles pour l'atome d'hydrogène.



1°) A quoi correspond le niveau d'énergie **E = 0** ?

2°)

a- Quel est le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit une radiation de longueur d'onde $\mathbf{\lambda = 80\ nm}$?

b- Déterminer la vitesse de la particule émise.

3°) Peut-on exciter un atome d'hydrogène pris dans son état fondamental avec une radiation de longueur d'onde $\mathbf{\lambda = 110\ nm}$**?**

4°) Un atome d'hydrogène excité se désexcite ensuite progressivement en émettant une succession de photons.

Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise lorsque cet atome d'hydrogène passe de l'état excité **n = 3** à l'état excité **n = 2** ? Cette radiation est-elle visible ?

5°) Un électron, d'énergie cinétique $\mathbf{E_0 = 11,28 eV}$, peut-il exciter un atome d'hydrogène pris dans son état fondamental

Exercice N°2 :

I-Le noyau d'**uranium 238**, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de **plomb 206**, stable, par une série de désintégrations successives.

1°) Dans la première étape, un noyau d'uranium $^{238}_{92}\mathrm{U}$ subit une radioactivité α. Le noyau fils est le thorium $^{A}_{Z}\mathrm{Th}$.

On donne : $\mathbf{m(^{238}_{92}U) = 238{,}0003u}$; $\mathbf{m(^{A}_{Z}Th) = 233{,}9942u}$; $\mathbf{m(\alpha) = 4{,}0015u}$

a- Ecrire l'équation de cette réaction en précisant les lois utilisées?

b- Calculer l'énergie libérée W_{lib} au cours de cette réaction.

c- Sachant que toute l'énergie libérée est transférée sous forme d'énergie cinétique au noyau de thorium de vitesse v_{Th} et à la particule α de vitesse v_α et que $\frac{m_\alpha}{m_{Th}} = \frac{v_{Th}}{v_\alpha}$:

- Exprimer W_{lib} en fonction de m_α, m_{Th} **et** v_α.
- Calculer la vitesse de la particule α.

2°) Dans la deuxième étape, le noyau de thorium $^{A}_{Z}\mathrm{Th}$ est transformé en un noyau de protactinium $^{234}_{91}\mathrm{Pa}$. Préciser, en le justifiant,

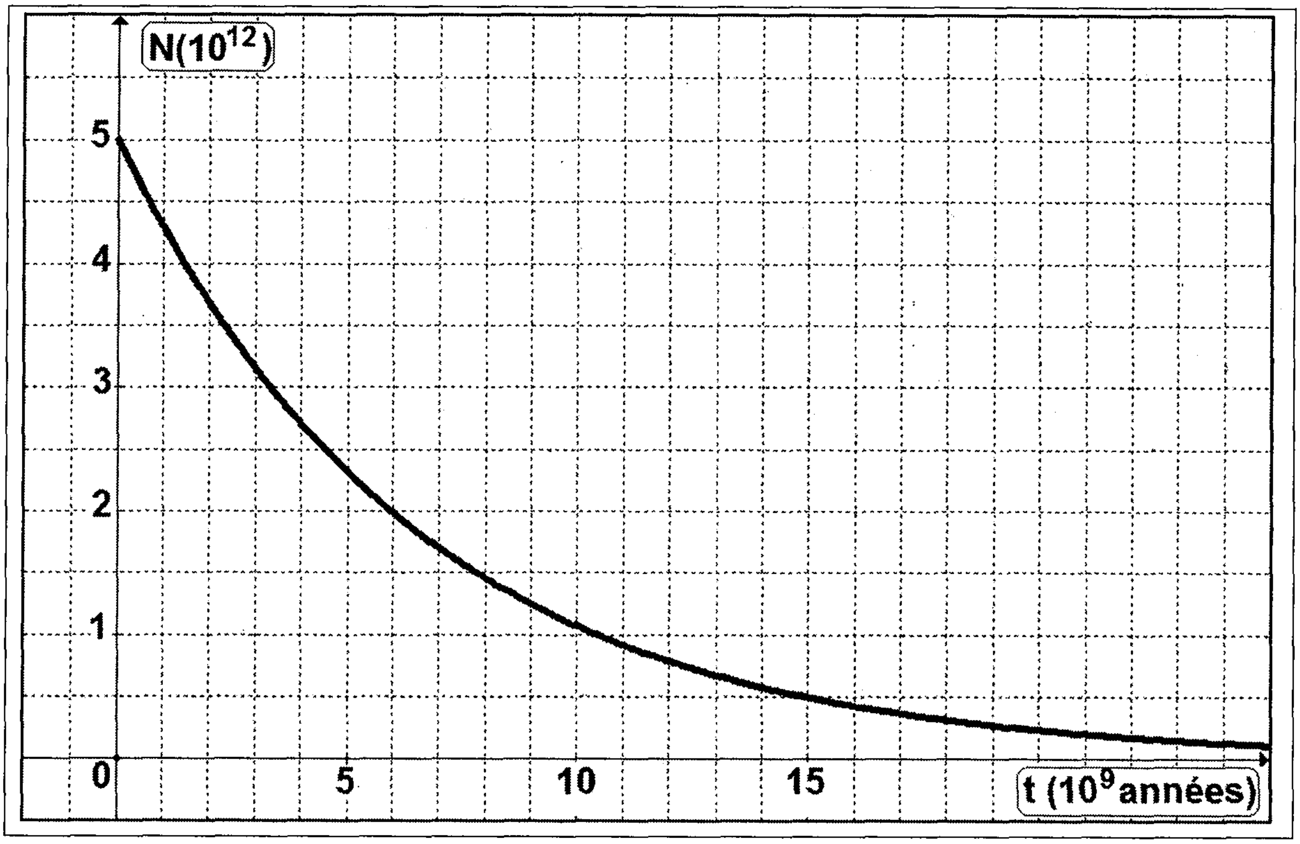
a- Le type de la radioactivité correspondant à cette transformation.

b- L'origine de la particule émise.

II- On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contient de l'uranium **238** et du plomb **206** en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif. Si on mesure la quantité de plomb **206** dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium **238**.

Etudions un échantillon de roche ancienne dont l'âge, noté t_{Terre}, correspond à celui de la terre.

1°) On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux **N(t)** d'uranium **238** dans un échantillon de roche ancienne.



a- Donner l'expression de **N(t),** nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à la date **t**, en fonction de N_0 nombre de noyau d'uranium présent à l'instant **t = 0**.

b- Calculer le nombre de noyau d'uranium 238 qui restent dans la roche à la date $t_1 = 1{,}5.10^9$ **années.**

c- Définir la période de l'uranium **238**. Déterminer sa valeur graphiquement.

En déduire la valeur de la constante radioactive de l'uranium **238**.

d- Définir l'activité radioactive de l'uranium **238**. Calculer sa valeur à l'instant de date t_1.

2°)

a-Exprimer N_{pb} nombre de noyau de plomb formé à l'instant t_1 en fonction de N_0 et **t.**

b- La quantité de plomb mesurée dans la roche à la date t_{Terre}, est égale à $2{,}5.10^{12}$ **atomes**. Calculer l'âge t_{Terre}.

Exercice N°3 : *Analyse d'un document*

« Les étoiles de la première génération, qui ne renfermaient que de l'hydrogène et de faibles quantités d'hélium, devaient être constituées d'une boule de gaz qui se contractait du fait de sa propre gravitation et dont le centre s'échauffait avec la transformation de l'énergie gravitationnelle en chaleur, L'élévation de la température accélère le mouvement des particules au cœur des jeunes étoiles et entraîne des collisions plus violentes. A quelques milliers de kelvins, les électrons sont arrachés des atomes, laissant des nuées de protons (noyaux d'hydrogène) qui s'entr[illegible]s de **10 millions** de kel[illegible] deux protons qui s[illegible]porteur d'une char[illegible] positive, mais en fusionnant ils émettent un positon, particule élémentaire à charge positive qui est l'antiparticule de l'électron, et l'un des protons se transforme en un neutron. La combinaison d'un proton et d'un neutron forme un deutéron, le noyau d'un atome d'hydrogène lourd, le deutérium. En heurtant un autre proton, le deutéron peut s'y fixer pour donner le noyau d'un atome d'hélium 3, qui est constitue de deux protons et d'un neutron. Deux de ces noyaux d'hélium 3 donnent en fusionnant un noyau d'hélium 4 composés de deux protons et de deux neutrons, et libèrent deux protons qui retournent dans la « marmite » stellaire.

Tout ce cycle a pour résultat de convertir quatre protons en un noyau **d'hélium 4** et de produire de l'énergie. C'est la fusion nucléaire, le principe même de la bombe à hydrogène. »

1°)

a- Qu'est-ce qu'un positon ?

b- A quoi est due l'élévation de température dans le gaz constituant les étoiles de première génération ?

c- D'ou proviennent initialement les protons qui sont mis en jeu dans les réactions nucléaires ?

2°) Ecrire et équilibrer les différentes équations nucléaires décrites dans le texte et conduisant a la formation

d'hélium 4 :

- ❖ formation d'un deutéron
- ❖ formation d'un noyau d'hélium 3
- ❖ formation d'un noyau d'hélium 4
- ❖ bilan global du cycle.

3°) Dans une étoile, on trouve aussi des noyaux de carbone. Ceux-ci sont utilisés comme point de départ d'une autre chaîne de réactions nucléaires. Cette chaîne de réactions s'appelle le cycle **C.N.O.** C'est un cycle comprenant six réactions nucléaires. Le carbone $^{12}_{6}C$ qui est utilisé comme réactif initial réapparaît à la fin du cycle quand un noyau d'hélium est formé.

a- Compléter les bilans des six réactions nucléaires suivantes qui interviennent dans ce cycle. (On ne tiendra pas compte des neutrinos et des antineutrinos.)

$$^{12}_{6}C + ... \longrightarrow {}^{13}_{7}N$$

$$^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{13}C + ...$$

$$^{13}C + ... \longrightarrow {}^{14}N$$

$$^{14}N + ... \longrightarrow {}^{15}_{8}O$$

$$^{15}O \longrightarrow {}^{15}N + ...$$

$$^{15}N + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{12}C + ...$$

b- Montrer que le [...] à celui du cycle [...] proton vu à la questio[...]

Durée : 3 heures	Correction Devoir de Synthese N° 2 Sciences – Physique	$4^{ème}$

Partie Chimie :

Exercice N°1 :

1°)

	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$			
Initial (t=0s)	C	Excès	0	$10^{-\frac{pke}{2}}$
intermédiaire (t)	$C-y_f$	Excès	y_f	10^{pH-pke}

2°)

a- $\tau_f = \dfrac{y_f}{y_{max}}$ avec $y_{max} = C$

$$[OH^-] = [OH^-]_{eau} + [OH^-]_{NH_3} = [H_3O^+] + [OH^-]_{NH_3}$$

or le milieu est basique $\rightarrow [H_3O^+] \ll [OH^-]$

$$[OH^-] = [OH^-]_{NH_3} = y_f = 10^{pH-pke} = [NH_4^+]$$

d'où $\tau_f = \dfrac{10^{pH-pke}}{C}$

b- $\tau_f = \dfrac{10^{10,6-14}}{10^{-2}} = 10^{-1,4} = 0,00039 \ll 0,05$

$\Rightarrow NH_3$ est faiblement ionisée

3°)

a- $k_b = \dfrac{[OH^-].[NH_4^+]}{[NH_3]} = \dfrac{(y_f)^2}{C-y_f}$ avec $y_f = C\tau_f$

$$\Rightarrow k_b = \frac{C^2\tau_f^2}{C(1-\tau_f)}$$

Base faiblement ionisée$\Rightarrow$ on néglige τ devant 1 d'où

$$k_b = \frac{k_e}{k_a} = C\tau_f^2$$

b- $\dfrac{k_e}{k_a} = C\tau_f^2 \Rightarrow K_a = \dfrac{k_e}{C\tau_f^2} \Rightarrow pK_a = -\log k_e + \log C\tau_f^2$

$$\Rightarrow pK_a = -\log k_e + \log\frac{\left(10^{pH-pk_e}\right)^2}{C}$$

$$pK_a = pk_e + 2pH - 2pk_e - \log C$$

$$\Rightarrow pK_a = 2pH - pk_e - \log C$$

c- $pK_a = 2\times 10,6 - 14 + 2 = 9,2$

$$\boxed{pK_a = 9,2}$$

Exercice N°2 :

I-

1°) $C_4H_7COOH + H_2O \rightleftharpoons C_4H_7COO^- + H_3O^+$

$$HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NO_3^-$$

2°)

a- $pH = -\log C$

$\rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

	$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$			
Initial (t=0s)	C	Excès	0	$10^{-\frac{pke}{2}}$
intermédiaire (t)	$C-y_f$	Excès	y_f	10^{-pH}

$$[H_3O^+] = [H_3O^+]_1 + [H_3O^+]_2 = [OH^-] + [A^-]$$

milieu acide $\Rightarrow [OH^-] \ll [H_3O^+]$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = [A^-] = y_f$$

$$\tau_f = \frac{y_f}{C} \Rightarrow y_f = C.\tau_f$$

donc $10^{-pH} = C.\tau_f$

$$K_a = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[AH]} = \frac{[H_3O^+].C.\tau_f}{C.(1-\tau_f)} = \frac{[H_3O^+].\tau_f}{(1-\tau_f)}$$

l'acide est faiblement ionisée $\Rightarrow \tau_f \ll 1$

$$\Rightarrow K_a = [H_3O^+].\tau_f \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+]^2 = K_a.C \Rightarrow 10^{-2pH} = C.K_a$$

$$\Rightarrow 2pH = -\log C + pk_a \Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pk_a - \log C)$$

II- $pH_{dilué} = -\log C'$ et $C' = \frac{C}{10}$

1°) HNO_3 est un acide fort $\to pH = -\log C$

d'ou $pH_{dilué} = -\log C' = -\log \frac{C}{10} = -\log C + \log 10$

$\Rightarrow pH_{dilué} = -\log C + 1$

2°)

a- A $\to$ Acide botanique (Acide faible)

B $\to$ Acide nitrique (Acide fort)

b- $[H_3O^+]_0 = C_0 = 10^{-pH_0} = 10^{-2} mol.L^{-1}$

3°)

a-

	$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$			
$t=0$	10^{-2}	Excès	0	10^{-7}
$t=t_f$	$10^{-2} - y_f$	Excès	y_f	10^{-pH}

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,4} mol.L^{-1}$$

$$[A^-] = [H_3O^+] = 10^{-3,4} mol.L^{-1}$$

$$[AH] = 10^{-2} - 10^{-3,4} = 9,9.10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$[OH^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} = 10^{-10,6} mol.L^{-1}$$

b- Acide faible $\rightarrow pH = \frac{1}{2}(pk_a - \log C)$

D'où $pk_a = 2pH + \log C = 4{,}8$

4°)

$$\left.\begin{aligned} &a\text{- } \tau_A = \frac{10^{-3,4}}{10^{-2}} = 10^{-1,4} \\ &\tau_{A'} = \frac{10^{-3,9}}{10^{-3}} = 10^{-1,9} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \tau_{A'} > \tau_A$$

$$\tau_B = \frac{10^{-2}}{10^{-2}} = 1 \text{ et } \tau_{B'} = \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 1 \Rightarrow \tau_B = \tau_{B'}$$

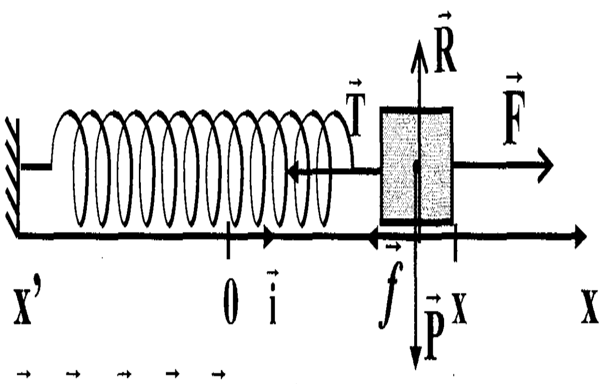
b-La dilution fait déplacer l'équilibre dans le sens direct

La dilution fait favoriser l'ionisation de l'acide faible

Physique :

Exercice N°1 :

1°) Sens de déplacement



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

Projection de la RFD sur l'axe : $kx - hv + F = ma$

$$\Rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F$$

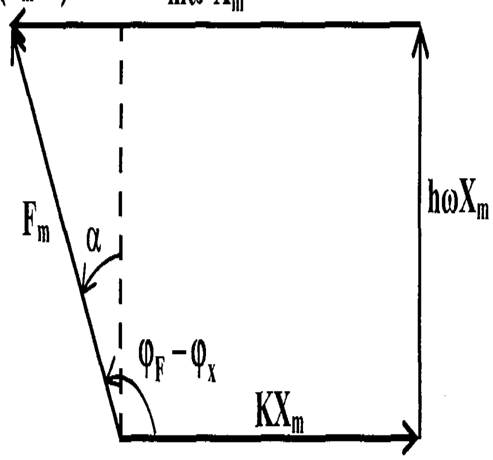
2°)

$kx \rightarrow (kX_m ; \varphi_x)$

$h\frac{dx}{dt} \rightarrow \left(k\omega X_m ; \varphi_x + \frac{\pi}{2}\right)$

$m\frac{d^2x}{dt^2} \rightarrow (m\omega^2 X_m ; \varphi_x + \pi)$

$F(t) \rightarrow (F_m, 0)$



3°)

$$F_m^2 = (M\omega^2 X_m - KX_m)^2 + (h\omega X_m)^2$$

$$= X_m^2\left[(M\omega^2 - k)^2 + (h\omega)^2\right]$$

$$\Rightarrow X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 4\pi^2 M^2 + (4\pi^2 M - K)^2}}$$

$$tg(\alpha) = \frac{K - M\omega^2}{h\omega}$$

$\varphi_F - \varphi_x = \alpha + \frac{\pi}{2}$

$$tg(\alpha + \frac{\pi}{2}) = -\frac{1}{tg(\alpha)}$$

$$tg(\varphi_F - \varphi_x) = -\frac{1}{tg(\alpha)} = \frac{h\omega}{K - M\omega^2}$$

$$tg\left(\varphi_F - \varphi_x\right) = \frac{h\omega}{K - M\omega^2} = \frac{2\pi Nh}{K - M4\pi^2N^2}$$

4°)

a- $N_r = 20Hz$

b- Si $N \to 0$ alors $X_m = 10^{-2}m$

Si $N \to 0$ $X_m = 10^{-2}m$

Si $N = N_r$ $X_m = 10^{-1}m$

c- Pour $N = 0$ $X_m = 710m$

$\Rightarrow F_N = KX_m = 400 \times 710^{-2} = 28N$

5°)

a- $N_r^2 = N_0^2 - \frac{h^2}{8\pi^2M^2}$

$\Rightarrow h^2 = \left(N_0^2 - N_r^2\right)8\pi^2M^2$

$$N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{400}{20.10^{-3}}} = 22{,}5Hz$$

$$h = M\pi\sqrt{8\left(N_0^2 - N_r^2\right)} = 1{,}83\,Kg.s^{-1}$$

b- $x(t) = x_m \sin\left(\omega_r t + \varphi_x\right)$

$$\begin{cases} X_m = 10^{-1}\ m \\ \omega_r = 2\pi \times 20 = 40\pi\ rad.s^{-1} \end{cases}$$

$$tg\left(\varphi_F - \varphi_x\right) = \frac{2\pi N_r n}{k - 4\pi^2N_r^2.H} = 2{,}72$$

$$\Rightarrow \varphi_F - \varphi_x = 1{,}2 < \frac{\pi}{2}$$

$$x(t) = 10^{-1}\sin\left(40\pi t - 1{,}2\right)$$

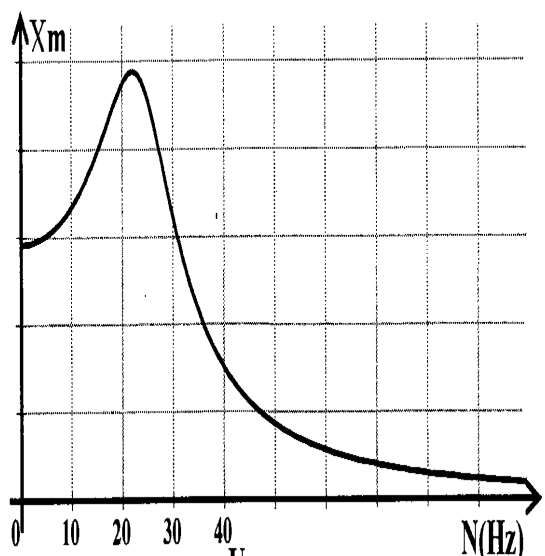
6°)

a- $N_r^2 > 0 \Rightarrow N_0^2 - \frac{h^2}{8\pi^2M^2} > 0$

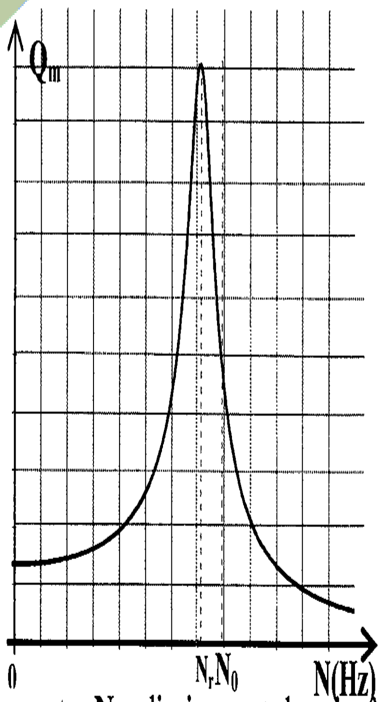
$\Rightarrow N_0^2 > \frac{h^2}{8\pi^2M^2} \Rightarrow h^2 < 8\pi^2M^2N_0^2 \Rightarrow h < 2\sqrt{2}\pi MNo$

$\Rightarrow h_0 = 3{,}95(SI)$

b- $h_1 < h$



7°) $$Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{4\pi^2N^2R^2 + \left(4\pi^2N^2L - \frac{1}{C}\right)^2}}$$



Si R augmente **Nr** diminue et le pic à la résonance devient moins aigu

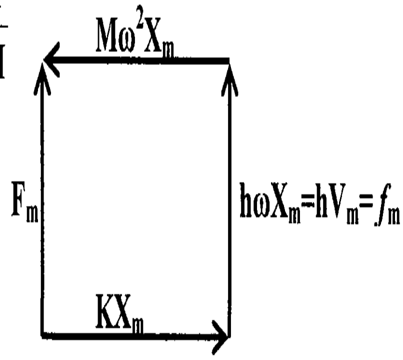
8°)

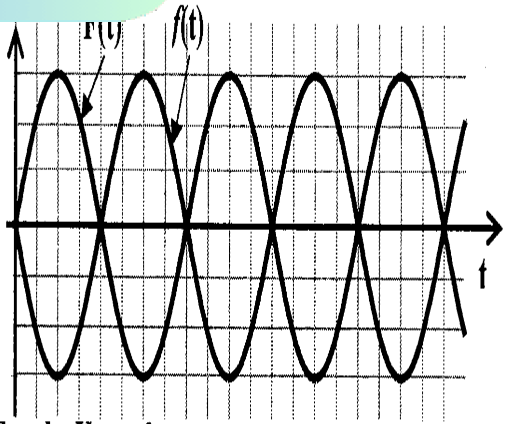
a- $V_m = \omega X_m \Rightarrow V_m = \dfrac{2\pi N F_m}{\sqrt{4M^2N^2h^2 + \left(4\pi^2N^2M - k\right)^2}}$

$$\Rightarrow V_m = \frac{2\pi N F_m}{2\pi N\sqrt{h^2 + \left(2\pi NM = \dfrac{k}{2\pi N}\right)^2}}$$

b- V_m est max $\Rightarrow 2\pi NM = \dfrac{k}{2\pi N} = 0 \Rightarrow N^2 = \left(\dfrac{1}{2\pi}\right)^2 \cdot \dfrac{k}{M}$

$\Rightarrow N = N_0 = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{M}}$





* $F_m = h\omega X_m = f_m \quad \varphi_F = \varphi_V = -\varphi_f$

* $F = -f$

F(t) et f(t) sont en opposition de phase.

Exercice N°2 :

$L = 0{,}8m, \quad N = 100Hz \;;\; a = 2.10^{-3}m$

1°)

a- Onde transversale car la direction de la déformation et la direction de propagation sont ⊥.

b- En lumière ordinaire on observe une corde floue. En lumière stroboscopique et pour **Ne = 50Hz** on observe l'immobilité apparente de la corde $\left(\dfrac{N}{Ne} = 2\right)$

c- La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle **T**.

$\lambda = V.T = \dfrac{V}{N} = \dfrac{10}{100} = 10^{-1}m = 0{,}1m$

2°)

a- $y_s(t) = a\sin\left(200\pi t + \varphi_s\right)$

$y_s(0) = 0 \Rightarrow \varphi_s = 0$ ou $\varphi_s = \pi$

$\left(\dfrac{dy(t)}{dt}\right)_0 < 0 \rightarrow \varphi_s = \pi$

$\Rightarrow y_s(t) = 2.10^{-3}\sin\left(200\pi t + \pi\right)$

$y_M(t) = y_s(t-\theta)$ avec $\theta = \frac{x}{v}$

$\Rightarrow y_M(t,x) = 2.10^{-3}\sin\left(200\pi(t-\frac{x}{V})+\pi\right)$

$\Rightarrow y_M(t,x) = 2.10^{-3}\sin\left(200\pi t-\frac{200\pi x}{10}+\pi\right)\ \forall t \geq \theta = \frac{x}{v} = \frac{x}{10}$

$\Rightarrow y_M(t,x) = 2.10^{-3}\sin\left(200\pi t - 20\pi x + \pi\right)\forall t \geq \frac{x}{10}$

3°)

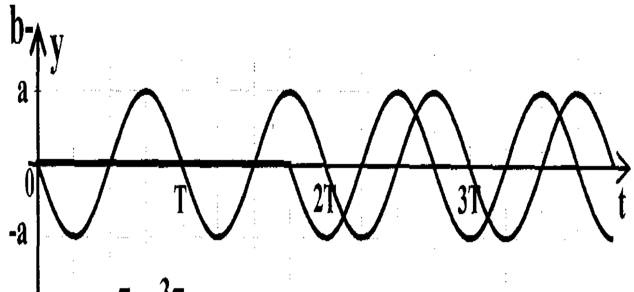
a- $x_A = 17{,}5cm \rightarrow \frac{x_A}{\lambda} = \frac{17{,}5.10^{-2}}{10^{-1}} = 1{,}75 \Rightarrow x_A = 1{,}75\lambda$

$y_A(t) = 210^{-3}\sin\left(200\pi t - \frac{2\pi x 1{,}75\lambda}{\lambda}+\pi\right)$

$= 210^{-3}\sin\left(200\pi t - 3{,}5\pi + \pi\right)$

$\Rightarrow y_A(t) = 210^{-3}\sin\left(200\pi t - \frac{\pi}{2}\right)\forall t \geq \theta = \frac{x_A}{v} = 1{,}75T$

b-



$\varphi_A - \varphi_s = -\pi - \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{2} = \pi \Rightarrow$ A est eu quadrature avance de phase % à S.

c- $t_1 = 3{,}25.10^{-2}s = 3{,}25.T$

$v_A = \left(\frac{dy_A}{dt}\right)_{t_1} = 210^{-3}.200\pi\sin(200\pi t_2) = 210^{-3}.200\pi\sin(2\pi \times 3{,}25T)$

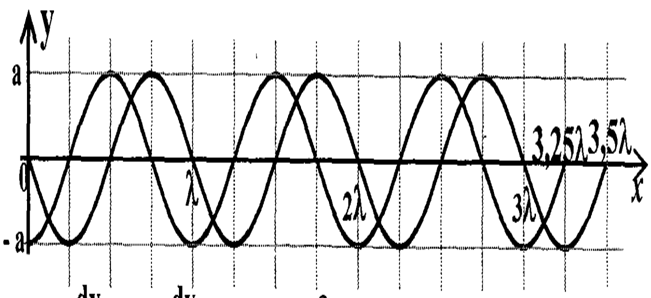
$\Rightarrow v_A = 0{,}4\pi\ ms^{-1}$

4°)

a- $y_{t_1}(x) = 210^{-3}\sin\left(2\pi N t_1 - \frac{2\pi x}{\lambda}+\varphi_s\right)\ \forall x \leq 3{,}25\lambda$

$= 210^{-3}\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{\pi}{2}\right)\ \forall_x \leq 3{,}25$

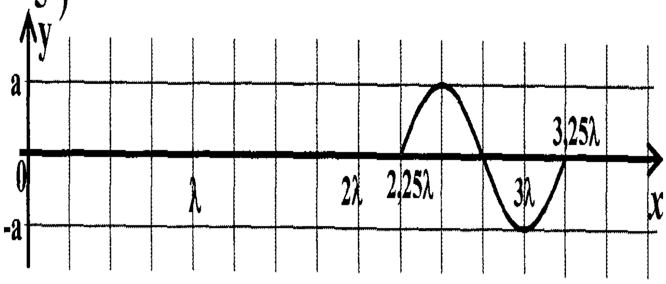
b-



c- $\frac{dy}{dt} < 0 \rightarrow \frac{dy}{dx} > 0$ et $y = -\frac{a}{2} = y_A(t_1)$

$x_1 = \frac{\lambda}{4} = 0{,}025m\ ;\ x_2 = \frac{5\lambda}{4} = 0{,}125m;\ x_3 = \frac{9\lambda}{4} = 0{,}225m\ ;\ x_4 = \frac{13\lambda}{4} = 0{,}325m$

5°)



Exercice N°3 :

1°) Cuve à onde.

2°) Transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de e la déformation.

3°) Le brin monte vers le haut puis descent (il se déplace verticalement car la matière ne se déplace pas il ya un simple déplacement d'énergie).

4°) $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\left(210^{-2}-1.10^{-2}\right)x100}{10} = 0{,}1ms^{-1}$

Durée : 3 heures	Correction Devoir de Contrôle N°3 Sciences Physiques	$4^{ème}$

CHIMIE

Exercice N°1 :

1°)

a- La courbe de dosage présente deux points d'inflexion et HCl est un acide fort donc B : base faible.

b- A la demi-équivalence pH = pKa => pKa = 10,8

2°)

a- $pH = \frac{1}{2}(pKa + pKe + \log C_B)$

b- $pH = \frac{1}{2}(pKa + pKe + \log C_B) \Rightarrow \log C_B = 2pH - pKa - pKe$

$\log C_B = 2x11,9 - 14 - 10,8 = -1 \Rightarrow C_B = 10^{-1} mol.L^{-1}$

3°)

a- $B + H_3O^+ \rightarrow BH^+ + H_2O$

$K = \frac{[BH^+]}{[B].[H_3O^+]} = \frac{1}{Ka} = 10^{10,8}$ très grande

$\Rightarrow$ Réaction pratiquement totale.

b- L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque le nombre de mole de base introduit est égal au nombre de mole d'acide ajouté.

$^*C_A V_A = C_B V_{BE} \rightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A}$

$C_A = \frac{0,1x30}{15} = 0,2 mol.L^{-1}$

c- A l'équivalence la solution obtenue est une solution de (BH^+, Cl^-)

Cl^- : base inerte

BH^+ : acide faible => $BH^+ + H_2O \rightleftarrows B + H_3O^+$

Il y a apport d'une nouvelle quantité de $H_3O^+ \Rightarrow$ milieu acide.

4°)Le meilleur indicateur coloré est le rouge de méthyle car sa zone de virage contient la valeur du $pH_E = 6$

5°)

a- $n_B = C_B.V_B' = 20.10^{-4} mol$

$n_A = C_A.V_A' = 5.10^{-3}x0,2 = 10^{-3} mol$

$n_A = \frac{1}{2} n_B$ => point de demi-équivalence

$\Rightarrow pH = pK_a = 10,8$

b- $pH = pK_a \Rightarrow$ solution tampon.

Son **pH** ne varie pratiquement pas par dilution et il varie faiblement par ajout d'une faible quantité d'acide ou de base.

6°)

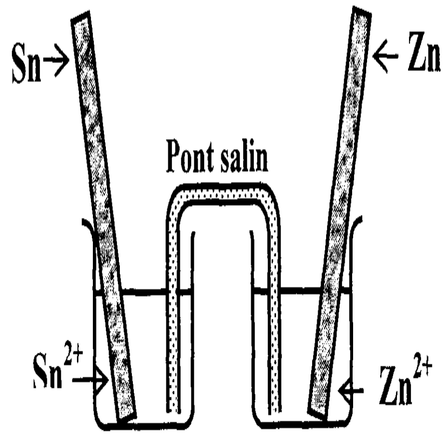
a- Le pK_a d'un couple est une constante qui ne dépend que de la température.$\Rightarrow$ La dilution est sans effet sur le pK_a

b- A l'équivalence, le mélange se comporte comme un acide faible $\Rightarrow$ la dilution fait augmenter le **pH** à l'équivalence.

Exercice N°2

1°)

a-



... $Sn^{2+} + Zn$

2°)

a – $E = V_{BD} - V_{BG} = V_{Zn} - V_{Sn} < 0$

$\Rightarrow Zn(-)$ et $Sn(+)$

I circule de $Sn \rightarrow Zn$

b- $Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow S_n$

$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

$Sn^{2+} + Zn \longrightarrow S_n + Zn^{2+}$

PHYSIQUE :

Exercice N°1 :

I-

1°) $\lambda = \dfrac{14.10^{-3}}{2} = 7.10^{-3}m$

$V = \lambda N = 7.10^{-3} x30 = 0,21 m.s^{-1}$

2°) La plaque empêche l'onde de poursuivre son déplacement au-delà d'elle ⇒**phénomène de réflexion.**

3°)

a- $\alpha + i_1 = 90° \Rightarrow i_1 = 90 - 25 = 65°$

$i_1 = 65°$

b- À l'aide d'éclairage par un stroboscope on obtient l'immobilité apparente dans les deux milieux

II-

1°)

a- L'onde subit une cassure au niveau de la surface de séparation ⇒ phénomène de réfraction.

b- A l'aide d'un stroboscope et avec une même fréquence Ne, on obtient l'immobilité des ondes dans les 2 milieux (I) et (II).

2°) $V_1 = \lambda_1 . N = 9.10^{-3} . 30 = 0,27 m.s^{-1}$

$\lambda_2 = \dfrac{V_2}{N} = \dfrac{0,15}{30} = 5.10^{-3}m$

3°) $V_2 . \sin i_1 = V_1 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_2 = \dfrac{V_2 . \sin i_A}{V_1} = \dfrac{0,15}{0,27} . 0,9 = 0,5$

$\Rightarrow i_2 = 30°$

4°) Voir **figure 2.**

III-

1°)

a- $\lambda = \dfrac{V}{N} = \dfrac{0,21}{30} = 7.10^{-3}m$

$a < \lambda \Rightarrow$ phénomène de diffraction nette. C'est le changement brusque de la direction d'une onde et par suite de sa forme en traversant une fente ou un obstacle.

b- **Figure (3)**

2°)

a-

N	30	20	10
V	0,21	0,2	0,19

b- La célérité V diminue si la fréquence N diminue.

c- Phénomène de dispersion d'une onde mécanique.

Exercice N°2 :

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

2°) On observe des rides circulaires concentriques qui progressent de la source vers l'extérieur.

3°)

* Pour $Ne = 25Hz$

$\frac{N}{Ne} = \frac{50}{25} = 2 \rightarrow$ On observe des rides circulaires apparemment immobiles.

* Pour $Ne = 26Hz$

$\frac{N}{Ne} = 1,9 \rightarrow$ On observe des rides circulaires apparemment en mouvement ralenti dans le sens contraire de propagation c'est-à-dire s'approche de S.

4°) $x_f = v.t_1 \Rightarrow v = \frac{x_f}{t_1} = \frac{8.10^{-3}}{0,02} = 0,4m.s^{-1}$

$\lambda = \frac{V}{N} \Rightarrow \lambda = \frac{0,4}{50} = 0,008m = 8mm$

5°)

a- D'après le principe de la propagation :

$y_M(t) = y_s(t-\theta)$ avec $\theta = \frac{r}{V}$

$= a\sin(\omega t - \omega\theta) = a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{T}.\frac{r}{V}\right)$

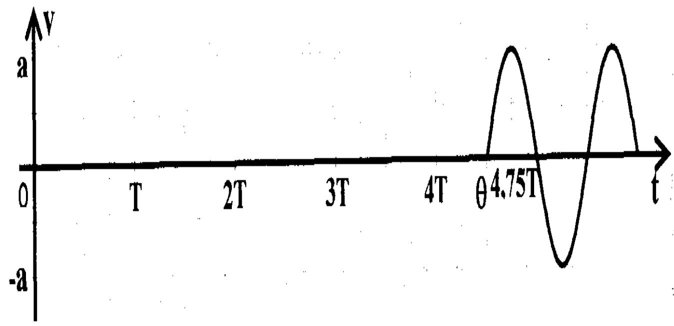
$= a\sin\left(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda}\right)$

$\theta = \frac{r}{V} = \frac{3,6.10^{-2}}{0,4} = 9.10^{-2} = 4,5T$

$\varphi_M = -\frac{2\pi r}{\lambda} = -2\pi - 4,5 = -9\pi = \pi$

$y_M(t) = a\sin(100\pi t + \pi) \quad \forall < t \geq 4,5T$

b- Le point M commence à vibrer à 4,5T en allant dans la sens (+) comme la source.



$y_M = a \Leftrightarrow$ à $t = 4,75T + kT$

La 1ère fois, $k = 0 \Rightarrow t = 4,575T = 9,5.10^{-2}s$

c- N vibre en phase avec S $\Rightarrow \varphi_S - \varphi_N = 2k\pi$

$\frac{2\pi r}{\lambda} = 2k\pi \Rightarrow r = 2k\lambda$

$0 \leq r < 3,6.10^{-2}m = 4,5\lambda$

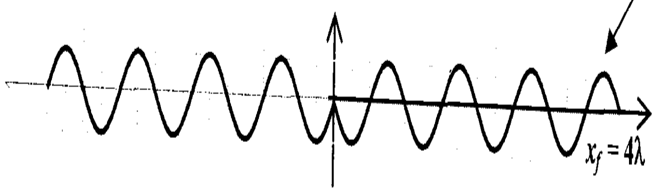
$k \in \{0,1,2,3,4\}$

La plus proche de N $\Rightarrow k = 4 \Rightarrow r = 32.10^{-3}m$

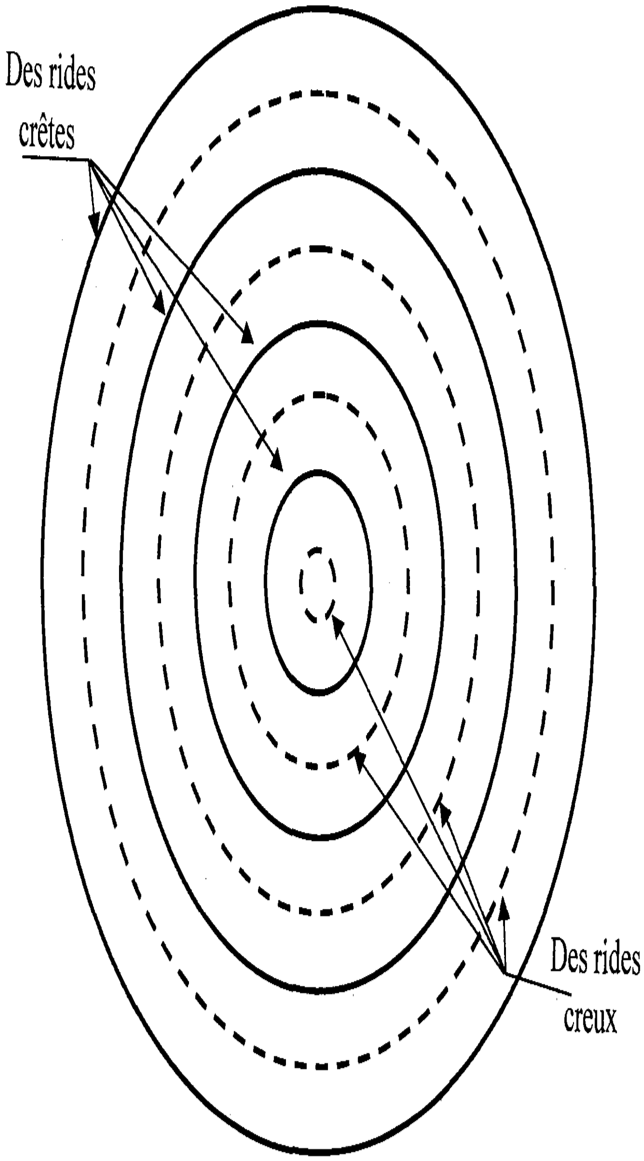
Le front d'onde est une crête qui se trouve à 4λ de S.

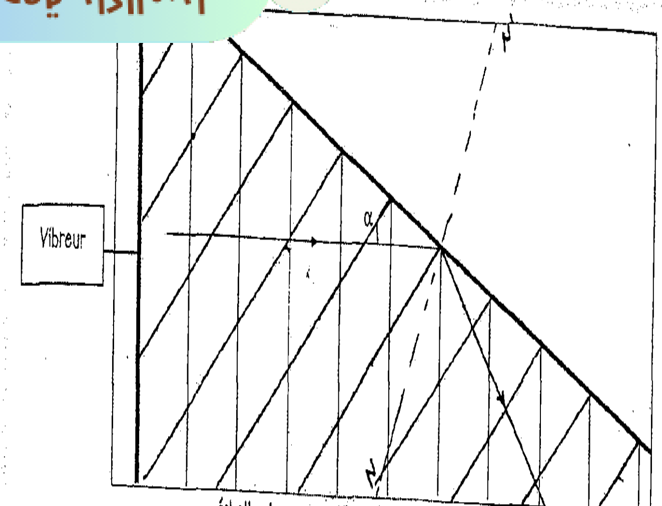
6°) $t_1 = 0,08s = 4T$; $x_f = 4\lambda$

Coupe verticale à la surface du liquide à $t_1=4T$



Aspect de la surface du liquide à $t_1=4T$





échelle : 1cm est représenté par 2 cm

Figure 1

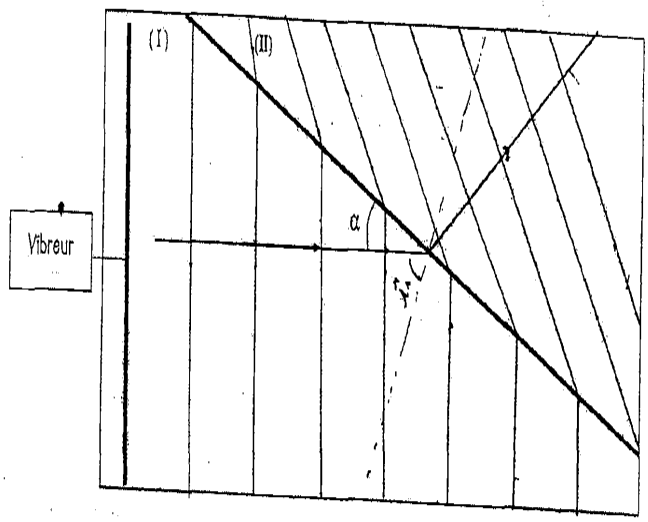


Figure 2

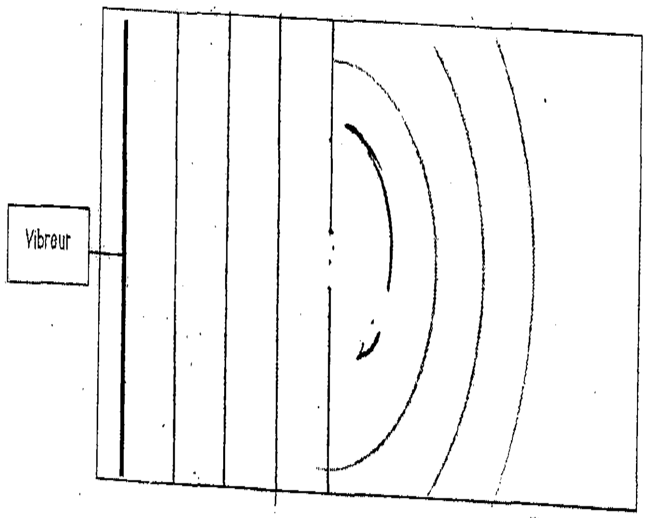


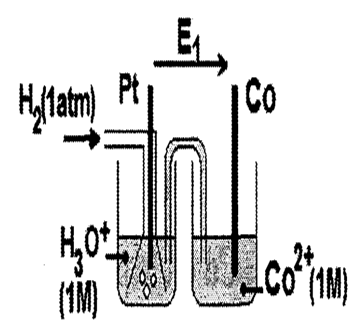
Figure 3

3 heures	Correction Devoir de Synthèse N° 3 Sciences – Physique	$4^{ème}$

CHIMIE

Exercice N°1 :

1°)



Shéma de la pile P_1

a- Symbole de la pile (P_1) :

$$\left(Pt\middle|H_3O^+(1M),H_2(1atm)\middle\|Co^{2+}(1M)\middle|Co\right)$$

Equation associée à la pile (P_1) :

$$H_2 + Co^{2+} \rightleftarrows 2H^+ + Co$$

b- Le potentiel normal d'électrode d'un couple redox est la fem de la pile formée par l'électrode normale à hydrogène (**ENH**) à gauche et la demi-pile du couple redox à droite, dans les conditions standard (**T = 25°C, P = 1atm et C = 1mol.L^{-1}**).

c- $E_1 = E°(Co^{2+}/Co) = -0{,}28V$ par définition.

$E_1 < 0 \Rightarrow$ le pole positif est à gauche (électrode de platine) et le pole négatif est l'électrode de cobalt Co.

2°) Pile P_2 : $\left(Ni\middle|Ni^{2+}(10^{-3}mol.L^{-1})\middle\|Co^{2+}(C_2)\middle|Co\right)$.

... $< 0 \Rightarrow$ Co est le pole négatif : c'est Co qui cède les électrons.

La réaction spontanée qui va se passer est :

$$Co + Ni^{2+} \longrightarrow Co^{2+} + Ni$$

b- Soit K' la constante d'équilibre de la réaction spontanée.

L'équation associée à la pile (P_2) :

$$Ni + Co^{2+} \rightleftarrows Ni^{2+} + Co.$$

Cherchons sa constante d'équilibre K.

À l'équilibre dynamique : $E = 0 \Rightarrow E° - 0{,}03 \log K = 0$

$$\Rightarrow K = 10^{\frac{E°}{0{,}03}}$$

avec $E° = E°(Co^{2+}/Co) - E°(Ni^{2+}/Ni) = -0{,}28 + 0{,}25$

$\Rightarrow E° = -0{,}03$ V. D'où : $K = 0{,}1$.

La réaction spontanée est le sens inverse de l'équation associée $\Rightarrow K' = \dfrac{1}{K} \Rightarrow K' = 10$

• La fem initiale de P_2 est : $E_2 = E° - 0{,}03 \log \pi$ avec

$$\Rightarrow \pi = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow \log\pi = \frac{E^0 - E_2}{0{,}03} = 4$$

D'où $C_1/C_2 = 10^4 \Rightarrow C_2 = 10^{-4} C_1 \Rightarrow C_2 = 10^{-7}$ mol.L^{-1}.

c- Pour inverser la polarité (Co devient le pole positif), il faut que $\dfrac{C_1}{C_2} < K \Rightarrow C_2 > \dfrac{C_1}{K} = \dfrac{10^{-3}}{0{,}1} \Rightarrow C_2 > 10^{-2}$mol.L^{-1}.

Exercice N°2 :

Pile $\left(Fe\middle|Fe^{2+}(C_2)\middle\|Cd^{2+}(C_1)\middle|Cd\right)$

…quation associée à cette pile:

$Fe + Cd^{2+} \rightleftharpoons Fe^{2+} + Cd.$

2°) $E = E° - 0,03 \log \pi$ avec $\pi = \dfrac{C_2}{C_1}$

$\Rightarrow E = E° - 0,03 \log \dfrac{C_2}{C_1}$

3°)

a- $E = a \log C_1 + b$

avec $b = 0,07$ V et $a = \dfrac{(0,07 - 0,04)}{(0 + 1)} = 0,03.$

a- D'où l'équation de la courbe : $E = 0,03 \log C_1 + 0,07$

b- $E = E° - 0,03 \log \dfrac{C_2}{C_1}$

$\Rightarrow E = 0,03 \log C_1 + E° - 0,03 \log C_2.$

Par identification : $E° - 0,03 \log C_2 = 0,07$

$\Rightarrow E° = 0,07 + 0,03 \log C_2 \Rightarrow E° = 0,04$ V

c- $E° = E°(Cd^{2+}/Cd) - E°(Fe^{2+}/Fe)$

$\Rightarrow E°(Cd^{2+}/Cd) = E° + E°(Fe^{2+}/Fe)$

$E°(Cd^{2+}/Cd) = 0,04 - 0,44 = -0,4V.$

$E°(Fe^{2+}/Fe) < E°(Cd^{2+}/Cd) \Rightarrow$ Le fer Fe est plus réducteur que le cadmium Cd.

d- La pile ne débite pas de courant $\Rightarrow E = 0$

$\Rightarrow 0,03 \log C_1 + 0,07 = 0 \Rightarrow \log C_1 = -7/3$

$\Rightarrow C_1 = 4,64.10^{-3}$ mol.L^{-1}.

Pour l'équation associée : $\pi = K = \dfrac{C_2}{C_1} = \dfrac{0,1}{4,64.10^{-3}}$

$\Rightarrow K = 21,5.$

4°)

a- $E_i = E° - 0,03 \log \dfrac{C_2}{C_1} = 0,04 - 0,03 \log 10^3$

$\Rightarrow E_i = -0,05$ V

b- $E_i < 0 \Rightarrow$ Cd est le pole négatif.

Donc la réaction spontanée est :

	$Cd + Fe^{2+}$	$\longrightarrow Cd^{2+} + Fe.$
À $t = 0$	$C_2 V$	$C_1 V$
À $t = t_f$	$C_2 V - x_f$	$C_1 V + x_f$

$C_2 V - x_f = C'_2 V \Rightarrow x_f = (C_2 - C'_2) V$

$C_1 V + x_f = C'_1 V \Rightarrow x_f = (C'_1 - C_1) V.$

Cherchons C'_1 et C'_2.

$K = \dfrac{C'_2}{C'_1} \Rightarrow C'_2 = K C'_1$

$C'_1 - C_1 = C_2 - C'_2 \Rightarrow C'_1(1 + K) = C_1 + C_2$

$\Rightarrow C'_1 = \dfrac{(C_1 + C_2)}{(1 + K)}$

AN : $C'_1 = C'_1 = \dfrac{1,001}{26,5} = 4,45.10^{-2}$ mol.L^{-1}

et $C'_2 = 21,5 \times 3,78.10^{-2} = 0,957$ mol.L^{-1}.

...asse de la lame de fer augmente de $\Delta m = x_f.M$

$$\Delta m = (C'_1 - C_1)V.M = (4{,}45.10^{-2} - 10^{-3})x0{,}1x56 = 0{,}244g.$$

d- A l'équilibre $\pi = K = \frac{C'_2}{C'_1}$. Pour inverser la polarité de la pile (**Fe** devient le pole négatif), il faut que la réaction spontanée soit le sens direct de l'équation associée ⇒ il faut rendre $\pi < K$. Donc, il faut diminuer C'_2 (diluer la solution de Fe^{2+}).

PHYSIQUE

Exercice n°1:

1°) Le niveau d'énergie E = 0 correspond à l'état ionisé de l'atome H.

2°)

a- Radiation $\lambda = 80$ nm ⇒ photon d'énergie

$$W_{ph} = \frac{hc}{\lambda} = 2{,}48.10^{-18} J = 15{,}5 eV.$$

L'énergie d'ionisation de l'atome H est : $E_i = E_\infty - E_1$

$E_i = 13{,}6$ eV.

$W_{ph} > E_i$ ⇒ Le photon est absorbé et l'atome H passe à l'état ionisé (**ion** H^+) en perdant son électron.

b-L'électron quitte l'atome avec $E_C = W_{ph} - E_i = 1{,}9$ eV.

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_C}{m}} = 8{,}17.10^5 ms^{-1}$$

3°) Si ce photon (**λ = 110 nm**) est absorbé, alors l'atome passe de E_1 à E_n avec $E_n - E_1 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow$

$$E_n = E_1 + \frac{hc}{\lambda} = -13{,}6 + 11{,}28 = -2{,}32 \text{ eV}.$$

Ce niveau d'énergie n'est pas permis pour l'atome **H**.

Donc, ce photon ne peut pas exciter l'atome **H**.

4°) Transition de E_3 à $E_2 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = E_3 - E_2 \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_3 - E_2}$

$\Rightarrow \lambda = 6{,}57.10^{-7} m \Rightarrow \lambda = 657$ **nm.**

400nm < λ < 800nm ⇒ Cette radiation est visible (radiation rouge de la **série de Balmer**).

5°) Pour que l'électron excite un atome H pris dans son état fondamental E_1, il faut que son énergie cinétique soit supérieure à $E_2 - E_1 = -3{,}4 + 13{,}6 = 10{,}2$ eV.

On a un électron de $E_C = 11{,}28 eV > 10{,}2$ eV ⇒ Cet électron peut exciter l'atome H de E_1 à E_2 (car E_C est inférieure à $E_3 - E_1 = 12{,}09$ eV).

Exercice n°2:

I –

1°)

a- $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^4_2He + {}^A_ZTh$

Loi de conservation du nombre de charge : $Z + 2 = 92$

$\Rightarrow Z = 90.$

Loi de conservation du nombre de masse : $A + 4 = 238$

$\Rightarrow A = 234.$

D'où l'équation de désintégration :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^4_2He + {}^{234}_{90}Th$$

b- L'énergie libérée est $W_{lib} = |\Delta m|\, c^2$

$... - m_\alpha - m_{Th}) c^2 = 4,6.10^{-3} \times 1,66.10 ...$

$W_{lib} = 6,87.10^{-13}$ J.

D'où $W_{lib} = 4,295$ MeV.

c- $W_{lib} = E_{CTh} + E_{C\alpha} = 1/2\, m_\alpha v_\alpha^2 + 1/2\, m_{Th} v_{Th}^2$.

Or $v_{Th}^2 = v_\alpha^2 .\, m_\alpha^2 / m_{Th}^2$, d'où :

$$W_{lib} = \frac{1}{2} m_a v_a^2 (1 + \frac{m_a}{m_{Th}}) \Rightarrow W_{lib} = \frac{m_\alpha(m_\alpha + m_{Th})}{2\, m_{Th}} v_a^2$$

$$v_a^2 = W_{lib} \frac{2\, m_{Th}}{m_\alpha(m_\alpha + m_{Th})} \Rightarrow v_a = \sqrt{\frac{2 \times 234 \times 6,87.10^{-13}}{4(4+234) \times 1,66.10^{-27}}}$$

$v_a = 1,43.10^7\, ms^{-1}$

2°)

a- $^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{A}_{Z}X$. D'après les lois de Soddy : $Z = -1$ et $A = 0$. Donc la particule émise est un électron $^{0}_{-1}e$. Donc cette transformation est une radioactivité

β^- : $^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$.

b- L'électron émis provient du noyau suite à la transformation d'un neutron en un proton : $^{1}_{1}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$

II-

1°)

a- $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$.

b- À la date $t_1 = 1,5.10^9$ **années**, on lit sur la courbe :

$N_1 = 4.10^{12}$ **noyaux.**

c- La période radioactive de l'uranium **238** est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux d'uranium **238** se désintègre.

À $t = 0$, on a $N_0 = 5.10^{12}$ **noyaux.**

À $t = T$, il reste $N = \frac{N_0}{2} = 2,5.10^{12}$ **noyaux**.

On lit : $T = 4,5.10^9$ **années.**

La constante radioactive est

$$\lambda = \frac{Ln\, 2}{T} = 0,154.10^{-9} an^{-1} = 4,88.10^{-18} s^{-1}$$

d- L'activité d'une masse d'uranium 238 est le nombre de désintégrations par seconde.

$A_1 = \lambda\, N_1 = 0,154.10^{-9} \times 4.10^{12} = 616$ **désintégrations/an**

$A_1 = 1,95.10^{-5}$ **Bq.**

2°)

a- $N_{pb} = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$

b- $1 - e^{-\lambda t} = \frac{N_{Pb}}{N_0} \Rightarrow e^{-\lambda t} = 1 - \frac{N_{Pb}}{N_0}$

$$\Rightarrow -\lambda t = Ln\, (1 - \frac{N_{Pb}}{N_0}) \Rightarrow t = \frac{-Ln\, (1 - \frac{N_{Pb}}{N_0})}{\lambda} .$$

$$AN : t_{Terre} = \frac{-Ln\, (1 - \frac{2,5.10^{12}}{5.10^{12}})}{0,154.10^{-9}}$$

$\Rightarrow t_{Terre} = 4,5.10^9$ **années.**

<u>Exercice N°3 :</u> Analyse de texte.

1°)

a- Un positon est une particule élémentaire de même masse que l'électron et de charge positive (e) opposée à

…lectron (c'est l'antiparticule de l'électron).

b- L'élévation de température dans le gaz des étoiles est due à la transformation de l'énergie gravitationnelle en chaleur.

c- Les protons (noyaux des atomes $^{1}_{1}H$) proviennent des atomes H qui ont perdu leurs électrons sous l'effet de la très haute température (quelques milliers de K).

2°)

Formation d'un deutéron : $^{1}_{1}p + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{2}_{1}H$

Formation d'un noyau d'hélium 3 : $^{2}_{1}H + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{3}_{2}He$

Formation d'un noyau d'hélium 4: $2.^{3}_{2}He \longrightarrow ^{4}_{2}He + 2.^{1}_{1}p$

Bilan global du cycle : $4.^{1}_{1}p \longrightarrow ^{4}_{2}He + 2.^{0}_{1}e$

3°)

a- $^{12}_{6}C + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{13}_{7}N$

$^{13}_{7}N \longrightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{1}e$

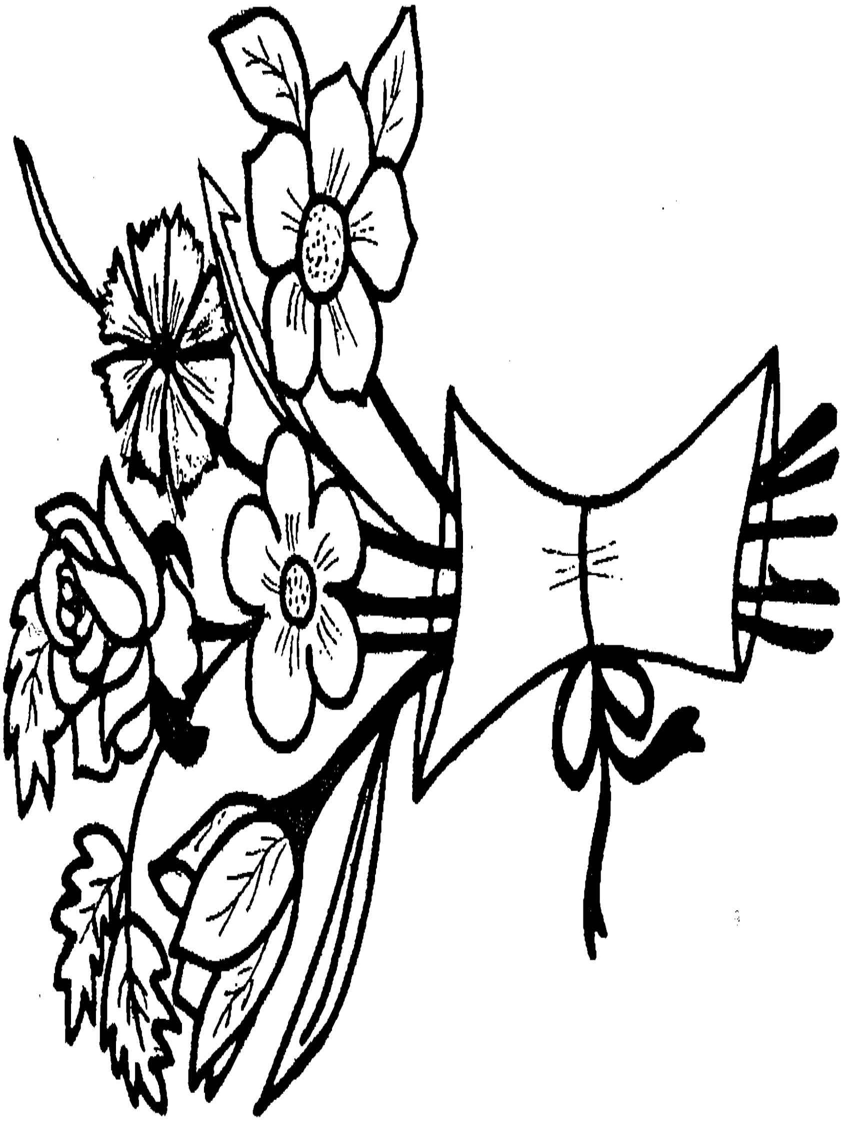
$^{13}_{6}C + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{14}_{7}N$

$^{14}_{7}N + ^{1}_{1}p \longrightarrow ^{15}_{8}O$

$^{15}_{8}O \longrightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$

$^{15}_{7}N + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{12}_{6}C + ^{4}_{2}H$

Bilan global: $4.^{1}_{1}p \longrightarrow ^{4}_{2}He + 2.^{0}_{1}e$ (identique à celui du cycle proton-proton).



Les dix commandements Conseils de méthode

1/ Le premier exercice à faire à propos d'un chapitre de physique est d'apprendre le cours correspondant.

2/ Faites les exercices au fur et à mesure de l'avancement du cours.

3/ La meilleure façon de vous préparer à des exercices avec protocole expérimental est de porter, tout au long de l'année, une grande attention aux expériences réalisées en travaux pratiques ou présentées en cours.

4/ Lorsque vous voulez faire un exercice, commencer par lire très attentivement son énoncé. Il contient des données, des définitions, voire des indications, qui vous mettront sur la voie de sa résolution. La réponse à une question se trouve parfois dans la suite du texte...

5/ Un corrigé ne se lit pas: il s'étudie.

Etudier un corrigé d'exercice, ce n'est pas simplement le parcourir des yeux. Il est nécessaire de le travailler, stylo à la main et feuille de papier en dessous, en ayant à coté de soi le cours au quel il faut se reporter systématiquement.

6/ Ayer, à propos du corrigé d'un exercice, trois niveaux de travail:

- Le premier concerne, évidemment, la solution proprement dite, les calculs, les résultats;
- Le deuxième, au moins aussi important que le premier, consiste à en faire ressortir la méthode de résolution pour pouvoir l'utiliser à nouveau dans d'autres exercices;
- Le troisième, enfin, qui est loin d'être négligeable, concerne la rédaction de la solution.

7/ Sous peine d'être lourdement pénalisé par le correcteur numéroter les réponses conformément à l'énoncé.

8/ Faites souvent que possible des schémas soignés qui vous faciliteront la résolution des exercices.

9/ Pour vous permettre de détecter d'éventuelles erreurs, vérifier la vraisemblance de vos résultats numériques.

10/ Faites attention aux unités.

DONIA Edition et Distribution SFAX
Tél : 74 46 01 09 - GSM: 98 44 77 62

Dépôt légal n°...

789973407696

Pri...