Série d'exercice N°1

L'année scolaire : 20../20..
Classe : 2 BACS-PC
Professeur :

Les Ondes Mécaniques Progressives

Exercice 1 : Utilisation des ondes ultra sonores dans le contrôle du béton armé

1- Détermination de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air :
Sur une même droite on place un émetteur (E) et un récepteur (R) des ondes ultrasonores distants de d=0,5m.

L'émetteur (E) envoie un signal, il est reçu par le récepteur (R) après τ =1,47ms

1.1- Dites si les ondes ultrasonores sont longitudinales ou transversales

1.2- Donner la signification physique de la grandeur τ

1.3- Calculer la valeur V_{air} de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air

1.4- On considère un point B situe à une distance d_B de l'émetteur (E). sélectionner la réponse juste parmi ces propositions :

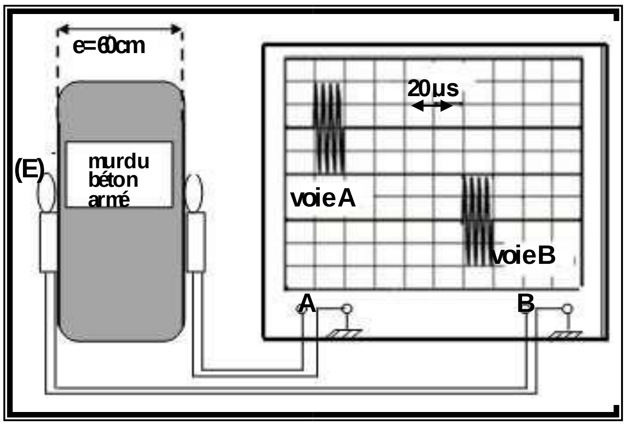
(a) : $y_B(t)=y_E(t-\tau_B)$ - **(b)** : $y_B(t)=y_E(t+\tau_B)$ – **(c) :** $y_B(t)=y_E(t-2\tau_B)$ - **(d)** : $y_B(t)=y_E(t-\tau_B/2)$

2- Contrôle de la qualité du béton armé à l'aide des ondes ultra sonores

L'oscillogramme de la figure ci-dessous représente le signal émis par un émetteur (E) d'un appareil numérique de contrôle du béton armé fixe sur la paroi d'un mur et le signal reçu par un récepteur (R) du même appareil placé sur l'autre paroi du mur d'une épaisseur e=60cm.

La qualité du béton arme dépend de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans ce béton comme l'indique le tableau ci-dessous.

Qualité du béton armé	Vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans le béton arme (m/s)
excellente	Supérieure à 4000
bonne	De 3200 à 4000
acceptable	De 2500 à 3200
mauvaise	De 1700 à 2500
Très mauvaise	Inférieure à 1700



Trouver la valeur de v la vitesse de propagation des ondes ultra sonore dans le béton arme et déduire sa qualité.

Exercice 2 : propagation d'ondes mécaniques

Les ondes mécaniques et les ondes lumineuses sont caractérisées par des propriétés bien déterminées. Les phénomènes liés à leur propagation permettent de fournir des informations sur les milieux de propagation et la nature de la lumière, et de déterminer certains paramètres caractéristiques.

1- Propriétés des ondes ultrasonores et des ondes lumineuses

Recopier sur votre copie, le numéro de la question, et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie parmi :

a	les ondes ultrasonores sont des ondes longitudinales.
b	Le domaine de fréquences de la lumière visible est limité entre *400 nm*et*1000 nm*.
c	les ondes ultrasonores et les ondes lumineuses ont même célérité de propagation dans le même milieu.
d	La fréquence des ondes lumineuses varie d'un milieu à un autre.

2- Propagation des ondes ultrasonores

On place en une même position, un émetteur *E* et un récepteur *R* des ondes ultrasonores, à la distance $d = 42,5\ cm$ d'un obstacle. Les ondes ultrasonores qui se propagent à partir de *E*, se réfléchissent sur
l'obstacle puis sont reçues par *R*.

Un système d'acquisition informatique permet de visualiser l'onde émise *(a)*et l'onde reçue*(b)*. La figure (1) donne l'oscillogramme obtenu.

2.1- Déterminer la valeur du retard temporel τ entre les ondes *(a)*et*(b)*.

2.2- Vérifier que la valeur de la célérité de propagation dans l'air est $v_{air} = 340\ m.s^{-1}$.

2.3- On répète l'expérience en utilisant le même dispositif, et l'eau comme milieu de propagation. On obtient avec le même système d'acquisition informatique l'oscillogramme représenté sur la figure (2). Dans quel milieu (air/eau), la propagation des ondes ultrasonores est plus rapide ? Justifier votre réponse.

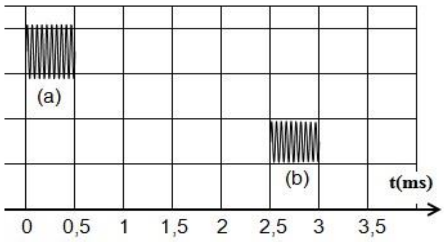


Figure 1

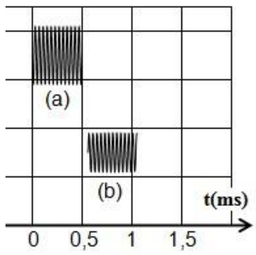


Figure 2

Exercice 3

L'échographie utilisant les ondes ultrasonores est une méthode de détermination des épaisseurs des nappes souterraines.

Cet exercice vise à déterminer, la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans l'air, ainsi que l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole

1- **<u>Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air :</u>**

On place sur un banc rectiligne un émetteur E d'ondes ultrasonores, et deux récepteurs R_1 et R_2 distants de d = 0,5 m (Figure 1).

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope, aux entrées Y_1 et Y_2, les signaux reçus par les deux récepteurs, On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 2.

A représente le début du signal reçu par R_1, et B le début de celui reçu par R_2.

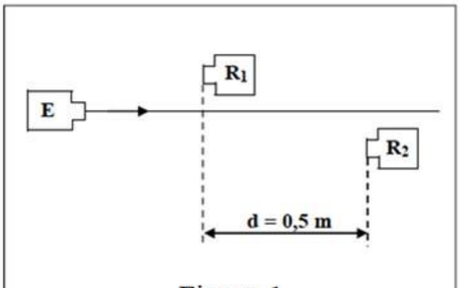


Figure 1

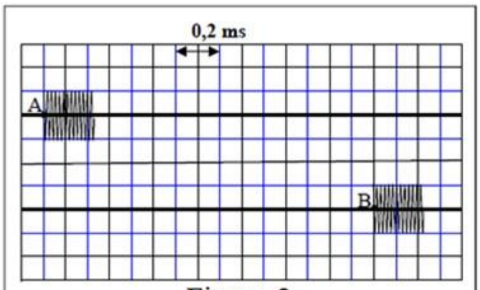


Figure 2

1-1- Déterminer à partir de l'oscillogramme de la figure 2, le retard horaire τ entre les deux signaux reçus par les deux récepteurs R_1 et R_2.

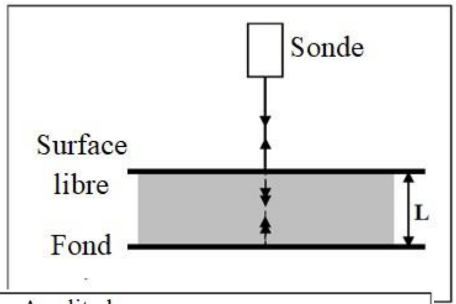
1-2- Calculer v_{air} la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

1-3- Ecrire l'expression de l'élongation $y_B(t)$ du point B à l'instant t, en fonction de l'élongation du point A.

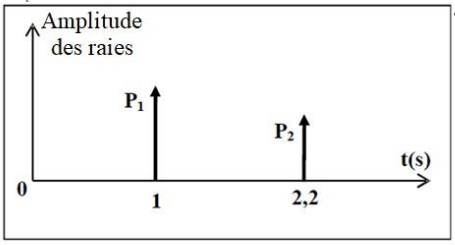
2- **<u>Détermination de l 'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole :</u>**

Pour déterminer l'épaisseur L d'une nappe souterraine de pétrole, un ingénieur utilise la sonde d'un appareil

d'échographie.
La sonde envoie, perpendiculairement à la surface libre de la couche de pétrole, à l'instant $t_0 = 0$, un signal ultrasonore d très courte durée.
Une partie du signal se réfléchie sur cette surface, tandis que l'autre partie continue la propagation dans la couche de pétrole pour se réfléchir une deuxième fois sur son fond, et de revenir vers la sonde, pour être transformée à nouveau en un signal de très courte durée aussi (Figure 3).



A l'instant t_1, la sonde révèle la raie P_1 correspondante à l'onde réfléchie sur la surface libre de la couche de pétrole, et à l'instant t_2 elle révèle la raie P_2 correspondante à l'onde réfléchie sur le fond de la couche du pétrole (Figure 4).



Déterminer l'épaisseur L de la couche de pétrole, sachant que la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans le pétrole brut est : $v = 1{,}3\ km.s^{-1}$.

Exercice 4

Pour déterminer la valeur approximative de la célérité d'une onde ultrasonore dans le pétrole liquide on réalise l'expérience suivante :
Dans une cuve contenant du pétrole, on fixe à l'une de ses extrémités deux émetteurs E_1 et E_2 qui sont reliés à un générateur GBF. A l'instant $t_0 = 0$, les deux émetteurs émettent chacun une onde ultrasonore, une se propage dans l'air et l'autre dans le pétrole. A l'autre extrémité de la cuve, on place deux récepteurs R_1 et R_2, l'un dans l'air et l'autre dans le pétrole. Les récepteurs sont à une distance L des émetteurs. (Voir figure 1)
On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les deux signaux reçus par R_1 et R_2. (Voir figure 2)

Données :

- Les deux ondes parcourent la même distance L = 1,84 m ;
- La célérité des ultrasons dans l'air : $V_{air} = 340\ m.s^{-1}$;
- La sensibilité horizontale de l'oscilloscope : 2ms / div.

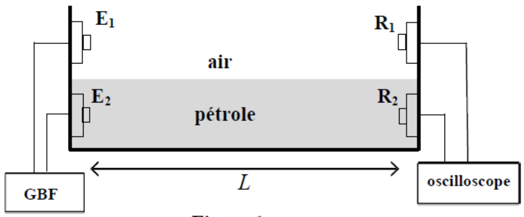


Figure 1

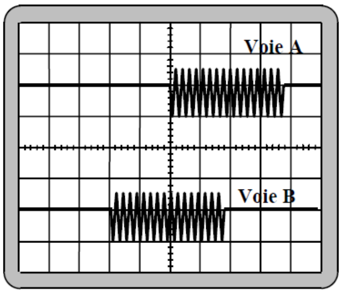


Figure2

1- Les ondes ultrasonores, sont-elles longitudinales ou transversales ? justifier.

2- En exploitant la figure 2, déterminer la valeur du retard temporel entre les deux ondes reçues.

3- Montrer que l'expression de s'écrit sous la forme : $\tau = L.\left(\frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_P}\right)$

4- Trouver la valeur approchée de la célérité.

Exercice 5

L'émetteur E d'ultrasons génère simultanément deux salves d'ondes. Les récepteurs A et B sont reliés à une interface d'acquisition qui déclenche l'enregistrement des signaux dès que le récepteur B détecte en premier les ultrasons. L'huile testée est disposée dans un tube en verre entre l'émetteur E et le récepteur B, tandis que l'air sépare l'émetteur E du récepteur A (figure 1).

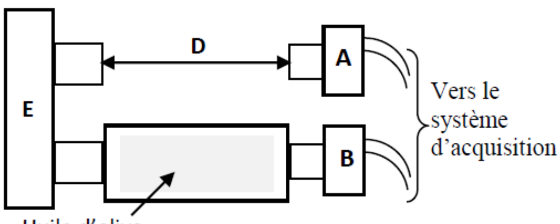


Figure 1

Pour chaque valeur D de la longueur du tube on mesure, par l'intermédiaire du système informatique, la durée Δt écoulée entre les deux signaux reçus en A et B.

À partir de ces mesures on obtient la courbe de la figure 2 représentant les variations de Δt en fonction de D : Δt = f(D).

1- Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes longitudinales ou transversales ? Justifier.

2- Les ultrasons utilisés dans l'expérience précédente ont une fréquence de 40 kHz. Leur célérité dans l'air est $V_a = 340 m.s^{-1}$.

Calculer la distance parcourue par ces ultrasons dans l'air pendant une période.

3- Exprimer Δt en fonction de D, V_h et V_a

4- L'huile testée est-t-elle pure ? Justifier.

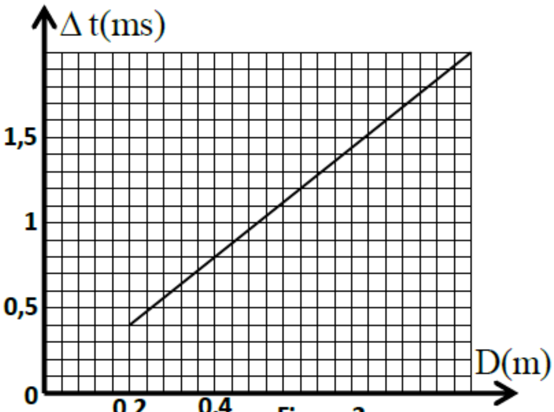


Figure 2

Exercice 6

On place dans un récipient contenant de l'eau, une plaque de plexiglas d'épaisseur e, on plonge dans l'eau une sonde constituée d'un émetteur et d'un récepteur d'onde ultrasonore (figure1) On visualise à l'aide d'un dispositif approprié chacun des signaux émis et reçu par la sonde. La durée du signal ultrasonore est très petite, on le représente par une raie verticale.

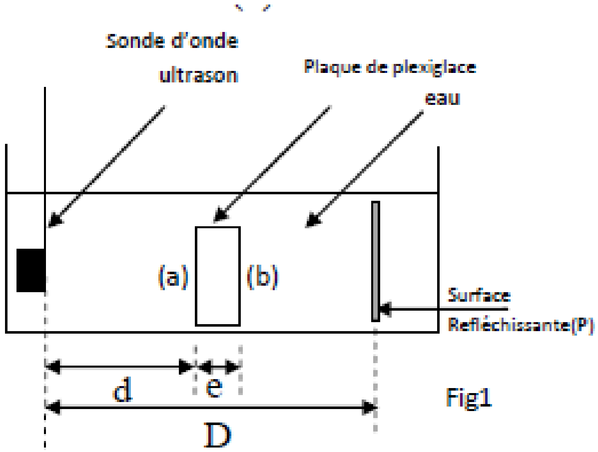


Fig1

1- En l'absence de la plaque du plexiglas, on obtient l'oscillogramme représenté dans la figure 2.

Etablir que l'instant t_R auquel a été capté le Signal réfléchi par la surface réfléchissante (P) s'écrit sous la forme $t_R = \frac{2D}{v}$ où v est la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'eau.

2- En présence de la plaque de plexiglas ; on obtient l'oscillogramme de la figure 3.

On représente par t_A et t_B les instants auxquels sont captés les signaux réfléchis successivement par la première surfaces (a) et la deuxième surface (b) de la plaque de plexiglas.

On représente par t'_R l'instant auquel a été captée l'onde réfléchie sur la surface réfléchissante (P).

On représente la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans le plexiglas par v'

1.1- Dans quel milieu (eau ou plexiglas), La vitesse de propagation de l'onde est la plus Grande ? justifier la réponse.

1.2- Exprimer t'_R en fonction de D, e, v et v'.

1.3- Trouver l'expression de l'épaisseur e en fonction de v, t_R, t'_R, t_A et t_B.

Calculer la valeur de e sachant que la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'eau est $v=1,42\times10^3 m.s^{-1}$.

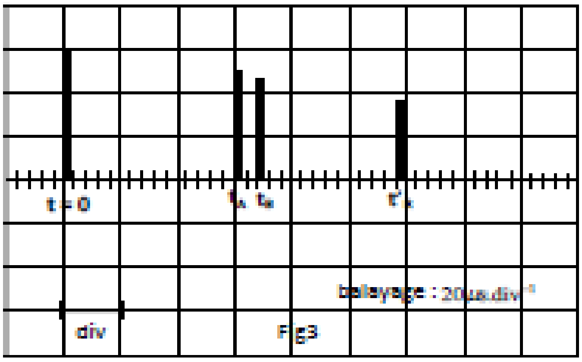


Fig3

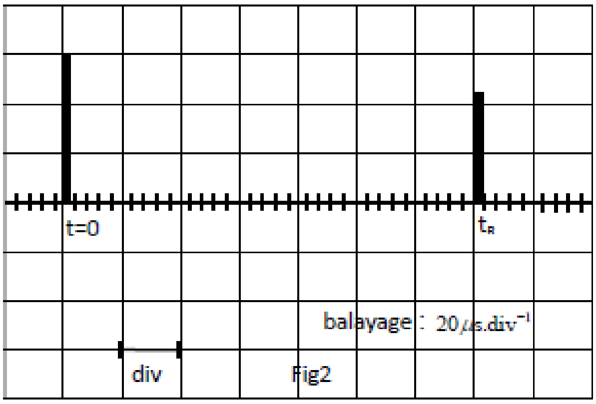


Fig2

Les Ondes Mécaniques Progressives Périodiques

Exercice 1 : Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air et mesure des profondeurs des eaux

1- Etude de la propagation d'une onde ultrasonore

Pour étudier la propagation des ondes ultrasonores dans l'eau, on utilise le montage suivant (figure 1) ? E un émetteur et R un récepteur

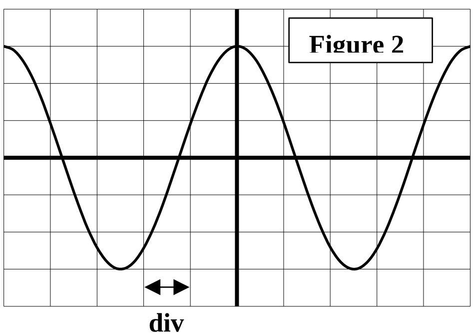
1.1- Définir une onde mécanique progressive

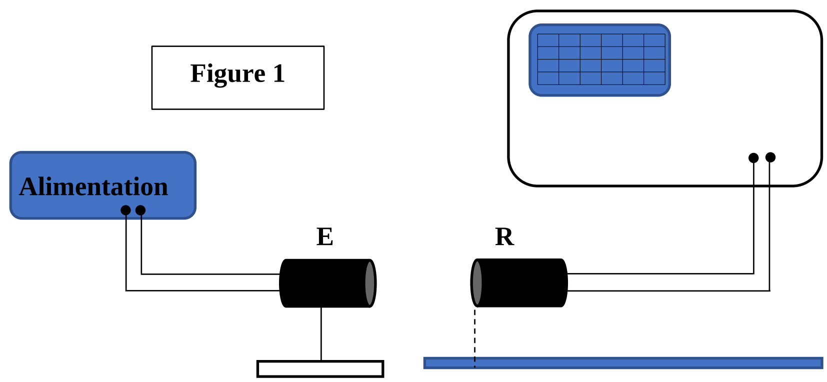
1.2- L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse

1.3- La courbe de la figure 2 représente les variations de la tension aux bornes du récepteur R, la sensibilité horizontale est S_h=2µs/div

1.3.1- Déterminer graphiquement la valeur de la période T de l'onde reçus par le récepteur R

1.3.2- Déterminer la valeur λ de la longueur d'onde sachant que la vitesse de propagation de l'onde sonore dans l'aire est : V_{air}=340m/s





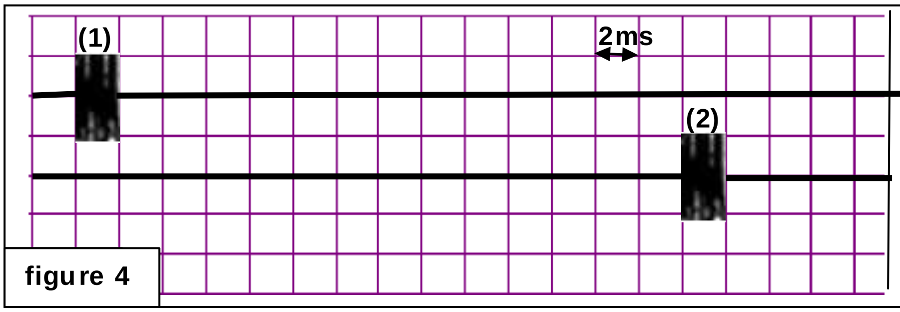
2- Détermination de la profondeur des eaux :

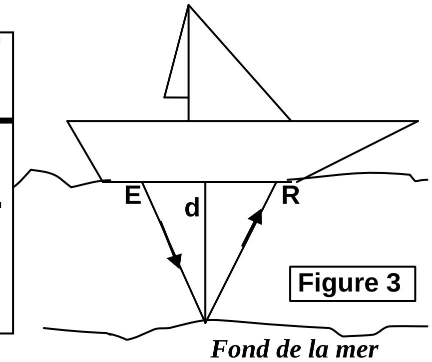
Un sondeur acoustique classique (Le sonar) est composé d'une sonde comportant un émetteur et un récepteur d'onde ultrasonore. la sonde envoie une onde ultrasonore verticalement en direction du fond. Cette onde ultrasonore se déplace dans l'eau à une vitesse constante veau. Et quand elle rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchie et renvoyée vers la source. La détermination du retard entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la profondeur p ;

Pour déterminer la profondeur de l'eau dans un port, un navire envoi à l'aide d'un émetteur E, un signal ultrasonore périodique vers le fond de la mer. le signal réfléchit sur le fond est capté par un récepteur (Figure3) le schéma de la figure 4 représente le signal émis par E et le signal reçu par R visualisé par un appareil convenable.

2.1- Déterminer Δt La durée qui sépare l'instant de l'envoi du signal et l'instant de la réception de la partie réfléchie ;

2.2- On considère que les ultrasons suivent une trajectoire verticale. Déduire la valeur de d la profondeur de l'eau dans l'endroit où se trouve le bateau, sachant la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'eau est : V_{eau} = 1,5 .10^3m





Exercice 2 : Les ondes mécaniques

des perturbations à la surface de l'eau provoquent la formation des ondes mécaniques qui se propagent avec une vitesse V

Le but de cet exercice est d'étudier la propagation des ondes mécaniques progressives à la surface de l'eau

1- Dans une cuve à onde une plaque verticale (P) liée à un vibreur de fréquence N=50Hz crée des ondes rectilignes progressives à la surface de l'eau qui se propagent sans amortissement ni réflexion, la figure 1 représente la forme de la surface de l'eau à un instant donné, d=15mm

1.1- A l'aide de la figure 1 déterminer la longueur d'onde λ

1.2- Déduire la valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau

1.3- On considère un point M du milieu de propagation (figure 1). Calculer le retard τ de la vibration du point M par rapport à la source S

1.4- On double la fréquence du vibreur (N'=2N) la longueur d'onde devient λ'=3mm. Calculer la vitesse v' de propagation de l'onde dans ce cas et dites si le milieu est dispersif ou non, justifier votre réponse

2- On fixe de nouveau la fréquence du vibreur a la valeur N=50Hz et on place dans la cuve a onde une plaque munie d'une ouverture de largeur a (figure 2)

Dessiner en justifiant la réponse la forme de la surface de l'eau après la plaque pour a=4mm et a=10mm

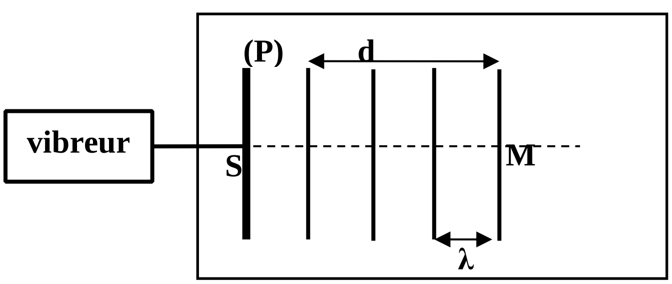


Figure 1

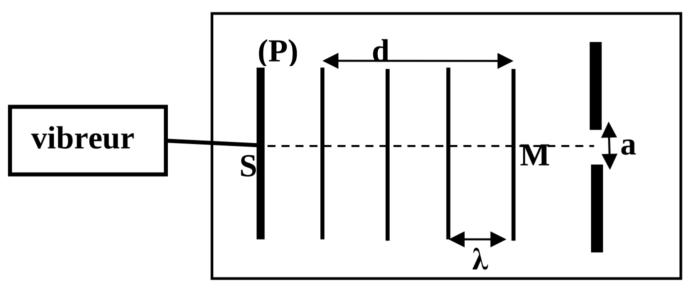


Figure 2

Exercice 3 : Propagation d'une onde

Les ondes mécaniques et lumineuses se propagent avec des vitesses v tel que $v \leq c$, c la vitesse de la lumière dans le vide. La propagation nécessite soit le vide ou des milieux matériels unidimensionnels,
bidimensionnels ou tridimensionnels et conduit dans certains cas à l'apparition de phénomènes physiques : les interférences, la dispersion …

1- Propagation d'une onde mécanique :

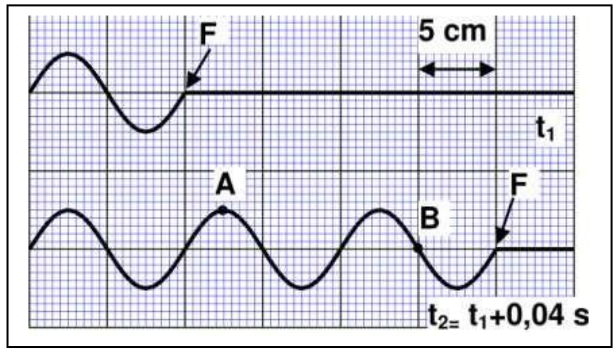
1.1- Choisis la bonne réponse **:**

a- L onde sonore est longitudinale.

b- L onde sonore se propage dans le vide.

c- L'onde sonore se propage dans un milieu tridimensionnel.

d- L onde sonore se propage à la vitesse de la lumière.



1.2- On crée le long d'une corde une onde mécanique périodique sinusoïdale. La figure ci-dessus représente la forme de la corde aux instants t_1 et $t_2 = t_1+0{,}04$s, le point F représente le front de l'onde. En utilisant le schéma :

a- Trouver la valeur de λ la longueur d onde.

b- Calculer v la célérité de l'onde.

c- Préciser T la période de l'onde.

1.3- On considère deux points A et B de la corde (voir figure). Trouver la valeur de τ le retard temporel du mouvement de B par rapport à A.

2- Propagation d'une onde lumineuse.

On éclair une fente de largeur a par un faisceau lumineux monochromatique issu d'un appareil laser, sa longueur d'onde est λ dans l'air. On observe sur un écran situe à une distance D de la fente la formation de taches lumineuses mettant en évidence le phénomène de diffraction. la largeur de la tâche principale est L. Et on l'exprime par la relation : $L = \frac{2\,.\lambda.D}{a}$.

2.1- Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par le phénomène de diffraction ?

2.2- Lorsqu' on utilise une lumière de longueur d'onde λ=400nm la largeur de la tache centrale est L=1,7cm. Dans le cas d'une lumière de longueur d'onde λ' la largeur de la tache centrale est L'=3,4cm. Trouver la valeur de la longueur d'onde λ'.

Exercice 4 : Propagation des ondes à la surface de l'eau :

À l'aide d'un vibreur de fréquence réglable, on crée à l'instant $t_0 = 0$, en un point *S* de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives sinusoïdales. Ces ondes se propagent sans atténuation et sans réflexion. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50Hz$.

Le document de la figure (1), représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné. **Donnée :** $d = 15mm$.

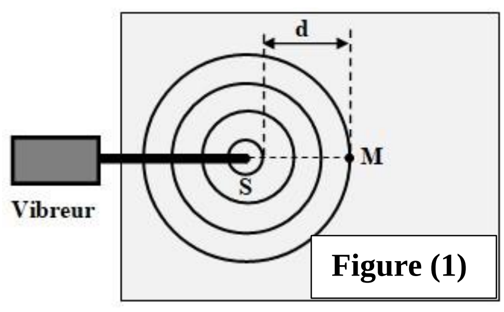


Figure (1)

1. Définir une onde mécanique progressive.
2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

2.1. La valeur de la longueur d'onde λ de l'onde qui se propage à la surface de l'eau est :

A	λ=15*mm*	**B**	λ= 7,5*mm*	**C**	λ= 5*mm*	**D**	λ=1,5*mm*

2.2. La valeur de la vitesse *v* de propagation de l'onde à la surface de l'eau est :

A	$v = 0{,}75 m.s^{-1}$	**B**	$v = 0{,}35 m.s^{-1}$	**C**	$v = 0{,}25 m.s^{-1}$	**D**	$v = 0{,}15 m.s^{-1}$

2.3. On considère un point M de la surface de l'eau, tel que SM =17,5mm. L'élongation $y_M(t)$ du point M en fonction de l'élongation $y_S(t)$ de la source s'écrit :

A	$y_M(t) = y_S(t - 0,07)$	**B**	$y_M(t) = y_S(t - 0,35)$	**C**	$y_M(t) = y_S(t + 0,07)$	**D**	$y_M(t) = y_S(t + 0,35)$

3. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur N'=100Hz la longueur d'onde devient $\lambda' = 3mm$. L'eau est-elle un milieu dispersif ? Justifier.

4. On règle à nouveau la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50Hz$ et on place dans l'eau de la cuve un obstacle contenant une ouverture de largeur a= 4,5mm (figure 2).

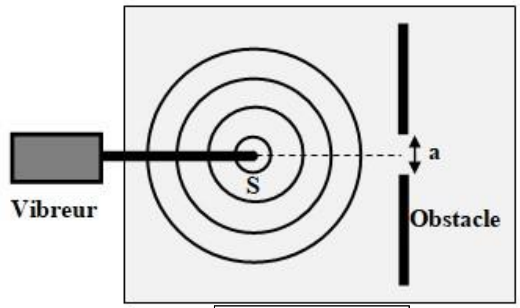


Figure (2)

4.1. Nommer le phénomène qui se produit. Justifier.

4.2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.
Les valeurs de la longueur d'onde et de la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau lorsque l'onde dépasse l'ouverture sont :

A	$\lambda = 3mm$ $v = 0,15m.s^{-1}$	**B**	$\lambda = 15mm$ $v = 0,10m.s^{-1}$	**C**	$\lambda = 5mm$ $v = 0,20m.s^{-1}$	**D**	$\lambda = 5mm$ $v = 0,25m.s^{-1}$

Exercice 5: Propagation d'une onde

Durant des séances de travaux pratiques, des élèves ont procédé à :

- ***l'étude de la propagation d'une onde mécanique progressive périodique à la surface de l'eau ;***
- ***la détermination de la vitesse de propagation du son dans la salle de TP ;***
- ***la détermination de la longueur d'onde d'une onde lumineuse monochromatique.***

1. Propagation d'une onde à la surface de l'eau On produit à l'aide d'une plaque (P) d'un vibreur, à la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives périodiques de fréquence N=10 Hz. Les ondes se propagent sans amortissement ni réflexion. La figure (1) donne l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné.

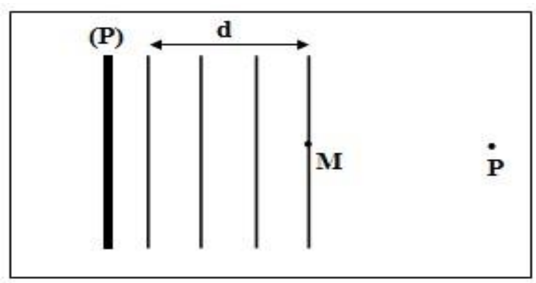


Figure 1

Donnée : d =6 cm.

1.1. Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ.

1.2. Déduire la valeur de la vitesse de propagation v à la surface de l'eau.

1.3. On considère deux points M et P de la surface de l'eau, tel que MP=7 cm (figure 1). Calculer le retard temporel τ de la vibration du point P par rapport à M.

2. Détermination expérimentale de la vitesse de propagation du son

Pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde sonore dans la salle de TP, l'enseignant a préparé le montage expérimental de la figure (2) qui comporte :

- deux microphones M_1 et M_2 séparés par une distance d ;
- un oscilloscope ;
- un haut-parleur ;
- un GBF réglé à une fréquence N.

La figure (3) donne les oscillogrammes observés pour une distance $d_1 = 21\ cm$.
La sensibilité horizontale est $S_h=1,0\ .10^{-4}\ s.div^{-1}$.

2.1. Déterminer la valeur de la période T de l'onde sonore.

2.2. On déplace horizontalement le microphone M_2 progressivement par rapport à M_1 jusqu'à ce que les deux courbes soient à nouveau en phase. La distance entre les deux microphones est alors $d_2 = 41,5\ cm$.

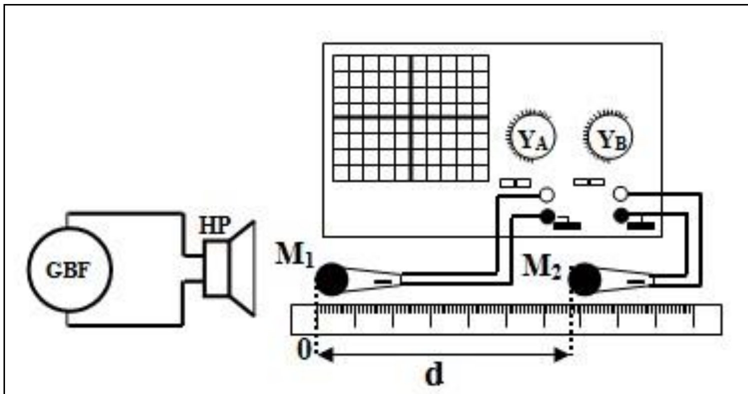


Figure 2

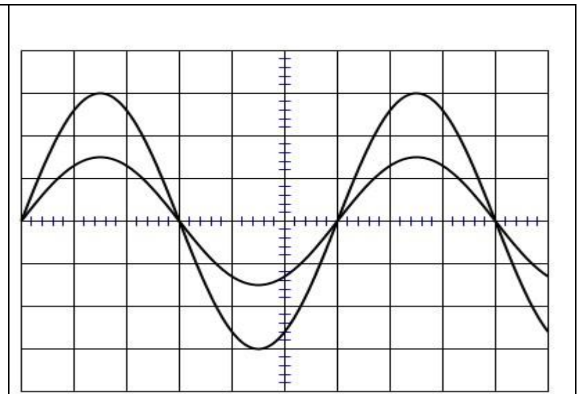


Figure 3

a. Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde sonore.

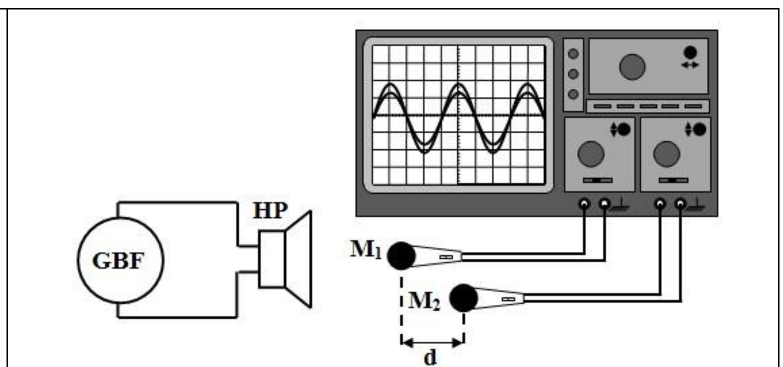
b. Calculer la valeur de la vitesse de propagation v du son dans l'air.

Exercice 6 : Propagation des ondes

La propagation des ondes est un phénomène naturel qui peut se produire dans certains milieux. Dans différentes conditions, l'étude d'une telle propagation peut engendrer des informations sur la nature des ondes, leurs caractéristiques, et sur le milieu de propagation.

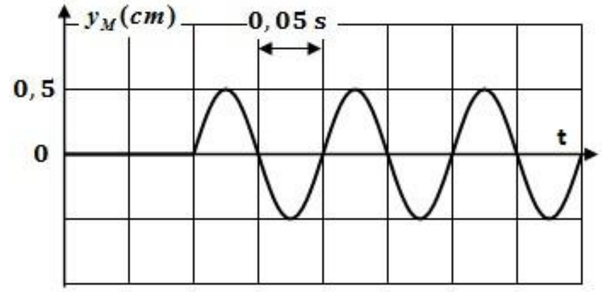
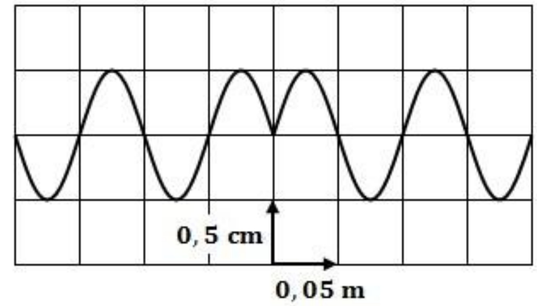
La figure ci-dessous donne deux dispositifs (1) et (2) permettant d'étudier la propagation d'une onde à la surface de l'eau et la propagation du son dans l'air.

Dispositif (1)



Dispositif (2)

1. Quelle est la nature de l'onde mécanique produite respectivement par les sources de ces deux dispositifs ?
2. Dans le dispositif (1), un vibreur produit une onde progressive sinusoïdale de fréquence N_1. Une étude expérimentale a permis d'obtenir le document (a) représentant l'élongation d'un point M de la surface de l'eau en fonction du temps et le document (b) représentant l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné.

	
Document (a)	**Document (b)**

2.1. Lequel des deux documents (a) et (b) montre une périodicité spatiale ?

2.2. Déterminer la fréquence N_1 de l'onde.

2.3. Calculer la célérité v_1 de propagation de l'onde à la surface de l'eau.

2.4. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

L'élongation du point M en fonction de l'élongation de la source S s'écrit :

A	$y_M(t) = y_S(t+0,1)$	**B**	$y_M(t) = y_S(t+0,05)$	**C**	$y_M(t) = y_S(t-0,1)$	**D**	$y_M(t) = y_S(t-0,05)$

3. On interpose à la surface de l'eau un obstacle muni d'une ouverture de diamètre $L = 8cm$. L'onde produite à la surface de l'eau par la source se propage après avoir traversé l'ouverture.

3.1. Quel phénomène peut-on observer lorsque l'onde traverse l'ouverture ? Justifier.

3.2. Déduire la longueur d'onde λ_2 et la célérité de propagation v_2 de l'onde au-delà de l'ouverture.

4. Le haut-parleur du dispositif (2), émet des ondes sonores de fréquence $N_2 = 10kHz$.

4.1. Les ondes sonores produites peuvent-elles se propager dans le vide ? Justifier.

4.2. Les ondes sont captées par deux microphones M_1 et M_2 qui occupent la même position. Les courbes visualisées sur l'écran de l'oscilloscope apparaissent en phase.

Lorsqu'on déplace M_2 par rapport à M_1 d'une distance $d = 34cm$, les deux courbes observées à l'oscilloscope apparaissent à nouveau en phase pour la dixième (10) fois. Déduire la célérité de propagation du son dans l'air.

Exercice 7 : Propagation d'une onde

Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes qui se propagent dans différents milieux, et elles sont utilisées dans différents domaines, et elles sont caractérisées par leurs fréquences.

Le but de cet exercice est de déterminer les propriétés de la propagation d'une onde et la nature du milieu de propagation

1- Définir une onde mécanique progressive

2- Donner la réponse juste parmi ces propositions

a	Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes longitudinales
b	Les ondes sonores se propagent dans l'air par compression et décompression de l'air
c	Les ondes sonores sont audibles par l'oreille humaine
d	La fréquence des ondes sonores et ultrasonores dépend du milieu de propagation

3- Un haut-parleur (S) émet un son à travers un tube rempli de gaz, et contenant deux microphones M_1 et M_2 sur une même droite avec (S) et situé à une distance D de (S), On branche M_1 et M_2 à un oscilloscope (figure 1), on laisse M_1 fixe et on écarte M_2 suivant l'axe S_x jusqu'à ce que les deux courbes soit en phase pour la première fois on obtient les courbes de la figure 2, la distance entre M_1 et M_2 est d=15,6cm. La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est $s_h = 100\mu s/div$.

3.1- Montrer que la longueur d'onde des ondes sonores qui se propage dans le tube est : λ=15,6cm

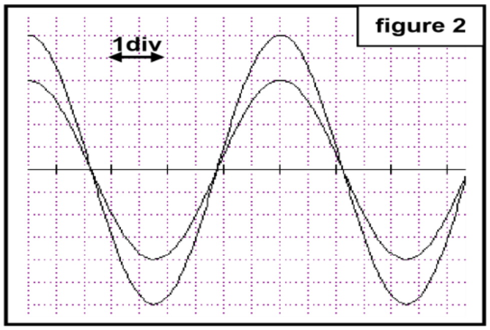
3.2- Déterminer graphiquement la valeur de la période T des ondes sonores

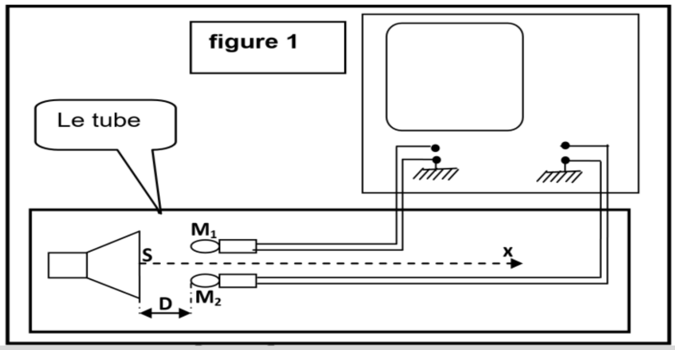
3.3- Déterminer la valeur de la vitesse v de la propagation de l'onde dans le gaz

3.4- Le tableau suivant donne les valeurs de la vitesse de propagation dans différents gaz et dans les conditions expérimentales

Le gaz	Diazote	Dioxygène	Dichlore	Dihydrogène
Vitesse de propagation (m/s)	346	324	217	1300

Déduire de ces résultats le gaz qui constitue le milieu de propagation.





Exercice 8 : Ondes ultrasonores

Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques qui peuvent se propager dans des milieux différents. Elles engendrent dans des conditions bien définies certains phénomènes physiques.

Pour déterminer la célérité d'une onde ultrasonore de fréquence N dans deux milieux différents, on utilise un dispositif constitué d'un émetteur **E** et d'un récepteur **R** fixés aux extrémités d'un tube. **E** et **R** sont reliés à un oscilloscope.

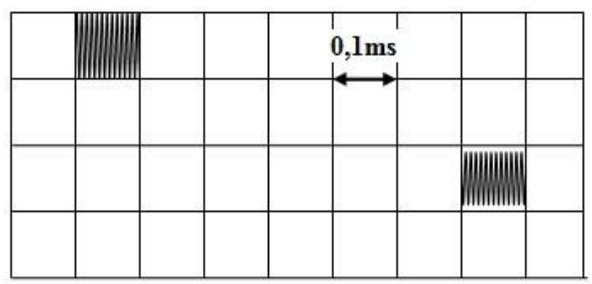
Données :

* Distance émetteur - récepteur : $D=ER=$ 1 m;

* N= 40 kHz.

1- L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ?

2- On remplit le tube par de l'eau.
L'oscillogramme ci-contre représente le signal émis par **E** et celui reçu par **R**.



Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

2.1. La célérité des ultrasons dans l'eau vaut :

A	c =1520 m.s^{-1}	B	c = 620 m.s^{-1}	C	c =1667 m.s^{-1}	D	c = 330 m.s^{-1}

2.2. La longueur d'onde de l'onde ultrasonore vaut :

A	λ= 25,2 mm	B	λ= 30,5 mm	C	λ= 37,2 mm	D	λ= 41,7 mm

3- On remplace l'eau par un autre liquide, on constate que le décalage horaire entre le signal émis et le signal reçu est Δt = 0,9 s.

La célérité des ultrasons dans le liquide, a-t-elle augmenté ou diminué par rapport à celle dans l'eau ? Justifier.

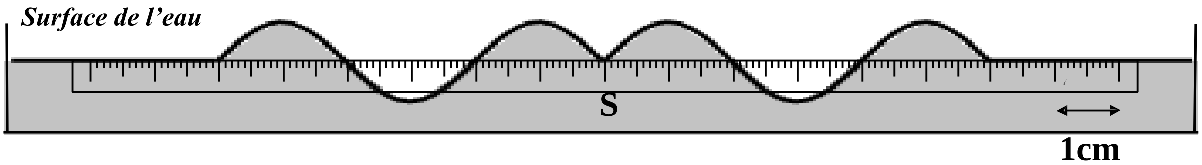
,

Exercice 9

Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau :

On crée, à l'instant t_0, en un point S de la surface de l'eau, une onde mécanique progressive sinusoïdale de fréquence N = 50 Hz

La figure ci-dessous représente une coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t. La règle graduée sur le schéma indique l'échelle utilisée.



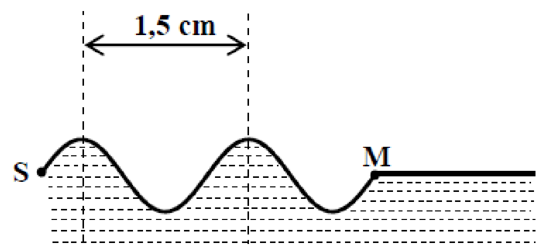
Déterminer :

1- Longueur d'onde
2- La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau,
3- L'instant t, où la coupe de la surface de l'eau est représentée,
4- On considère un point M de la surface de l'eau, éloigné de la source S d'une distance SM = 6cm. Le point M reprend le même mouvement que celui de S avec un retard temporel τ . écrire la relation entre l'élongation du point M et celle de la source S ?

Exercice 10

Pour étudier la propagation des ondes mécaniques à la surface de l'eau, on utilise une cuve à ondes. Le but de cette partie de l'exercice est de déterminer quelques grandeurs caractéristiques d'une onde mécanique.

A l'aide d'un vibreur d'une cuve à ondes, on crée en un point S de la surface libre de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $N = 20$ Hz. Cette onde se propage à $t = 0$ à partir du point S, sans amortissement et sans réflexion.



La figure ci-contre représente une coupe, dans un plan vertical, d'une partie de la surface de l'eau à l'instant de date t_1.

1 L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier.
2 Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde étudiée.
3 Déduire la célérité V de l'onde à la surface de l'eau.
4 Le point M, situé à la distance $d = SM$ du point S, est le front de l'onde à l'instant de date t_1. Exprimer le retard temporel τ du mouvement de M par rapport au mouvement de S, en fonction de la période T de l'onde. Calculer τ.

Exercice 10

On trouve parmi les applications des ondes ultrasonores, l'exploration du relief des fonds marins et la localisation des regroupements de poissons, ce qui nécessite la connaissance de la vitesse de propagation de ces ondes dans l'eau de mer.

Le but de cet exercice est de déterminer la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air et dans l'eau de mer.

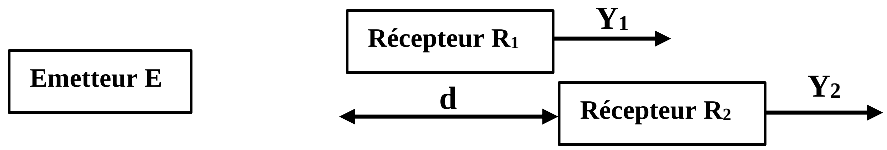
1- Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air

On place un émetteur E d'ondes ultrasonores et deux récepteurs R_1 et R_2 comme l'indique la figure 1.

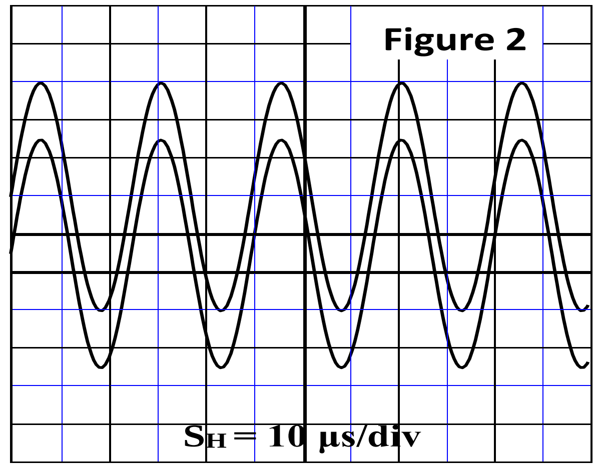
L'émetteur E envoie une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air. Celle-ci est captée par les deux récepteurs R_1 et R_2 .

On visualise, à l'oscilloscope

sur la voie Y_1 le signal capté par R_1 et sur la voie Y_2 le signal capté par R_2 .



Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent à la même distance de l'émetteur E, les deux courbes correspondant aux signaux captés sont en phase (figure 2).



En éloignant R_2 de R_1, on constate que les deux courbes ne restent plus en phase.

En continuant d'éloigner R_2 de R_1, on constate que les deux courbes se retrouvent à nouveau en phase et pour la quatrième fois, lorsque la distance entre les deux récepteurs R_1 et R_2 est d = 3,4 cm (fig 1)

1-1- Choisir la proposition juste, parmi les propositions suivantes :

a- Les ondes ultrasonores sont des ondes électromagnétiques.

b- Les ondes ultrasonores ne se propagent pas dans le vide.

c- Le phénomène de diffraction ne peut pas être obtenu par les ondes ultrasonores.

d- Les ondes ultrasonores se propagent dans l'air avec une vitesse égale à la célérité de la lumière

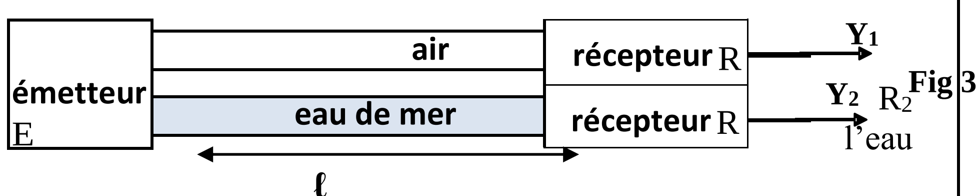
1-2- Déterminer la fréquence N de l'onde ultrasonore étudiée.

1-3- Vérifier que la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'air est $V_a = 340\ m.s^{-1}$.

2- Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'eau de mer

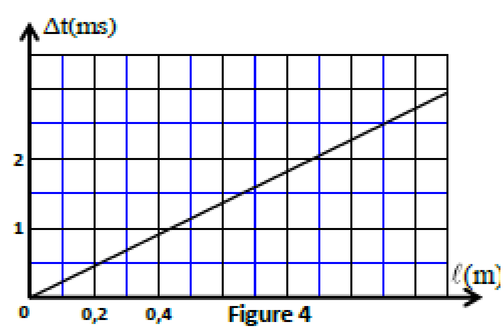
L'émetteur envoie l'onde ultrasonore précédente dans deux tubes, l'un contenant de l'air l'autre étant rempli d'eau de mer (figure 3).

Le récepteur R_1 capte l'onde qui se propage dans l'air et le récepteur R_2 capte l'onde qui se propage dans l'eau de mer.



Soient Δt le retard temporel de réception de l'onde qui se propage dans l'air par rapport à celle qui se propage dans l'eau de mer et ℓ la distance entre l'émetteur et les deux récepteurs.

En mesurant le retard Δt pour différentes distances entre L'émetteur et les deux récepteurs (figure 3), on obtient la courbe de la figure 4.



2-1- Exprimer Δt en fonction de ℓ, Va et Ve vitesse de propagation de l'onde dans l'eau de mer.

2-2- Déterminer la valeur de V_e.

Exercice 11

Les ondes ultrasonores sont des ondes de fréquence supérieure à celle des ondes sonores audibles par l'homme. Elles sont exploitées dans plusieurs domaines, comme l'échographie.

Le but de cet exercice est :

- L'étude de la propagation des ondes ultrasonores ;
- Détermination des dimensions d'un tube métallique.

1- Propagation des ondes mécaniques :

1-1- a- Ecrire la définition de l'onde mécanique progressive.

b- Quelle est la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale ?

1-2- Propagation des ondes ultrasonores dans l'eau :

On pose un émetteur E et deux récepteurs R_1 et R_2 d'ondes ultrasonores dans une cuve remplie d'eau, de façon que l'émetteur et les deux récepteurs sont alignés suivant une règle graduée (Figure 1).

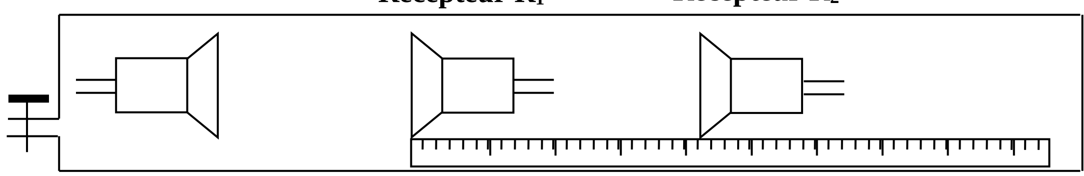
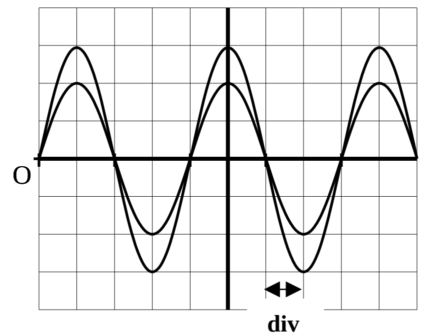


Figure 1



L'émetteur émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'eau et arrive aux récepteurs R_1 et R_2. Les deux signaux captés par les deux récepteurs R_1 et R_2, sont appliques successivement aux entrées d'un oscilloscope.

Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent au zéro de la règle, on constate sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme représenté sur la figure 2, où les deux courbes correspondant aux signaux captés par R_1 et R_2 sont en phases.

Exercice 12

L'échographie est un outil du diagnostic médical. Sa technique utilise une sonde à ultrasons.

1- Détermination de la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air

On se propose de déterminer la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air à partir de la mesure de la longueur d'onde λ d'un signal émis par la sonde d'un échographe de fréquence N=40kHz. Pour cela on utilise un émetteur E produisant une onde périodique sinusoïdale de même fréquence que celle de sonde.

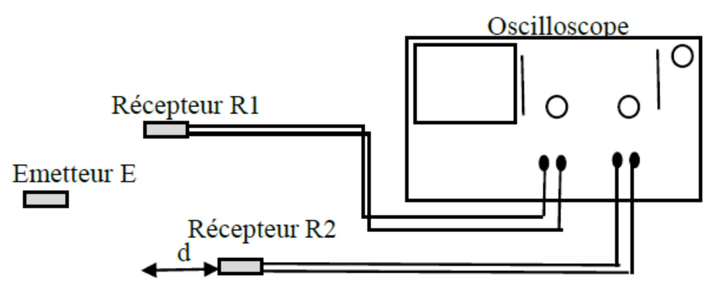


Figure 1

Les récepteurs R_1 et R_2 sont à égales distances de l'émetteur E. Lorsqu'on éloigne le récepteur R_2 d'une distance d (Figure 1), les deux sinusoïdes visualisées sur l'oscilloscope se décalent. Les deux courbes sont en phase à chaque fois que la distance d entre R_1 et R_2 est un multiple entier n de λ avec $n \in \mathbb{N}^*$.

1.1- Définir la longueur d'onde.

1.2- Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :

a- Les ultrasons sont des ondes transportant la matière.

b- Les ultrasons sont des ondes mécaniques.

c- Les ultrasons se propagent avec la même vitesse dans tous les milieux.

d- Le domaine de la longueur d'onde des ondes ultrasonores est : $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$.

1.3- Dans l'expérience réalisée, on relève pour $n = 12$, la distance $d = 10{,}2$ cm. Déterminer la célérité de l'onde dans l'air.

2- Application à l'échographie :

La sonde échographique utilisée est à la fois un émetteur et un récepteur. Lorsque les ondes se propagent dans le corps humain, elles sont en partie réfléchies par les parois séparant deux milieux différents.

La partie réfléchie de l'onde est reçue par la sonde puis analysée par un système informatique.

La figure 2 représente le schéma du dispositif permettant l'échographie d'un fœtus. Lors de l'examen, une salve d'ondes est émise par l'émetteur de la sonde à la date $t = 0$. L'onde est réfléchie au point M_1 et au point M_2.

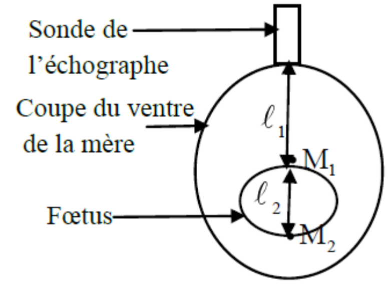


Figure 2

La sonde reçoit la première onde réfléchie à la date $t = t_1 = 80\mu$ s et la deuxième à la date $t = t_2 = 130\mu S$.

Trouver l'épaisseur ℓ_2 du fœtus.

3- Diffraction de l'onde ultrasonore dans l'air :

Le schéma expérimental représenté sur la figure 3 comporte :

- L'émetteur E émettant l'onde ultrasonore de fréquence $N = 40kHz$,
- Le récepteur R1 lié à un oscilloscope,
- Une plaque métallique (P) percée d'une fente (P) rectangulaire de largeur a très petite devant sa longueur,

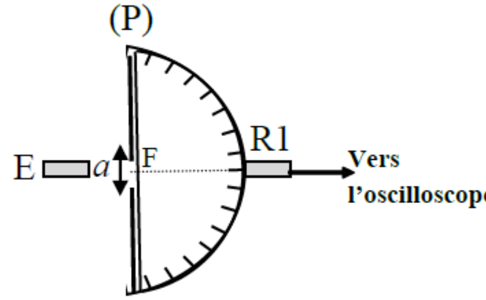


Figure 3

- une feuille graduée permettant de mesurer les On déplace le récepteur R1 dans le plan horizontal d'un angle θ sur l'arc de cercle de centre F et de rayon $r = 40$ cm et on note pour chaque amplitude U_m de l'onde reçue par R1, l'angle θ correspondant.

3.1- Comparer la longueur d'onde de l'onde tant. incidente avec celle de l'onde

3.2- On donne $a = 2{,}6$ cm. Trouver la distance du déplacement du récepteur pour observer le premier minimum d'amplitude U_m de la tension du récepteur.

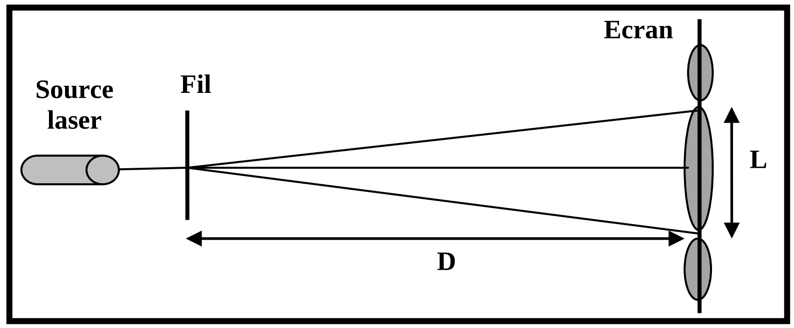
Propagation d'une onde lumineuse

Exercice 1 : Propagation d'une onde lumineuse

1ere Partie : Détermination du diamètre d'un fil de pêche :

Le fil de pèche est fabrique à partir du nylon qui supporte une grande résistance au poisson pèche, son diamètre est très petit pour ne pas être vue par les poissons.

Pour déterminer le diamètre a d'un fil de pêche, on l'éclaire à l'aide d'une source laser de longueur d'onde λ, sur un écran situe à une distance D du fil on obtient des taches lumineuses, la largeur de la tache centrale est L. (voir figure)



Les données : **λ=623,8nm - D=3m - L=7,5cm**

1- Donner le nom du phénomène observe sur la figure
2- Sachant que l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et l'une de ces extrémités est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$, Trouver la valeur de a en fonction de D, L et λ dans le cas ou θ est petite. calculer la valeur de a.
3- On remplace le laser par un autre de longueur d'onde λ' et on obtient une tache centrale de largeur L'=8cm. Exprimer λ' en fonction de λ, L et L', calculer λ'

2eme partie : la longueur d'onde d'une onde lumineuse dans le verre :

Une source laze envoie un faisceau lumineux monochromatique sur la face d'un prisme de verre d'indice de réfraction n=1,58

Les données :

- **La longueur d'onde du faisceau lumineux : λ_0=665,4nm**
- **La vitesse de propagation de la lumière dans le vide et l'air : c=3.10^{8}m/s^2**

1- Calculer la vitesse v de propagation du faisceau lumineux dans le prisme
2- Trouver la valeur de la longueur d'onde λ_1 des faisceaux lumineux dans le prisme

Exercice 2 : Détermination de la longueur d'onde d'une onde lumineuse

Pour déterminer la longueur d'onde d'une onde lumineuse, les élèves ont éclairé une fente de largeur a= 5,0.10^{-5}m par un faisceau de lumière monochromatique. Ils ont observé des taches lumineuses sur un écran situé à la distance D=1,5 m de la fente (Figure 4). La mesure de la largeur de la tache centrale a donné L= 3,8 cm.

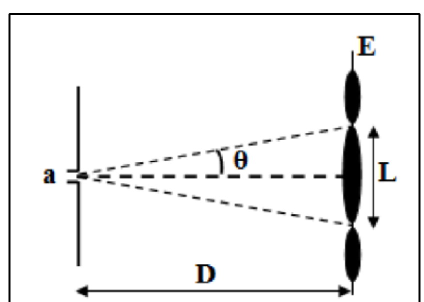


Figure 4

3.1. Nommer le phénomène observé durant cette expérience.
3.2. Établir l'expression de la longueur d'onde λ en fonction de L, D et a (On considère que tan$\theta \approx \theta$ (rad)). Calculer λ.

Exercice 3 : Ondes lumineuses

La diffraction et la dispersion de la lumière sont deux phénomènes rencontrés dans la vie courante. Ces phénomènes permettent d'expliquer la nature de la lumière, de donner des informations sur les milieux de propagation et de déterminer certaines grandeurs caractéristiques.

Donnée : vitesse de propagation de la lumière dans le vide $c=3.10^{8} m.s^{-1}$.

1- Propagation de la lumière à travers un prisme

1.1- Une lumière rouge monochromatique, de longueur d'onde dans le vide $\lambda_{0R} = 768\ nm$, arrive sur un prisme en verre. L'indice du verre pour cette radiation est $n_R = 1{,}618$.

Pour les deux questions suivantes, recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi :

1.1.1. La fréquence ν_R de la lumière rouge est :

a	$\nu_R = 2{,}41.10^{14} Hz$	**b**	$\nu_R = 3{,}91.10^{14} Hz$	**c**	$\nu_R = 2{,}41.10^{16} Hz$	**d**	$\nu_R = 4{,}26.10^{16} Hz$

1.1.2. La vitesse v_R de propagation de la lumière rouge dans le verre est :

a	$V_R = 1{,}20.10^{8} m.s^{-1}$	**b**	$V_R = 1{,}55.10^{8} m.s^{-1}$	**c**	$V_R = 1{,}85.10^{8} m.s^{-1}$	**d**	$V_R = 1{,}90.10^{8} m.s^{-1}$

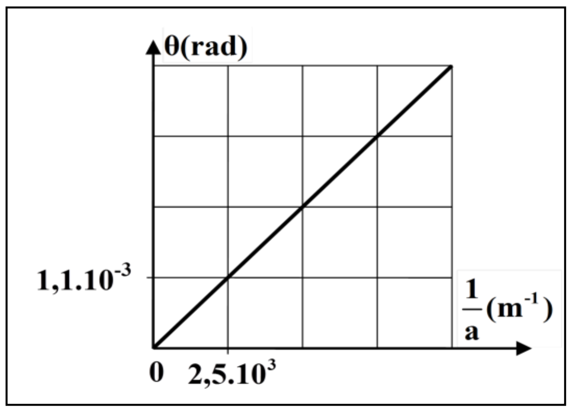
1.2- Lorsqu'une lumière violette monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_{0V} = 434\ nm$ arrive sur le même prisme, sa vitesse de propagation dans le verre est $V_V = 1{,}81.10^{8} m.s^{-1}$.

En comparant V_R et V_V, déduire une propriété du verre.

2- Propagation de la lumière à travers une fente

On réalise la diffraction de la lumière en utilisant un laser qui donne une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air. Cette lumière traverse une fente de largeur a réglable. On obtient une figure de diffraction sur un écran situé à une distance de la fente.

On mesure l'écart angulaire θ pour différentes valeurs a de la largeur de la fente. La courbe ci-contre représente les variations de θ en fonction de $\frac{1}{a}$.



Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi :

La valeur de la longueur d'onde est :

a	$\lambda = 400\ nm$	**b**	$\lambda = 440\ nm$	**c**	$\lambda = 680\ nm$	**d**	$\lambda = 725\ nm$

Exercice 4

Les rayons lasers sont utilisés dans plusieurs domaines, grâce à leurs propriétés optiques et énergétiques. Parmi ces utilisations, on cite la détermination des dimensions microscopiques de quelques corps.

Pour mesurer le diamètre d'un fil fin, on réalise les deux expériences suivantes :

1- <u>Expérience 1 :</u>

On éclaire une plaque (P) contenant une fente de largeur a_1, avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ issue d'une source laser. On observe sur un écran E placé à une distance D= 1,6 m de la fente (figure 1), un ensemble de taches lumineuses dont la largeur de la tache centrale est

L_1 = 4,8 cm (figure 2).

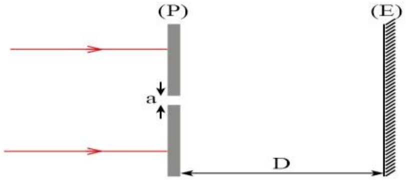


Figure 1

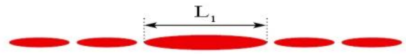
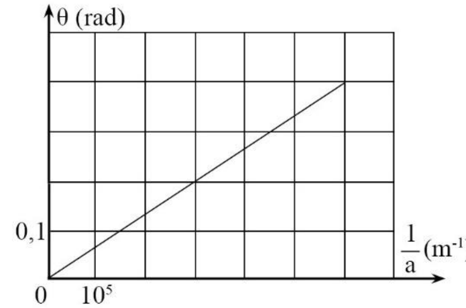


Figure 2



1.1- Ecrire l'expression de l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et le milieu de la première extinction en fonction de L_1 et D.

1.2- La courbe de la figure 3 représente les variations de θ en fonction de $\frac{1}{a}$

1-2-1- Comment varie la largeur de la frange centrale avec a ?

1-2-2- Déterminer graphiquement λ et calculer a_1.

2- <u>Expérience 2 :</u>

On remplace la plaque (P) par un fil fin de diamètre d, qu'on fixe à la même distance D de l'écran. On obtient une figure semblable à la figure 2, mais dont la largeur de la tache centrale est L_2 = 2,5 cm. Calculer d.

Exercice 5

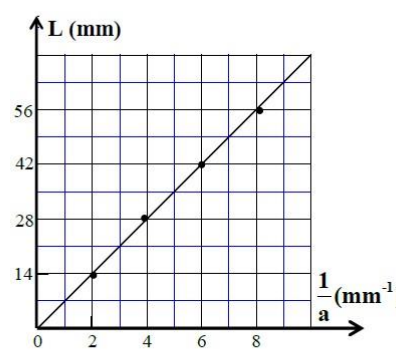
Célérité de propagation de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8$ m.s^{-1}

On réalise l'expérience de la diffraction de la lumière à d'une source laser monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ. On fixe à quelques centimètres de cette source un fil fin de diamètre a une distance D = 5,54 m, un écran E (Figure1).

Figure 1

1- On éclaire le fil par la source laser, on observe sur l'écran des taches de diffraction. On désignera la largeur de la tache centrale par L.

1.1. Quelles est la nature de la lumière mise en évidence par le phénomène de diffraction ?



1.2. Exprimer la longueur d'onde λ, en fonction de D, L et a, sachant que l'expression de l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et l'un de ses extrémités est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$. (On considère θ petit)

1.3. On mesure la longueur L de la frange centrale pour différents fils fins. Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de la figure 2, qui représente les variations de L en fonction de $\frac{1}{a}$. Par exploitation de cette courbe, déterminer la longueur d'onde λ.

2- On refait la même expérience en fixant un cheveu exactement à la place du fil. La mesure de la largeur de la tache centrale donne : L'= 42 mm. Déterminer, à l'aide de la courbe, le diamètre d du cheveu.

angulaire et celle de la tache centrale.

Exercice 6

Une lumière monochromatique dont la longueur d'onde λ émit par une source laser rencontre verticalement de fins fils verticaux dont le diamètre d est connu.

On voit l'aspect de diffraction obtenu sur un écran blanc à distance D de fil. Nous mesurons la largeur L de la tache centrale et Nous calculons l'écart angulaire θ entre le centre de la tache centrale et la 1ère extinction pour un fil particulier. (Figure 1).

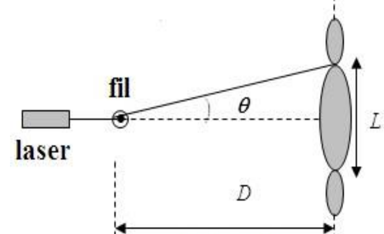


figure 1

Données :

- L'écart angulaire θ petit est exprimé par radians, avec $\tan\theta \approx \theta$
- Vitesse de la lumière dans l'air : $c = 3.10^{8}$ m.s $^{-1}$

1- Donner La relation entre θ, λ et d.

2- Trouvez, à l'aide de la figure 1, la relation entre L, λ, d et D.

3- La courbe $\theta = f\left(\frac{1}{d}\right)$ est représentée sur la figure 2.

3.1. Déterminer à partir de la Courbe 2 la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée.

3.2. En déduire la fréquence ν de l'onde.

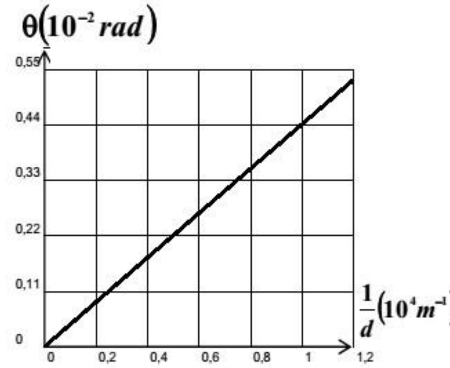


figure 2

4- On met une source lumineuse blanche a la place de laser. La longueur de la lumière visible se trouve entre $\lambda_v = 400nm$ (violet) et $\lambda_R = 800nm$ (rouge).

a- Déterminer la longueur d'onde de la lumière monochromatique qui correspond à la valeur maximale de la largeur de la tache centrale.

b- Expliquez pourquoi la couleur de centre de la tache centrale apparaît blanche.

Exercice 7

La célérité de la lumière dans l'air est $c = 3{,}00.10^{8}$ m.s^{-1}.

L'écart angulaire θ entre le centre de la tache centrale et la 1ère extinction lors de la diffraction par une fente ou par un fil est exprimé par la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ dont λ est la longueur d'onde et a la largeur de la fente ou le diamètre du fil.

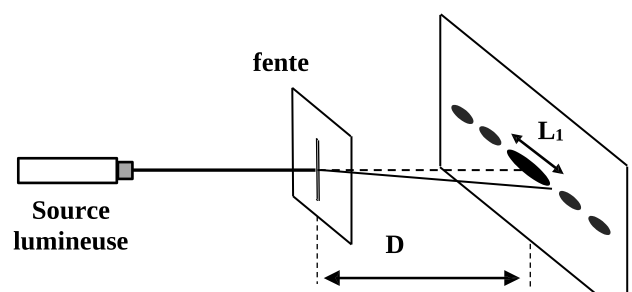


Fig 1

1- Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une lumière monochromatique de fréquence $\nu = 4{,}44\times10^{14}$ Hz.

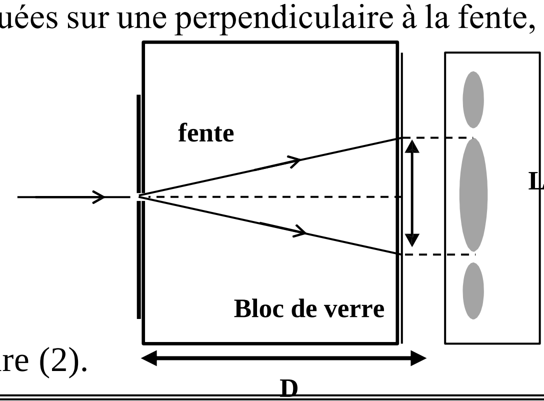
On place à quelques centimètres de la source lumineuse une fente verticale de largeur a. La figure de diffraction est observée sur un écran vertical placé à une distance D = 50,0cm de la fente. La figure de diffraction est constituée d'une série de taches situées sur une perpendiculaire à la fente, figure (1)

La tache centrale est plus éclairée et plus large que les autres, sa largeur est $L_1 = 6{,}70.10^{-1}$cm.

1.1. Quel est la nature de la lumière que montre cette expérience ?

1.2. Trouver l'expression de a en fonction de L_1, D, ν et c. Calculer a.

2- On place entre la fente et l'écran un bloc de verre de forme parallélépipédique comme l'indique la figure (2).



L’indice de réfraction du verre pour la lumière monochromatique utilisée est n = 1,61.
On observe sur l’écran que la largeur de la tache lumineuse centrale prend une valeur L_2.
Trouver l’expression de L_2 en fonction de L_1 et n.

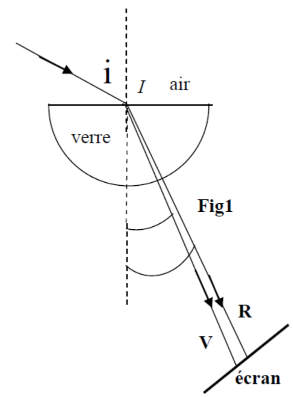
Exercice 8

Données : La vitesse de propagation d’une onde lumineuse dans l’air est approximativement égale à sa vitesse de propagation dans le vide $c = 3,00 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$.

Couleur de la radiation	Rouge(R)	Violet (V)
La longueur d’onde dans l’air en (µm)	0, 768	0, 434
L’indice de réfraction du verre	1,51	1,52

Dispersion de la lumière :

Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d’un demi-disque en verre, on observe sur l’écran (fig1) les sept couleurs du spectre allant du rouge (R) au viole (V).



1.1- Exprimer la longueur d’onde λ_R de la radiation rouge dans le verre en fonction de l’indice de réfraction n_R du verre et de λ_{0R}. (longueur d’onde dans l’air de ce rayonnement).

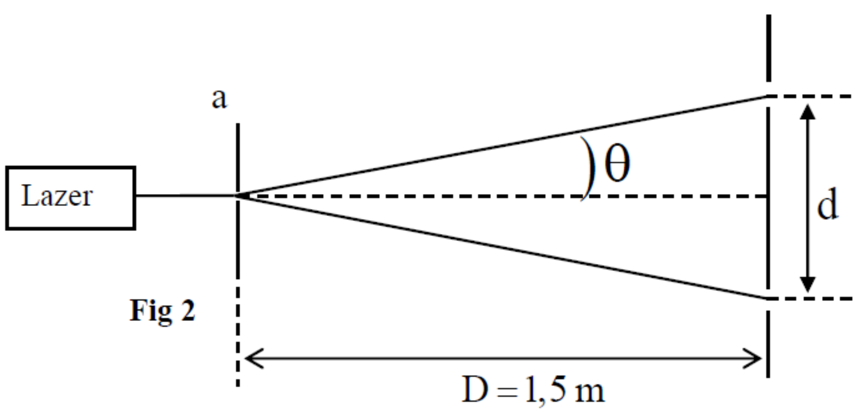
1.2- L’indice de réfraction n d’un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d’onde λ_0 dans l’air est modélisé par la relation : $n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$ dont A et B sont des constantes qui dépondent du milieu. Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

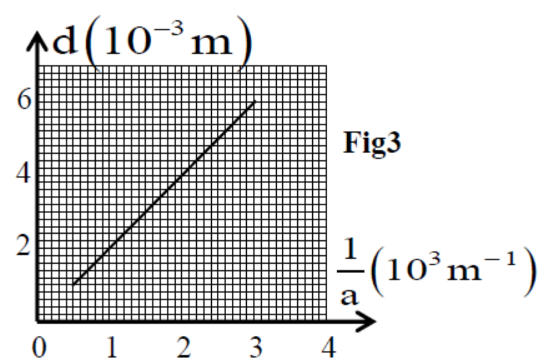
2. Diffraction de la lumière

On réalise l’expérience de la diffraction d’une lumière monochromatique de longueur d’onde λ dans l’air émise par un dispositif laser, en utilisant une fente de largeur a comme l’indique la figure 2. On mesure la largeur d de la tache centrale pour différentes valeurs de la largeur a de la fente et on représente graphiquement $d = f\left(\frac{1}{a}\right)$, on obtient alors la courbe indiquée dans la figure 3.

2.1. Trouver l’expression de d en fonction de λ, a et D.

2.2. A l’aide de la fig 3, déterminer la valeur de λ.





Exercice 9

- Célérité de la lumière dans l’air : $c = 3 \times 10^{8} m/s$
- Indice de réfraction du prisme n = 1, 61
- λ_0 = 633nm

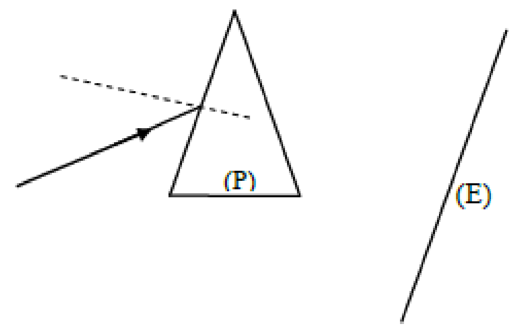
1- Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :

a- La lumière a la même célérité dans tous les milieux transparents.

b- La fréquence d'une onde lumineuse varie lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.

c- La longueur d'onde d'une onde lumineuse ne dépend pas de la nature du milieu de propagation.

d- L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la longueur d'onde de la radiation monochromatique qui le traverse.



e- Les ultrasons sont des ondes électromagnétiques.

2- Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 émis de la source laser est envoyé sur l'une des faces du prisme (P) (voir figure ci-dessous).

2.1. Cette radiation appartient-elle au domaine du spectre visible ? justifier.

2.2. Calculer la fréquence ν de cette radiation.

2.3. Déterminer pour cette radiation, la vitesse de propagation et la longueur d'onde λ dans le prisme.

2.4. On remplace la source laser par une source de lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran (E) après que la lumière blanche ait traversé le prisme ? Quel est le phénomène mis en évidence par cette expérience ?

Décroissance Radioactive

Exercice 1 :

Le polonium 210 $^{210}_{84}Po$ est radioactif α, sa désintégration conduit à la formation d'un isotope de plomb $^{A}_{Z}Pb$. La demi-vie du polonium $^{210}_{84}Po$ est $t_{1/2} = 138\ jours$

1. Ecrire l'équation de désintégration de $^{210}_{84}Po$
2. Calculer la constante radioactive de $^{210}_{84}Po$
3. Sachant que l'activité initiale de l'échantillon de polonium 210 est $a_0=10^{10}$Bq. Calculer le nombre de noyaux radioactifs N_0 dans l'échantillon à l'instant initial.
4. Déterminer la durée nécessaire pour que l'activité de l'échantillon soit égale à $a_0/4$
5. Exprimer la décroissance relative de l'activité $r = \frac{a_0 - a(t)}{a_0}$ en fonction de $t_{1/2}$. Puis calculer r pour t=1jour.

Exercice 2 :

Combien de temps faut-il attendre pour que 99,9% d'une masse donnée de strontium 90 ($^{90}_{38}Sr$) ait disparu ? On donne la demi-vie du strontium 90 est de 28*ans*

Exercice 3

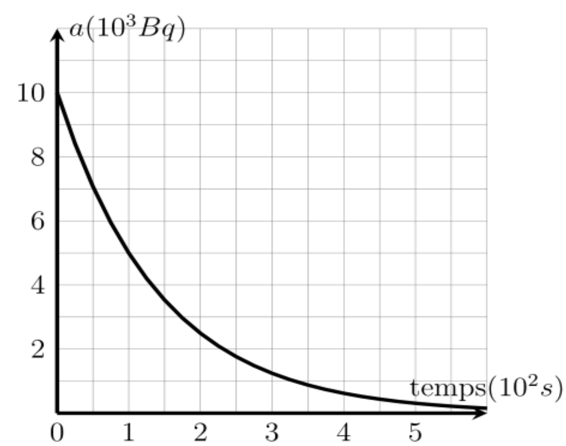
On considère deux isotopes radioactifs de l'iode, utilisés en médecine : l'iode 131 ($^{131}_{53}I$) de demi-vie 8,1*jours* et l'iode 123 ($^{123}_{53}I$) de demi-vie 13*h*.

1. On dispose de deux échantillons de masse $m = 10g$ de ces deux isotopes. Quelles sont leurs activités initiales ?
2. Au bout de combien de temps leurs activités sont-elles égales ?

On donne : $N_A \approx 6{,}02 \times 10^{23} mol^{-1}$

Exercice 4

Un gramme d'uranium 238 $^{238}_{92}U$ a une activité de 12200*Bq*. Quelle est la demi- vie de cet isotope.
Donnée : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23} mol^{-1}$, $m_p \approx m_n \approx 1{,}66\times10^{-27}$kg .



Exercice 5

La constante radioactive du césium 137 est $\lambda = 7{,}32.10^{-10} s^{-1}$.

1- Déterminer l'activité A_0 d'un échantillon de césium 137 à la date t=0 si le nombre de noyaux initialement présents est $N_0=1{,}0.10^{24}$.

2- Déterminer son activité au bout de 30 ans et au bout 60 ans.

3- D'une façon plus générale, exprimer son activité au bout de n demi-vie en fonction de A_0

Exercice 6

Le cobalt $^{60}_{27}Co$ est un radionucléide émetteur β^-

1- Préciser la nature de la radioactivité β^-

2- Écrire l'équation de la réaction de désintégration du cobalt 60. Préciser les règles utilisées.

3- L'activité A d'un échantillon est le nombre de désintégrations par seconde.

3.1- Sachant que cette activité A est proportionnelle au nombre N de noyaux non désintégrés qu'il contient, montrer que cette grandeur varie au cours du temps selon la loi :$\ln(\frac{A_0}{A}) = \lambda.t$

3.2- Préciser le nom de la constante λ.

4- Calculer la période du cobalt 60, sachant qu'au bout d'un an, l'activité a diminué de 12%.

On donne $_{28}Ni$; $_{26}Fe$; $_{29}Cu$

Exercice 7 : La radioactivité et la datation géologique

Lors de l'éruption d'un volcan il se forme des roches volcaniques qui contiennent parfois du potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$ radioactif, sa désintégration spontanée conduit à la formation de l'argon $^{40}_{18}\boldsymbol{Ar}$.

1- Donner la composition du noyau du potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$.

2- Écrire l'équation de la désintégration du noyau du potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$ en précisant la nature de la particule émise

3- Déterminer λ la constante radioactive du potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$, sachant que le temps de demi – vie de $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$ est $t_{1/2} = 1{,}3 \times 10^9 ans$

4- Un échantillon de roches volcaniques formées à un instant considéré comme origine des temps (t=0) contient N_0 noyaux du potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$ et ne contient pas d'argon $^{40}_{18}\boldsymbol{Ar}$.

L'analyse d'un même échantillon de ces roches à un instant t montre qu'il contient $\boldsymbol{N_K = 4,49 \times 10^{19}}$ noyaux de potassium $^{40}_{19}\boldsymbol{K}$ et $\boldsymbol{N_{Ar} = 1,29 \times 10^{17}}$ noyaux d'argon $^{40}_{18}\boldsymbol{Ar}$, $\boldsymbol{N_0 = N_K + N_{Ar}}$.

Déterminer la valeur de t l'âge des roches volcanique de l'échantillon

Exercice 8 : La radioactivité au service de la médecine

La médecine est l'un des domaines qui a connu l'application de la radioactivité en utilisant des noyaux radioactifs pour diagnostiquer et traité des maladies, l'un des noyaux utilisés est le rhénium 186 dans le but de soulager les malades atteints de polyarthrite rhumatoïde

Les données : La constante radioactive du rhénium $^{186}_{75}\boldsymbol{Re}$ **est** $\boldsymbol{\lambda = 2,2 \times 10^{-6} s^{-1} = 0,19 jour^{-1}}$

1- La désintégration d'un noyau de rhénium $^{186}_{75}\boldsymbol{Re}$

1.1. Donner la composition du noyau du rhénium $^{186}_{75}\boldsymbol{Re}$

1.2. La désintégration du noyau de rhénium $^{186}_{75}\boldsymbol{Re}$ donne un noyau d'osmium $^{186}_{76}\boldsymbol{Os}$. Ecrire l'équation de désintégration du rhénium et déterminer la nature de cette désintégration

2- Injection locale d'une solution contenant du rhénium 186

Le produit injectable se présente sous la forme d'une solution contenue dans un flacon de volume V_0 = 10 mL ayant une activité $a_0 = 4\times10^9$Bq à la date t=0, c'est-à-dire à la sortie du laboratoire pharmaceutique.

2.1- Déterminer en jours la valeur de demi-vie $t_{1/2}$ du rhénium $^{186}_{75}\boldsymbol{Re}$

2.2- Trouver, à l'instant t_1 = 4,8jours, le nombre N_1 de noyau de rhénium contenu dans le flacon

2.3- À l'instant t_1 on prélève du flacon de volume V_0 = 10mLune injection de volume V contenant **N = 3,65×10^{13}** noyaux de rhénium 186, on l'injecte à un malade dans l'articulation de l'épaule, trouver la valeur de V

Exercice 9 : Datation au carbone 14

Lorsque, dans la haute atmosphère, un neutron appartenant au rayonnement cosmique rencontre un noyau d'azote ${}^{14}_{7}N$, il donne naissance à du

carbone 14, isotope de carbone ${}^{12}_{6}C$

1. Écrire l'équation de la réaction en précisant la nature de la particule apparue avec le carbone 14.
2. Le noyau de carbone 14 se désintègre en émettant un rayonnement β^-. Écrire le bilan de cette réaction nucléaire.

Des végétaux absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère provenant indifféremment du carbone 14 et de carbone 12. La proportion de ces deux isotopes est la même dans les végétaux vivants et dans l'atmosphère. Mais lorsque la plante meurt, elle cesse d'absorber le dioxyde de carbone ; le carbone 14 qu'elle contient se désintègre alors, sans être renouvelé, avec une demi-vie $t_{1/2} = 5570 ans$.

(a) Quelle sera l'activité d'un échantillon de végétal au bout d'une durée $t = n.t_{1/2}$ après sa mort ?

(b) On a comparé l'activité a_1 d'un échantillon de bois trouvé dans une tombe égyptienne en 1998 avec l'activité a_2 d'un échantillon de référence dont l'activité était a_0 en 1985. Le rapport est $\frac{a_2}{a_1} = 1.85$

Calculer l'ordre de grandeur de la date de la coupe du bois trouvé dans la tombe

Exercice 10 : Datation d'une nappe phréatique

Le chlore 36 est créé régulièrement dans la haute atmosphère et se trouve dans l'eau. Il est radioactif β^-. Les eaux de surface ont une teneur en chlore 36 constante malgré sa radioactivité. Leur contact avec
l'atmosphère et les mouvements de l'eau permettent d'en garantir la teneur. Les nappes phréatiques d'écoulement lent en sous - sol voient leur teneur en chlore 36 diminuer. Ainsi, un forage réalisé dans une telle nappe indique que celle - ci ne contient plus que 33% de chlore 36 par rapport à une eau courante. La demi-vie du chlore 36 est $t_{1/2} = 3,0.10^4 ans$.

1. Écrire l'équation nucléaire de radioactivité du chlore 36.
2. Calculer l'âge de la nappe d'eau trouver par forage.
3. Est-il possible d'utiliser le silicium 32 pour réaliser cette datation, sachant que sa demi-vie est $t_{1/2}=6,5.10^2 ans$

Exercice 11 : Datation d'une roche volcanique

Le magma terrestre contient de potassium, dont l'un des isotopes, ${}^{40}K$, est radioactif. Dans 12% des cas, celui - ci se désintègre en argon 40, un gaz. Lors d'une éruption volcanique, les roches en fusion laissent échapper les gaz dans l'atmosphère. Une fois refroidies, les roches gardent l'argon 40 prisonnier. La mesure du rapport $\frac{N_{Ar}}{N_K}$ permet de déterminer l'âge de la roche. La demi-vie du potassium 40 est $t_{1/2} = 1,3.10^9$ ans

1. Écrire l'équation nucléaire de désintégration du potassium 40.
2. En inspirant des lois de conservation, écrire la relation qui existe entre N_{K0} , N_K et N_{Ar}, où N_{K0} est N_K à t=0.
3. Rappeler la relation entre N_K et t.
4. Exprimer le rapport $\frac{N_{Ar}}{N_K}$ en fonction de t.
5. Déterminer l'âge de la roche si le rapport précédent est égal à 0,033.

Masse Noyaux et énergie

m(n)=1,00866u; m($^{1}_{1}p$)=1,00728u ; m(β)=5,48579.10^{-4}u; 1MeV=1,6022.10^{-13}J ; Unité de masse atomique : 1u = 1,66055 ×10^{-27} kg=931,5MeV/c^2 ; Constante d'Avogadro N_A = 6,022 ×10^{23} mol^{-1} ;

Exercice 1

La désintégration du nucléide $^{36}_{17}Cl$ donne naissance au nucléide $^{36}_{18}Ar$

1- Donner la composition du noyau 36
2- Calculer en MeV l'énergie de liaison du noyau du chlore 36. Masse de Chlore 36 : 35,9590

Exercice 2

✓ Masse du noyau du Radon 222 : 221,9703u ,

De la désintégration de l'Uranium 238 $^{238}_{92}U$, résulte le Radon $^{222}_{86}Rn$ et des particules α et β $^-$.

1- Donner la composition du noyau $^{222}_{86}Rn$.
2- Calculer en (MeV) l'énergie de liaison du noyau $^{222}_{86}Rn$.
3- Déterminer le nombre de désintégration de type α et de type β $^-$ produites par cette transformation nucléaire

Exercice 3

Masse du noyau d'Uranium 238 : 238,00031 u , Masse du noyau du Plomb 206 : 205,92949

Energie de liaison par nucléon du Plomb 206
Calculer l'énergie de liaison par nucléon de l'Uranium 238, et vérifier que le noyau est plus stable que le noyau

La désintégration du noyau de cobalt donne un noyau de nickel et une particule X.
La masse du noyau $^{60}_{27}Co$: 59,91901 u , La masse du noyau $^{60}_{28}Ni$: 59,91543 u
L'énergie de liaison par nucléon du noyau $^{56}_{28}Ni$: 8,64MeV/nucléon

1- Identifier la particule X, puis déterminer le type de désintégration du cobalt 60.
2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} au cours de cette désintégration.
3- Déterminer, en MeV/nucléon, l'énergie de liaison par nucléon ξ du noyau $^{60}_{28}Ni$, puis déduire parmi les deux noyaux $^{60}_{28}Ni$ et $^{56}_{28}Ni$, lequel est le plus stable.

Exercice 5 : La datation par la radioactivité

La datation au carbone-14 est parmi les méthodes les plus connues pour dater les vestiges archéologiques et préhistoriques. La détermination de l'âge se fait en comparant la teneur en carbone 14, de l'échantillon ancien et d'un végétal actuel

Masse du noyau ($^{14}_{6}C$) : m($^{14}_{6}C$) = 14,0111u
Masse de l'électron : m(e$^-$) = 0,00055u
Masse du noyau $^{A}_{Z}X$: m($^{A}_{Z}X$) = 14,0076u

$_8O$ - $_7N$ - $_5B$ - $_4Be$
La demi-vie du $^{14}_{6}C$: $t_{1/2} = 5600\ ans$
1 an = 365 jours ؛ 1u = 931,5 MeV.c^{-2}

1- Désintégration d'un noyau du carbone 14

La désintégration du noyau de carbone 14 conduit à l'émission d'une particule β$^-$

1.1- Ecrire l'équation de la désintégration d'un noyau du carbone $^{14}_{6}C$ et déterminer le noyau fils $^{A}_{Z}X$

1.2- Calculer en MeV l'énergie ΔE de la désintégration du $^{14}_{6}C$

2- La datation par le carbone 14

On prélève un échantillon de l'épave d'un ancien bateau et on mesure son activité à l'instant t, on trouve a = 21,8Bq la mesure de l'activité d'un échantillon récent a donné a_0 = 28,7 Bq

2.1- Montrer que la valeur de la constante radioactive du $^{14}_{6}C$ est : $\lambda=3,39\times10^{-7}jours^{-1}$.

2.2- Déterminer en jours l'âge du bois de l'épave.

2.3- Sachant que les mesures ont été effectué en 2000, en quelle année le bateau a coulé.

Exercice 6: les applications de la radioactivité dans la médecine

L'histoire de la médecine nucléaire a toujours été lié au progrès de la physique nucléaire. Dans plusieurs cas la médecine nucléaire consiste à injecter des produits radioactifs dans le corps humain pour diagnostiquer et remédier à la maladie. L'isotope $^{99}_{43}Tc$ du technétium est parmi les noyaux les plus utilisés dans le domaine de la médecine à cause de sa durée de vie courte, ses effets radioactifs minimal, son cout très bas, et la facilite de sa mise à disponibilité des médecins.

Cet exercice a pour but l'étude d'une des utilisations du technétium dans le domaine médical.

Énergie de liaison	**$E_L(^{99}_{43}Tc)$=852,53MeV**	**$E_L(^{97}_{43}Tc)$=836,28MeV**
La demi-vie du technétium $^{99}_{43}Tc$ est $t_{1/2}$=6h		

1- Les noyaux $^{99}_{43}Tc$ et $^{97}_{43}Tc$ sont deux isotopes de Technétium

1.1- Donner la composition de l'isotope $^{99}_{43}Tc$ du noyau de technétium.

1.2- Quel est le noyau le plus stable ? Justifier votre réponse.

1.3- Le technétium $^{99}_{43}Tc$ est produit par la désintégration d'un noyau du molybdène $^{99}_{42}Mo$. Ecrire l'équation de désintégration du molybdène $^{99}_{42}Mo$, préciser le type de la désintégration radioactive.

2- Le technétium $^{99}_{43}Tc$ est utilisé dans le domaine de la radiologie, on injecte à un malade une dose de technétium $^{99}_{43}Tc$ puis on prend les cliches de ces os.

À l'instant t_0=0 on injecte a un patient une dose d'activité radioactive $a_0 = 5.10^8 Bq$, puis on prend une image-radio des os à l'instant t1, l'activité radioactive devient $a_1 = 0,6.a_0$.

2.1- Vérifier que la valeur de la constante d'activité radioactive du technétium $^{99}_{43}Tc$ est $\lambda = 3,21 \times 10^{-5} s^{-1}$

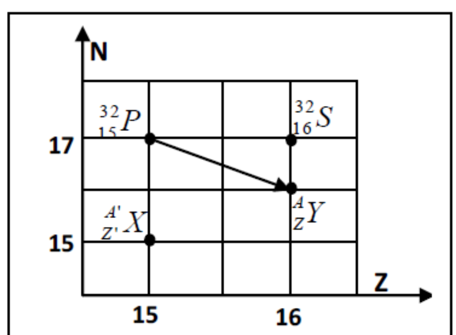
2.2- Déterminer la valeur N_0, le nombre de noyaux injectés dans le corps à l'instant t_0 =0.

2.3- Déterminer en heure (h) la valeur de t.

Exercice 7 : Utilisation du nucléaire dans la médecine

Lorsque la moelle osseuse est atteinte de maladie de Vaquez il se produit une multiplication anormale des globules rouges dans le sang, pour traiter cette maladie on injecte au malade une solution qui contient le Phosphore $^{32}_{15}P$ radioactif et qui se colle sur les globules rouges qui sont en excès dans le sang, puis les détruit grâce aux radiations émises.

masse du noyau du $^{32}_{15}P$: m($^{32}_{15}P$) = 31,965678u ; La constante radioactive du $^{32}_{15}P$: λ = 4,84×10⁻²jours⁻¹.



1- Quelle est la différence entre deux isotopes d'un élément chimique ?

2- En se basant sur le diagramme (Z,N) représenté ci-contre :

2.1-Déterminer le noyau $^{A}_{Z}\boldsymbol{Y}$ cité sur le diagramme.

2.2- Ecrire l'équation de désintégration du noyau $^{32}_{15}\boldsymbol{P}$ en $^{A}_{Z}\boldsymbol{Y}$, déterminer le type de désintégration.

3- On considère les deux noyaux $^{32}_{15}\boldsymbol{P}$ et $^{A'}_{Z'}\boldsymbol{X}$ (voir le diagramme).

3.1. Calculer la valeur $\frac{E_\ell}{A}\left(^{32}_{15}\boldsymbol{P}\right)$ l'énergie de liaison par nucléon du noyau du phosphore $^{32}_{15}\boldsymbol{P}$.

3.2. Déterminer, en justifiant votre réponse, le noyau le plus stable des deux noyaux $^{32}_{15}\boldsymbol{P}$ et $^{A'}_{Z'}\boldsymbol{X}$, sachant que l'énergie de liaison par nucléon du noyau $^{A'}_{Z'}\boldsymbol{X}$ est : $\frac{E_\ell}{A}\left(^{A'}_{Z'}\boldsymbol{X}\right)$ **= 8,35 MeV/nucléon**.

4- A l'instant t=0 on injecte à un malade une dose du $^{32}_{15}\boldsymbol{P}$, elle devient inefficace lorsque son activité radioactive devient égale à 1% de sa valeur initiale $\left(a = \frac{a_0}{100}\right)$. Déterminer en (jours) la durée nécessaire pour que la dose devient inefficace.

Exercice 8

Les médias ayant couvert la catastrophe nucléaire japonaise de fukushima le 11 mars 2011, ont déclaré que les taux de contamination radioactive des aliments a parfois dépassé de 10 fois les taux autorisés. Par exemple l'activité de l'iode 131dans les épinards a varié entre 6100 Bq et 15020 Bq par kilogramme. Au japon, les épinards sont considérés non contaminés, lorsque leur activité ne dépasse pas 2000 Bq par kilogramme, comme niveau maximal admissible de contamination radioactive.

Le but de cet exercice est l'étude de la décroissance radioactive d'un échantillon d'épinard contaminé par l'iode 131 radioactif. Données:

- La demi-vie de l'iode 131 : $t_{1/2}$= 8 jours ; $m(^{131}_{54}Xe) = 130{,}8755u$, $m(^{131}_{53}I) = 130{,}8770u$

1- Etude du nucléide iode $^{131}_{53}\boldsymbol{I}$

1-1- La désintégration d'un noyau d'iode $^{131}_{53}I$, donne naissance à un noyau $^{131}_{54}Xe$. Ecrire l'équation modélisant cette désintégration, et préciser son type.

1-2- Calculer en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'iode 131.

2- Etude d'un échantillon d'épinard contaminé par de l'iode 131 : La mesure de l'activité d'un échantillon d'épinard, pris d'une prairie proche du lieu de l'accident nucléaire, a donné la valeur 8000 Bq par kilogramme, à un instant considéré comme origine des temps.

2-1- Calculer le nombre N_0 de noyaux d'iode 131 radioactifs se trouvant dans l'échantillon d'épinard étudié à l'origine des temps.

2-2- Déterminer, en jours, la plus petite durée nécessaires pour la décontamination des épinards

Exercice 9

Dans une « pile atomique », une des réactions la plus courante est la suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{Z}Xe + x\ ^{1}_{0}n$$

1- Nommer cette réaction nucléaire.

2- Déterminer, en les justifiant, les valeurs de Z et x.

3- Calculer la perte de masse.

4- Calculer, en joule, puis en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

5- Un réacteur utilise par jour en moyenne 3,0 kg d'uranium 235.

Calculer l'ordre de grandeur de l'énergie libérée par la fission de 3,0 kg d'uranium 235.

Données : Masses des noyaux : ^{235}U = 234,993 32u ; ^{94}Sr = 93,894 46u ; ^{140}Xe = 139,889 09u

Exercice 10

L'équation d'une réaction deutérium-tritium est $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

1- Exprimer l'énergie ΔE qui peut être libérée par cette réaction en fonction des énergies de masse

$E_m({}^A_ZX)$ des particules (ou des noyaux) qui interviennent.

2- Exprimer la masse $m({}^A_ZX)$ du noyau ${}^A_ZX$ en fonction de m_p, m_n, Z, A et de l'énergie de liaison $E_L({}^A_ZX)$. Pour la réaction de fusion envisagée, en déduire l'expression de ΔE en fonction des énergies de liaison.

3- On donne les valeurs des énergies de liaison des noyaux suivants :

$E_L({}^2_1H) = 2{,}224$ MeV ; $E_L({}^3_1H) = 8{,}481$ MeV ; $E_L({}^4_2He) = 28{,}29$ MeV.

Calculer numériquement la valeur de ΔE.

Exercice 11

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante. Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante :

$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2He$$

1- Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration ? Justifier votre réponse.

2- Défaut de masse

2.1- Donner l'expression littérale du défaut de masse Δm du noyau de symbole ${}^A_ZX$ et de masse m_X

2.2- Calculer le défaut de masse du noyau de radium Ra. L'exprimer en unité de masse atomique u.

3- Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.

4- Le défaut de masse Δm (Rn) du noyau de radon Rn vaut $3{,}04 \times 10^{-27}$ kg

4.1- Définir l'énergie de liaison E_l d'un noyau. Calculer, en joule, l'énergie de liaison $E_l(Rn)$ du noyau de radon.

4.2- Vérifier que cette énergie de liaison vaut $1{,}71\times10^3$ MeV.

4.3- En déduire l'énergie de liaison par nucléon E_l/A du noyau de radon. Exprimer ce résultat en $MeV.nucléon^{-1}$.

5- Calculer la variation d'énergie ΔE de la réaction, Exprimer ΔE en joule.

Données :

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton
Symbole	${}^{222}_{86}Rn$	${}^{226}_{88}Ra$	${}^4_2He$	${}^1_0n$	${}^1_1p$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007

Exercice 12

Un tel sous-marin utilise comme combustible de l'uranium enrichi en isotope ${}^{235}_{92}U$ (cet isotope est fissile).

1- Donner la structure du noyau noté ${}^{235}_{92}U$.

2- Les noyaux d'uranium ${}^{235}_{92}U$ peuvent subir différentes fissions. La plus fréquente est donnée par l'équation suivante : ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + x{}^1_0n$

2.1- Montrer que x = 2. Une justification soignée est demandée.

2.2- Montrer que l'énergie libérée par la fission, selon l'équation ci-dessus, d'un noyau d'uranium 235 vaut $E_{lib} = 2{,}91 \times 10^{-11}$ J.

3- On suppose, pour simplifier, que les énergies libérées par toutes les réactions de fission sont approximativement égales à celle calculée au 2.2.

Le réacteur fournit une puissance moyenne de 150 MW. On rappelle que $1W = 1\ J.s^{-1}$.

3.1- Montrer qu'il se produit $5{,}15 \times 10^{18}$ fissions par seconde.

3.2- En déduire que la masse d'uranium consommée en 1s vaut $2{,}01 \times 10^{-3}$ g.

4- Un tel sous-marin est prévu pour naviguer pendant une durée de 2 mois.

Quelle masse minimum d'uranium 235 devra-t-il embarquer pour assurer son approvisionnement en énergie pendant cette durée ?

$m({}^{235}_{92}U)$ = 235,0439 u ; $m({}^{94}_{38}Sr)$ = 93,9154 u ; $m({}^{140}_{54}Xe) = 139{,}9252$ u ;

Masse molaire de : M(U) = 235g.mol^{-1}

Exercice 13

La scintigraphie est une technique d'investigation médicale qui permet l'observation de la glande thyroïde. Un patient ingère pour cette observation une masse m=1,31ng de l'isotope ${}^{131}_{53}I$ de l'iode qui est radioactif de type β^-

($t_{½}$= 8,1 jours = 7.10^5s)

1- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration en justifiant.

2- Déterminer le nombre d'atomes radioactifs dans la dose ingérée.

3- On note N_0 le nombre de noyaux radioactifs à la date t=0. On note N le nombre de noyaux radioactifs à la date t. Etablir la relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{½}$, en précisant la signification de la demi-vie.

4- Définir l'activité d'un échantillon radioactif et établir la relation entre l'activité et N.

5- Calculer l'activité initiale de la dose ingérée.

6- Calculer le temps au bout duquel l'activité résiduelle est égale à 1,5 % de l'activité initiale.

Données : M (iode 131) = 131g/mol ; NA= 6.10^{23}mol^{-1}; ${}_{51}Sb$; ${}_{52}Te$; ${}_{54}Xe$; ${}_{55}Cs$; ${}_{56}Ba$.

EXERCICE 14

La datation par le carbone 14 est parmi les techniques adoptées par les savants pour déterminer l'âge de quelques fossiles et roches. La teneur en ce carbone reste constante dans l'atmosphère et dans les êtres vivants, mais commence à diminuer juste après la mort de ces derniers à cause de la radioactivité.

Le but de cet exercice est d'étudier la radioactivité du carbone 14 et la datation avec.

Données :

- La demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2}$ = 5570 ans ;
- 1u = 931,5 Mev/c²

Particule	${}^{14}_{6}C$	${}^{14}_{7}N$	e
Masse (u)	13,9999	13,9992	0,0005

Masses des particules en unité de masse atomique (u)

1- Radioactivité du carbone 14 :

De la radioactivité spontanée du nucléide carbone ${}^{14}_{6}C$, résulte l'azote ${}^{14}_{7}N$

1-1- Ecrire l'équation de cette désintégration en précisant le type de la radioactivité.

1-2- Donner la composition du noyau fils.

1-3- Calculer, en MeV, l'énergie ΔE libérée par la désintégration d'un noyau de carbone 14

2- Datation par le carbone 14 :

Les archéologues ont trouvé une statue en bois d'activité 135 Bq. Sachant que l'activité d'un morceau de bois récent, de même masse et de même nature que bois de la statue, est 165 Bq. Déterminer, en années, l'âge approximatif de la statue en bois.

EXERCICE 15

Pour dater ou suivre l'évolution de quelques phénomènes naturels, les scientifiques font recours aux méthodes et techniques diverses se basant essentiellement sur la loi de décroissance radioactive.

Parmi ces techniques : la technique de datation par l'Uranium-Plomb.

Données :

Masse du noyau d'Uranium 238 : 238,00031 u   Masse du noyau du Plomb 206 : 205,92949 u

- Masse du proton : 1,00728 u
- Masse du neutron : 1,00866 u
- L'unité de masse atomique : 1u = 931,5 Mev.c^{-2} ;
- Masse molaire de l'Uranium 238 ; : $M(^{238}U) = 238\ g.mol^{-1}$
- Masse molaire du Plomb 206 : $M(^{206}Pb) = 206\ g.mol^{-1}$
- Energie de liaison par nucléon du Plomb 206 :$\xi(Pb) = 7{,}87 Mev/nucléon$
- Demi-vie de l'Uranium 238 : $t_{1/2}$ = 4,5.109 ans

Le nucléide Uranium 238 est radioactif, il se transforme en nucléide de Plomb par une succession d'émissions de type α et β-. On modélise ces transformations nucléaires par l'équation bilan suivante :

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x\,^{0}_{-1}e + y\,^{4}_{2}He$$

1- Etude du noyau d'Uranium $^{238}_{92}U$

1.1- Par application des lois de conservation, déterminer les valeurs de x et y signalés dans l'équation bilan.

1.2- Donner la composition du noyau d'Uranium 238.

1.3- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de l'Uranium 238, et vérifier que le noyau $^{206}_{82}Pb$ est plus stable que le noyau $^{238}_{92}U$

2- Datation d'une roche métallique par la méthode d'Uranium-Plomb.

Le Plomb et l'Uranium se trouvent, avec des proportions différentes, dans les roches métalliques selon leur date de formation.

On considère que la présence du plomb dans certaines roches métalliques est due seulement à la désintégration spontanée de l'Uranium 238 au cours du temps. On dispose d'un échantillon d'une roche métallique contenant à la date de sa formation, considérée comme origine des dates (t = 0), un certain nombre de noyaux d'Uranium $^{238}_{92}U$. Cet échantillon métallique contient à une date t, une masse $m_{ue}(t)$=10g d'Uranium 238 et une masse $m_{Pb}(t)$ = 0,01 g de Plomb 206.

1.1- Montrer que l'expression de l'âge de la roche métallique est :

$$t = \frac{t_{1/2}}{ln(2)}.ln\left(1 + \frac{m_{Pb}(t).M(^{238}U)}{m_U(t).M(^{206}Pb)}\right)$$

1.2- Calculer t en années.

EXERCICE 16

Les médias ayant couvert la catastrophe nucléaire japonaise de Fukushima le 11 mars 2011, ont déclaré que les taux de contamination radioactive des aliments a parfois dépassé de 10 fois les taux autorisés. Par exemple l'activité de l'iode 131 dans les épinards a varié entre 6100 Bq et 15020 Bq par kilogramme. Au japon, les épinards sont considérés non contaminés, lorsque leur activité ne dépasse pas 2000 Bq par kilogramme, comme niveau maximal admissible de contamination radioactive.

Le but de cet exercice est l'étude de la décroissance radioactive d'un échantillon d'épinard contaminé par l'iode 131 radioactif. Données :

- La demi-vie de l'iode 131 : $t_{1/2}$= 8 jours
- 1 u = 931,5 MeV.c^{-2}
- $m(e^-)$=0,00055u
- $m(^{131}_{54}Xe) = 130{,}8755u$
- $m(^{131}_{53}I) = 130{,}8770u$

- m_p=1,00728u
- m_n=1,00866u

3- Etude du nucléide iode $^{131}_{53}I$

2-3- La désintégration d'un noyau d'iode $^{131}_{53}I$, donne naissance à un noyau $^{131}_{54}Xe$ Ecrire l'équation modélisant cette désintégration, et préciser son type.

2-4- Calculer en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'iode 131.

4- Etude d'un échantillon d'épinard contaminé par de l'iode 131 : La mesure de l'activité d'un échantillon d'épinard, pris d'une prairie proche du lieu de l'accident nucléaire, a donné la valeur 8000 Bq par kilogramme, à un instant considéré comme origine des temps.

3-1- Calculer le nombre N_0 de noyaux d'iode 131 radioactifs se trouvant dans l'échantillon d'épinard étudié à l'origine des temps.

3-2- Déterminer, en jours, la plus petite durée nécessaires pour la décontamination des épinards par l'iode 131.

EXERCICE 17

Les géologues et les astronomes, utilisent la méthode de datation Potassium-Argon, pour déterminer l'âge de roches anciennes et des météorites…

Le but de cet exercice est l'étude du nucléide Potassium 40, et la détermination approchée de l'âge d'une roche volcanique. Données :

- La masse d'un noyau de Potassium : $m(^{40}_{19}K) = 39{,}9740u$
- La masse d'un noyau d'Argon $m(^{40}_{18}Ar) = 39{,}9624u$
- La masse d'un positron $m(^{0}_{1}e) = 0{,}0005u$
- Les masses molaires : $M(^{40}_{19}K) = M(^{40}_{18}Ar)$
- La demi-vie du nucléide $t_{1/2}=1{,}3.10^9$ans
- 1u=931,5MeV.c^{-2}

1- *<u>Etude de la désintégration du nucléide Potassium 40 :</u>*

Le noyau de Potassium 40 est radioactif, duquel résulte un noyau d'Argon $^{40}_{18}Ar$

1-1- Ecrire l'équation de désintégration du noyau de Potassium 40, en indiquant le type de radioactivité résultante.

1-2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée au cours de cette transformation nucléaire.

2- <u>Détermination de l'âge d'une roche en basalte :</u>

L'analyse d'un échantillon d'une roche en basalte, a révélé qu'il contient à un instant t, une masse m_K = 1,57 mg de Potassium 40 et m_{Ar} = 0,025 mg d'Argon 40. On considère que la roche de basalte est formée à l'instant t_0 = 0, et que l'Argon 40 qu'elle contient résulte seulement de la désintégration du Potassium 40.

Montrer que l'expression de l'âge de cette roche est : $t = \frac{t_{1/2}}{ln\,2}.ln\left(1+\frac{m_{Ar}}{m_K}\right)$ puis calculer sa valeur en ans. 1u=931,5 MeV.c ; 1MeV=1,6.10

EXERCICE 18

La formation de l'hélium à partir du deutérium et du tritium, qui sont deux isotopes de l'hydrogène, est une réaction de fusion nucléaire spontanée qui se produit continuellement au cœur des étoiles. L'homme essaie sans cesse de reproduire cette réaction au laboratoire afin d'utiliser de façon contrôlée son énorme énergie libérée. Le chemin est encore long pour surmonter les différents obstacles techniques. On modélise cette réaction nucléaire par l'équation suivante : $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{A}_{Z}He + ^{1}_{0}n$

Particule	Hélium	Tritium	Deutérium	Neutron
Masse (u)	4,0015	3,01550	2,01355	1,00866

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$
- $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$
- $1MeV = 1,6.10^{-13}\ J$.

1- Déterminer les nombres A et Z du noyau d'hélium.

2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} lors de cette réaction nucléaire.

3- Un échantillon de sol contient du tritium radioactif. A la date t = 0, l'activité de cet échantillon est $a_0 = 2,0\times10^{6}$ Bq. A l'instant de date $t_1 = 4$ ans, cette activité devient égale à $a_1 = 1,6\times10^{6}$ Bq.

Déterminer l'activité a_2 de cet échantillon à l'instant de date $t_2 = 12,4$ ans.

EXERCICE 19

La désintégration du noyau de cobalt ${}^{60}_{27}Co$ donne un noyau de nickel ${}^{60}_{28}Ni$ et une particule X.

Données :
- $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$.
- La masse du noyau ${}^{60}_{27}Co$: 59,91901 u
- La masse du noyau ${}^{60}_{28}Ni$: 59,91543 u
- La masse de l'électron : 0,00055 u ;
- La masse du proton : 1,00728 u ;
- La masse du neutron : 1,00866 u ;
- L'énergie de liaison par nucléon du noyau ${}^{56}_{28}Ni$: 8,64MeV/nucléon

4- Identifier la particule X, puis déterminer le type de désintégration du cobalt 60.

5- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} au cours de cette désintégration.

6- Déterminer, en MeV/nucléon, l'énergie de liaison par nucléon ξ du noyau ${}^{60}_{28}Ni$, puis déduire parmi les deux noyaux ${}^{60}_{28}Ni$ et ${}^{56}_{28}Ni$, lequel est le plus stable.

EXERCICE 20

Etude de la désintégration du noyau de plutonium 241

Le plutonium 241 est un élément radioactif qui n'existe pas dans la nature, il résulte des transformations nucléaires de l'uranium 238.

Le noyau de plutonium ${}^{241}_{94}Pu$ se désintègre en un noyau d'américium ${}^{241}_{95}Am$ avec production d'une particule X.

Données :
- Masse du noyau ${}^{241}_{95}Am$: $m({}^{241}_{95}Am) = 241,00471u$
- Masse du noyau ${}^{241}_{94}Pu$: $m({}^{241}_{94}Pu) = 241,00529u$;
- Masse de la particule X : $m(X) = 0,00055u$;
- $1u = 931,5MeV.c^{-2}$
- Demi-vie du plutonium 241 : $t_{1/2} = 14,35$ans.

1- Ecrire l'équation de cette désintégration et préciser le type de radioactivité du plutonium 241.

2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée E_{lib} lorsqu'un seul noyau ${}^{241}_{94}Pu$ se désintègre.

3- L'activité initiale d'un échantillon radioactif du plutonium 241 est $a_0 = 3\times10^{8}$ Bq. Trouver l'activité a_1 de cet échantillon à la date t = 28,7 ans.

EXERCICE 21

La radioactivité est utilisée dans plusieurs domaines comme la médecine ou l'on peut diagnostiquer la maladie par imagerie médicale en utilisant des substances radioactives comme le fluorodéoxyglucoce (en abrégé FDG) qui contient du fluor radioactif ${}^{18}_{9}F$.

Après avoir injecté le FDG par voie intraveineuse à un patient, on peut suivre les rayonnements émis à l'aide d'une caméra spéciale. Données :

Noyau	${}^{14}_{7}N$	${}^{18}_{8}O$	${}^{18}_{9}F$	${}^{18}_{10}Ne$
Energie de liaison par nucléon $\frac{E_l}{A}$ (MeV / nucléon)	7,473	7,765	6,629	7,338
Demi-vie du fluor ${}^{18}_{9}F$: $t_{1/2} = 110$ min				

1. Désintégration du noyau de fluor 18

Le fluor $^{18}_{9}F$ est radioactif β^+

1.1. Écrire l'équation de désintégration du fluor $^{18}_{9}F$ en précisant le noyau fils.

1.2. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie parmi :

a	Le noyau de fluor $^{18}_{9}F$ est constitué de 18 neutrons et 9 protons
b	La masse du noyau $^{18}_{9}F$ est inférieure à la somme des masses de ses nucléons
c	L'unité de l'énergie de liaison d'un noyau est le (MeV / nucléon)
c	La constante radioactive s'exprime par la relation $\lambda = t_{1/2} .\ln 2$

1.3. Déterminer, en justifiant votre réponse, le noyau le plus stable parmi $^{14}_{7}N, ^{18}_{8}O, ^{18}_{10}Ne$

2. Injection du FDG à un patient

Pour réaliser un examen d'imagerie médicale à un patient, on lui injecte une dose de FDG d'activité $a = 5,0.10^8$ Bq.

La dose du FDG a été préparée dans le bloc de médecine nucléaire d'un hôpital à 5 heures du matin pour l'injecter au patient à 10 heures du même jour. L'activité du $^{18}_{9}F$ à 5 heures est a_0. Vérifier que $a_0 = 3,3.10^9$ Bq.

EXERCICE 22

La datation par la méthode Uranium-Plomb est une technique ancienne, qui permet la détermination de l'âge approximatif de la Terre. Le noyau d'uranium $^{238}_{92}U$, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb $^{A}_{Z}Pb$ stable, après une série de désintégrations successives, parmi lesquelles la désintégration en noyau de thorium $^{234}_{90}Th$ et la désintégration en noyau de protactinium $^{234}_{91}Pu$.

1. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi :

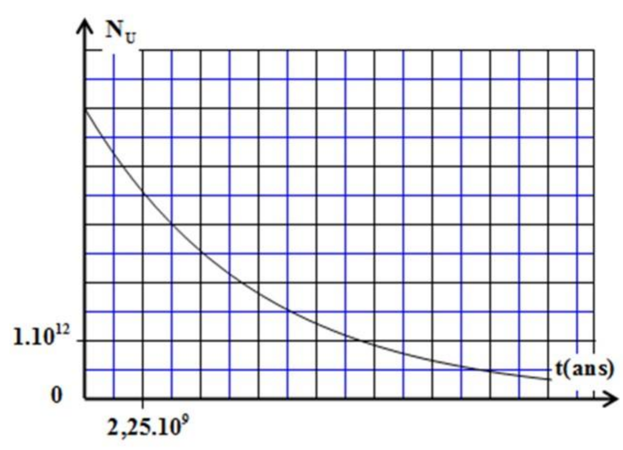
a	Le noyau $^{238}_{92}U$se désintègre spontanément suivant l'équation $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$
b	Le noyau $^{234}_{90}Th$ se désintègre spontanément suivant l'équation $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{+1}e$
c	La désintégration selon l'équation $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$ de type β^-
d	La désintégration selon l'équation $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$ de type β^+

2. L'équation $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Pb + 6\,{}^{0}_{-1}e + 8\,{}^{4}_{2}He$

Résume la série de désintégrations successives du noyau $^{238}_{92}U$ jusqu'au noyau $^{A}_{Z}Pb$.

2.1. En appliquant les lois de conservation, trouver les valeurs de A et Z.

2.2. On considère que l'âge de chaque roche minérale ancienne est celui de la Terre qu'on note t_T.



La figure ci-contre représente la courbe de décroissance radioactive des noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche minérale ancienne contenant $N_U(0)$ noyaux d'uranium à l'instant $t_0=0$.

Pour les questions suivantes, recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie parmi :

2.2.1. La valeur de $N_U(0)$ est :

a	$2,5.10^{12}$	b	4.10^{12}	c	$4,5.10^{12}$	d	5.10^{12}

2.2.2. La demi-vie $t_{1/2}$ de l'uranium 238 est :

a	$1,5.10^9$ ans	b	$2,2\ 5.10^9$ ans	c	$4,5.10^9$ ans	d	9.10^9 ans

2.2.2. La mesure du nombre de noyaux de plomb, dans la roche minérale ancienne, à la date t_T, a donné la valeur $N_{Pb}(t_T) = 2,5.10^{12}$.

L'âge approximatif t_T de la Terre est :

a	$4,5.10^9$ ans	b	$2,25.10^9$ ans	c	$4,5.10^{10}$ ans	d	$2,2\ 5.10^{10}$ ans

EXERCICE 23

La production d'énergie dans les réacteurs nucléaire résulte essentiellement de la fission nucléaire de l'Uranium 235, mais de cette fission, résulte des noyaux radioactifs polluants. Des recherches actuelles visent à développer la production de l'énergie nucléaire à partir de la fusion des noyaux d'hydrogène.

On donne :

- Les masses des noyaux et particules :

	Noyaux				Particules	
	${}^{235}_{92}U$	${}^{238}_{92}U$	${}^{236}Ce$	${}^{85}Se$	Proton	Neutron
Masses (u)	234,9934	238,0003	145,8782	84,9033	1,00728	1,00886

- Masse molaire de l'Uranium 235 : $M({}^{235}U) = 235\ g.mol^{-1}$
- Constante d'Avogadre : $N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$ $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$

1- **Fission nucléaire :** En bombardant un noyau d'Uranium ${}^{235}U$ par un neutron, au cœur du réacteur nucléaire, il se transforme en un noyau de Cérium ${}^{146}Ce$ et un noyau de Sélénium ${}^{85}Se$ avec éjection de neutrons, selon une réaction modélisée par l'équation : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{146}_{58}Ce + {}^{85}_{z}Se + x{}^{1}_{0}n$

1-1- Déterminer les nombre Z et x.

1-2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'Uranium ${}^{235}U$, et en déduire l'énergie E_1, libérée par la fission d'un échantillon d'Uranium ${}^{235}U$ de masse 1 g.

1-3- Le noyau de Cérium ${}^{146}Ce$ se transforme spontanément en noyau de Praséodyme ${}^{238}_{92}U$ avec émission d'une particule β^-. Calculer la durée nécessaire pour la transformation de 99 % de noyaux ${}^{146}Ce$, initialement présents dans un échantillon de Césium 146.

On donne : La constante radioactive du nucléide ${}^{146}Ce$ est : $\lambda = 5,13.10^{-2}\ min^{-1}$.

2- **Fusion nucléaire :** La fusion d'un noyau de Deutérium ${}^{2}_{1}H$ et d'un noyau de Tritium ${}^{3}_{1}H$, conduit à la formation d'un noyau d'Hélium ${}^{4}_{2}He$ et d'un neutron, selon la réaction modélisée par l'équation :

$${}^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

L'énergie libérée au cours de la formation de 1 g d'Hélium est : $E_2 = -\ 5,13.10^{24}$ MeV. Citer deux raisons pour adopter la fission au lieu de la fusion dans la production d'énergie.

EXERCICE 24

L'injection intraveineuse d'une solution contenant le phosphore 32 radioactif permet dans certains cas le traitement de la multiplication anormale des globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

Données : Les masses en unité atomique u :

$m({}^{32}_{15}P) = 31,9840u; m(\beta^-) = 5,485.10^{-4}u$; $m({}^{A}_{Z}Y) = 31,9822u$; $1u=931,5MeV.c^{-2}$; $1MeV=1,6.10^{-13}J$

La demi- vie du nucléide phosphore ${}^{32}_{15}P$: $t_{1/2}$=14,4jours, 1 jour = 86400 s

1. L'activité radioactive du nucléide radioactif ${}^{32}_{15}P$

Le nucléide ${}^{32}_{15}P$ est radioactif β^- , sa désintégration donne naissance au nucléide ${}^{A}_{Z}Y$

1-1- Ecrire l'équation de la désintégration du nucléide de phosphore $^{32}_{15}P$ en précisant A et Z.

1-2- Calculer en Mev la valeur absolue de l'énergie libérée lors de la désintégration du nucléide $^{32}_{15}P$.

2. L'injection intraveineuse au phosphore $^{32}_{15}P$

À l'instant t=0, on prépare un échantillon du phosphore $^{32}_{15}P$ dont l'activité radioactive est a_0 .

2-1- Définir l'activité radioactive 1Bq.

2-2- A l'instant t_1, on injecte à un patient une quantité d'une solution de phosphore $^{32}_{15}P$ dont l'activité radioactive est $a_1 = 2{,}5\times10^9$Bq

a- Calculer en jour, la durée Δt nécessaire pour que l'activité nucléaire a_1 du phosphore $^{32}_{15}P$ soit égale à 20% de a_1.

b- On note N_1 le nombre de nucléides du phosphore $^{32}_{15}P$ restant à l'instant t_1 et on note N_2 le nombre nucléides restant à l'instant t_2 dont l'activité radioactive de l'échantillon est a_2. Trouver l'expression du nombre de nucléides désintégrés pendant la durée Δt en fonction de a_1 et $t_{1/2}$

c- En déduire, en joule, la valeur absolue de l'énergie libérée pendant la durée Δt .

EXERCICE 25 : Désintégration du plutonium 238

Le stimulateur cardiaque (pacemaker) est un dispositif qui, une fois implanté dans l'organisme, fournit des impulsions électriques destinées à stimuler les muscles cardiaques. Ces impulsions permettent d'accélérer la pulsation du cœur lorsqu'il est trop lent. Certains stimulateurs cardiaques fonctionnent à partir de l'énergie libérée lors de la désintégration alpha des noyaux du plutonium238.

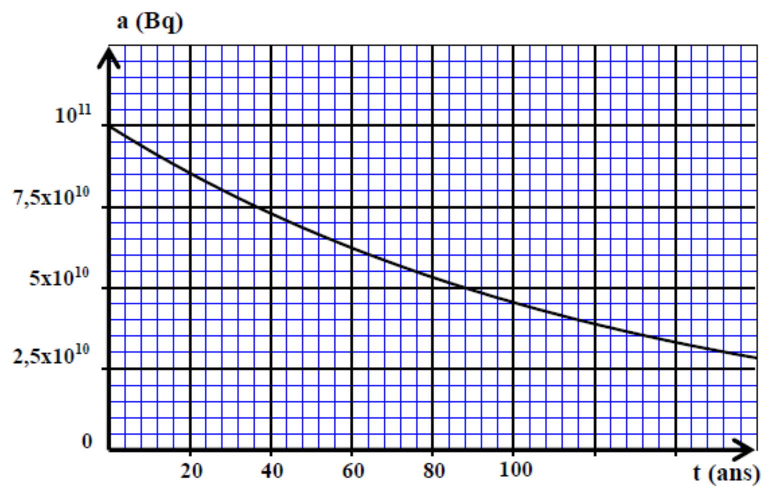
Cet exercice se propose d'étudier un stimulateur cardiaque au plutonium 238.

Données :

noyau	Protactinium238	Uranium234	Uranium238	Neptunium238	Plutonium238
symbole	$^{238}_{91}$Pa	$^{234}_{92}$U	$^{238}_{92}$U	$^{238P}_{93}$N	$^{238}_{94}$Pu

1- Ecrire l'équation de désintégration alpha du plutonium 238 en identifiant le noyau fils.

2- La courbe de la figure ci-contre représente l'évolution de l'activité a(t) d'un échantillon de plutonium 238, présent dans un stimulateur cardiaque. On choisit l'instant d'implantation de ce stimulateur dans l'organisme d'un patient comme origine des dates t = 0.



2.1- Déterminer graphiquement la demi-vie $t_{1/2}$ du plutonium 238.

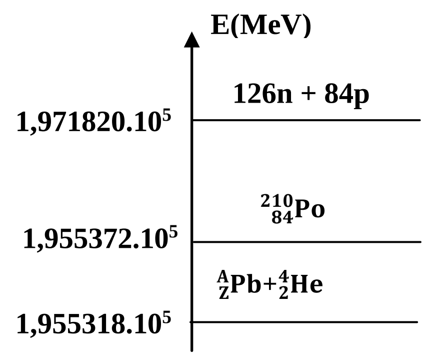
2.2- En déduire que la valeur de la constante radioactive λ est : $\lambda \approx 7{,}88.10^{-3}$ ans^{-1} .

2.3- Trouver le nombre N_0 de noyaux de plutonium 238, présents à t=0, dans ce stimulateur cardiaque. (on prend : 1an = 365 jours).

3- On considère que ce stimulateur fonctionne de façon efficace lorsque le nombre de noyaux de plutonium 238 qui se désintègrent ne dépasse pas 30% du nombre de noyaux présents dans l'échantillon à t = 0. Déterminer, en ans, la durée maximale t_{max} du fonctionnement efficace du stimulateur cardiaque.

EXERCICE 26 : Désintégration du polonium210

Le polonium est un métal radioactif rare découvert en 1898 par Pierre Curie. Ce métal de symbole Po et de numéro atomique 84 est radioactif. Le polonium 210 est le seul isotope que l'on trouve dans la nature. La désintégration d'un noyau de polonium 210 produit un noyau de plomb ${}_{Z}^{A}Pb$ avec émission d'une particuleα.



Données :

- La demi-vie du polonium 210 : $t_{1/2}$ = 138 jours ;
- 1u = 931,41 MeV/c^2 ; 1 u = 1,66.10^{-27} kg.

1- Ecrire l'équation de désintégration du polonium 210 en déterminant A et Z.

2- A l'aide du diagramme d'énergie représenté ci-contre, calculer :

2.1- L'énergie libérée E_{lib} lors de la désintégration d'un noyau polonium 210.

2.2- Le défaut de masse Δm du noyau de polonium 210 exprimé en kilogramme (kg).

3- Calculer, en s^{-1}, la constante radioactive λ du polonium 210.

4- Un échantillon de noyaux de polonium 210 a une activité a_0 =3,5.10^{11}Bq à un instant de date t = 0.

Déterminer, en jours, l'instant de date t_1 où l'activité de cet échantillon est: a_1 = 3,7.10^4 Bq.

EXERCICE 27 : Etude de la désintégration du radon 222

Le radon de symbole Rn est un gaz rare naturellement présent dans l'atmosphère. Il est issu par décompositions successives de l'uranium présent dans les roches granitiques.

L'isotope 222 du radon est radioactif. On se propose d'étudier dans cette partie la désintégration nucléaire de cet isotope.

Données :

- La demi-vie du radon 222 est: $t_{1/2}$=3,8 jours.
- Tableau des énergies de liaison par nucléon:

Noyau	Hélium	Radon	Polonium
Symbole	${}_{2}^{4}He$	${}_{86}^{222}Rn$	${}_{84}^{218}Po$
Energie de liaison par nucléon (MeV / nucléon)	7,07	7,69	7,73

1- Parmi les deux noyaux, ${}_{86}^{222}Rn$ et ${}_{84}^{218}Po$, lequel est le plus stable ? justifier la réponse.

2- Montrer que l'énergie de liaison d'un noyau d'hélium ${}_{2}^{4}He$ est : E_l (He)=28,28MeV.

3- L'équation de désintégration du radon 222 s'écrit : ${}_{86}^{222}Rn \longrightarrow {}_{84}^{218}Po + {}_{2}^{4}He$ Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes:

L'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau du radon 222 est :

■ E_{lib} =7,11 MeV ■ E_{lib} =22,56 MeV ■ E_{lib} =6,24 MeV ■ E_{lib} =3420,6MeV

4- On considère un échantillon de noyaux du radon 222 ayant, à l'instant t = 0, une activité a_0.

Trouver, en jours, l'instant de date t_1 à laquelle cet échantillon a une activité $a_1 = \frac{a_0}{4}$

Exercice 28 : Stabilité des noyaux – Réaction de fission.

Données : - Masse des particules :m(α)=4,001506u ; $m({}_{5}^{10}B) = 10{,}012938$u ; $m({}_{Z}^{A}Li)$ =7,016005u ;

- Energie de liaison de la particule α : E_l= 28,295244MeV ;1u=931,5MeV.c^{-2} ;

-Masse du neutron :m_n =1,008665u ;Masse du proton :m_p =1,007276u .

1- Diagramme de Segré

La figure 1 ci-contre représente le diagramme de Segré (Z,N) dont lequel les noyaux stables correspondent aux cases grisées dans le diagramme.

Donner le nombre d'affirmations justes:

a- La non-stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de nucléons qu'il contient.

b- La stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de neutrons par rapport au nombre de protons qu'il contient.

c- Les isotopes d'un même élément $^{A}{}_{Z}X$ se trouvent sur la même ligne dans le diagramme de Segré(Z,N).

d- Les noyaux $^{10}_{5}B$, $^{14}_{6}C$, $^{12}_{5}B$ sont radioactifs α.

e- Le noyau $^{10}_{5}B$ est stable.

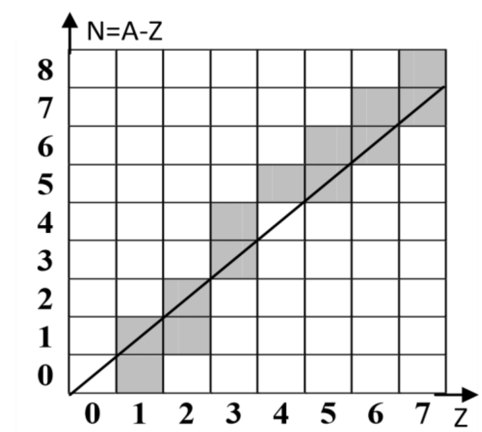


Figure 1

2- Fission nucléaire

2.1- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant au bombardement d'un noyau de bore $^{10}_{5}B$, par un neutron pour former une particule α et un noyau de lithium $^{A}_{Z}Li$ en déterminant A et Z.

2.2- Comparer la stabilité de la particule α avec celle du $^{A}_{Z}Li$;

2.3- Calculer, en unité MeV, l'énergie $|\Delta E|$ libérée par la fission d'un noyau de bore 10.

EXERCICE 29 : Activité du polonium

Le polonium $^{210}_{84}Po$, découvert en 1898 par Pierre et Marie Curie, se désintègre avec émission 'une particule α.

Le polonium 210 est très toxique. La dose maximale du polonium 210 que peut supporter le corps humain correspond à une activité a_{max} =740Bq.

Données : - Extrait du tableau de la classification périodique :

$_{81}Ti$	$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{85}At$	$_{86}Rn$

- m(He)=4,00151u ; m(Pb)=205,930u ; m(Po)=209,9374u ;
- 1u=931,5MeV.c^{-2} =1,6605.10^{-27} kg ;
- 1MeV=1,6.10^{-13} J .

1- Ecrire l'équation de désintégration du noyau de polonium 210.

2- Calculer, en unité MeV, l'énergie $|E_1|$ libérée par la désintégration d'un noyau de polonium 210.

3- En déduire, en unité joule, l'énergie $|E_2|$ libérée par la désintégration de masse m=10 g de polonium 210.

4- Un laboratoire reçoit un échantillon de polonium 210. Après une durée Δt=245h37min de la date de sa réception, on mesure l'activité de l'échantillon, on trouve qu'elle a diminué de 5%.

Déterminer, en jour, la valeur de la demi-vie $t_{1/2}$ du polonium 210.

Exercice 30 : Transformations nucléaires

Le combustible des réactions de fusion dans les futures centrales nucléaires est un mélange de deutérium $^{2}_{1}\mathbf{H}$ et de tritium $^{3}_{1}H$.

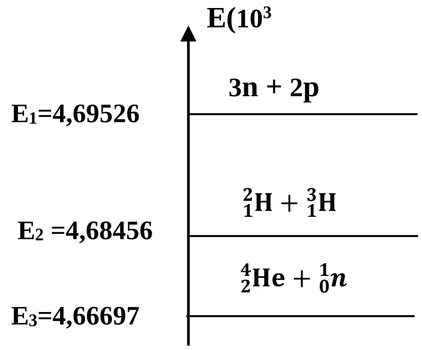
On étudie la formation d'hélium $^{4}_{2}He$ à partir de la réaction de fusion du deutérium et du tritium, cette réaction nucléaire libère aussi un neutron.

Données: Constante d'Avogadro: $N_A = 6,022.10^{23}\ mol^{-1}$; $1MeV = 1,6022.10^{-13}$ J.

1- Ecrire l'équation de la réaction de cette fusion. (0,25 pt)

2- Parmi les affirmations suivantes combien y en a t-il d'exactes? (donner seulement le nombre) :

a- L'énergie de liaison d'un noyau est égale au produit du défaut de masse du noyau et de la célérité de la lumière dans le vide.
b- La masse du noyau est inférieure à la somme des masses des nucléons constituant ce noyau.
c- La fission nucléaire concerne uniquement les noyaux légers dont le sombre de masse $A < 20$.
d- La réaction ${}^{8}_{4}\text{Be} + {}^{6}_{2}\text{He} \longrightarrow {}^{12}_{4}\text{C}$ est une réaction de fusion.
e- La fission nucléaire et une réaction nucléaire spontanée.



3- En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer en unité MeV :
3.1- L'énergie de liaison E_ℓ du noyau d'hélium.
3.2- L'énergie libérée **|ΔE|** par cette réaction de fusion
4- En déduire, en unité MeV, l'énergie libérée que l'on pourrait obtenir si on réalisait la réaction de fusion d'me mole de noyaux de deutérium avec une mole de noyaux de tritium.

EXERCICE 31 : Etude de l'activité d'un échantillon radioactif

On étudie dans cet exercice la désintégration d'un échantillon radioactif du cobalt ayant une fiche technique portant les indications suivantes :

- Cobalt 60 : ${}^{60}_{27}Co$.
- Masse molaire atomique :M = 60g.mol^{-1}.
- Radioactivité : β^-.
- Constante de temps : τ =2,8.10^{3}jours .

Données :

- Constante d'Avogadro N_A = 6,02.10^{23} mol^{-1} ;
- Une année solaire : 1an = 365,25jours ;
- Energie de liaison du nucléide ${}^{A}_{Z}X$: E_ℓ =588,387MeV ;
- m(${}^{60}_{27}Co$) = 59,8523u ;
- m(${}^{1}_{0}n$) =1,00866u, m(${}^{1}_{1}p$) =1,00728u , m(e) =5,486.10^{-4} u ;
- 1u =931,494MeV.c^{-2} .

1- Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :
a- La constante radioactive a la dimension du temps.
b- L'activité d'un échantillon s'exprime en seconde .
c- Pour les noyaux lourds et selon la courbe d'Aston, plus un noyau est lourd, moins il est stable.
d- Le défaut de masse s'exprime en MeV .
2- Définir la radioactivité β^-**.**
3- Le noyau issu de la désintégration de ${}^{60}_{27}Co$ est ${}^{A}_{Z}X$. En se basant sur les énergies de masse, calculer en MeV l'énergie $|\Delta E|$ libérée par la réaction de désintégration du ${}^{60}_{27}Co$.
4- La masse initiale de l'échantillon radioactif à l'instant de sa réception par un laboratoire spécialisé est m =50mg. On considère l'instant de réception de cet échantillon comme origine des dates (t = 0) .

La mesure de l'activité de l'échantillon étudié à un instant t_1 donne la valeur a_1 =5,18.10^{11} Bq.

Montrer que $t_1 = \tau.ln\left(\frac{N_A.m_0}{\tau.M.a_1}\right)$. Calculer , en année, sa valeur.

EXERCICE 32 : La radioactivité du polonium.

Le noyau de polonium $^{210}_{84}Po$ se désintègre spontanément pour se transformer en un noyau de plomb $^{206}_{Z}Pb$ avec émission d'une particule α.
Cet exercice se propose d'étudier le bilan énergétique de cette transformation ainsi que l'évolution de cette dernière au cours du temps.

Données :

- Energie de liaison du noyau de polonium 210 : $E_\ell(^{210}_{84}Po) = 1,6449.10^{3}$ MeV,
- Energie de liaison du noyau de plomb 206 : $E(^{206}Pb) = 1,6220.10^{3}$ MeV,
- Energie de liaison de la particule α : $E_\ell = 28,2989$MeV,
- On désigne par $t_{1/2}$ la demi-vie du noyau de polonium 210.

1- Ecrire l'équation de cette transformation nucléaire en déterminant le nombre Z.

2- Déterminer en MeV l'énergie $|\Delta E|$ produite lors de la désintégration d'un noyau de $^{210}_{84}Po$

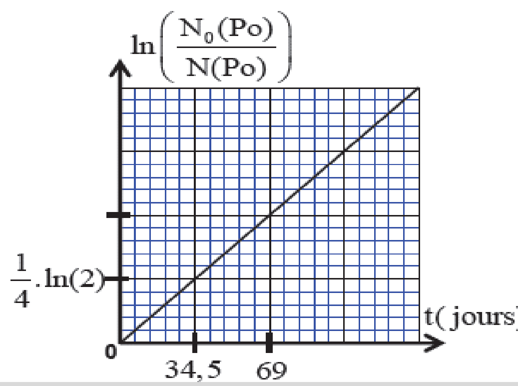
3- Soient N_0 (Po) le nombre de noyaux de polonium dans un échantillon à l'instant de date t=0 et N(Po) le nombre de noyaux restant dans le même échantillon à un instant de date t.

3.1- On désigne par N_D le nombre de noyaux de polonium désintégrés à l'instant de date $t=4.t_{1/2}$. Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

a- $N_D = \frac{N_0(Po)}{8}$; b $- N_D = \frac{N_0(Po)}{16}$; c $- N_D = \frac{N_0(Po)}{4}$; d $- N_D = \frac{15\ N_0(Po)}{16}$

3.2- La courbe ci-dessous représente les variations de $\ell n\left(\frac{N_0(Po)}{N(Po)}\right)$ en fonction du temps.
A l'aide de cette courbe, déterminer en jour la demi-vie $t_{1/2}$.

3.3- Sachant que l'échantillon ne contient pas du plomb à $t = 0$, déterminer en jour, l'instant t_1 pour lequel : $\frac{N(Pb)}{N(Po)} = \frac{2}{5}$, où N(Pb) est le nombre de noyaux de plomb formés à cet instant.



EXERCICE 33 :

Les réactions de fusion et de fission sont considérées parmi les réactions qui produisent une grande énergie qu'on peut exploiter dans divers domaines.

Données : - 1MeV $=1,6022.10^{-13}$ J

$m(^1_1H) = 1,00728u$; $m(^4_2He) = 4,00151u$; $m(^0_1e) = 5,48579.10^{-4}$ u .

- 1u $=931,494 MeV.c^{-2} = 1,66054.10^{-27}$kg
- On prend la masse du soleil **:** $m_S = 2.10^{30}$kg.
- On considère que la masse de l'hydrogène ^1_1H représente 10% de la masse du soleil.

1- On donne dans le tableau ci-dessous les équations de quelques réactions nucléaires :

A	$^2_1H + {}^3_1H \longrightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$
B	$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$
C	$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^4_2He + {}^{234}_{90}Th$
D	$^{235}_{92}U + {}^1_0n \longrightarrow {}^{139}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 3\,{}^1_0n$

1.1- Identifier, parmi ces équations, celle correspondant à la réaction de fusion

1.2- En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer :

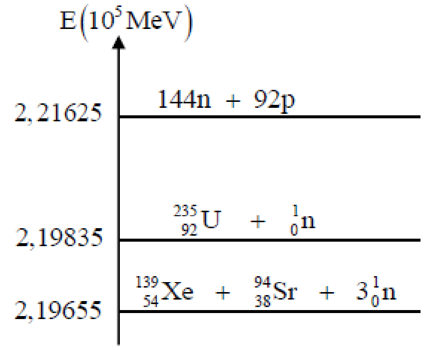
1.2.1- L' énergie de liaison par nucléon du noyau $^{235}_{92}U$.

1.2.2- L'énergie $|\Delta E_0|$ produite par la réaction D.

2- Il se produit dans le soleil des réactions nucléaires dues essentiellement à la transformation de l'hydrogène selon l'équation bilan : $4\,{}_{1}^{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + 2\,{}_{1}^{0}\mathrm{e}$

2.1- Calculer, en joule, l'énergie $|\Delta E|$ produite par cette transformation.

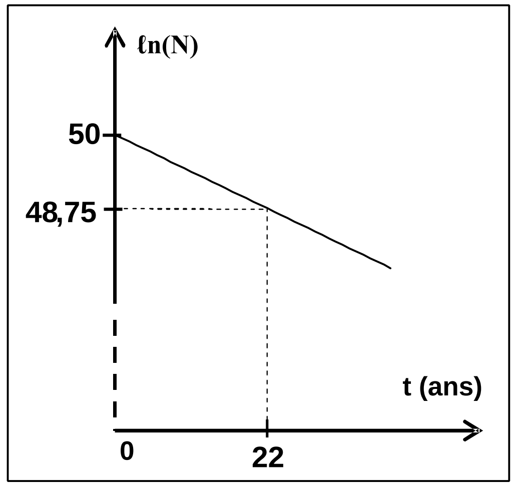
2.2- Trouver, en ans, la durée nécessaire à la consommation de tout l'hydrogène présent dans le soleil, sachant que l'énergie libérée chaque année par le soleil selon cette transformation est $E_S = 10^{34}$ J.



4

EXERCICE 34 : Les réactions nucléaires des isotopes d'hydrogène

L'énergie solaire provient de la réaction de fusion des noyaux d'hydrogène .Les physiciens s'intéressent à produire l'énergie nucléaire à partir de la réaction de fusion des isotopes d'hydrogène : deutérium ${}_{1}^{2}H$ et tritium ${}_{1}^{3}H$.



Données : Les masses en unité u : m(${}_{1}^{3}H$)=3,01550 u; m(${}_{1}^{2}H$)=2,01355 u ؛ m(${}_{2}^{4}He$)=4,00150 u ; m(${}_{0}^{1}n$)=1,00866 u ; 1u = 1,66.10^{-27} kg = 931,5 MeV.c^{-2}

1- la radioactivité β^- du tritium

Le nucléide tritium ${}_{1}^{3}H$est radioactif β^-, sa désintégration donne lieu à un isotope de l'élément Hélium

1.1- Ecrire l'équation de cette désintégration .

1.2- On dispose d'un échantillon radioactif du nucléide tritium ${}_{1}^{3}H$ contenant N_0 nucléides à l'instant t=0.

Soit N le nombre de nucléides tritium dans l'échantillon à l'instant t .

Le graphe de la figure1 représente les variations de ln(N) en fonction du temps t. Déterminer la demi-vie $t_{1/2}$ du tritium.

2- Fusion nucléaire

2.1- La courbe de la figure 2 représente les variations de l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de nucléons A .

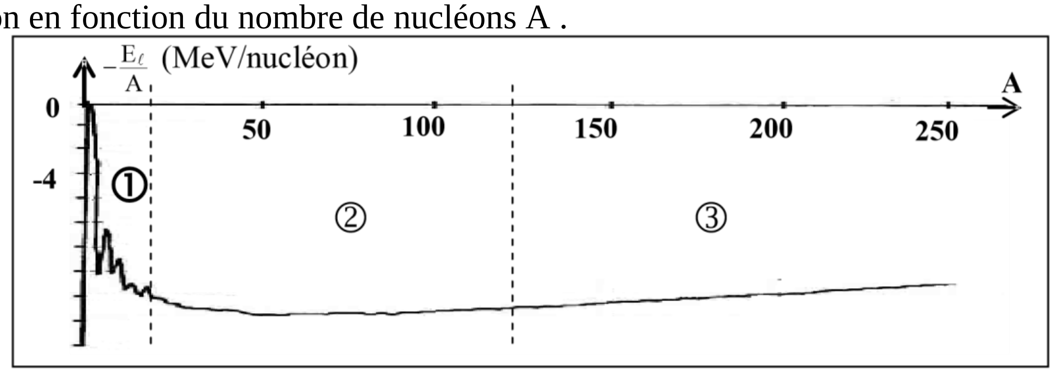


Figure2

Déterminer, parmi les intervalles j , k et l indiqués sur la figure 2, celui dans lequel les nucléides sont susceptibles de subir des réactions de fusion . Justifier la réponse .

2.2- L'équation de la réaction de fusion des noyaux de deutérium ${}^{2}{}_{1}$H et de tritium ${}_{1}^{3}H$ s'écrit : ${}_{1}^{2}\mathrm{H} + {}_{1}^{3}\mathrm{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + {}_{0}^{1}\mathrm{n}$.

On peut extraire 33mg de deutérium à partir de 1,0L de l'eau de mer .

Calculer, en MeV, la valeur absolue de l'énergie que l'on peut obtenir à partir de la réaction de fusion du tritium et du deutérium extrait de 1 m^3 de l'eau de mer .

Dipôle RC

Exercice 1 : Etude d'un dipôle RC

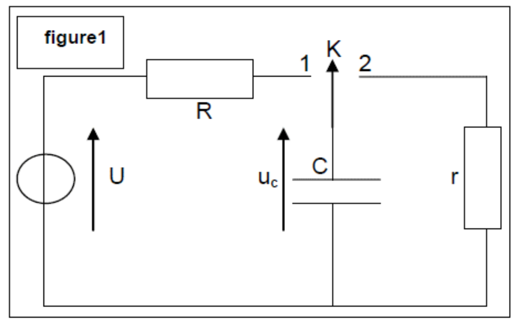
Sur un appareil photo on lit (Danger, ne pas démonter) cet avertissement est lié à la présence d'un condensateur qu'on charge avec une tension U=300V à travers un conducteur ohmique de résistance R. La tension U=300V est obtenue grâce à un montage électronique alimenté par une pile de force électromotrice E_0=1,5V, au moment de la prise de photo le condensateur se décharge dans le flash de l'appareil photo de résistance r en une fraction de seconde.

On schématise le circuit du flashe de l'appareil photo par le montage représenté ci-dessous

Les donnes : U=300V - C=120µF

1- Réponse d'un dipôle RC à un échelon montant de tension

A l'instant t=0 on place l'interrupteur K en position (1), le condensateur se charge à travers le conducteur ohmique de résistance R et sous la tension U.



1.1- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de u_C peut s'écrire sous la forme :

$$u_C + \tau.\frac{du_C}{dt} = U$$

Déduire l'expression de la constante du temps τ en fonction des paramètres du circuit

1.2- Vérifier que la solution de l'équation différentielle s'écrit : $u_C = U\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

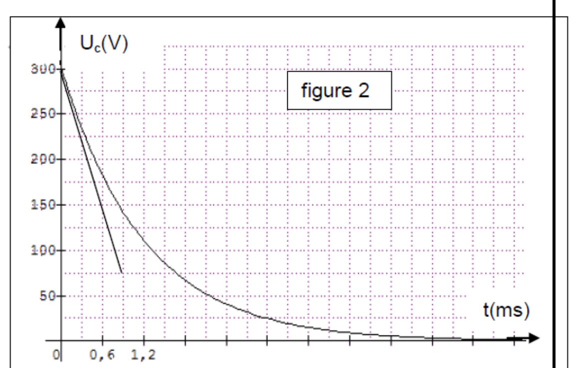
1.3- Déterminer la valeur de u_C en régime permanant

1.4- Calculer l'énergie électrique E_e emmagasinée dans le condensateur en régime permanant

1.5- Le fonctionnement normal du flashe de l'appareil nécessite une énergie comprise entre 5j et 6j. Est-ce qu'on peut charger le condensateur directement à l'aide de la pile de force électromotrice E_0=1,5V ?

2. Réponse d'un circuit RC à un échelon descendant de tension

A l'instant t=0 on bascule l'interrupteur K en position (2), le condensateur se décharge à travers le conducteur ohmique de résistance r. A l'aide d'un oscilloscope à mémoire on enregistre les variations de la tension $u_C(t)$ entre les bornes du condensateur en fonction du temps, on obtient la courbe de la figure 2



2.1- Représenter avec soin le schéma du montage de la décharge, et montrer comment brancher l'oscilloscope

2.2- Déterminer graphiquement la valeur de la constante du temps τ du circuit de la décharge et déduire la valeur de r

Exercice 2

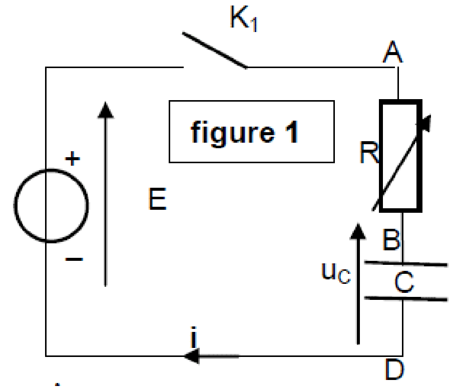
La figure 1 représente un modèle simple d'un circuit d'une minuterie et constitué de

* un générateur idéal, de force électromotrice E

* Un condensateur de capacité, C=250µF
* Un conducteur ohmique de résistance R
* Un interrupteur K

1. La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension croissante

On fixe la résistance du circuit à la valeur R_1 et on ferme l'interrupteur à l'instant t = 0, le condensateur se charge sous une tension E



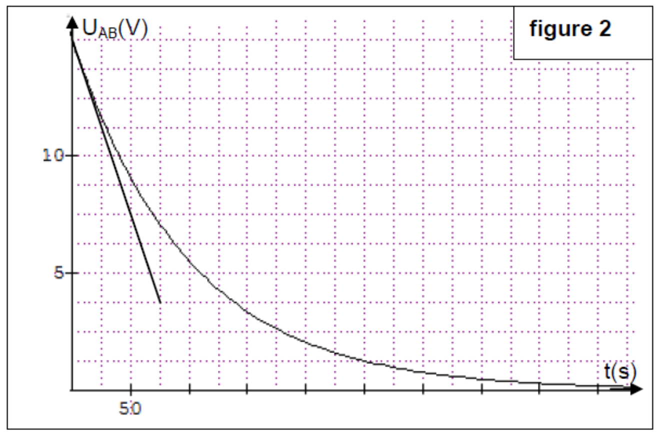
1.1- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de u_C entre les bornes du condensateur s'écrit : $u_C + \tau.\frac{du_C}{dt} = E$

1.2- En utilisant l'équation dimensionnelle, déduire l'unité de τ dans le système international

1.3- Vérifier que la solution de l'équation différentielle est la suivante : $u_C = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

1.4- Déduire l'expression de i(t) l'intensité du courant circulant dans le circuit pendant le processus de charge

1.5- On visualise sur un oscilloscope à mémoire les variations de la tension $U_{AB}(t)$ entre la borne du conducteur ohmique en fonction du temps, on obtient la courbe de la figure 2



1.5.1- Recopier le schéma et montrer comment connecter l'oscilloscope pour visualiser la tension $U_{AB}(t)$

1.5.2- Déterminer graphiquement la valeur la force électromotrice E et la constante de temps τ. Déduire la valeur de la résistance R_1

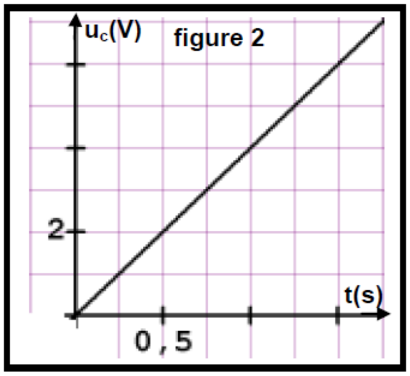
Exercice 3 : Détermination des grandeurs caractéristiques d'un condensateur

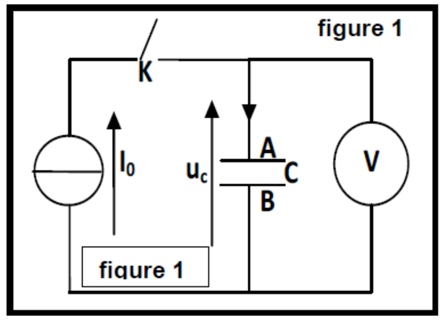
On réalise le montage électrique de la figure 1 constitue de :

- Un générateur idéal de courant qui alimente le circuit avec un courant I_0=4µA
- Un condensateur de capacité C
- Un voltmètre et un interrupteur K

A l'instant t =0 on ferme l'interrupteur K, à l'aide d'un appareil adéquat on trace la courbe représentative de la variation de la tension u_C entre les bornes du condensateur en fonction du temps (figure 2)

1- Montrer que l'expression de u_C s'écrit : $u_C = \frac{I_0}{C}.t$





2- Vérifier que la valeur de la capacité du condensateur est C =1µF

3- Calculer l'énergie emmagasinée dans le condensateur à l'instant t=1s

Exercice 4 : Etude de la constitution de quelques chaines électroniques

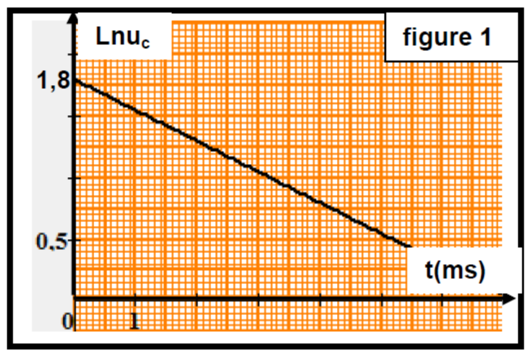
On réalise le montage expérimental qui permet de charger un condensateur de capacité C d'une chaine électronique et le décharger à travers un conducteur ohmique de résistance R =2KΩ. On utilise pour cela un générateur de tension de force électromotrice E.

1- Proposer le schéma du montage de cet expérience.

2- Vérifier que l'équation différentielle régissant les variations de la tension u(t) entre les bornes du condensateur durant la décharge s'écrit : $\frac{1}{\alpha}.\frac{du_C}{dt}+u_C=0$

Déterminer la signification de la grandeur $\frac{1}{\alpha}$

3- Un logiciel adéquat a permis de tracer la courbe représentative des variations de Ln (u_C) en fonction du temps t (figure 1)



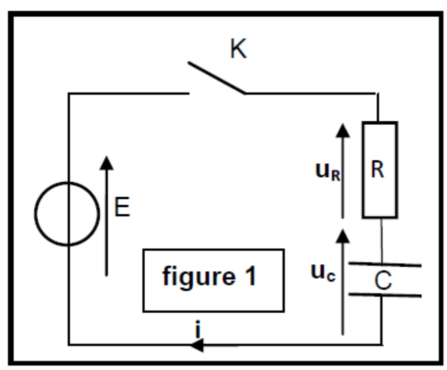
a) L'équation de la courbe est : Ln(uc)=-α.t+LnE, en se basant sur la courbe, déterminer la valeur de E la force électromotrice du générateur et τ la constante de temps.

b) Calculer la valeur de la capacité C du condensateur.

Exercice 5: Comportement d'un condensateur dans un circuit électrique

On considère le montage électrique (figure 1) constitue de :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E=6V
- Un condensateur traditionnel de capacité C non chargé
- Un conducteur ohmique de résistance R=65Ω et un interrupteur K A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur K, le condensateur se charge



1- Monter que l'équation différentielle régissant la variation de u_C en fonction du temps est de la forme : $\frac{du_C}{dt}+\frac{u_C}{RC}=\frac{E}{RC}$.

2- La solution de l'équation différentielle s'écrit :

$$u_C=A\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

Trouver les expressions de A et de la constante de temps τ en fonction des paramètres du circuit.

3- La valeur de la constante de temps est : τ =6,5.10^{-4}s. Déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

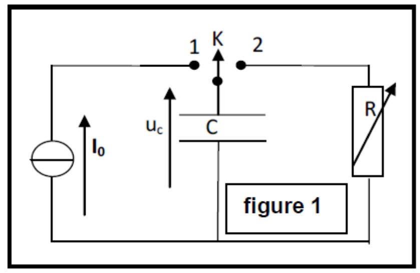
4- Calculer la valeur E_e de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur au régime permanant.

Exercice 6 : Détermination des grandeurs caractéristiques d'un condensateur

Un professeur a réalisé le montage de la figure 1 constitué de :

- Un générateur idéal de courant qui alimente
- Un condensateur de capacité C variable
- Un interrupteur K a deux positions

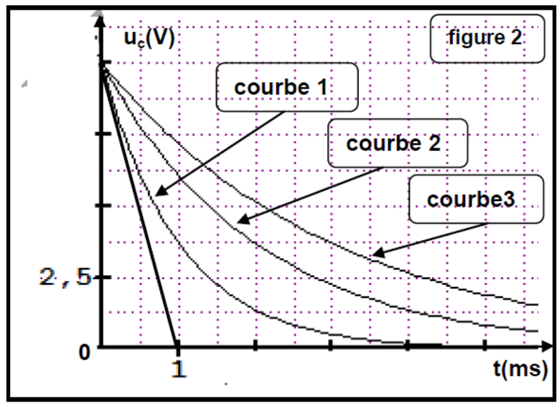
1- A l'instant t=0 le professeur a mis l'interrupteur a la position (1) et a l'aide d'un dispositif adéquat il a mesure la tension U_1 aux bornes du condensateur a l'instant t_1=10s, il trouve la valeur U_1=10V, Vérifier que la capacité du condensateur est C=10µF



2- Quand la tension U_1=10V, le professeur a bascule l'interrupteur a la position (2)

2.1- Etablir l'équation différentielle régissant les variations de la tension aux bornes du condensateur uc(t) durant la décharge

2.2- La solution de l'équation différentielle s'écrit : $u_C = U_1 . e^{-t/\tau}$, trouver l'expression de τ la constante du temps en fonction paramètres du circuit



2.3- Les courbes de la figure (2) représentent les variations de la tension u_C(t)en fonction du temps pour des résistance R_1, R_2 et R_3 du conducteur ohmique

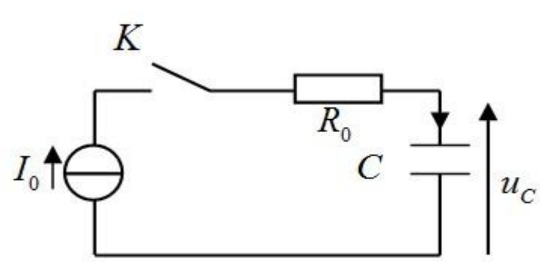
a) Déterminer la valeur de la résistance R_1 pour la courbe 1

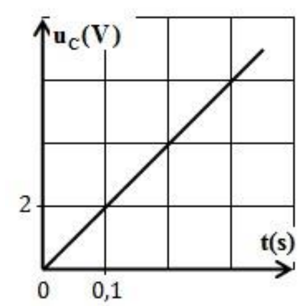
b) Les deux courbes (2) et (3) sont associées respectivement aux résistances R_2 et R_3, Comparer les deux résistances R_2 et R_3

EXERCICE 1 : Etude de la charge d'un condensateur par un générateur idéal du courant

Pour étudier la charge du condensateur, le professeur réalise le montage de la figure (1) constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de courant qui alimente le circuit par un courant électrique d'intensité constante I_0 =2.10^{-5} A
- Un conducteur ohmique de résistance R_0 ;
- Un condensateur de capacité *C*;
- Un interrupteur *K*.





À t_0 =0, le professeur ferme l'interrupteur *K* et suit à l'aide d'un dispositif convenable, les variations de la tension u_C(*t*) aux bornes du condensateur. La figure (2) représente la courbe obtenue.

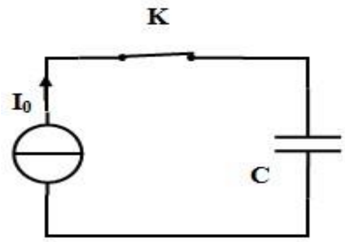
1- En exploitant la courbe, déterminer l'expression de la tension $u_C(t)$

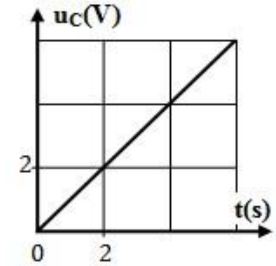
2- Montrer que $C = 1\ \mu F$

EXERCICE 2

On réalise la charge d'un condensateur de capacité C, à l'aide d'un générateur idéal de courant qui débite un courant d'intensité constante $I_0 = 0{,}5\ \mu A$ (figure 1).

À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. La figure (2) représente l'évolution de la tension u_C (t) aux bornes du condensateur.

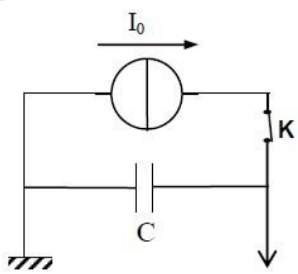


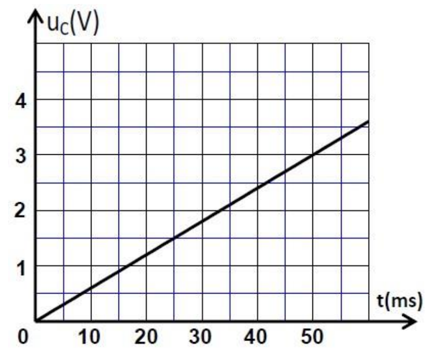


1. Déterminer l'expression de u_C (t)
2. Calculer la capacité C du condensateur

EXERCICE 3 : Etude de la charge d'un condensateur :

Un groupe d'élèves ont réalisé le dispositif expérimental de la figure 1, et à l'aide d'une interface informatique, ils ont visualisé la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa charge par le générateur idéal de courant, délivrant un courant d'intensité constante $I_0 = 72\ \mu A$.





1- Recopier le schéma de la figure 1, et représenter dessus la tension $u_C(t)$, en convention récepteur ;

2- La figure 2 représente les variations de la tension u_C ainsi visualisée.

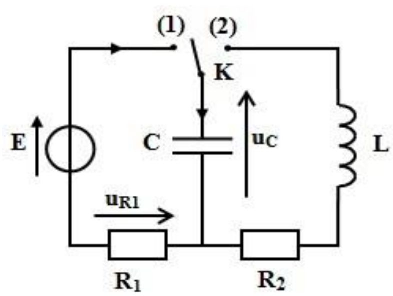
a- Exprimer la tension $u_C(t)$ en fonction de I_0, t et la capacité C du condensateur.

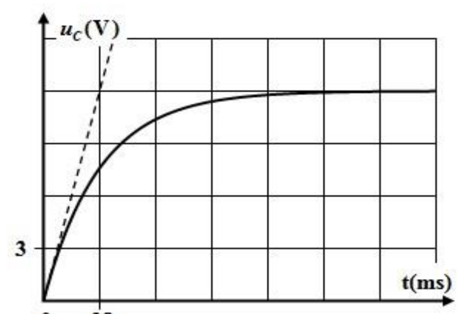
b- Vérifier que la valeur de cette capacité est $C = 1{,}2\ \mu F$.

EXERCICE 4

On réalise le montage électrique représenté dans la figure (1) constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- Un condensateur de capacité C initialement non chargé ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistances respectives $R_1 = 6\ k\Omega$
- Un interrupteur K.





À l'instant $t_0 = 0$, on place l'interrupteur en position (1). La figure (2) représente la variation de la tension u_C (t) aux bornes du condensateur.

1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_C s'écrit : $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau}.u_C = \frac{E}{\tau}$, avec τ une constante positive. Donner l'expression de τ.
2. Déterminer graphiquement les valeurs de E et τ.
3. Calculer la valeur de C.

EXERCICE 5

Le montage représenté dans la figure 1 se compose de :

- Un générateur idéal de tension de f.é.m. $E = 9V$;
- Un conducteur ohmique de résistance R ;
- Un condensateur de capacité C_0 ;
- Un interrupteur K.

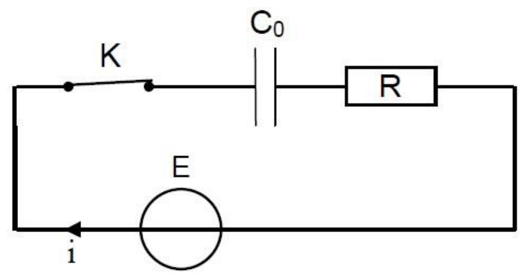
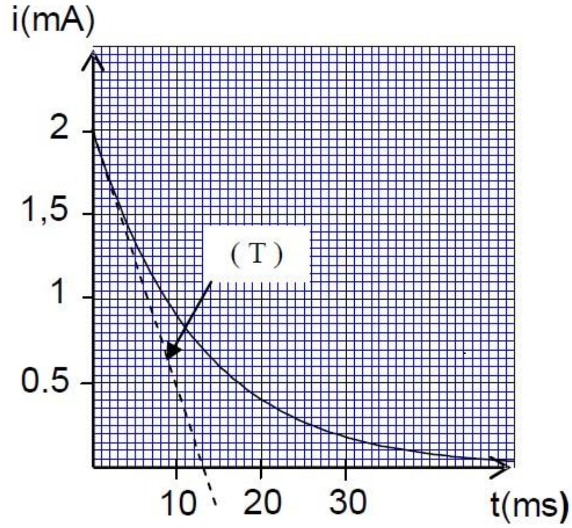


Figure 1

On ferme l'interrupteur à l'instant t = 0, le circuit est désormais traversé par un courant d'intensité i variable en fonction du temps comme l'indique le graphe de la figure 2. (La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'origine des temps)



1- Recopier sur votre copie le schéma du montage, et représenter dessus, en convention récepteur :
- La tension u_c aux bornes du condensateur ;
- La tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

Figure 2

2- Montrer sur le montage précédent, comment faut-il brancher un oscilloscope à mémoire pour visualiser la tension u_c.

3- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge du condensateur q(t).

4- La solution de cette équation s'écrit sous la forme :

$q(t) = A(1 - e^{-\alpha.t})$ .Déterminer les expressions de A et de α.

5- Montrer que l'expression de l'intensité du courant circulant dans le circuit s'écrit sous la forme :

$$\boldsymbol{i(t) = \frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{\tau}}}$$

Où τ est une constante qu'il faut exprimer en fonction de R et C_0.

6- Montrer, par analyse dimensionnelle, que τ est homogène à un temps.

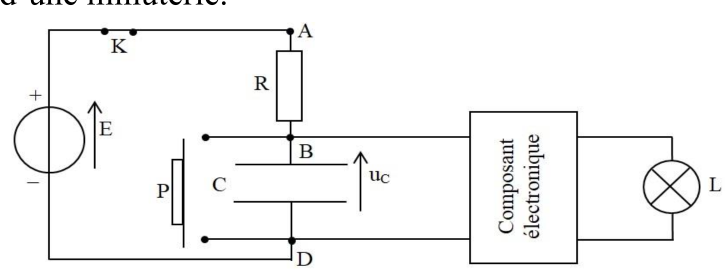
7- En utilisant le graphe i = f(t), déterminer la résistance R et la capacite C_0.

EXERCICE 6

La minuterie est utilisée pour contrôler la consommation d'énergie dans les immeubles. C'est un appareil qui permet d'éteindre automatiquement les lampes des escaliers et couloirs après une durée préalablement ajustable.

On vise à étudier le principe de fonctionnement d'une minuterie.

La figure 1, représente une partie d'un circuit simplifié d'une minuterie, constitué de :



- Un générateur idéal de tension, de force électromotrice E ;
- Un interrupteur K ;
- Un conducteur ohmique de résistance R ;
- Un condensateur de capacité C ;
- Un bouton poussoir P qui joue le rôle d'un interrupteur. (Il est fermé seulement quand on appuie dessus).
- Un composant électronique qui permet l'allumage de la lampe L tant que la tension u_C aux bornes du condensateur est inférieure ou égale à une tension limite U_S. On admet que l'intensité du courant électrique à l'entrée du composant électronique reste nulle à tout instant.

1- Étude du circuit RC :

A l'instant initial (t = 0 s), le condensateur est déchargé. On ferme l'interrupteur K, le bouton poussoir P est relâché (Figure 1), le condensateur se charge progressivement à l'aide du générateur. On visualise l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur à l'aide d'une interface informatique convenable.

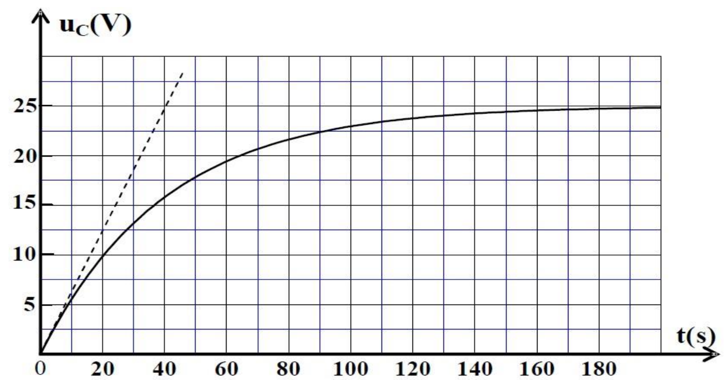
1.1- Montrer que la tension u vérifie l'équation différentielle : $u_C + RC.\frac{du_C}{dt} = E$

1.2- Déterminer les expressions de A et τ, pour que l'équation horaire : $u_C = A\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$. Soit solution de l'équation différentielle précédente.

1.3- A l'aide d'une analyse dimensionnelle, montrer que τ est homogène à un temps.

1.4- La figure 2, représente les variations de $u_C(t)$.

Déterminer graphiquement les valeurs de A et τ, et déduire la valeur de la résistance R, sachant que la capacité du condensateur est : C = 220 μF.



2- Détermination de la durée de fonctionnement de la minuterie :

La durée nécessaire pour qu'un habitant d'un l'immeuble arrive à la porte de sa maison est Δt = 80 s.

2.1- Soit t_S la date à laquelle la tension u_C atteint la valeur limite U_S, exprimer t_S en fonction de E, τ et U_S.

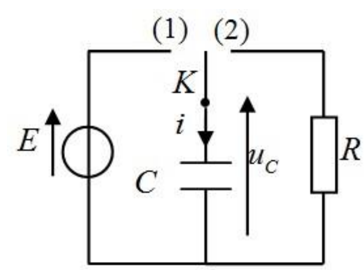
2.2- Sachant que U_S = 15 V, montrer que la lampe L s'éteint avant que l'habitant de l'immeuble n'arrive chez soi.

2.3- Déterminer la valeur limite R_S de la résistance du conducteur ohmique qui permettra à l'habitant d'arriver chez soi avant que la lampe s'éteigne. (On considère que les valeurs de C, E et U_S n'ont pas changé).

EXERCICE 7

Pour s'assurer de la valeur de la capacité *C* trouvée précédemment, le professeur réalise le montage de la figure (3) constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice *E* ;
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 2.10^3 \Omega$;
- Le condensateur précédent de capacité *C*;
- Un interrupteur *K* à double position.



Le professeur charge totalement le condensateur en plaçant l'interrupteur en position (1), et puis il le bascule en position (2) à l'instant $t_0 = 0$. Il suit à l'aide d'un dispositif convenable les variations de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur. La figure (4) représente la courbe obtenue.

1- Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ au cours de la décharge du condensateur.

2- La solution de cette équation différentielle est de la forme $u_C(t) = A.e^{-t/\tau}$. Déterminer les expressions de A et τ en fonction des paramètres du circuit.

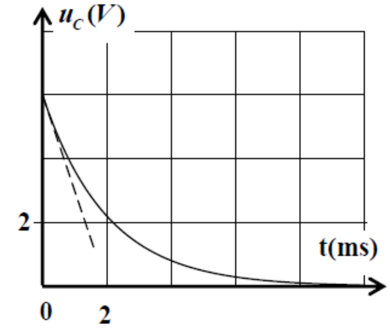


Figure 4

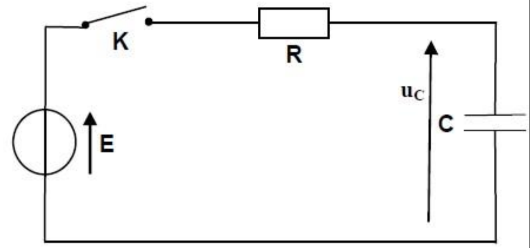
3- Déterminer graphiquement la valeur de τ. Vérifier la valeur de *C* trouvée dans la question 2.

EXERCICE 8

Les condensateurs sont caractérisés par la capacité d'emmagasiner l'énergie électrique, afin de la récupérer en cas de besoin. Cette propriété permet d'utiliser les condensateurs dans différents appareils comme les flashs d'appareils photos.

<u>Partie1 : Charge du condensateur</u>

On réalise le montage représenté ci-contre et qui est constitué d'un condensateur de capacité C, initialement déchargé, monté en série avec un conducteur ohmique de résistance R et un interrupteur K.



Le dipôle RC est soumis à un échelon de tension défini comme suit :

- Pour t < 0, U = 0,
- Pour t ≥ 0, U = E, tel que : E = 12V.

On ferme le circuit à l'instant t = 0 et on visualise, en utilisant une interface informatique sur l'écran d'un ordinateur les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps.

Le graphe de la figure 2 représente la courbe uc = f(t).

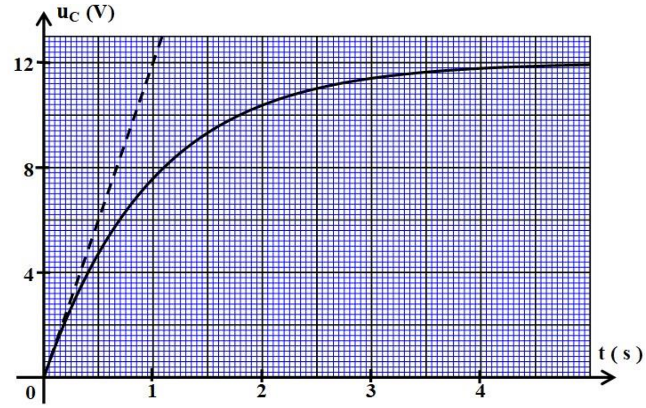
1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$.

2- Vérifier que l'expression $u_C = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$., est solution de l'équation différentielle pour t ≥ 0. Déterminer τ la constante de temps.

3- Déterminer l'expression de τ, et montrer par analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps un temps.

4- Noter graphiquement la valeur de τ, et vérifier que la valeur de la capacité du condensateur est C = 100 μF. On donne R=10 kΩ.

5- Calculer l'énergie électrique emmagasinée par le condensateur en régime permanent.



Partie 2 : décharge du condensateur

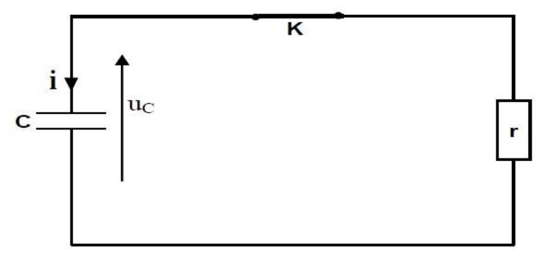
Le fonctionnement du flash de l'appareil photo nécessite une énergie très grande que le générateur précèdent ne peut pas assurer. Pour obtenir l'énergie nécessaire le condensateur précédent est chargé par un circuit électronique permettant d'appliquer une tension continue entre ses bornes de valeur U_c = 360V.

On décharge le condensateur, à l'instant t = 0, dans la lampe du flash d'un appareil photo qu'on modélise par un conducteur ohmique de résistance r. (Figure 3)

La tension aux bornes du condensateur varie selon l'équation $u_C = 360.e^{-t/\tau'}$

τ' est la constante de temps, et $u_c(t)$ exprimée en volt (V).

2.1- Calculer la résistance r de la lampe du flash de l'appareil photo, sachant que la tension aux bornes du condensateur prend la valeur $u_c(t)$ = 132,45 V à l'instant t = 2ms.

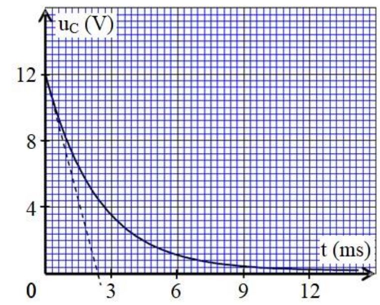


2.2- Expliquer comment faut-il choisir la résistance r, de la lampe du flash de l'appareil photo, pour assurer une décharge plus rapide du condensateur.

EXERCICE 9

A l'instant t = 0, les élèves commencent la décharge d'un condensateur de capacité C, initialement chargé, à travers un conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω.

La courbe de la figure 1, traduit les variations de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.



1- Représenter le schéma du dispositif expérimental permettant d'obtenir cette courbe.

2- Trouver l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de la décharge.

3- Vérifier que la solution de l'équation différentielle précédente est :

$$u_C + RC.\frac{du_C}{dt} = 0$$, où U_0 est une constante.

4- Par analyse dimensionnelle, montrer que le produit RC est homogène à un temps.

5- Déterminer graphiquement la constante de temps τ, et déduire la valeur de la capacité C du condensateur étudié.

EXERCICE 10

Pour s'assurer de la capacité du condensateur précédent, un groupe d'élèves a réalisé le montage représenté sur la figure 3, en utilisant :

- Le condensateur précédent ;
- Un résistor de résistance R = 1 kΩ ;
- Un générateur idéal de tension de f.é.m. E ;
- Un interrupteur K.

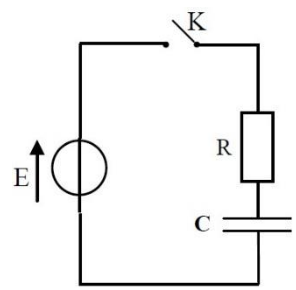


Figure 3

A l'instant t = 0, l'un des élèves a fermé l'interrupteur pour charger le condensateur initialement déchargé. La visualisation des variations de la tension $u_C(t)$, a été réalisée à l'aide d'une interface informatique.

1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$, s'écrit sous la forme : $u_C + RC.\frac{du_C}{dt} = E$, en précisant l'expression de τ en fonction de R et C.

2- Montrer par analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.

3- Déterminer l'expression de chacune des constantes A et B, pour que la solution de l'équation différentielle s'écrive sous la forme : $u_C(t) = A + Be^{-t/\tau}$.

4- La courbe de la figure 4, représente la tension $u_C(t)$ ainsi visualisée. Déterminer la valeur de τ, et s'assurer de la valeur de la capacité C du condensateur

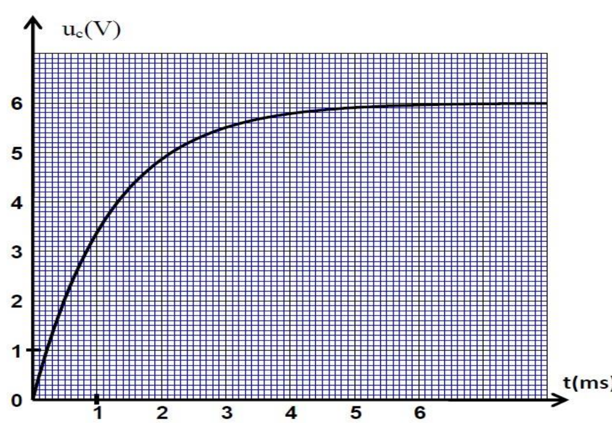
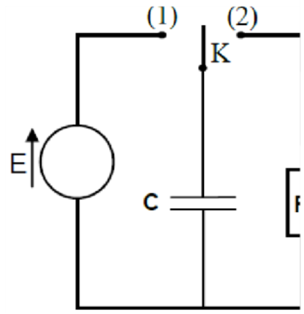


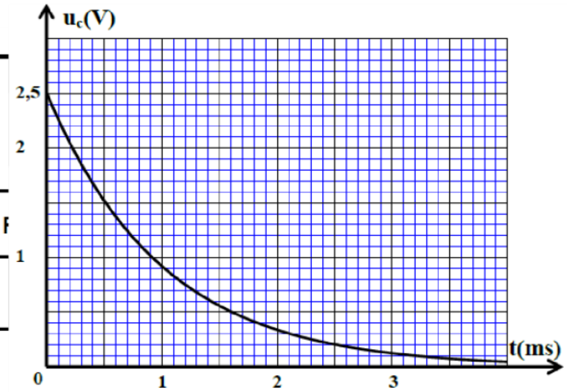
Figure 4

EXERCICE 11

Dans une première phase, on a réalisé le circuit de la figure 1, qui est composé de:

- Condensateur de capacité C ;
- Conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω ;
- Un générateur de f.é.m. E et de résistance négligeable ;
- Interrupteur K à double position.





On charge complétement le condensateur, puis on bascule l'interrupteur vers la position (2) à l'instant t = 0. A l'aide d'un matériel informatique convenable, on visualise, les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur. On obtient la courbe de la figure 2.

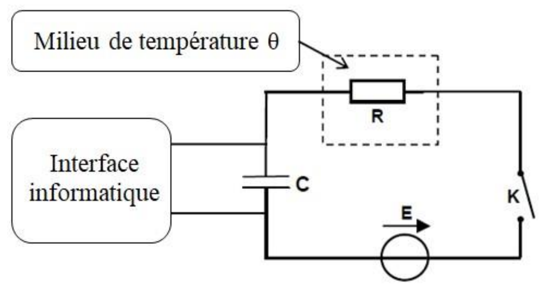
1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

2- Etablir l'expression de τ pour que $u_C(t)=U_{max}.e^{-t/\tau}$, soit solution de l'équation différentielle.

3- Montrer que la capacité du condensateur est : C ≈ 1 nF. (1 nF = 10^{-9} F)

EXERCICE 12

Les thermomètres électroniques permettent le repérage des hautes températures non repérables à l'aide des thermomètres à mercure ou à alcool. Le fonctionnent de certains de ces thermomètres utilise le comportement du circuit RC soumis à un échelon de tension ascendant, où R est la résistance d'une thermistance. Pour établir la relation entre la résistance R et la température θ, une enseignante réalise le montage expérimental représenté sur la figure 1, et constitué de :



- Un condensateur de capacité C = 1,5 μF ;
- Une sonde thermique, sous forme d'une thermistance de résistance variable avec θ;
- Interrupteur K ;

Figure 1

- Générateur idéal de tension de f.é.m. E = 6 V ;
- Interface informatique permettant de suivre l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.

Après immersion de la sonde thermique dans un milieu de température θ ajustable et fermeture de l'interrupteur, l'enseignante charge le condensateur à différentes températures. Les courbes de la figure 2 résument les résultats obtenus.

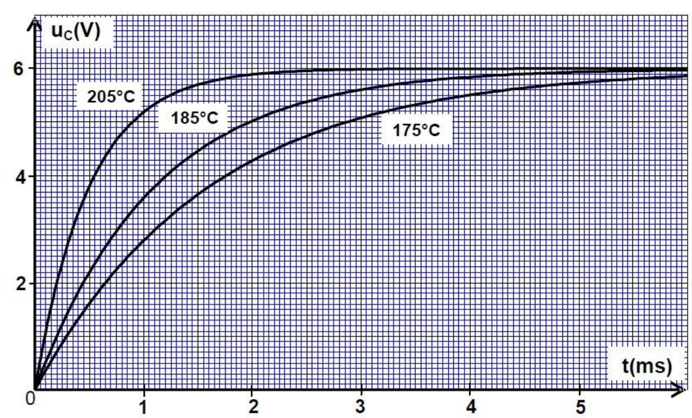


Figure 2

1- Recopier, sur la copie de rédaction, le montage de la figure 1, et représenter dessus la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur, et $u_R(t)$ aux bornes de la sonde thermique, en convention récepteur.

2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$.

3- La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $u_C(t) = A+Be^{-t/\tau}$. Trouver les constantes A et B.

4- Déterminer la constante de temps τ_1 à la température θ_1 = 205 °C, puis en déduire l'influence d'une élévation de température sur la durée de charge du condensateur.

5- Pour mesurer la température θ_2 d'un four électrique, l'enseignante pose la sonde précédente dans le four, puis elle détermine, par utilisation du même montage précédent (Figure 1), la constante de temps τ_2. Elle trouve comme valeur : τ_2 = 0,45 ms.

La courbe de la figure 3, représente les variations de la résistance R de la sonde thermique en fonction de la température θ.

Déterminer la valeur de la température θ_2 à l'intérieur du four électrique.

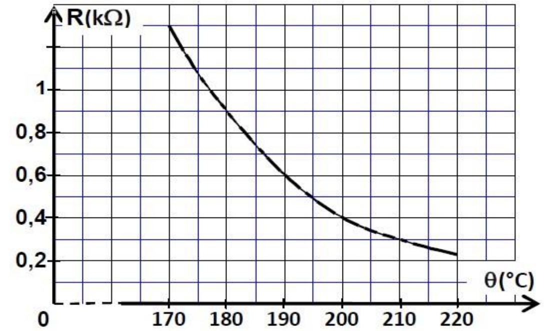


Figure 3

EXERCICE 13

On réalise le circuit électrique schématisé sur la figure 1 qui comporte :

- Un générateur de tension de f.e.m. E ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance r =20Ω et R ;
- Un condensateur de capacité C initialement déchargé ;
- Un interrupteur K à double position.

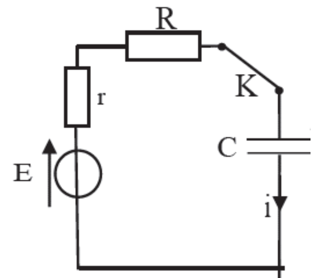
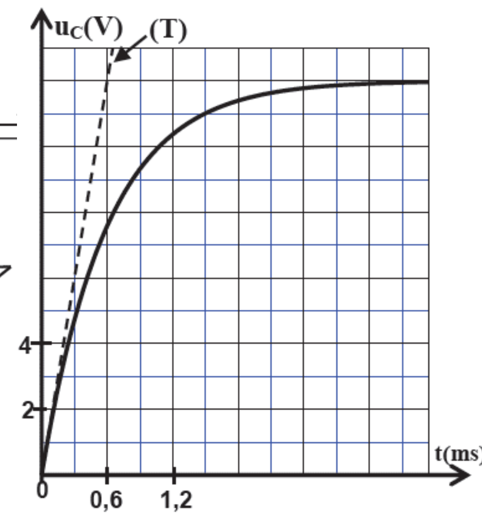


Figure 1



A un instant de date t =0, on place l'interrupteur K en position (1). Un système d'acquisition informatisé permet de tracer la courbe d'évolution de la tension $u_C(t)$. La droite (T) représente la tangente à la courbe à la date t=0. (Figure 2)

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_C (t).

2- Trouver les expressions de A et de τ, pour que $u_c(t)=A.\left(1-e^{-t/\tau}\right)$ soit solution de cette équation différentielle.

3- L'intensité du courant électrique s'écrit sous forme $i(t)=I_0.\, e^{-t/\tau}$. Trouver l'expression de I_0 en fonction de E, r et R.

4- En exploitant la courbe de la figure 2 :

4.1- Trouver la valeur de la résistance R sachant que $I_0 = 0{,}20\ A$.

4.2- Déterminer la valeur de τ.

4.3- Vérifier que la capacité du condensateur est C=10µF.

EXERCICE 14

Un professeur de physique se propose dans un premier temps, d'étudier l'influence de la résistance d'un conducteur ohmique sur la constante de temps au cours de la charge d'un condensateur. Pour cela, il demande à ses élèves de réaliser le montage schématisé sur la figure 1 constitué de :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- Un conducteur ohmique de résistance R réglable ; - Un condensateur de capacité C ;
- Un interrupteur K.

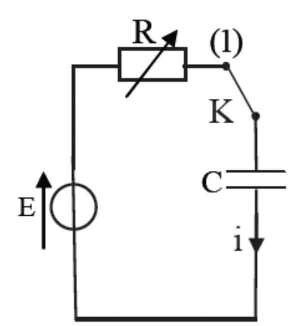


Figure 1

Un élève a mis l'interrupteur K sur la position 1 à un instant t = 0 considéré comme origine des dates.

Les deux courbes (1) et (2) de la figure 2 représentent respectivement les évolutions temporelles de la tension u_C(t) aux bornes du condensateur pour R_1 = 20W et R_2 .

T_1 et T_2 sont les tangentes aux courbes (1) et (2) à t=0.

1- Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer comment est branché un système d'acquisition informatisé pour visualiser la tension u_C(t) .

2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_C(t) .

3- La solution de cette équation différentielle est $u_C(t)=A(1-e^{-t/\tau})$. Trouver en fonction des paramètres du circuit, les expressions de A et de t .

4- En exploitant les courbes (1) et (2), déterminer la valeur de la capacité C du condensateur et celle de la résistance R_2 .

5- Déduire comment influe la résistance sur la constante de temps.

EXERCICE 15

1. En utilisant un générateur de courant

Un premier groupe d'élèves d'une classe réalise, sous les directives du professeur, le montage expérimental de la figure 1 (page suivante) constitué des éléments suivants:

- un générateur idéal de courant qui alimente le circuit par un courant électrique d'intensité I_0;
- un conducteur ohmique de résistance R ;
- deux condensateurs (c_1) et (c_2) montés en parallèle, respectivement de capacités C_1 =7,5mF et C_2 inconnue ;
- Un interrupteur K.

À l'instant t_0 =0, un élève ferme le circuit. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la charge q du condensateur équivalent à l'association des deux condensateurs (c_1) et (c_2) en fonction de la tension u_{AB} (figure 2).

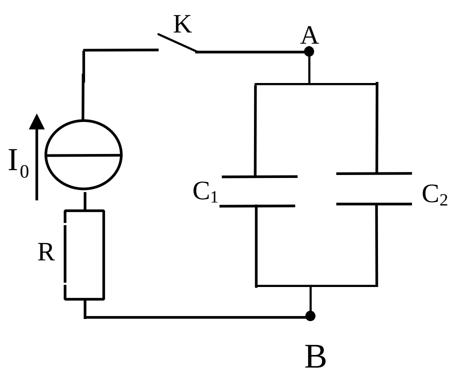


Figure 1

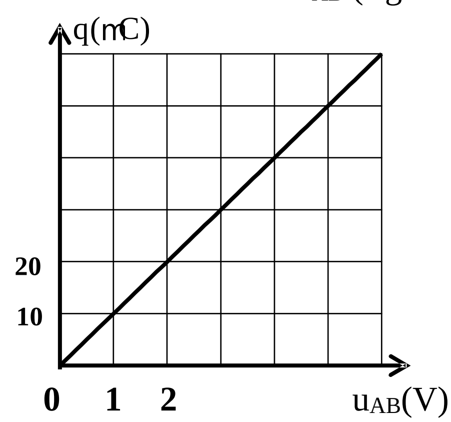


Figure 2

1.1. Quel est l'intérêt de monter des condensateurs en parallèle ?

1.2. En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de la capacité C_{eq} du condensateur équivalent aux deux condensateurs (c_1) et (c_2) .

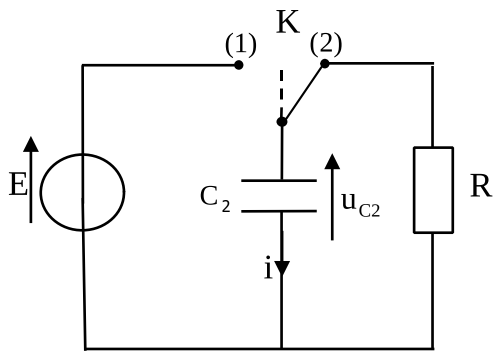
1.3. En déduire la valeur de la capacité C_2.

2. En étudiant la réponse du dipôle RC à un échelon de tension

Un deuxième groupe d'élèves de la même classe réalise le montage représenté par la figure 3 constitué par :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- Un conducteur ohmique de résistance R =1600W ; - Le condensateur précédent de capaciter C_2 ;
- Un interrupteur K à double position.

Après avoir chargé totalement le condensateur, un élève bascule l'interrupteur K sur la position (2) à l'instant $t_0 = 0$. A l'aide d'un système d'acquisition informatisé, le groupe d'élèves obtient la courbe des variations de la tension $u_{C2}(t)$aux bornes du condensateur (figure 4).



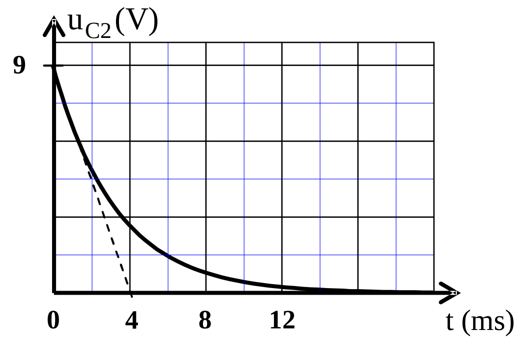


Figure 4

2.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{C2}(t)$ au cours de la décharge du condensateur.

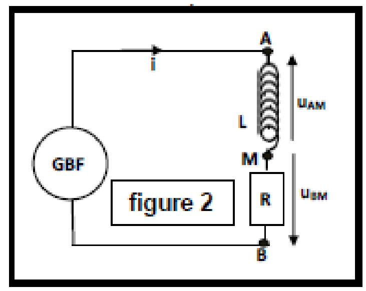
2.2. La solution de cette équation différentielle est de la forme $u_{C2}(t) = E.e^{-t/\tau}$. Trouver l'expression de la constante de temps t en fonction de R et C_2.

2.3. Déterminer de nouveau la valeur de la capacité C_2.

Dipôle RL

Détermination de l'inductance d'une bobine dans une chaine électronique

On monte en série un conducteur ohmique de résistance R=2KΩ et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, on obtient un dipôle AB On applique entre les bornes de AB une tension triangulaire à l'aide d'un GBF (figure 2)



Dans l'intervalle de temps [0 ; 2ms], la tension entre les bornes de la bobine est u_{AM}=-0,2V et la tension u_{BM} entre les bornes du conducteur ohmique est : $u_{BM}=5.10^3t$(V)

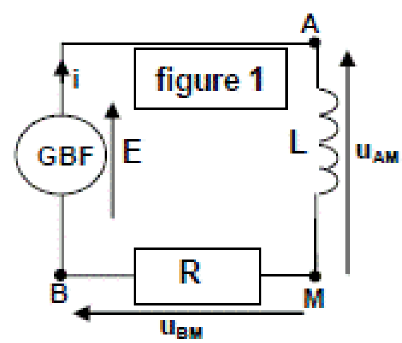
1- Montrer que la relation entre u_{AM} et u_{BM} est de la forme :

$$u_{AM} = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$$

2- Déduire la valeur de l'inductance L de la bobine

Détermination expérimentale de l'inductance L de la bobine

Pour déterminer expérimentalement l'inductance d'une bobine on réalise le montage suivant constitué de la bobine (B), du conducteur ohmique de résistance R



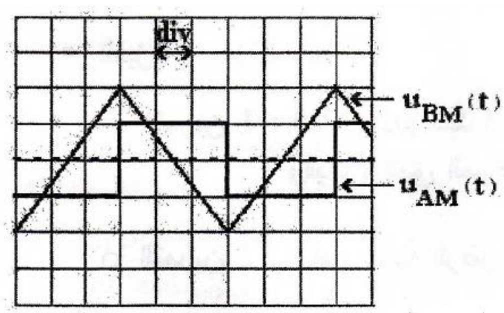
*Une bobine (B) d'inductance L et d'un GBF délivrant une tension rectangulaire (figure 1) On visualise sur un oscilloscope les deux tensions $u_{AM}(t)$ dans la voie Y_1 et $u_{BM}(t)$ dans la voie Y_2 on obtient les deux oscillogrammes de la figure 2

Les données :

- **La résistance du conducteur ohmique : R=5.10³Ω**
- **La sensibilité verticale : - La voie Y_1 S_1=0,2V/div**

- La voie Y_2 S_2=5V/div

*** La sensibilité horizontale pour les deux voies : sh=1ms/div**



1- Recopier le schéma de la figure 1 et montrer comment on branche l'oscilloscope pour visualiser les deux tensions $u_{AM}(t)$ et $u_{BM}(t)$

2- Montrer que l'expression de la tension $u_{AM}(t)$ s'écrit :

$$u_{AM} = -\frac{L}{R}\frac{du_{BM}}{dt}$$

3- Montrer que la valeur de l'induction L de la bobine est L=0,15H

EXERCICE 1 : Etablissement du courant dans le circuit primaire :

On modélise le circuit primaire par le montage de la figure 2, où :

- G : Batterie de voiture assimilée à un générateur idéal de tension continue de f.é.m E = 12 V ;
- (b) : Bobine d'inductance L et de résistance interne r = 1,5 Ω;
- D : Un conducteur ohmique équivalent au reste du circuit de résistance R = 4,5 Ω.
- K : Interrupteur

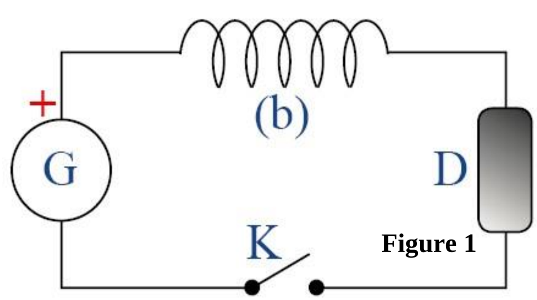


Figure 1

On ferme l'interrupteur K à l'instant t = 0, le circuit est alors traversé par un courant électrique i(t).

1. Recopier le circuit de la figure 2 et représenter dessus les tensions en convention récepteur.
2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par le courant i(t) s'écrit sous la forme : $\frac{di}{dt}+\frac{i}{\tau}=A$, en précisant les expressions de τ et A.
3. Montrer par analyse dimensionnelle que la constante τ est homogène à un temps.
4. La courbe de la figure 3 représente les variations de l'intensité du courant en fonction du temps.
   - **4.1-** Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ et celle de l'intensité I_0 du courant en régime permanent.
   - **4.2-** En déduire la valeur du coefficient d'inductance L de la bobine (b).

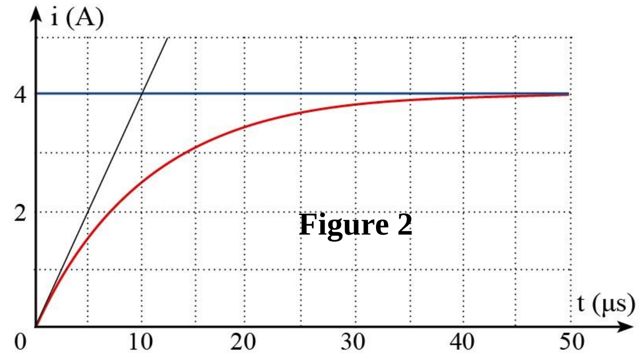


Figure 2

EXERCICE 2

Un groupe des élèves a réalisé le montage modélisé par le schéma de la figure 1 ci-contre et qui est constitué de :

- Une bobine (b) de coefficient d'inductance L et de résistance interne r ;
- Un résistor (D) de résistance R = 50 Ω ;
- Un générateur (G) de f.é.m. E = 6 V et de résistance interne négligeable ;
- Un interrupteur K.

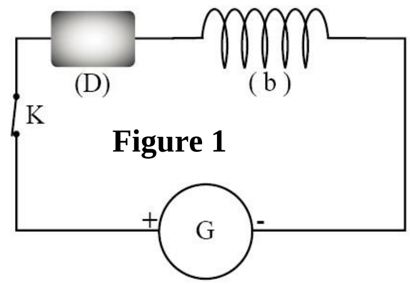


Figure 1

Ce groupe a obtenu, grâce à un dispositif informatique convenable, la courbe reproduite sur le schéma de la figure 2 traduisant les variations de l'intensité du courant i(t) en fonction du temps.

1- Etablir l'équation différentielle traduisant les variations du courant i(t).
2- S'assurer que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $i(t)=I_0\,(1-e^{-t/\tau})$
Où I_0 est l'intensité du courant en régime permanent et τ la constante du temps.
3- Déterminer à partir du graphe de la figure 2, la valeur de I_0 et déduire la valeur de r.
4- Déterminer graphiquement la valeur de
5- Déduire la valeur de L.

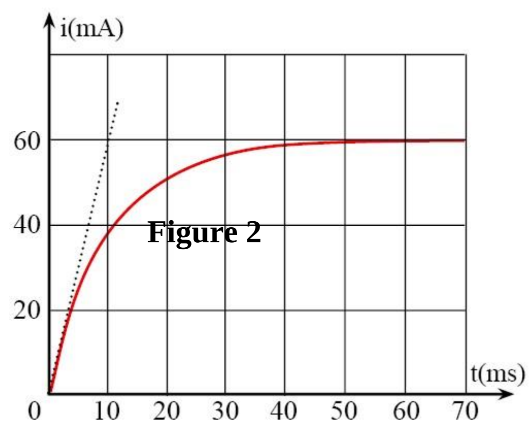


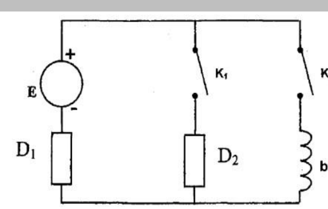
Figure 2

EXERCICE 3

On réalise le circuit représenté sur la figure 1, et constitué de :

- Générateur de f.é.m : E = 6 V et de résistance interne négligeable ;
- Résistor D_1 de résistance R_1 = 48 Ω ;
- Résistor D_2 de résistance R_2 ;
- Une bobine (b) de coefficient d'inductance L, et de résistance interne $r = R_2$.
- Deux interrupteurs K_1 et K_2.

Figure 1



Dans une première phase, on maintient K_2 ouvert, et on ferme K_1 ;
Dans une deuxième phase, on maintient K_1 ouvert, et on ferme K_2.
Sur la figure 2 sont représentées les courbes (a) et (b) traduisant les variations de l'intensité du courant traversant le circuit au cours de chacune des deux phases.

1- Associer, en justifiant, chaque courbe à la phase correspondante.

2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i(t) traversant le circuit au cours de la phase permettant d'obtenir la courbe (b).

3- La solution de cette équation s'écrit sous la forme :

$i(t) = Ae^{-\lambda.t} + B$, où A, B et λ sont des constantes

3.1- Exprimer λ, B et A en fonction des données nécessaires.

3.2- Déduire la valeur de L.

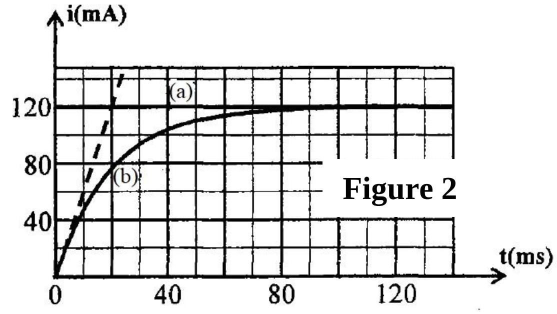


Figure 2

EXERCICE 4

Le groupe a réalisé le montage de la figure 1, qui se compose de :

- La bobine (b) ;
- Résistor de résistance R = 92 Ω ;
- Générateur de force électromotrice E = 12 V et de résistance négligeable. Interrupteur K.

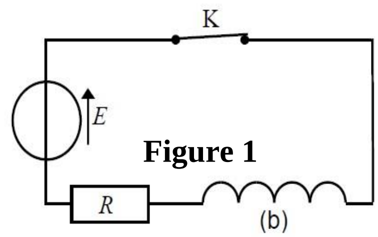


Figure 1

1. Recopier la figure 1 sur votre copie, et représenter dessus, la tension u_R aux bornes du résistor, et la tension u_b aux bornes de la bobine, en convention récepteur.

2. A l'aide d'un matériel informatique convenable, les élèves ont obtenu expérimentalement la courbe de la figure 2, représentant les variations, en fonction du temps, de l'intensité du courant i traversant le circuit.

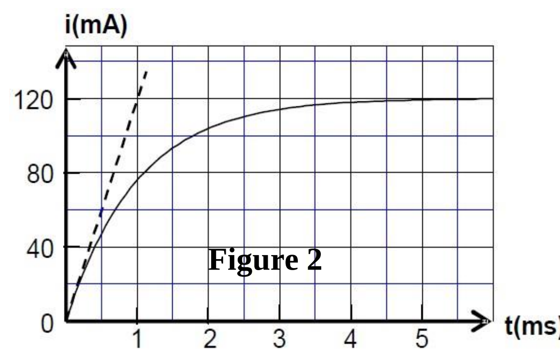


Figure 2

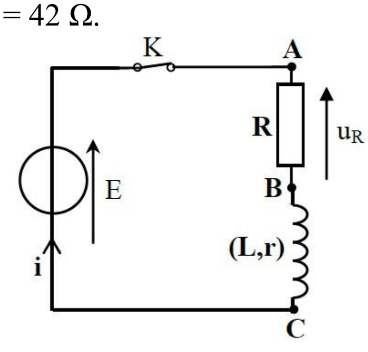
2.1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par i(t).

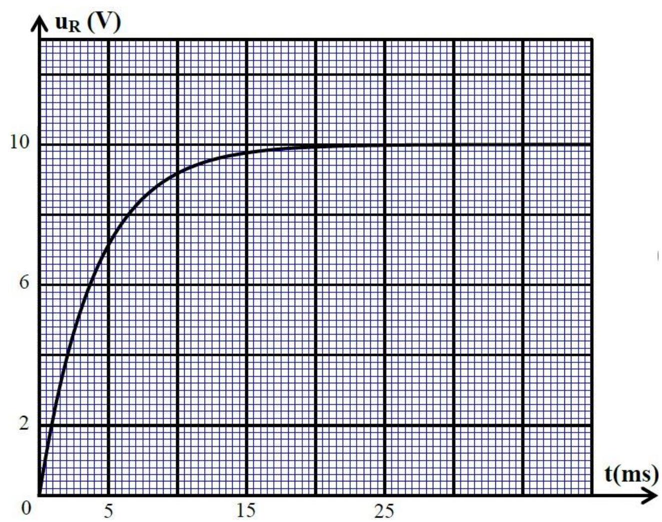
2.2- La solution de l'équation différentielle est :
$i(t) = A.(1-e^{-t/\tau})$, trouver les expressions de A et τ en fonction des paramètres du circuit ?

2.3- Déterminer les valeurs de r et L.

EXERCICE 5

Un haut-parleur contient une bobine de coefficient d'inductance L et de résistance interne r. Pour déterminer ces deux grandeurs, on a réalisé le montage électrique représenté sur la figure 1, où : E = 12 V et R = 42 Ω.





Juste après la fermeture du circuit, on visualise à l'aide d'un dispositif informatique convenable, l'évolution de la tension u_R en fonction du temps. (Figure 2)

1- Montrer que la tension u_R aux bornes du résistor vérifié l'équation différentielle :

$$\tau\frac{du_R}{dt} + u_R = A$$

en exprimant les constantes A et τ en fonctions des paramètres du circuit.

2- S'assurer que la constante τ est homogène à un temps.

3- Trouver :

3.1- La valeur de la résistance r.

3.2- La valeur du coefficient d'inductance L de la bobine.

EXERCICE 6

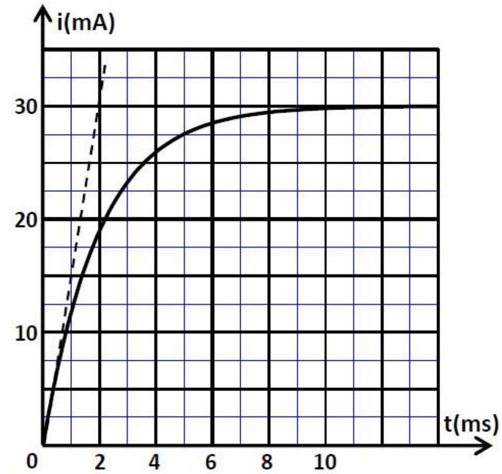
Le technicien de laboratoire a monté en série les composants suivants :

- Un conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω ;
- La bobine (b) ;
- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ; □ Un interrupteur K.

Dans cette expérience, on néglige la résistance r de la bobine devant R.

A un instant t = 0, le technicien ferme l’interrupteur, et visualise, à l’aide d’une interface informatique, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

Après un traitement informatique des données, il obtient la courbe de la figure 1, représentant l’intensité du courant i(t) traversant le circuit.



1- Représenter le schéma du circuit, et indiquer dessus, le branchement de l’interface informatique. **Figure 1**

(le branchement de l’interface est similaire à celui de l’oscilloscope)

2- Etablir l’équation différentielle vérifiée par l’intensité du courant i(t).

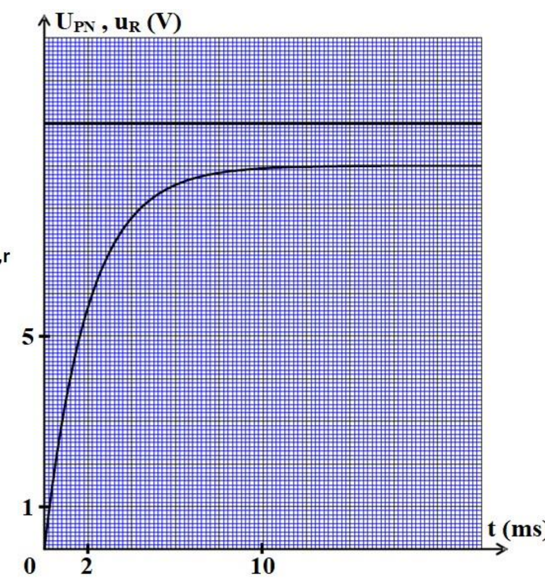
3- La solution de cette équation différentielle est : $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$, exprimer τ en fonction des paramètres du circuit.

4- Vérifier que l’inductance de la bobine (b) est : L = 0,4 H.

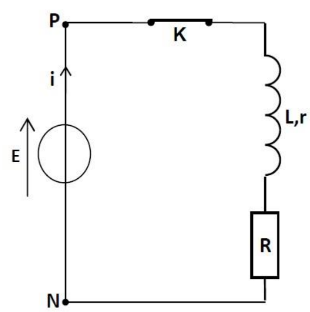
EXERCICE 7

Le circuit de la figure 1 est constitué de :

- Un générateur idéal de tension de f.é.m. E ;
- Une bobine d’inductance L et de résistance interne r;
- Un résistor de résistance R = 90 Ω ; Un interrupteur K



On ferme l’interrupteur à l’instant t = 0. Le suivi de l’évolution des tensions u_R aux bornes du résistor et la tension U_{PN} aux bornes du générateur, permet de tracer les courbes $u_R(t)$ et $U_{PN}(t)$ de la figure 2 ci-dessous.



1- Recopier sur la copie, le schéma du circuit de la figure 1, et représenter dessus la tension u_R en convention récepteur.

2- Par exploitation du document de la figure 2, déterminer :

a- La force électromotrice E du générateur.

b- La valeur de la constante de temps τ.

c- La résistance r de la bobine.

3- Vérifier que la valeur du coefficient d’inductance de la bobine est : L = 0,2 H.

EXERCICE 8

On réalise le circuit électrique, schématisé sur la figure 1, qui comporte : ;

- Un générateur de tension de f.e.m. E=12V
- Une bobine d’inductance L et de résistance négligeable ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance R = 40Ω
- Un interrupteur K.

On ferme l’interrupteur K à l’instant t=0. Avec un système d’acquisition informatisé, on enregistre les courbes (C_1) et (C_2) représentant les tensions des voies A et B (voir figure2).

1. Identifier la courbe qui représente la tension u_R (t) et celle qui représente u_{PN} (t).
2. Déterminer la valeur de I_P l'intensité du courant électrique en régime permanent.
3. Vérifier que la valeur de la résistance r du conducteur ohmique est r=8Ω.
4. Etablir l'équation différentielle régissant l'établissement du courant i(t)dans le circuit.
5. Trouver les expressions de A et de τ en fonction des paramètres du circuit pour que l'expression

   i(t) =A $(1-e^{-t/\tau})$, soit solution de cette équation différentielle.

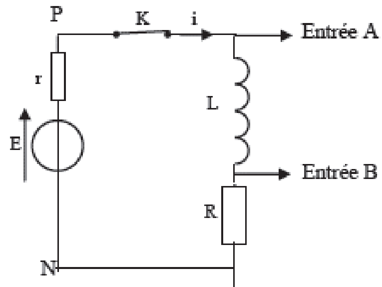


Figure1

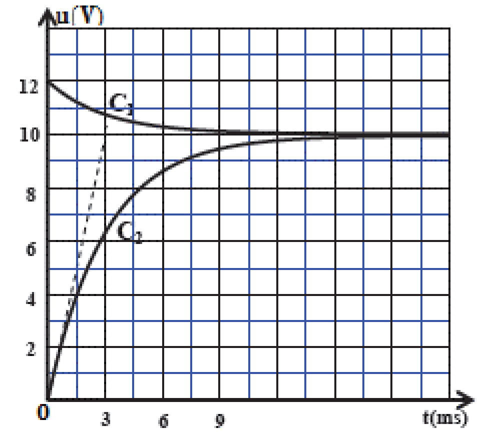


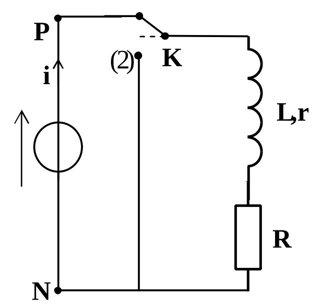
Figure2

6. Déterminer la valeur de la constante du temps τ.
7. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.
8. Trouver l'énergie $_E$ emmagasinée par la bobine à l'instant t = $\frac{\tau}{2}$.

EXERCICE 9

Pour étudier la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension, le professeur de physique a réalisé avec ses élèves le montage électrique schématisé sur la figure 1 qui comporte :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E=6,5V
- Une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- Un conducteur ohmique de résistance R = 60Ω ; - Un interrupteur K à double position.



1- Dans une première étape, le professeur étudie l'établissement du courant dans une bobine en mettant l'interrupteur K sur la position (1).

1.1- Recopier le schéma de la figure 1, et représenter en convention récepteur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

1.2- Trouver, en fonction des paramètres du circuit, l'expression de l'intensité du courant I_p en régime permanent.

2- Dans une deuxième étape, le professeur étudie la rupture du courant dans la bobine.

Lorsque le régime permanent est atteint, il bascule, à un instant t=0, l'interrupteur K sur la position (2) en prenant les précautions nécessaires. Avec un système informatisé d'acquisition, il obtient la courbe de figure 2 représentant les variations de la tension u_R(t)aux bornes du conducteur ohmique. La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'origine des temps.

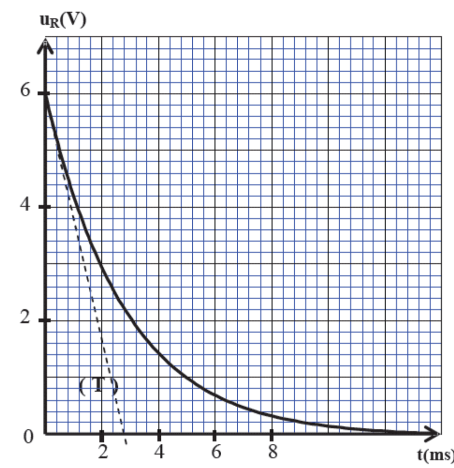


Figure 2

2.1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_R(t).

2.2- La solution de cette équation différentielle est $u_R(t)= R.I_p.e^{-t/\tau}$. Trouver l'expression de τ.

2.3- En exploitant la courbe de la figure 2:

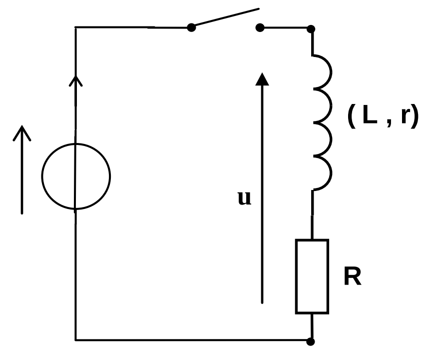
a- Montrer que la résistance r de la bobine est r=5Ω.

b- Vérifier que la valeur de l'inductance de la bobine est L=182 m H .

2.4- Trouver la valeur de l'énergie $\mathbf{E}_m$ emmagasinée par la bobine à l'instant $^{t=}{}_1$ t .

EXERCICE 10

1. 1- Etude du régime transitoire dans une bobine



On réalise le montage expérimental représenté dans la figure (1) pour étudier l'établissement du courant électrique dans un dipôle (AB), constitué d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine d'inductance L et de résistance r.

Un générateur électrique idéal applique une tension constante E = 6V aux bornes du dipôle (AB) .

1.1- On règle la résistance R sur la valeur R = 50Ω.

On ferme l'interrupteur à l'instant t = 0. On enregistre à l'aide d'un dispositif approprié l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps , on obtient la courbe représentée sur la figure (2) . Le coefficient directeur de la tangente (T) à la courbe i = f(t) à t = 0 est a = $100 A.s^{-1}$.

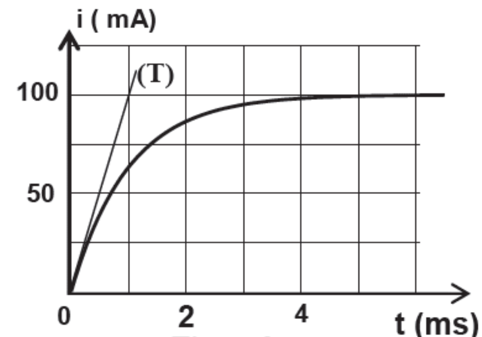


Figure2

La tension u aux bornes du dipôle (AB) s'exprime par la relation

$u =(R=r).i+L.\frac{di}{dt}$.

a- Est-ce que la grandeur $L.\frac{di}{dt}$ augmente ou diminue au cours du régime transitoire ? justifier la réponse .

b- Exprimer $\frac{di}{dt}$ en fonction de E et L à l'instant t =0. Trouver la valeur de L.

c- Calculer la valeur de pour t > 5 ms et en déduire la valeur de r.

1.2- On utilise le même montage expérimental de la figure (1) et on fait varier dans chaque cas la valeur de l'inductance L de la bobine et celle de la résistance R du conducteur ohmique comme l'indique le tableau ci -contre.

cas	L(H)	R(Ω)	r(Ω)
1^er cas	$L_1=6,0.10^{-2}$	$R_1=50$	10
2^eme cas	$L_2=1,2.10^{-1}$	$R_2=50$	10
3^eme cas	$L_3=4,0.10^{-2}$	$R_3=30$	10

La figure (3) donne les courbes (a) , (b) et (c) obtenues dans chaque cas.

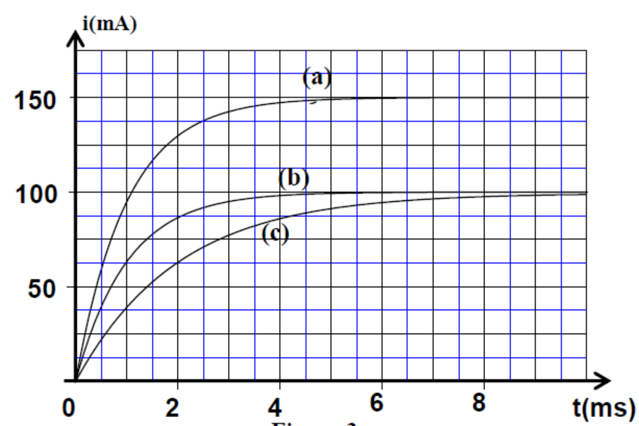


Figure 3

a- Préciser , en justifiant votre réponse , la courbe correspondante au 1er cas et la courbe correspondante au 2ème cas .

b- On règle la résistance R_2 sur la valeur R'_2 pour que la constante de temps τ soit la même dans le 2ème cas et le 3ème cas. Exprimer R'_2 en fonction de L_2 , L_3 , R_3 et r. Calculer R' 2.

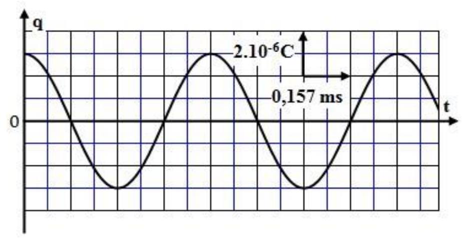
Série d'exercice N°8

L'année scolaire : 20../20..
Classe : 2 BACS-PC
Professeur :

Les oscillations libres dans un circuit RLC

EXERCICE 1

À l'instant $t_0 = 0$, on branche le condensateur $C = 0{,}5\mu F$. Précédemment chargé aux bornes d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.



1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$ du condensateur.
2. La courbe de la figure (3), représente l'évolution de $q(t)$.

2.1. Nommer le régime d'oscillations que montre le graphe de la figure (3).

2.2. La solution de l'équation différentielle s'écrit : $q(t) = Q_m.cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$

2.2.1. En exploitant le graphe de la figure (3), déterminer les valeurs de Q_m, T_0 et φ.

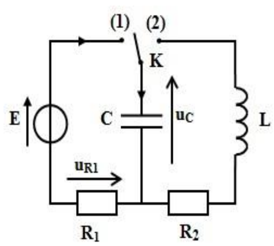
2.2.2. Calculer la valeur de L.

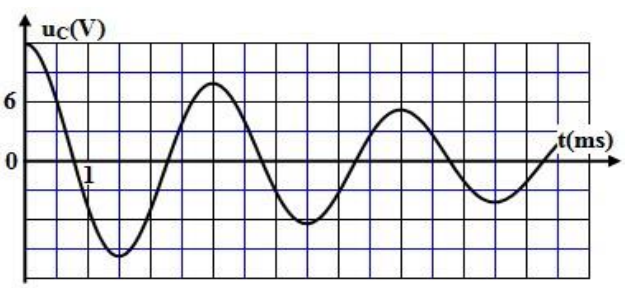
2.3. Expliquer qualitativement la conservation de l'énergie totale du circuit (LC)et calculer sa valeur.

2.4. Déterminer la valeur maximale de l'intensité du courant dans le circuit.

EXERCICE 2

On réalise le montage électrique représenté dans la figure (1) constitué des éléments suivants :





- Un générateur idéal de tension de force électromotrice E ;
- Un condensateur de capacité $C = 6{,}3\mu F$ initialement non chargé ;
- Une bobine (L,r = 0)
- Deux conducteurs ohmiques de résistances respectives $R_1 = 6k\Omega$ et R_2 - un interrupteur K.

Lorsque le régime permanent est atteint, on bascule l'interrupteur K en position (2) à l'instant $t_0 = 0$.

La courbe de la figure (3) représente la variation de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

1. Justifier la nature des oscillations électriques dans le circuit.
2. Déterminer la valeur de la charge Q_0 du condensateur à l'instant $t_0 = 0$.
3. Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T des oscillations.
4. En considérant que la pseudo-période T est égale à la période propre de l'oscillateur (LC),
   Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine.
5. Les courbes de la figure (4) représentent les variations en fonction du temps de l'énergie électrique $\mathscr{E}_e$ emmagasinée dans le condensateur, l'énergie magnétique $\mathscr{E}_m$ emmagasinée dans la bobine et l'énergie totale $\mathscr{E}$ du circuit, tel que $\Delta\mathscr{E} = \mathscr{E}_e + \mathscr{E}_m$

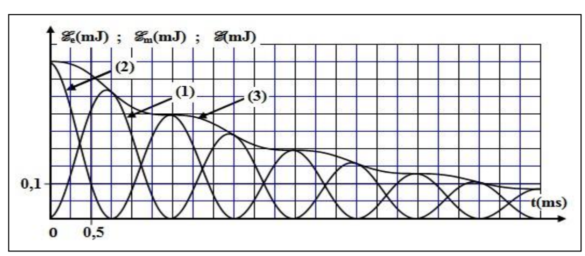


Figure (4)

5.1. Identifier, en justifiant la réponse, la courbe qui correspond à l'énergie magnétique $\mathscr{E}_m$.

5.2. Déterminer, entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 3\ ms$, la variation $\Delta\mathscr{E}$ de l'énergie totale du circuit.

EXERCICE 3

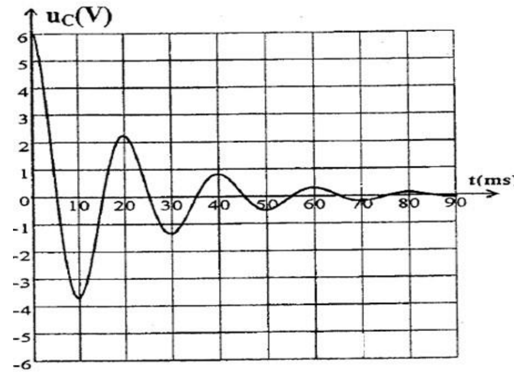
Un groupe des élèves du ont procédé à la charge totale d'un condensateur de capacité C = 10µF à l'aide d'un générateur de f.é.m. E = 6V, et sa décharge dans la bobine (b).

La visualisation de la tension u_C entre les bornes du condensateur sur un oscilloscope a permis d'obtenir le graphe ci-contre.

1- Faire le schéma du Montage expérimental utilisé.

2- Justifier l'amortissement des oscillations.

3- Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T, en déduire la valeur du coefficient d'inductance L de la bobine (b) en supposant que la pseudo période T est égale à la période propre T_0 des oscillations. (On prend $\pi^2 = 10$)



4- Quelle est la nature de l'énergie emmagasinée dans le circuit à l'instant t = 25 ms. Justifier.

5- Les élèves du deuxième groupe ont monté la bobine (b) et le condensateur précédent en série avec un générateur qui qui maintient entre les bornes circuit une tension proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse (u = k.i). Les oscillations sont entretenues lorsque k prend la valeur : k =50 (SI). Quelle est la valeur de la résistance de la bobine r.

EXERCICE 4

Un groupe d'élèves ont chargés complétement un condensateur de capacité C sous une tension continue U, et l'ont déchargé dans une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable (Figure 1).

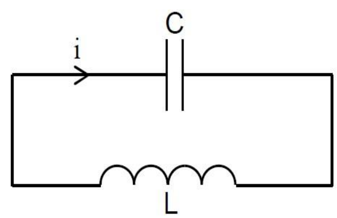


Figure 1

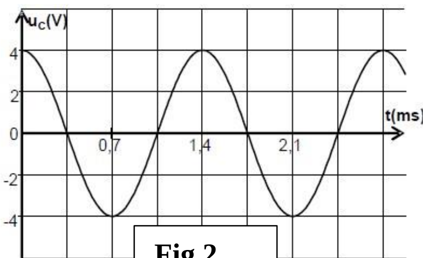


Fig 2

1- Recopier sur la copie de rédaction, la figure1 et représenter dessus, en convention récepteur les tensions u_C et u_L respectivement aux bornes du condensateur et de la bobine.

2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

3- Les variations de u_C en fonction du temps sont illustrées sur la figure 2. Par exploitation de ce graphe, écrire l'expression numérique de la tension $u_C(t)$.

4- Les variations, en fonction du temps, de l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine, sont représentées sur la figure 3.

a- Montrer que l'expression de cette énergie s'écrit sous la forme : $Em = \frac{1}{4}\, CU^2 \left(1 - cos\ \frac{4\pi}{T_0} t\right)$

On rappelle que : $\sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x)$.

b- En déduire l'expression de l'énergie magnétique maximale $E_{m(max)}$ en fonction de C et U.

c- Par exploitation du graphe $E_m(t)$, déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

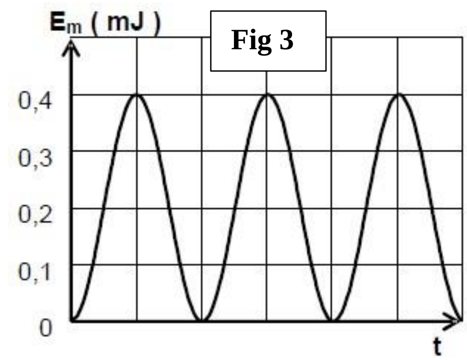


Fig 3

5- Déterminer le coefficient d'inductance L de la bobine (b).

EXERCICE 5

Le piano génère un ensemble de notes musicales classées selon une échelle musicale constituée de sept notes musicales essentielles. Le tableau suivant donne les fréquences correspondantes aux notes musicales essentielles

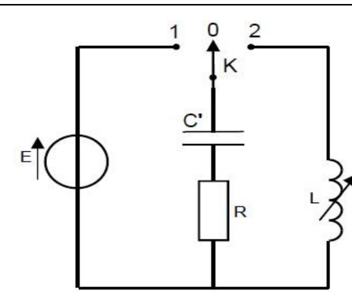
Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
Fréquence	262	294	330	349	392	440	494

Le but de cet exercice est d'ajuster une note musicale de fréquence déterminée en utilisant un circuit RLC série.

Ajustement de la fréquence de la note musicale

Les élèves ont réalisé le montage expérimental représenté sur le Figure2, et qui est constitué de :

- Générateur de tension de f.é.m E = 12 V et de résistance interne négligeable.
- Conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω.
- Bobine de coefficient d'inductance L ajustable et de résistance interne négligeable.



- Condensateur de capacité C’= 0,5 μF. Interrupteur K à double position.

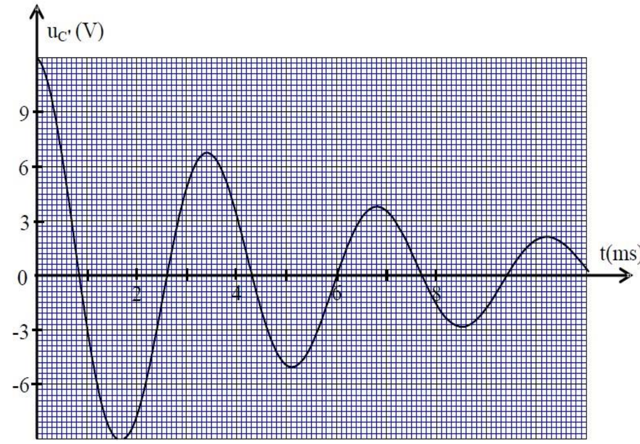
Après avoir chargé le condensateur, les élèves ont basculé l’interrupteur à la position (2) à un instant choisi comme origine des temps. Ils ont obtenu par l’intermédiaire d’une interface informatique la courbe représentée sur la Figure 3.

2-1- Etablir l’équation différentielle vérifiée par la tension $u_{C'}$ entre les bornes du condensateur.

2-2- Déterminer graphiquement la valeur de la pseudopériode T.

2-3- On considère que la valeur de la pseudopériode T est égale à la valeur de la période propre T_0 de l’oscillateur LC. En déduire la valeur de L.

2-4- Calculer la valeur de l’énergie totale emmagasinée dans le circuit à l’instant t = 3,4 ms.



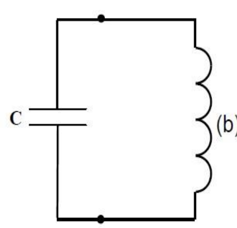
3- Les élèves ont ajouté au montage RLC’ précèdent, un appareil d’entretien des oscillations, et ils ont relié le circuit à un haut-parleur qui transforme l’onde électrique de fréquence N_0 en une onde sonore de même fréquence.

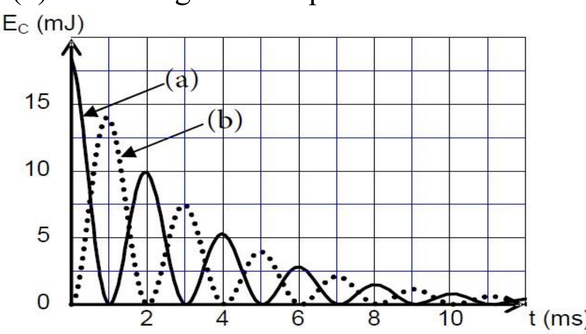
3-1- Quel est le rôle de l’appareil d’entretien de point de vue énergétique.

3-2- En se basant sur le tableau des fréquences des notes déterminer la note musicale émise par le haut-parleur.

EXERCICE 6

Pour mettre en évidence l’influence de la résistance r de la bobine (b) sur l’énergie électrique totale d’un circuit série RLC libre, les élèves ont monté, à un instant considéré comme origine des temps, un condensateur de capacité C totalement chargé, avec cette bobine comme l’indique la figure 3.





A l’aide d’un matériel informatique convenable, on a pu visualiser les variations de l’énergie emmagasinée dans le condensateur et celle emmagasinée dans la bobine en fonction du temps.

1- Etablir l’équation différentielle vérifiée par la charge q(t) du condensateur.

2- Préciser, parmi les courbes (a) et (b), celle correspondante à l’énergie emmagasinée dans la bobine.

3- On désigne par E_T, l’énergie électrique totale emmagasinée dans le circuit à un instant t, et elle représente la somme de l’énergie emmagasinée dans le condensateur et l’énergie emmagasinée dans la bobine au même instant t.

3.1- Ecrire l’expression de E_T en fonction de : C, L, q et $\frac{dq}{dt}$

3.2- Montrer que l’énergie totale décroit avec le temps selon la relation : $\frac{dE_T}{dt} = -ri^2dt$. Expliquer la cause de cette décroissance.

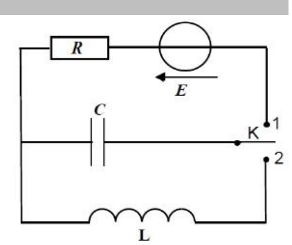
3.3- Déterminer l’énergie dissipée dans le circuit entre les instants : t_1 = 2 ms et t_2 = 3 ms.

EXERCICE 7

On réalise le circuit de la figure 2, qui est constitué de :

- Générateur de f.é.m. E = 12 V et de résistance négligeable ;
- Condensateur de capacité C = $4{,}7.10^{-3}$ F ;
- Résistor de résistance R = 200 Ω ;
- Bobine d’inductance L et de résistance négligeable ; Interrupteur K à double position.

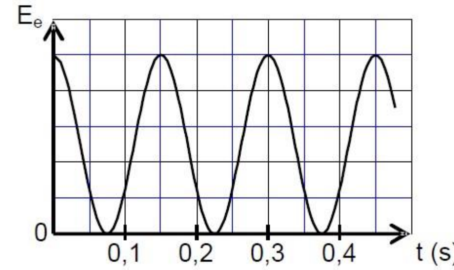
Figure 1



On ferme l'interrupteur sur la position 1 jusqu'à ce que le condensateur soit chargé complétement, puis on le bascule vers la position 2, à un instant considéré comme origine des temps $t_0 = 0$.

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur.

2- Trouver l'expression de la période propre T_0 de l'oscillateur en fonction de L et C, pour que l'expression $q(t) = Q_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t)$ soit solution de cette équation différentielle.



3- Vérifier que la période est homogène à un temps.

4- Calculer la valeur maximale Q_m de la charge du condensateur.

5- La figure 2 donne les variations de l'énergie électrique E_e emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps.

5-1- Sachant que la période T de l'énergie est $T = \frac{T_0}{2}$, déterminer la valeur de T_0.

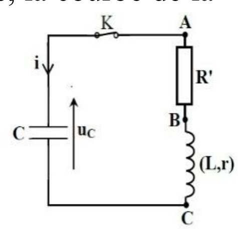
5-2- En déduire la valeur du coefficient d'inductance de la bobine.

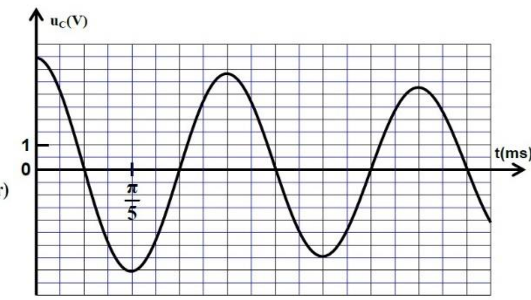
6- On rappelle que l'énergie totale E_T du circuit est, à chaque instant, la somme des énergies : électrique et magnétique, emmagasinées respectivement dans le condensateur et la bobine. Montrer que l'énergie E_T se conserve. Calculer sa valeur.

EXERCICE 8

On monte une bobine d'inductance L et de résistance r, en série, avec un condensateur (initialement chargé complétement) de capacité C = 0,2 μF et un résistor de résistance R' = 200 Ω.

On obtient, à l'aide du même dispositif informatique, la courbe de la figure 4 qui représente les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.





A quel des trois régimes d'oscillations, correspond la courbe de la figure 4 ?

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

2- En considérant que la pseudopériode T est égale la période propre T_0 de l'oscillateur LC, vérifier la valeur de l'inductance de la bobine étudiée.

3- Calculer l'énergie dissipée par effet joule entre les instants $t_0 = 0$ et $\frac{3T}{2}$

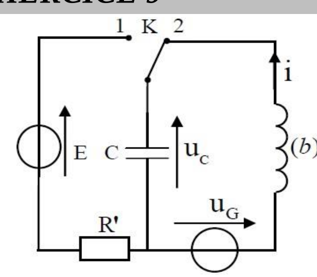
4- Pour compenser l'énergie dissipée, on monte en série dans le circuit précédent (figure 3), un générateur maintenant entre ses bornes une tension u_G proportionnelle à l'intensité du courant, tel que $u_G(t) = k.i(t)$.

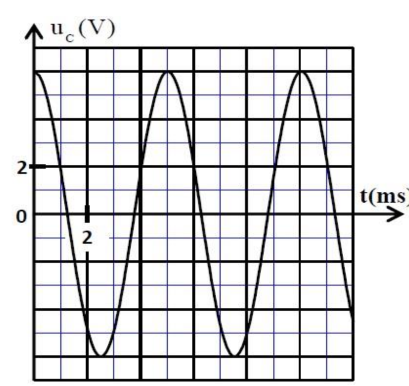
4-1- Etablir, dans ce cas, l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t) du condensateur.

4-2- On fixe le paramètre k sur la valeur 208,4 pour obtenir des oscillations électriques sinusoïdales. Vérifier la valeur de la résistance r de la bobine étudiée.

EXERCICE 9

Le technicien réalise le montage expérimental de la figure 2, qui est constitué de :





- La bobine précédente (b) de résistance r et de coefficient d'inductance L;
- Le générateur idéal de tension de f.é.m. E ;
- Un conducteur ohmique de résistance R' ;
- Un interrupteur K à double position ;
- Un générateur G délivrant une tension $u_G = k.i(t)$, où k est un paramètre positif ajustable.

Après avoir chargé complétement le condensateur, le technicien bascule l'interrupteur vers la position 2, à un instant $t_0 = 0$. (Figure 2) La courbe de la figure 3 représente la tension $u_C(t)$ obtenue lorsque le paramètre k est fixé sur la valeur k = r.

1. Quel est le régime des oscillations mis en évidence par la courbe ?

2. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$.
3. La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme : $u_C(t) = U_m.cos\left(\frac{2.\pi}{T_0}t\right)$

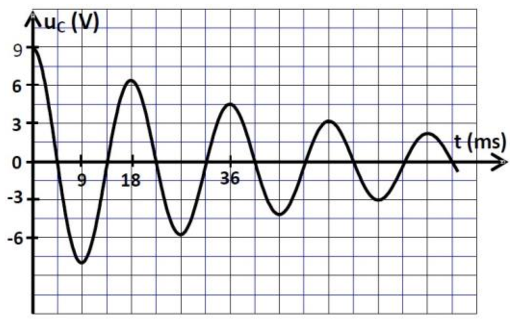
Trouver l'expression de la période propre T_0 de l'oscillateur électrique.

4. La capacité C du condensateur, varie avec le taux d'humidité x selon la relation : C = 0,5.x – 20, où C est donnée en (µF), et x un pourcentage (%). Déterminer le taux d'humidité x à l'intérieur du laboratoire.

EXERCICE 10

Pour obtenir des oscillations électriques libres, dans un circuit RLC, on monte en série un condensateur de capacité C initialement chargé. Une bobine d'inductance L = 0,2H et de résistance interne r négligeable et un résistor de résistance R = 90 Ω.

Le suivi de l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps, à l'aide d'un matériel informatique convenable, permet d'obtenir la courbe de la figure suivante.



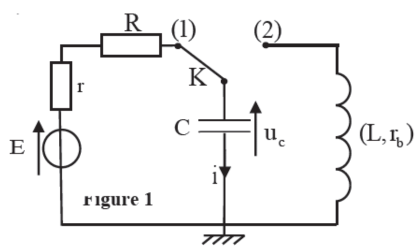
1. Représenter le schéma du dispositif expérimental, et montrer dessus, le branchement du système d'acquisition permettant de suivre $u_C(t)$.
2. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$.
3. Calculer la valeur de la capacité du condensateur, sachant que la valeur de la pseudo période est égale à celle de la période propre de l'oscillateur.
4. Déterminer la valeur ξ_1 de l'énergie du circuit à l'instant t = 36 ms.
5. Justifier, du point de vue énergétique, le régime oscillatoire représenté sur la figure 3.

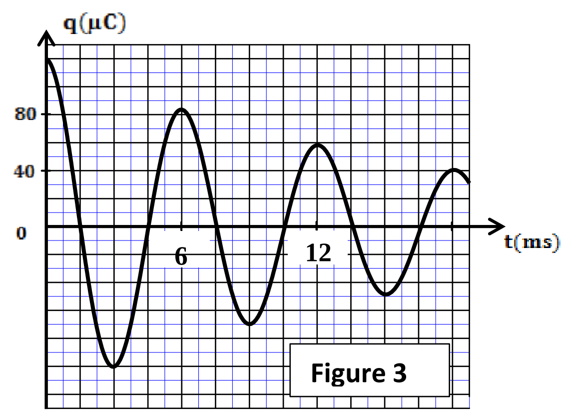
EXERCICE 11

On étudie, l'amortissement et l'entretien des oscillations dans un circuit RLC série.

Pour cela, on réalise le circuit électrique schématisé sur la figure 1 qui comporte :

- Un générateur de tension de f.e.m. E ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance r=20Ω et R ;
- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance r_b;
- Un condensateur de capacité C =10 µF (initialement déchargé)
- Un interrupteur K à double position





Une fois le condensateur est totalement chargé, on bascule l'interrupteur K vers la position (2) à un instant que l'on choisira comme nouvelle origine des dates (t = 0).

La courbe de la figure 3, représente l'évolution temporelle de la charge q(t) du condensateur.

1. Identifier le régime oscillatoire qui correspond à la courbe de la figure 3.
2. En assimilant la pseudo période à la période propre de l'oscillateur électrique, déterminer l'inductance L de la bobine (b).
3. Calculer $\Delta\mathscr{E}$, la variation de l'énergie totale du circuit entre les instants t_1 = 0ms et t_2 = 18ms, puis interpréter ce résultat.
4. Pour entretenir les oscillations, on monte en série avec le condensateur et la bobine (b), précédemment étudiés, un générateur (G) qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité du courant électrique : $u_G(t) = k.i(t)$.
   4.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t).
   4.2. On obtient des oscillations électriques sinusoïdales lorsque la constante k prend la valeur k =11 dans le système d'unités internationales. En déduire la valeur de la résistance électrique r_b de la bobine (b).

EXERCICE 12

Un élève de la même classe réalise le montage représenté sur la figure 5 qui comporte :

- Un condensateur, totalement chargé, de capacité C =2,5mF ;
- Une bobine d'inductance Let de résistance r ;
- un interrupteur K.

Après fermeture du circuit, on visualise, à l'aide d'un système d'acquisition informatisé, des oscillations pseudopériodiques représentant les variations de la charge q(t) du condensateur.

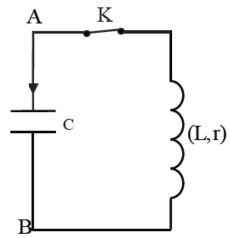


Figure 5

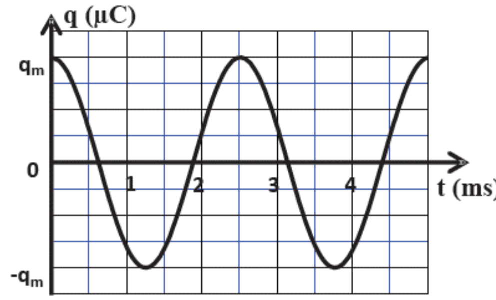


Figure 6

1. Pourquoi observe-t-on des oscillations pseudopériodiques ?
2. Pour obtenir des oscillations électriques entretenues, un générateur G délivrant une tension proportionnelle à l'intensité du courant $u_G(t)=k.i(t)$ est inséré en série dans le circuit précédent.
   2.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t).
   2.2. En ajustant le paramètre k sur la valeur k =5 (exprimée dans le système d'unités international), les oscillations deviennent sinusoïdales (figure 6). Déterminer la valeur de r.
   2.3. En exploitant la courbe de la figure 6, trouver la valeur de l'inductance L de la bobine.

EXERCICE 13

II- Etude du circuit RLC série

On charge totalement un condensateur de capacité C, puis on le monte en série, à un instant choisi comme origine des dates (t=0), avec la bobine et le conducteur ohmique précédents (figure 3).

Les courbes de la figure 4 représentent l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et celle de l'intensité i(t) du courant qui circule dans le circuit.

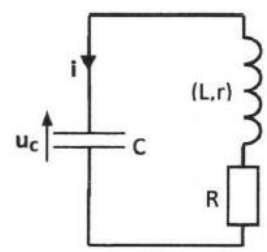


Figure 3

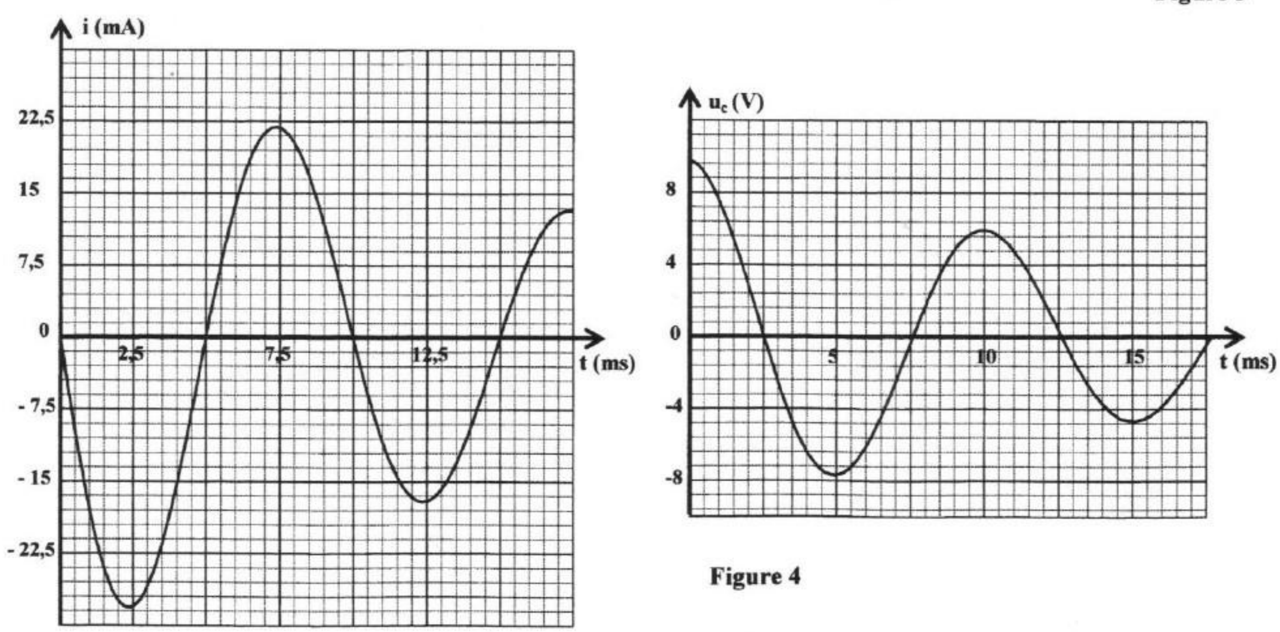


Figure 4

1. Quel régime correspond aux courbes de la figure 4 ?

2. Sachant que la pseudo-période est approximativement égale à la période propre T_0 de l'oscillateur électrique, déterminer la valeur de la capacité C. (On prend $\pi^2 = 10$).

3. A l'aide des deux courbes de la figure 4, calculer l'énergie totale E_{t1} du circuit à l'instant $t_1 = 9ms$.

EXERCICE 14

On réalise le circuit électrique schématisé sur la figure 1. Ce circuit comporte :

- Un générateur de f.e.m. E et de résistance interne négligeable ;
- Une bobine (b) d'inductance L_0 et de résistance négligeable ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance r et R = 20Ω ;
- Un condensateur de capacité C réglable initialement déchargé ; - Un interrupteur K.

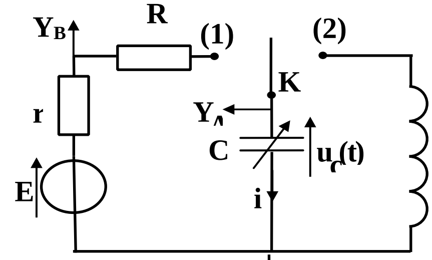


Figure1

1- Etude du dipôle RC

On fixe la capacité du condensateur sur la valeur C_0. A un instant de date t = 0, on place l'interrupteur K en position (1). Un système d'acquisition informatisé permet de tracer les courbes (Γ1) et (Γ2) de la figure 2 représentant les tensions obtenues en utilisant les voies Y_A et Y_B (fig.1). La droite (T) représente la tangente à la courbe ((Γ1) à t=0.

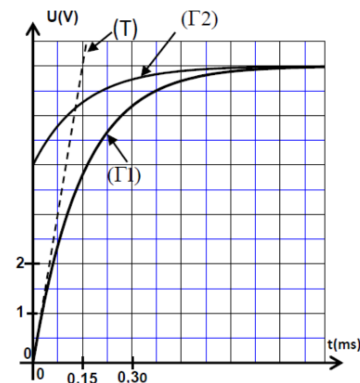


Figure 2

1-1- Identifier parmi les courbes (Γ1) et (Γ2) celle qui représente la tension $u_C(t)$.

1-2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$

1-3- Montrer que l'expression de l'intensité du courant juste après avoir placé l'interrupteur en position (1) est $i_0 = \frac{E}{R+r}$

1-4- A l'aide des deux courbes :

1-4-1- Déterminer la valeur de r

1-4-2- Montrer que C_0 = 5 µF.

2- Etude du circuit LC **idéal**

Une fois le régime permanent établi, on bascule l'interrupteur K en position (2) à un instant que l'on choisira comme nouvelle origine des dates (t =0). On obtient ainsi un circuit LC.

2.1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i(t).

2.2- La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $i = I_m.\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t\right)$; T_0 représente la période propre de l'oscillateur et φ la phase à t=0, I_m l'intensité maximale du courant électrique.

Déterminer la valeur de φ.

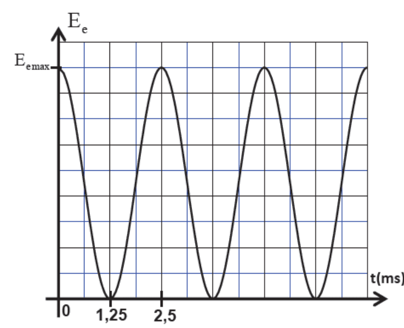


Figure3

2.3- Etablir, à partir de l'expression de la puissance électrique, l'expression de l'énergie $E_e(t)$ emmagasinée dans le condensateur en fonction de la charge q(t) et de la capacité C du condensateur.

2.4- La courbe représentée sur la figure 3 donne l'évolution de l'énergie électrique $E_e(t)$ emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps.

2-4-1- Calculer l'énergie électrique maximale E_{emax} .

2-4-2- A l'aide d'une étude énergétique, trouver la valeur de I_m.

Série d'exercice N°9

L'année scolaire : 20../20..
Classe : 2 BACS-PC
Professeur :

Modulation et démodulation d'amplitude

EXERCICE 1

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le montage de la figure 3 a été réalisé pour recevoir une émission radio de fréquence f = 540 kHz, en utilisant trois étages : X, Y et Z.

L'étage X est constitué d'une bobine (b) d'inductance L = 5,3mH et de résistance négligeable, et d'un condensateur de capacité C ajustable entre deux valeurs : C_1 = 13,1 pF et C_2 = 52,4 pF.

(On rappelle que : 1 pF = 10^{-12} F).

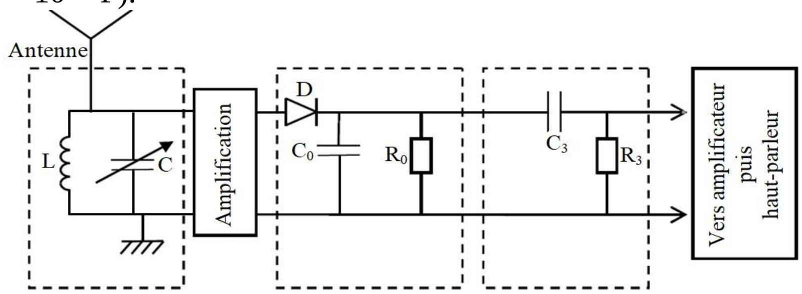


Figure 3

1- Quel est le rôle de chacun des étages Y et Z dans la réception de l'émission ?

2- S'assurer que l'étage X permet la sélection de l'émission désirée.

EXERCICE 2

Pour transmettre un signal S(t) de fréquence f_S, le groupe précédent d'élèves, réalise dans un deuxième temps le montage de la figure 4, où ils ont appliqué la tension $p(t) = P_m\cos(2\pi F_P t)$ sur l'entrée E_1 et la tension

$S(t) + U_0 = S_m\cos(2\pi f_S t) + U_0$ sur l'entrée E_2. (U_0 la composante continue de la tension)

La visualisation des tensions $S(t) + U_0$ et $u_S(t)$ à la sortie du circuit multiplieur, permet d'obtenir les courbes représentées sur les figures 5 et 6.

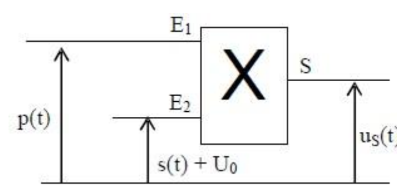


Figure 4

1- Quelle condition doit satisfaire F_P et f_S pour obtenir une bonne modulation ?

2- Affecter à chaque courbe des figures 5 et 6, la tension correspondante.

3- Déterminer le taux de modulation m, sachant que la sensibilité verticale de l'oscilloscope est 1 V/div. Conclure.

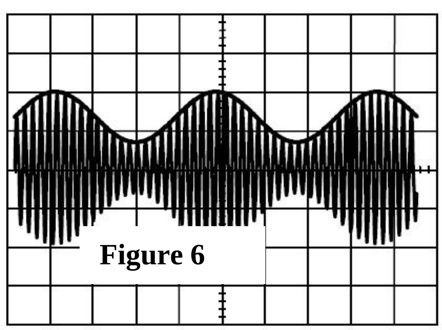


Figure 6

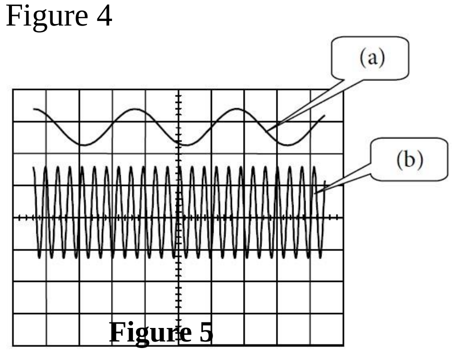


Figure 5

EXERCICE 3

Pour recevoir une onde issue d'une station de diffusion, on utilise le dispositif simplifié, qui est constitué de trois parties comme l'indique la figure 1.

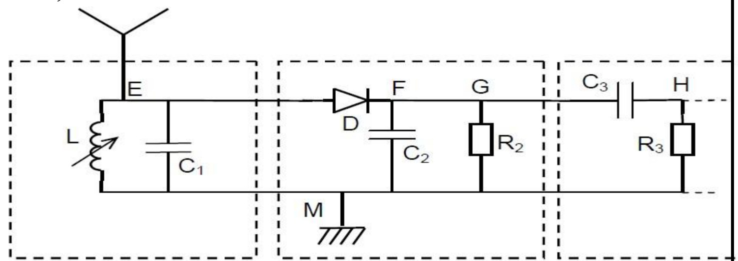
1- La partie 1 est constituée d'une antenne reliée à un circuit parallèle, constitué d'une bobine d'inductance ajustable et de résistance négligeable et d'un condensateur de capacité $C_1 = 4{,}7.10^{-10}$ F.

1-1- Quel est le rôle de la partie 1 ?

1-2- Pour recevoir une onde AM de fréquence f = 160 KHz, on fixe l’inductance de la bobine sur la valeur L_1. Calculer L_1.

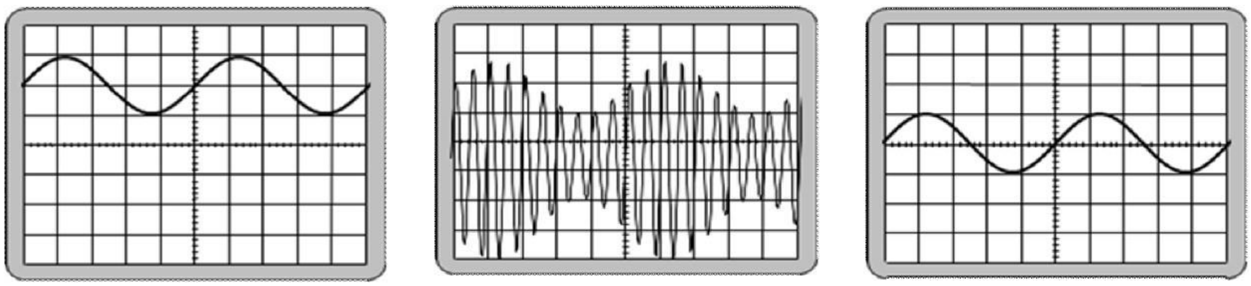
2- Les deux parties 1 et 2, permettent la démodulation du signal reçu. Quel est le rôle de chacune des deux parties dans la démodulation ?

3- On visualise sur l’écran d’un oscilloscope les tensions u_{EM} , u_{GM} et u_{HM}, on obtient les courbes suivantes :



Partie 1 Partie 2 Partie 3

Figure 1

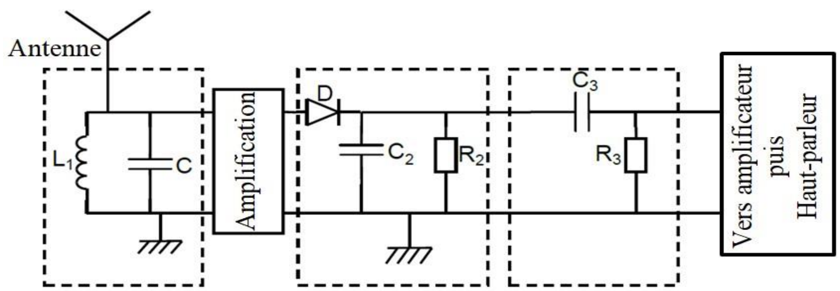


(a) (b) (c)

Associer chacune des courbes (a), (b) et (c), à la tension correspondante. Justifier.

EXERCICE 4

On réalise le circuit simple de réception d’une onde AM, représenté sur la figure suivante, et qui est constitué de trois parties principales. La première partie est constituée d’une association parallèle d’une bobine d’inductance L_1 = 1,1 mH et de résistance négligeable, et du condensateur de capacité C = 1nF.



Partie 1 **Partie 2** **Partie 3**

1- Quel est le rôle de la partie 3 dans la démodulation ?

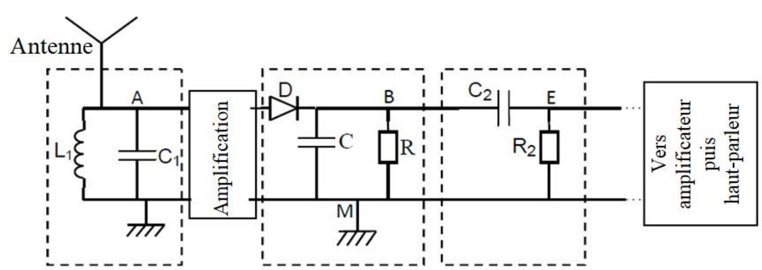
2- Quelle est la fréquence f_0 de l’onde hertzienne que captera ce dispositif simple ?

3- On obtient une bonne détection de crêtes en utilisant un condensateur de capacité C_2 = 4,7 nF et un conducteur ohmique de résistance R_2. Parmi les résistors de résistances suivantes : 0,1 kΩ, 1 kΩ, et 150 kΩ, déterminer la valeur de R_2 convenable, sachant que la fréquence de l’onde sonore modulante est : f_S = 1 kHz.

EXERCICE 5

La figure a cote représente le dispositif simple utilisé par les élèves pour recevoir une onde radio AM.
L’expression, dans le système international d’unités (SI), de la tension à la sortie du circuit de sélection, s’écrit:

$u(t) = 0,1.[0,5.\cos(10^3.\pi.t) + 0,7].\cos(2.10^4.\pi.t)$



1- Déterminer la fréquence F_P de la tension porteuse et f_S du signal modulant.

2- Calculer la valeur du taux de modulation m. Que conclure ?

3- Le circuit de détection des crêtes du circuit réalisé, est constitué du condensateur et du résistor précédents : C = 1,2 μF et R = 1 kΩ. Les élèves ont-ils obtenu une bonne détection de crêtes ou non ? Justifier.

EXERCICE 6

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves applique à l'entrée E_1 du circuit multiplieur une tension sinusoïdale d'expression $u_1(t) = U_0 + U_{1m} \cos(2\pi.f.t)$, et à l'entrée E_2 du circuit multiplieur une tension sinusoïdale d'expression $u_2(t) = U_{2m} \cos(2\pi.F.t)$ correspondante a une onde porteuse. (Figure 1)

(U_0 est la composante continue de tension)

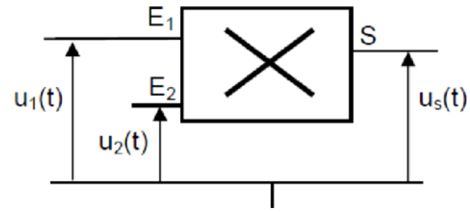
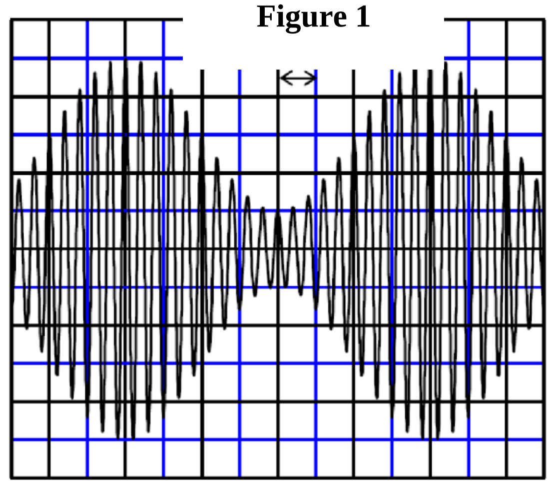


Figure 1



1- L'expression de la tension $u_S(t)$ à la sortie du circuit multiplieur est: $u_S(t) = k.u_1(t).u_2(t)$, avec k une constante caractérisant le circuit multiplieur. Montrer que l'amplitude de la tension $u_S(t)$ s'écrit sous la forme : $U_S = A[1 + m \cos(2\pi.f.t)]$ en précisant les expressions de A et m.

2- Après réglage des sensibilités de l'oscilloscope sur : 1V/div et 0,5 ms/div, les élèves ont visualisé la tension de sortie $u_S(t)$ obtenue. La figure 5 représente les variations de cette tension.

Déterminer la fréquence f du signal modulant, et la fréquence F de l'onde porteuse.

3- Montrer, en calculant la valeur du taux de modulation m, que la modulation est bonne.

EXERCICE 7

Pour recevoir une onde radio, modulée en amplitude de fréquence f_0 =594kHz, on utilise le dispositif simplifié représenté par le schéma de la figure 3.

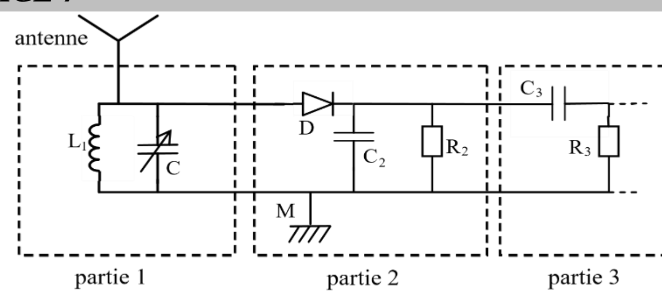


Figure 3

Parmi les réponses proposées préciser, sans aucune justification, la réponse juste :

1. La partie 1 du dispositif comporte une antenne et une bobine d'inductance L_1 =1,44mH et de résistance négligeable qui est montée en parallèle avec un condensateur de capacité C variable.

1.1. La partie 1 sert à :

■ recevoir et sélectionner l'onde ■ éliminer la composante continue
■ Éliminer la porteuse ■ moduler l'onde

1.2. Pour capter l'onde radio de la fréquence f_0, la capacité C doit être fixée sur la valeur :

■ 499pF ■ 49,9pF
■ 4,99pF ■ 0,499pF

2. La partie 2 joue le rôle du détecteur d'enveloppe. La capacité du condensateur utilisé dans cette partie est C_2=50nF.

2.1. La dimension du produit R_2C_2 est :

■ $[L]$ ■ $[T]$
■ $[T^{-1}]$ ■ $[I]$

2.2. La moyenne des fréquences des ondes sonores est 1 kHz. La valeur de la résistance R_2 qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est :

■ 20kΩ ■ 5kΩ
■ 35Ω ■ 10Ω

EXERCICE 8

Pour étudier la modulation d'amplitude et vérifier la qualité de la modulation, au cours d'une séance de TP, le professeur a utilisé avec ses élèves, un circuit intégré multiplieur (X) en appliquant une tension sinusoïdale $u_1(t) = P_m.\cos(2\pi.Fp.t)$ à son entrée E_1 et une tension $u_2(t) = U_0 + s(t)$ à son entrée E_2, avec U_0 la E composante continue de la tension et $s(t)=S_m.\cos(2\pi.f_s.t)$ la tension modulante (figure 3).

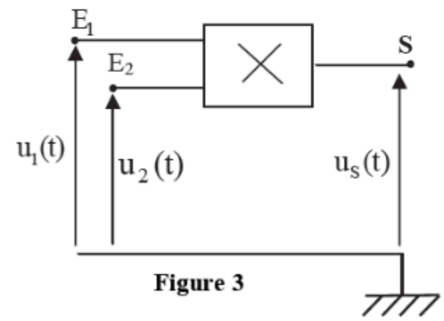


Figure 3

La courbe de la figure 4 représente la tension de sortie $u_s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$, visualisée par les élèves sur l'écran d'un oscilloscope. k est une constante positive caractérisant le multiplieur X.

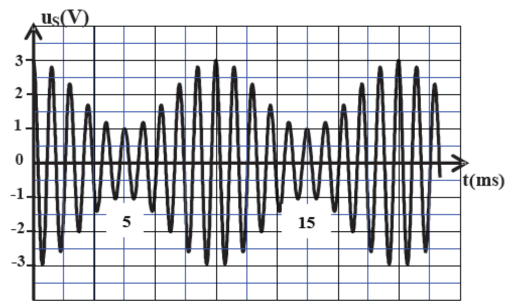


Figure 4

1- Montrer, en précisant les expressions de A us **(V)** et de m, que la tension $u_s(t)$ s'écrit sous la forme : $us(t) = A[1+ m.\cos(2\pi fst)].\cos(2\pi F_p t)$.

2- En exploitant la courbe de la figure 4 :

2.1- Trouver les fréquences F_p de la porteuse et f_s de la tension modulante.

2.2- Déterminer le taux de modulation et en déduire la qualité de modulation.

EXERCICE 9

Partie 2 - modulation d'amplitude

Pour obtenir un signal sinusoïdal modulé en amplitude, on réalise le montage schématisé sur la figure 5, où X représente un circuit intégré multiplieur, ayant deux entrées E_1 et E_2 et une sortie S. On applique :

- à l'entrée E_1 la tension $u_1(t)$ d'expression $u_1(t)=U_0+U_1\cos(2\pi f_1.t)$ avec U_0 la composante continue de la tension.
- à l'entrée E_2 la tension $u_2(t)$ d'expression $u_2(t)=U_2\cos(2\pi f_2.t)$.

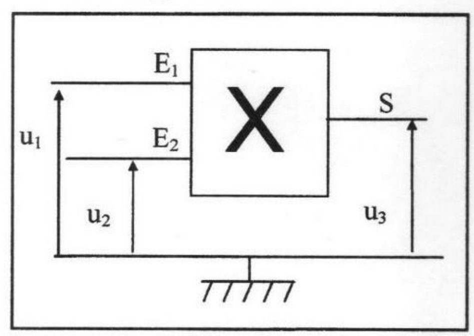


Figure 5

La tension, modulée en amplitude, obtenue à la sortie S du multiplieur est $u_3(t)$. Son expression est : $u_3(t)=0,1\left[0,6\cos(2\pi 10^4.t)+0,8\right]\cos(6\pi 10^5.t)$

1. Déterminer la fréquence F_p de l'onde porteuse et la fréquence f_m de l'onde modulante.

2. Calculer le taux de modulation m.

3. La modulation est-elle bonne? Justifier votre réponse.

EXERCICE 10

On utilise un résistor (D) de résistance R= 100Ω et un condensateur (c) de capacité C = 10µF, dans le détecteur de crêtes correspondant à l'un des étages du circuit représenté par la figure 3,

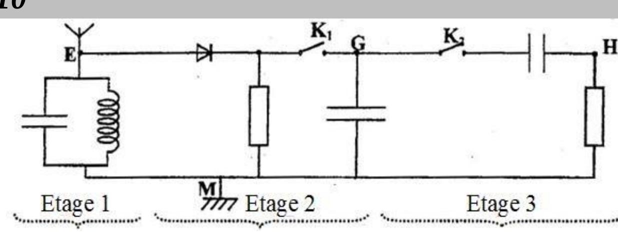


Figure 3

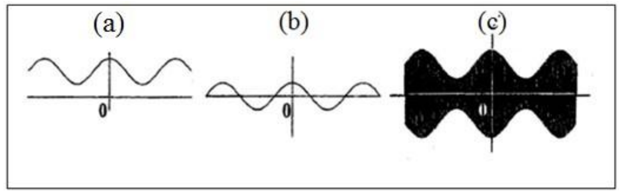
Pour détecter les crêtes de la tension modulée en amplitude d'expression :

$u(t) = k]0,5.\cos(10^3\pi\ t) + 0,7[.\cos(10^4\pi\ t)$

1- Indiquer, à l'aide de la figure3, l'étage correspondant au détecteur de crêtes.

2- Montrer que le dipôle RC permet une bonne détection de crêtes.

3- Les deux interrupteurs K_1 et K_2 sont fermés, les courbes obtenus successivement sur l'écran d'un oscilloscope



Représentent les variations des tensions u_{EM}, u_{GM} et u_{HM} (Figure 4). Indiquer en justifiant, la courbe

EXERCICE 11

Partie II- Réception d'une onde modulée en amplitude

le schéma de la figure 3 représente un dispositif simplifié (radio AM) qui permet de recevoir une onde radio modulée en amplitude.

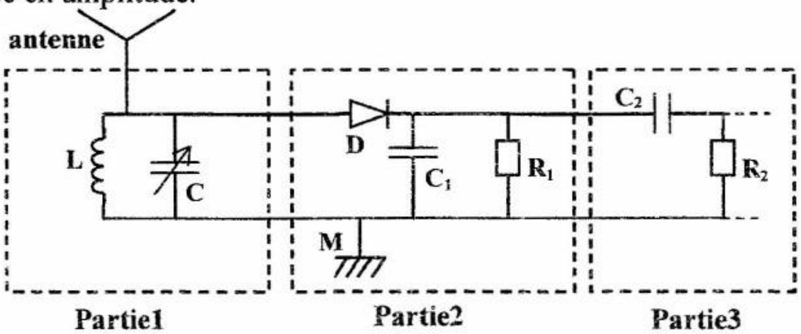


Figure 3

Recopier le numéro de la question et la lettre correspondante à la réponse juste

1. Le circuit bouchon (partie 1 du dispositif) comporte une antenne et une bobine d'inductance $L = 10\,mH$ et de résistance négligeable qui est montée en parallèle avec un condensateur de capacité C variable.

Pour sélectionner une onde radio AM de fréquence $f_0 = 530\,kHz$, la capacité C doit être fixée sur la valeur:

A	$9\,\mu F$	**B**	$9\,nF$	**C**	$9\,pF$	**D**	$9\,mF$

2. Sachant que la moyenne des fréquences des ondes sonores est 1 kHz et que la valeur de la résistance R_1 qui permet d'avoir une bonne démodulation de l'onde radio étudiée est $R_1 = 35\ \Omega$,

la valeur de la capacité du condensateur C_1 utilisé dans la partie 2 doit être :

A	$50\,\mu F$	**B**	$20\,\mu F$	**C**	$50\,mF$	**D**	$20\,nF$

3. La partie 3 du dispositif sert à :

A	Moduler l'amplitude.	**B**	Sélectionner la fréquence de l'onde.	**C**	Eliminer la composante continue.	**D**	Détecter l'enveloppe.

EXERCICE 12

Lors d'une communication, la voix est convertie en signal électrique par un microphone, grâce à un système de conversion numérique et d'amplification. Le signal électrique est porté par une onde porteuse qui après amplification est émise vers l'antenne la plus proche. L'antenne transmet le signal à une station base qui l'envoie alors à une centrale, par ligne téléphonique conventionnelle ou par les ondes électromagnétiques.

De là sont acheminées les conversations vers le téléphone du destinataire.

1- Émission d'une onde électromagnétique par un portable

Les ondes électromagnétiques sont utilisées par la télévision, La radio et les radars. Si bien que la gamme de fréquence restant pour les portables sont de plus en plus restreints : l'une d'entre elles s'étend de 900 à 1800 MHz.

Données : La célérité des ondes électromagnétiques dans le vide et dans l'air : $c = 3{,}00.10^{8}$ $m.s^{-1}$; 1MHz = 10^{6}Hz .

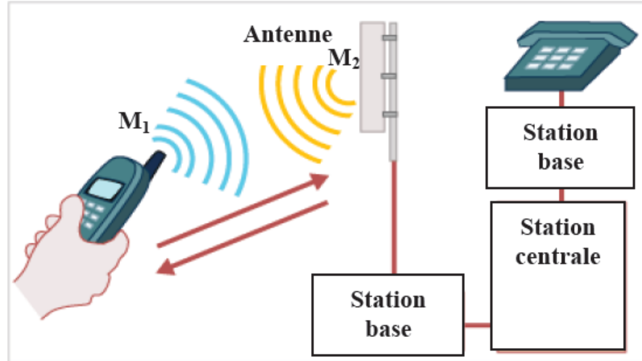


Figure 2

1.1- Calculer la durée que met une onde électromagnétique de fréquence f=900MHz pour parcourir la distance M_1M_2=1km séparant le téléphone et l'antenne, figure (2).

1.2- Que signifie l'expression « l'air est un milieu dispersif pour les ondes électromagnétiques » ?

1.3- On peut représenter la chaine d'émission par le schéma de la figure (3).

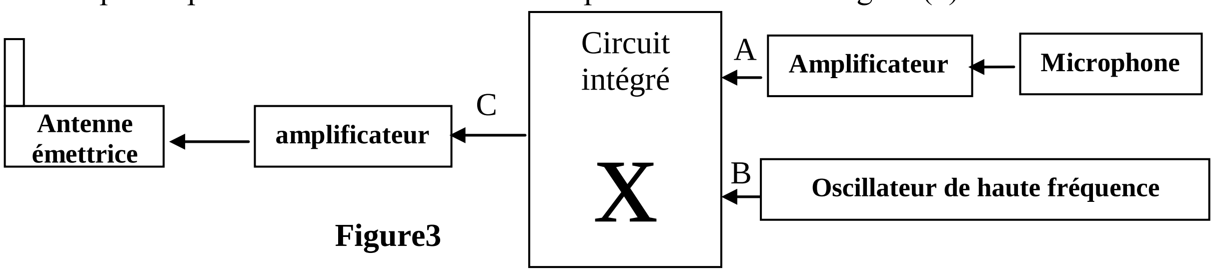


Figure3

a- En quel point A ou B ou C de la figure (3) trouve-t-on :

b- L'onde porteuse ? **b-** Le signal modulant ?

2- Modulation d'amplitude

Le circuit de modulation est constitué d'un composant nommé multiplieur qui possède deux entrées E_1 et E_2 et une sortie S, figure (4).

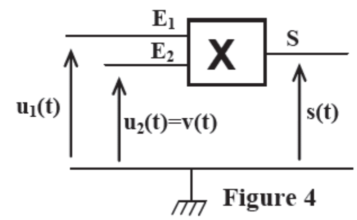
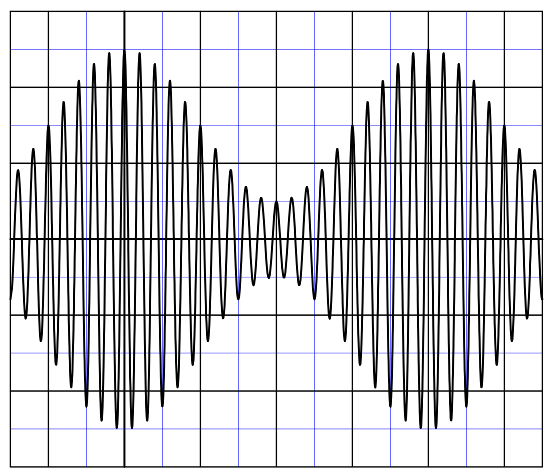


Figure 4

Pour simuler la modulation d'amplitude, on applique :

- À l'entrée E_1 le signal $u_1(t)=u(t)+U_0$ dont $u(t)=U_m\cos(2\pi.f.t)$ est le signal modulant et U_0 tension continue de décalage .
- À l'entrée E_2 le signal porteur $u_2(t)=v(t)=V_m\cos(2\pi F.t)$.

Le circuit intégré X donne une tension modulée proportionnelle au produit des deux tensions, $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ où k est une constante dépendant uniquement du circuit intégré . s(t) s'écrit sous la forme : $s(t) = S_m\cos(2\pi Ft)$.



Sensibilité verticale : 1V/div
Sensibilité horizontale : 0,25 ms/div

2.1- Montrer que S_m , ,amplitude du signal modulé , peut se mettre sous la forme $S_m = A[m.\cos(2\pi.f.t)+1]$ en précisant l'expression du taux de modulation m et celle de la constante A .

2.2- Le graphe représenté sur la figure (5) donne l'allure de la tension modulée en fonction du temps. Déterminer à partir de ce graphe :

a- la fréquence F de l'onde porteuse . **b-** La fréquence f du signal modulant .

c- L'amplitude minimale $S_{m(min)}$ et l'amplitude maximale $S_{m(max)}$ du signal modulé.

2.3- Donner l'expression du taux de modulation en fonction de $S_{m(min)}$ et $S_{m(max)}$. Calculer la valeur de m .

2.4-La modulation effectuée est – elle de bonne qualité ? Justifier.

EXERCICE 13

Pour transmettre un signal sinusoïdal s(t) on utilise un multiplieur.

On applique à l'entré E_1 du multiplieur un signal de tension $u(t)=s(t)+V_0$ avec V_0 la tension continue de décalage, et on applique à l'entrée E_2 **p(t)** une tension p(t) d'une onde porteuse (figure 5). On obtient à la sortie S du multiplieur la tension modulée en amplitude $u_S(t)$ telle que : $u_S(t) = A[1+0{,}6\cos(10^4\pi.t)].\cos(2.10^5\pi.t)$.

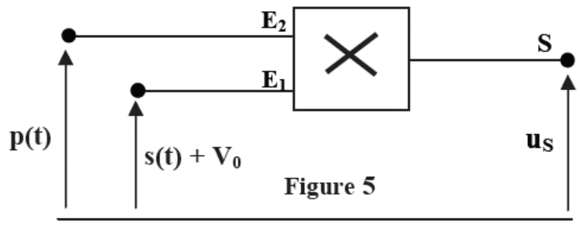


Figure 5

1- Montrer que la modulation d'amplitude obtenue est bonne.

2- La démodulation d'amplitude est réalisée à l'aide du montage de la figure 6.

La partie 1 du montage comprend la bobine (b') et un condensateur de capacité C_0 réglable entre les deux valeurs 6.10^{-12} F et 12.10^{-12} F. Le conducteur ohmique utilisé dans la partie 2 du montage a une résistance $R_1=30k\Omega$.

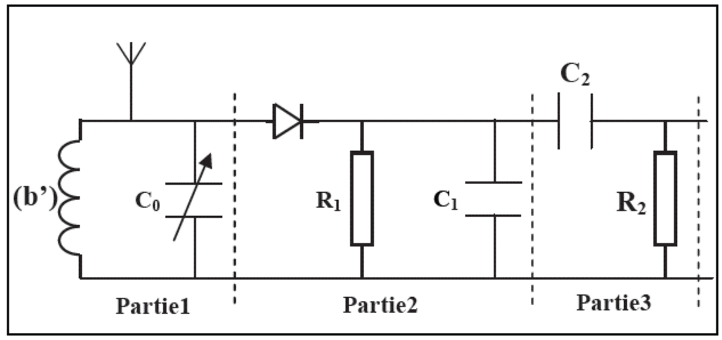


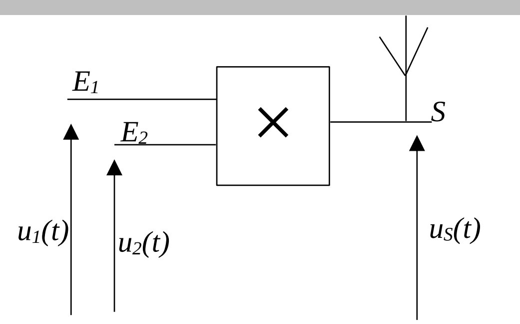
Figure 6

2.1- Montrer que l'utilisation de la bobine (b') dans le montage permet à la partie1 du montage de sélectionner le signal $u_S(t)$.

2.2- On veut obtenir une bonne détection d'enveloppe en utilisant l'un des condensateurs de capacités : 10 nF ; 5 nF ; 0,5 nF ; 0,1 nF . Déterminer la capacité du condensateur qui convient.

EXERCICE 14

Les ondes sonores audibles ont une faible fréquence , leur transmission à des longues distances nécessite qu'elles soient modulante à une onde électromagnétique de haute fréquence.
Cet exercice vise à étudier la modulation et de la démodulation.



1- Modulation

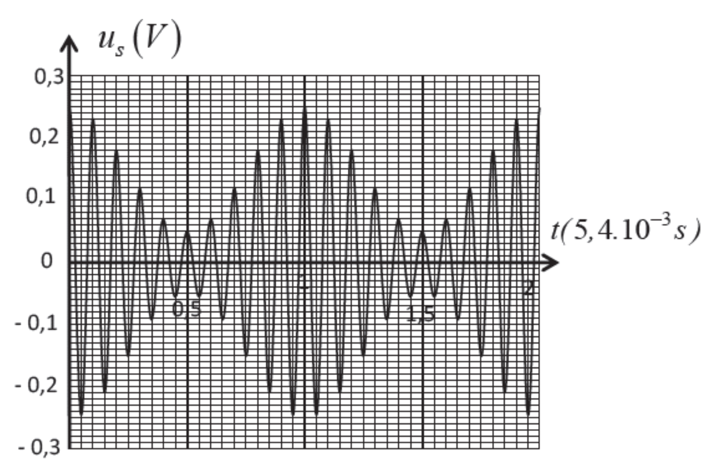
On considère le montage représenté dans la figure 4 ;

- Le générateur $(GBF)_1$ applique à l'entrée E_1 de la composante électronique X une tension sinusoïdale

$$u_1(t) = P_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{T_p}\right)$$

- Le générateur $(GBF)_2$ applique à l'entrée E_2 de la composante électronique X une tension sinusoïdale $u_2(t) = U_0 + S(t)$ avec U_0 la composante continue de la tension et $S(t) = S_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{T_s}\right)$ la tension correspondante à l'onde qu'on désire transmettre.

  On visualise sur l'écran d'un oscilloscope la tension de sortie $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$ avec k constante positive caractérisant la composante X, fig 5



1.1- Montrer que l'express S'écrit sous la forme : et préciser l'expression de A et celle de m.

$$u_s(t) = A\left[1 + m\cos\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)\right]\cos\left(\frac{2\pi t}{T_p}\right)$$

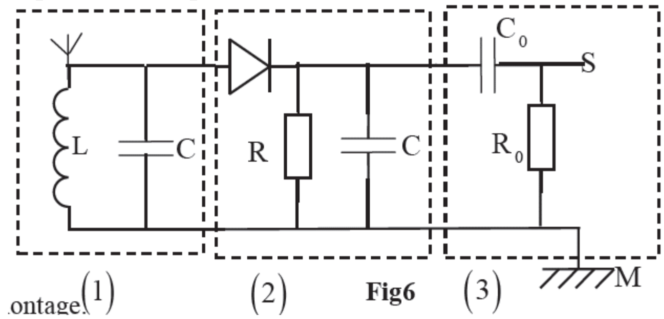


Fig6

1.2- Calculer la valeur de m et déduire la qualité de la modulation.

2- Démodulation

La figure 6 représente le montage utilisé dans un dispositif de réception constitué de trois parties.

2.1- Préciser le rôle de la partie 3 dans ce montage (1) (2) Fig6

2.2- Déterminer la valeur du produit $L.C$ pour que la sélection de l'onde soit bonne.

2.3- Montrer que l'intervalle auquel doit appartenir la valeur de la résistance R pour une bonne Détection de l'enveloppe de la tension modulante dans ce montage est :

$$\frac{4\pi^2 L}{T_p} \ll \mathrm{R} < \frac{4\pi^2 L \cdot T_s}{T_p^2}$$

Calculer les bornes de cet intervalle sachant que $L = 1{,}5\mathrm{mH}$.

EXERCICE 15

Modulation d'amplitude d'un signal sinusoïdal

Afin d'obtenir un signal modulé en amplitude, on utilise un circuit intégré multiplieur X (fig.1). On applique à l'entrée :

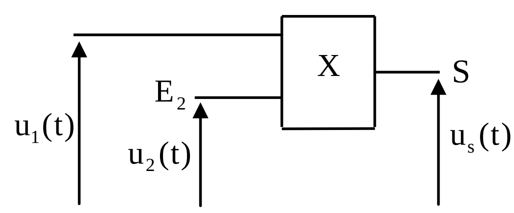


Figure 1

- E_1 : la tension $u_1(t) = s(t) + U_0$ avec $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ représentant le signal informatif et U_0 une composante continue de la tension.
- E_2 : une tension sinusoïdale représentant la porteuse $\mathrm{u}_2(\mathrm{t}) = \mathrm{U_m} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \mathrm{F_p} \cdot \mathrm{t}\right)$. La tension de sortie $u_s(t)$ obtenue est $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$;
  k est une constante qui dépend du circuit intégré X.
  Rappel: $\cos(a) \cdot \cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$

1- Montrer que $u_s(t)$ s'écrit sous la forme :

$$\mathrm{u_s(t)} = \frac{\mathrm{A \cdot m}}{2} \cdot \cos(2\pi \cdot \mathrm{f_1} \cdot \mathrm{t}) + \mathrm{A} \cdot \cos(2\pi \cdot \mathrm{f_2} \cdot \mathrm{t}) + \frac{\mathrm{A \cdot m}}{2} \cdot \cos(2\pi \cdot \mathrm{f_3} \cdot \mathrm{t})$$

où m est le taux de modulation et A une constante.

2- La figure 7 représente le spectre de fréquences formé de trois raies de la tension modulée $\mathrm{u_s(t)}$. Déterminer m et la fréquence $\mathrm{f_s}$.La modulation est-elle bonne ?

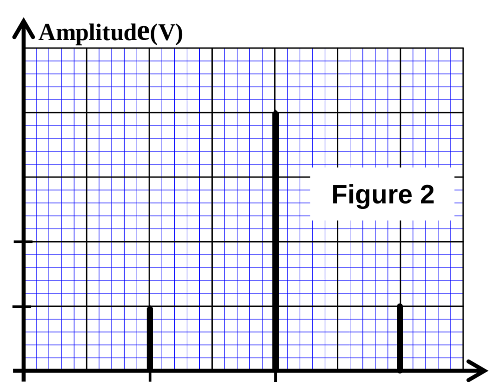


Figure 2

3- Pour une bonne réception du signal modulée, on utilise un circuit bouchon(circuit d'accord) formé d'une bobine d'inductance $\mathrm{L_0} = 60\mathrm{mH}$ et de résistance négligeable et deux condensateurs , montés en série, de capacité C =10µF et C_0 .Déterminer la valeur de C_0.

Etude de la qualité d'une modulation d'amplitude

La modulation d'amplitude est obtenue en utilisant un circuit intégré multiplieur .

On applique à l'entrée E_1 du circuit intégré multiplieur une tension p(t) qui correspond au signal porteur, et à l'entrée E_2 la tension s(t)+U_0 avec s(t) la tension correspondant au signal modulant à transmettre et U_0 la composante continue (figure 1).

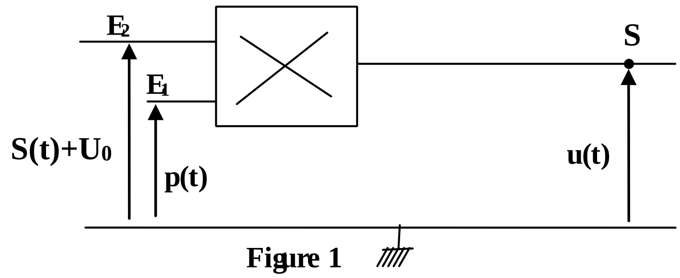


Figure 1

On obtient à la sortie S du circuit la tension u(t) correspondant au signal modulé en amplitude .L'expression de cette tension est : $u(t) = k \cdot p(t) \cdot (s(t) + U_0)$ où $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi f_s t)$ et $p(t) = P_m \cdot \cos(2\pi f_p t)$ et k une constante qui caractérise le circuit intégré multiplieur .

1- La tension modulée en amplitude peut s'écrire sous la forme : $u(t) = A\left[\frac{\mathrm{m}}{S_m} s(t) + 1\right] \cdot \cos(2\pi f_p t)$ avec $A = k \cdot P_m \cdot U_0$ et $m = \frac{S_m}{U_0}$ le taux de modulation.

Trouver l'expression du taux de modulation m en fonction de $U_{\max}$ et $U_{\min}$ avec $U_{\max}$ la valeur maximale de l'amplitude de $u(t)$ et $U_{\min}$ la valeur minimale de son amplitude.

2- Quand aucune tension n'est appliquée sur l'oscilloscope, les traces du spot sont confondues avec l'axe médian horizontal de l'écran. On visualise la tension $u(t)$ et on obtient l'oscillogramme de la figure 2 .

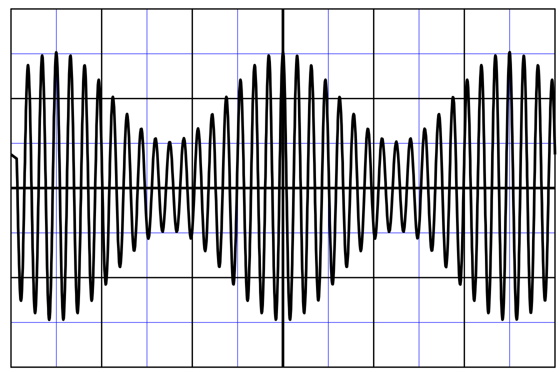


Figure 2

- Sensibilité horizontale $20\mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$;
- Sensibilité verticale : $1\ \text{V} \cdot \text{div}^{-1}$.

Déterminer f_p, f_s et m. Que peut-on en déduire à propos de la qualité de la modulation?

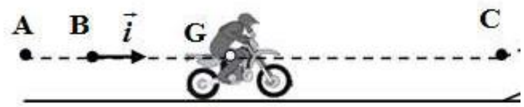
Lois de newton

EXERCICE 1

La piste de course est constituée d'une partie rectiligne horizontale (fig1).

Tous les frottements sont négligeables ; $m=190\ kg$

Figure 1

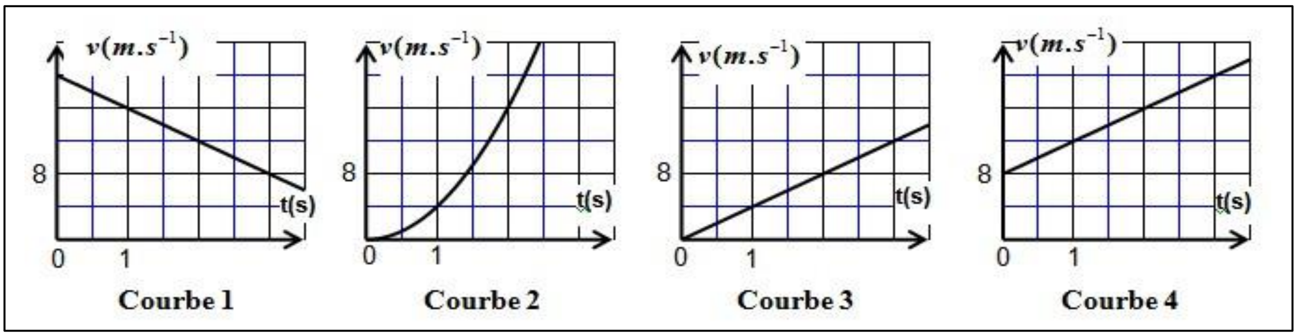


1. Mouvement du système (S) sur la partie horizontale

Le système (S) démarre d'une position ou son centre d'inertie G coïncide avec le point A. G passe par le point B avec la vitesse $\vec{v}_0$ à l'instant $t_0=0$. Au cours de son mouvement, le système (S) est soumis à une force motrice horizontale constante $\vec{F}$ ayant le même sens du mouvement. La trajectoire de G est rectiligne.

Pour étudier le mouvement de G entre B et C on choisit le repère $(B,\vec{i})$ lié à la terre considérée comme galiléen. A $t0=0$, on a : $x_G = x_B = 0$.

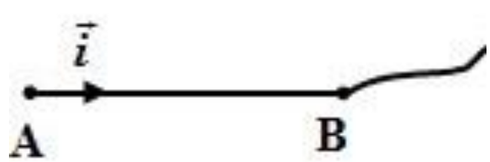
1. En appliquant la deuxième loi de newton, montrer que l'expression de l'accélération de G s'écrit $a_G = \frac{F}{m}$. En déduire la nature du mouvement de G



2. L'expression de la vitesse instantanée de G s'écrit $v_G\ (t)=a_G\ .t+v_0$.
   - **a.** Choisir, en justifiant votre réponse, la courbe qui représente la vitesse instantanée $v_G\,(t)$ parmi les quatre courbes représentées sur la figure (2).
   - **b.** En déduire les valeurs de la vitesse initiale v_0, et de l'accélération a_G de G.
3. Calculer l'intensité de la force motrice $\vec{F}$

EXERCICE 2

Au cours de sa participation à une course dont le circuit est représenté sur la figure (1), un cycliste parcourt une partie de ce circuit constituée d'un tronçon AB rectiligne horizontal, (figure).



Le mouvement sur le tronçon AB se fait avec des frottements modélisés par une force $\vec{f}$ constante de sens opposé au sens du vecteur vitesse. L'ensemble {Cycliste – Bicyclette} constitue un système de masse m et de centre d'inertie G.

<u>Mouvement du cycliste sur le tronçon AB</u>

Le cycliste exerce entre A et B un effort modélisé par une force $\vec{F}$ horizontale supposée constante de même sens que le mouvement de G.

Le cycliste démarre sans vitesse initiale de la position A. Pour étudier le mouvement de G, on choisit le repère $(A,\vec{i})$ lié à la Terre supposé Galiléen. À l'instant t_0, $x_G = x_A = 0$.

Données :nm = 70 kg ; $g = 10\ m.s^{-2}$; $F = 180N$; $f = 80N$; $AB = 60m$

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de l'accélération du mouvement de G s'écrit : $a_G = \frac{F-f}{m}$.
2. Déterminer, en justifiant la réponse, la nature du mouvement de G.
3. Calculer la valeur de t_B, instant de passage de G par B.
4. Déterminer la valeur de la vitesse v_B de G lors de son passage par B.
5. Déterminer l'intensité de la force $\vec{R}$ exercée par le plan sur le système au cours de son mouvement sur le tronçon AB .

EXERCICE 3

Un circuit de course est constitué d'une partie rectiligne AB, d'une partie BO incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal AC (Figure 1)

On modélise le {Conducteur + Voiture} par un système (S) non déformable de masse m et de centre d'inertie G.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère terrestre supposé galiléen, et on néglige l'action de l'air sur le système (S) ainsi que ses dimensions par rapport aux distances parcourues.

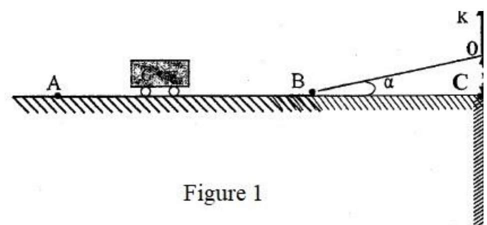


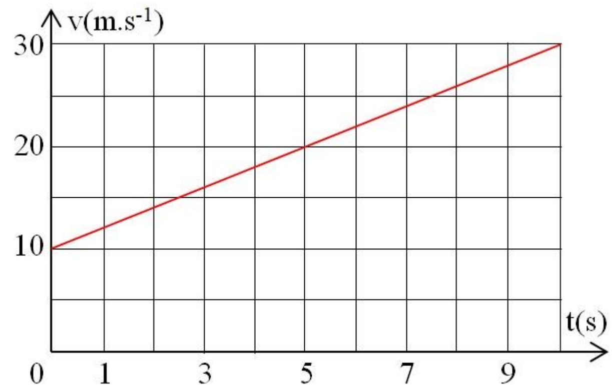
Figure 1

Données : Masse du système (S) : m = 1200 Kg

L'angle α = 10° ; L'intensité de pesanteur : g = 9,80m.s^{-2}

Etude du mouvement rectiligne du système (S) :

Le système (S) passe à l'instant $t_0 = 0$ au point A et à l'instant $t_1 = 9{,}45$ s au point B. La figure (2) représente les variations de la vitesse v du mouvement de G sur la partie AB en fonction du temps.

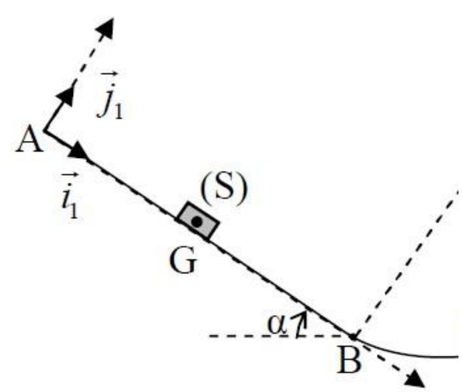


1- Quelle est la nature du mouvement de G sur la partie AB ? Justifier.
2- Déterminer graphiquement la valeur de l'accélération a du mouvement de G.
3- Calculer la distance AB.
4- Sur la partie BO le système (S) subit l'action d'une force F du moteur et d'une force de frottement f d'intensité f = 500N. On considère que les deux forces sont constantes et parallèles à la partie BO. Déterminer, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'intensité F de la force motrice pour que le système conserve la même accélération a de son mouvement sur la partie AB.

EXERCICE 4

Les toboggans dans les piscines permettent aux nageurs de glisser et de plonger dans l'eau.

On modélise un toboggan par une piste ABC constituée d'une partie AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal et d'une partie circulaire BC, et on modélise le nageur par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m (Figure1).



Données :

AB = 2,4 m, α = 20° , g = 9,8 m.s^{-2} , m = 70 Kg.

Etude du mouvement sur la partie AB :

Le solide (S) part de la position A supposée confondue avec G, à l'instant $t = 0$, sans vitesse initiale, et glisse sans frottement sur la piste AB (Figure 1). On étudie le mouvement de G dans le repère terrestre $R_1(A, \vec{i_1}, \vec{j_1})$ supposé galiléen.

Par application de la deuxième loi de Newton déterminer :

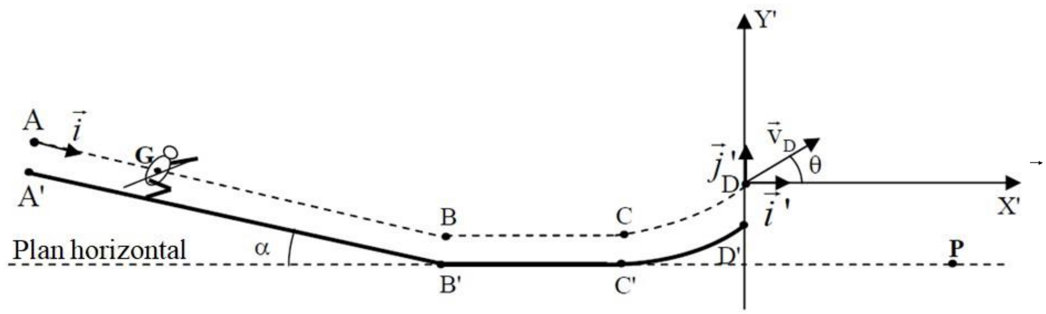
1- Les composantes du vecteur accélération $\vec{a}_G$ dans le repère $R_1(A, \vec{i}_1, \vec{j_1})$.
2- V_B la vitesse de G au point B.

3- L'intensité R de la force associée à l'action du plan AB sur le solide (S).
Dans la suite de l'exercice, on étudiera le mouvement de G dans le repère terrestre $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j})$ supposé galiléen (Figure 1).

EXERCICE 5

Le ski sur la glace, est l'un des sports les plus répandus dans les régions montagnardes. Les pratiquants de ce sport visent à réaliser des résultats positifs et battre des records.
Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un sportif, pratiquant le ski sur des trajectoires de glace diverses.
Le circuit de ski représenté sur la figure ci-dessous, est constitué de trois parties :

- Une partie A'B' rectiligne de longueur A'B' = 82,7 m, inclinée d'un angle $\alpha = 14°$ par rapport au plan horizontal ;
- Une partie B'C' rectiligne horizontale, de longueur L = 100 m ;
- Une partie C'D' circulaire



On modélise le sportif et ses accessoires par un solide (S) de masse m = 65 Kg, et de centre d'inertie G. On prendra : $g = 10\ m.s^{-2}$.

G passe au cours de son mouvement par les positions A, B, C et D représentées sur la figure, tel que : A'B' = AB et B'C' = BC.

1- **<u>Etude du mouvement sur la partie A'B' :</u>**

A l'instant t = 0, G part de A sans vitesse initiale, le solide (S) glisse ainsi sans frottements sur la partie A'B'.

On repère la position de G, à un instant t, par l'abscisse x dans le repère $(A.\vec{i})$, et on considère que $x_G = 0$ à l'instant t = 0.

1.1- Par application de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de l'accélération a_G du mouvement de G en fonction de g et α.

1.2- Déterminer en justifiant votre réponse la nature du mouvement de G sur cette partie.

1.3- A l'aide des équations horaires du mouvement, trouver la valeur v_B de la vitesse de G lors du passage par la position B.

2- **<u>Etude du mouvement sur la partie B'C' :</u>**

Le solide (S) poursuit son mouvement sur la partie B'C', où il subit des frottements modélisés par une force f constante, tangente à la trajectoire et de sens inverse à celui du mouvement.
On considère que la valeur de la vitesse de G au point B ne varie pas lors du passage du solide (S) du plan incliné au plan horizontal.
Pour étudier le mouvement de G sur cette partie, on choisit, un repère horizontal d'origine confondue avec le point B, et l'instant du passage de G en ce point comme nouvelle origine des temps

2.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer la nature du mouvement de G sur le trajet BC.

2.2- Trouver l'expression de l'intensité f de la force de frottement en fonction de m, L, v_B et v_C vitesse de G au point C, puis calculer f.

On donne : $v_C = 12\ m.s^{-1}$.

EXERCICE 6

Etude du mouvement d'une charge

Les grues sont utilisées dans les chantiers de construction, pour lever les charges lourdes, à l'aide des câbles en acier liés à des dispositifs spéciaux.

Le but de cet exercice est l'étude du mouvement vertical d'une charge, puis l'étude de la chute verticale d'une partie de cette charge dans l'air.

On prendra $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.

Mouvement de levage de la charge :

Dans un chantier, on a filmé le mouvement d'une charge (C), de centre d'inertie G et de masse m = 400 kg lors de son levage.

Au cours de ce mouvement, le câble en acier exerce sur (C) une force constante de vecteur $\vec{T}$. On néglige tous les frottements.

On étudie le mouvement dans un repère $(O, \vec{k})$ lié à la terre et supposé galiléen.(Figure 1)

Après traitement de la vidéo du mouvement de (C) avec un logiciel convenable, on obtient la courbe de la figure 2, représentant la vitesse $v_G(t)$.

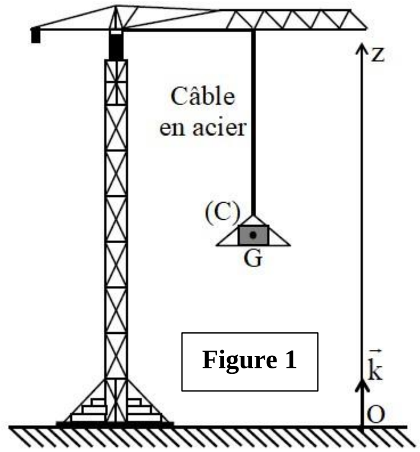


Figure 1

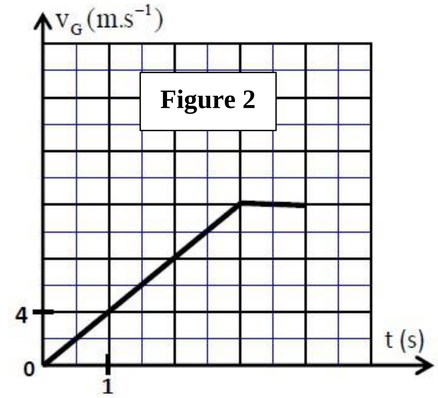


Figure 2

1- Déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie G dans chacun des intervalles de temps : [0 ;3s] et [3s ;4s].
2- Par application de la deuxième loi de , trouver l'intensité de la force T appliquée par le câble en acier dans chacun des intervalles de temps : [0 ;3s] et [3s ;4s].

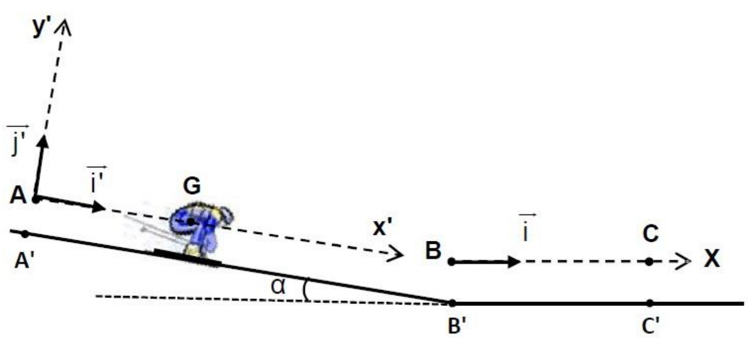
EXERCICE 7

La pratique du sport du ski, dans les stations des montagnes, attire de plus en plus l'intention des jeunes marocains, parce qu'elle intégré les qualités du plaisir et l'aventure.

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement du centre d'inertie d'un skieur et ses accessoires sur le circuit du ski.

La figure ci-dessous, représente un circuit de ski constitué de deux parties:

- Partie A'B' rectiligne et inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;
- Partie B'C' rectiligne et horizontale.



Données :

- $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$;
- Longueur de la partie A'B' : A'B' = 80 m ;
- Masse du skieur et ses accessoires : m = 60 kg ;
- L'angle d'inclinaison : α =18°.

Etude du mouvement du skieur et ses accessoires sur la partie inclinée sans frottements.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du système (S), formé du skieur et ses accessoires, dans le repère $(A, \vec{\imath}\,', \vec{\jmath}\,')$ lié à la terre et supposé galiléen.

A un instant t = 0, choisi comme origine des temps, le système (S) part sans vitesse initiale d'une position où G coïncide avec A.

Le mouvement de G se fait suivant la ligne de plus grande pente du plan incliné AB, tel que : AB = A'B'.

Par application de la deuxième loi de Newton, trouver :

1- La valeur de l'accélération a_G du mouvement du centre d'inertie G.

2- L'intensité R de la force modélisant l'action du plan incliné sur (S).
3- La valeur v_B de la vitesse de G au passage par la position B.

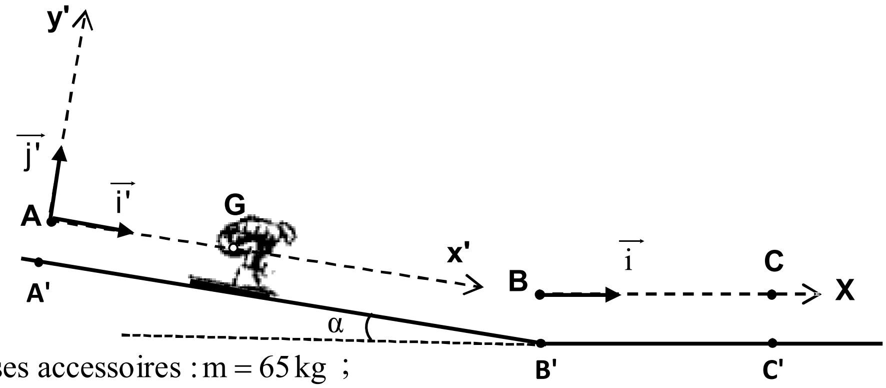
EXERCICE 8

Le ski, comme sport, est considéré parmi les meilleures activités de loisir pendant l'hiver; c'est un sport d'aventure, de consistance physique, et de souplesse.

On se propose d'étudier dans cette partie, le mouvement du centre d'inertie d'un skieur avec ses accessoires sur une piste de ski.

Un skieur glisse sur une piste de ski, constituée par deux parties:

- Une partie A'B' rectiligne et inclinée d'un angle par rapport à l'horizontale.
- Une partie B'C' rectiligne et horizontale (voir figure).



Données :

- $g = 9,8\,m.s^{-2}$;
- Masse totale du skieur et ses accessoires : $m = 65\,kg$;
- Angle d'inclinaison: $\alpha = 23°$;
- On néglige la résistance de l'air.

1- Etude du mouvement sur le plan incliné :

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du système (S), constitué par le skieur et ses accessoires, dans le repère $(A,\vec{i'},\vec{j'})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

Le système (S) se met en mouvement sans vitesse initiale depuis le point A , confondu avec G à l'instant t=0, origine des dates.

Le mouvement de G se fait suivant la ligne de plus grande pente du plan incliné AB. ($AB = A'B'$)

Le contact entre le plan incliné et le système (S) se fait avec frottements .La force de frottements est constante d'intensité $f = 15\,N$.

1.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v_G du mouvement de G s'écrit sous forme $\frac{dv_G}{dt} = g.\sin\alpha - \frac{f}{m}$.

1.2- La solution de cette équation différentielle est de la forme : $v_G(t) = \mathbf{b}.t + \mathbf{c}$. Déterminer les valeurs de **b** et de **c**.

1.3- Déduire la valeur de t_B , l'instant de passage du centre d'inertie G par la position B avec une vitesse égale à $90\,km.h^{-1}$.

1.4- Trouver l'intensité R de la force exercée par le plan incliné sur le système (S).

2- Etude du mouvement sur le plan horizontal :

Le système (S) continue son mouvement sur le plan horizontal $B'C'$ pour s'arrêter à la position C' . Le contact entre le plan horizontal et le système (S) se fait avec frottements . La force de frottements est constante d'intensité f'.

Le mouvement de G est étudié dans le repère horizontal $(B,\vec{i})$ lié à un référentiel terrestre considéré galiléen.

Le centre d'inertie G passe par le point B avec une vitesse de $90\,km.h^{-1}$ à un instant considéré comme nouvelle origine des dates.

2.1- En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver l'intensité f' sachant que la composante horizontale du vecteur accélération du mouvement de G est $a_x = -3\,m.s^{-2}$.

2.2- Déterminer t_c, l'instant d'arrêt du système.

2.3- Déduire la distance BC parcourue par G.

EXERCICE 9

Etude du mouvement du centre d'inertie d'un système mécanique

Le saut en longueur à moto est une épreuve sportive de performance où il y a un véritable défi de sauter le plus loin à partir d'un espace défini.

Cet exercice se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un système (S) formé d'un motard et d'une moto se déplaçant sur une piste de compétition.

Cette piste est formée :

- d'une partie rectiligne A'B' inclinée d'un angle β par rapport à l'horizontale ;
- d'un tremplin B'C' circulaire ;
- d'une zone d'atterrissage (π) plane et horizontale. (figure 1).

Dans tout l'exercice, les frottements sont négligés et l'étude du mouvement du centre d'inertie G est réalisée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Données :

- L'angle $\beta = 10°$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$;
- Masse du système (S) : m =190 kg.

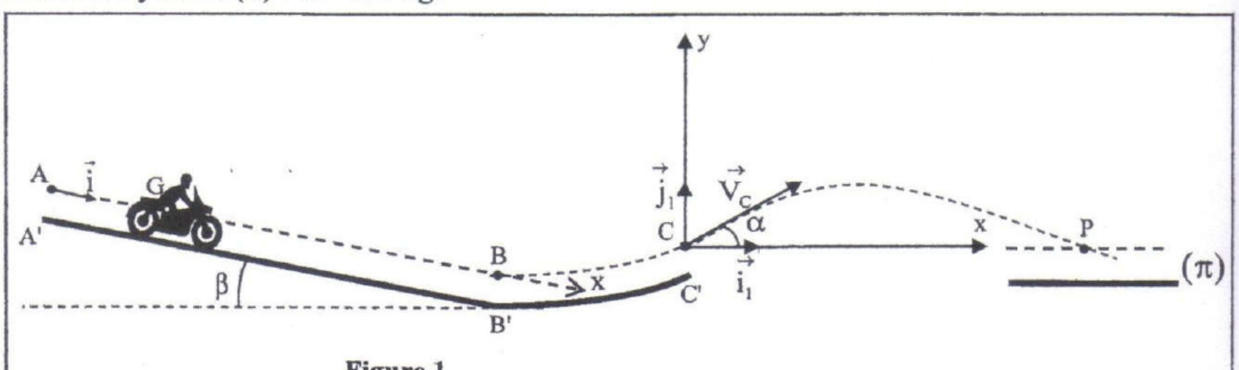


Figure 1

I- Etude du mouvement sur la partie A'B'

A un instant choisi comme origine des dates (t = 0), le système (S) s'élance sans vitesse initiale, d'une position où le centre d'inertie G est confondu avec le point A.

Le système est soumis, au cours de son mouvement sur la partie A'B', à la réaction du plan incliné, à son poids et à une force motrice $\vec{F}$ constante, dont la ligne d'action est parallèle à la trajectoire de G et le sens est celui du mouvement. Pour étudier le mouvement de G au cours de cette phase, on choisit un repère d'espace $(A, \vec{i})$ parallèle à A'B' (figure 1) et on repère la position de G par son abscisse x.

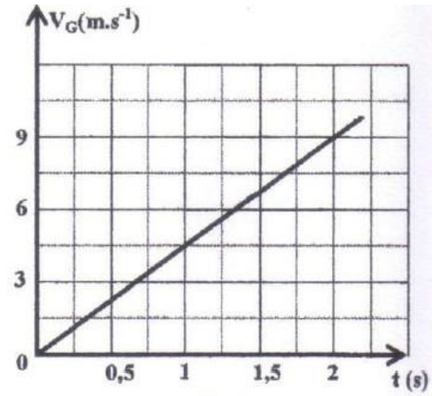


Figure 2

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de l'accélération a_G du mouvement de G est :

$$a_G = \frac{F}{m} + g.\sin\beta$$

2. La courbe de la figure 2 représente les variations de la vitesse instantanée V_G du centre d'inertie G en fonction du temps.

En exploitant cette courbe, trouver la valeur de l'accélération a_G .

3. Déduire l'intensité F de la force motrice.

4. Ecrire l'expression numérique de l'équation horaire x= f(t) du mouvement de G.

5. Sachant que AB = 36 m, déterminer l'instant t_B de passage de G par le point B.

6. Calculer la vitesse V_B de passage de G par le point B.

Chute verticale

EXERCICE 1

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 - Mouvement d'un solide dans le champ de pesanteur

L'étude des mouvements des solides dans le champ de pesanteur uniforme permet de déterminer les grandeurs caractéristiques de ces mouvements.

L'objectif de cette partie de l'exercice est d'étudier le mouvement d'une balle dans le champ de pesanteur uniforme.

On lance verticalement vers le haut avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$, à un instant choisi comme origine des dates (t=0) , une balle de masse m d'un point A situé à une hauteur h = 1,2 m du sol.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans un référentiel terrestre considéré galiléen. On repère la position de G, à un instant t, dans le repère $(O, \vec{k})$ par la cote z (Figure 1).

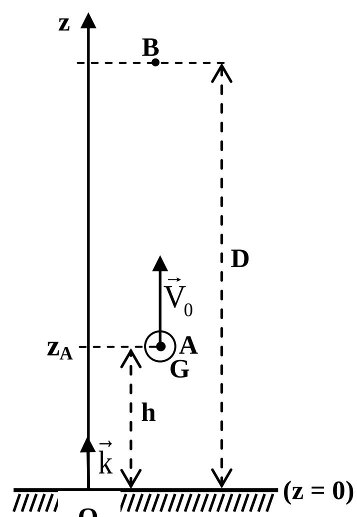


Figure 1

On considère que les forces de frottement et la poussée d'Archimède sont négligeables.

1. Définir la chute libre.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse V_z du centre d'inertie G.

3. Monter que l'équation horaire du mouvement de G s'écrit :

$$z = -\frac{1}{2} g t^2 + V_0 t + h$$

4. La courbe de la figure 2 représente les variations de la vitesse V_z en fonction du temps.
En exploitant le graphe de la figure 2, écrire l'expression numérique de la vitesse $v_z = f(t)$.

5. Le centre d'inertie G passe, au cours de la montée, par le point B situé à une hauteur D du sol, avec une vitesse $V_B = 3 m.s^{-1}$ (figure1). Montrer que $D = 5,75 m$.

6. On lance de nouveau, à un instant choisi comme nouvelle origine des dates (t=0) , verticalement vers le haut, la balle du même point A avec une vitesse initiale $V_0' = 8 m.s^{-1}$. Le centre d'inertie G de la balle atteint-il le point B? Justifier votre réponse.

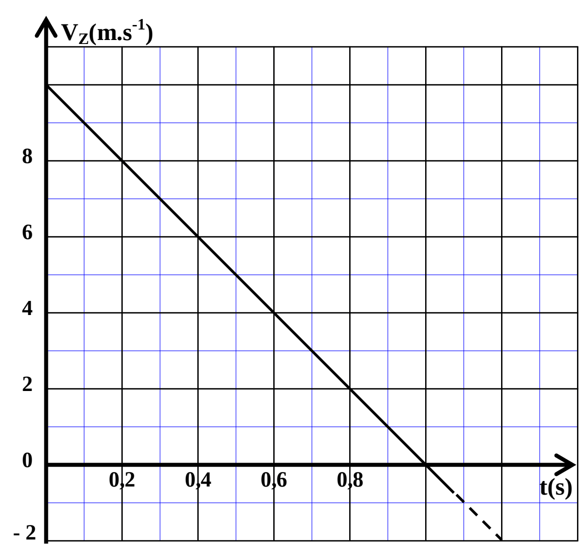


Figure 2

EXERCICE 2

Etude de la chute avec frottements

Pour ne pas se détériorer lors du choc avec le sol, un paquet d'aliments a été attachée à un parachute lui permettant une descente lente. L'hélicoptère reste immobile à une altitude H au-dessus du point O. Le paquet et son parachute tombent verticalement sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$.

L'air exerce des forces de frottements modélisées par la relation : $\vec{f} = -100.\vec{v}$, où $\vec{v}$ représente le vecteur vitesse du paquet à l'instant t.

On néglige la poussée d'Archimède pendant la chute.

On donne :

La masse du système {caisse + parachute} : m = 150 kg.

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse du centre d'inertie G_1 du système dans le repère $(R, O, \vec{i}, \vec{j})$.

2- La courbe de la figure 2, représente les variations de la vitesse du centre d'inertie G_1 du système en fonction du temps. Déterminer la valeur de la vitesse limite V_{lim} et celle du temps caractéristique τ de chute.

3- Estimer la durée du régime initial.

4- Par utilisation de la méthode d'Euler et le tableau suivant, déterminer les valeurs de la vitesse v_4 et de l'accélération a_4.

t_i (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
v_i (m.s^{-1})	0	1,00	1,93	2,80	v_4	4,37	5,08
a_i (m.s^{-2})	10,00	9,33	8,71	8,12	a_4	7,07	6,60

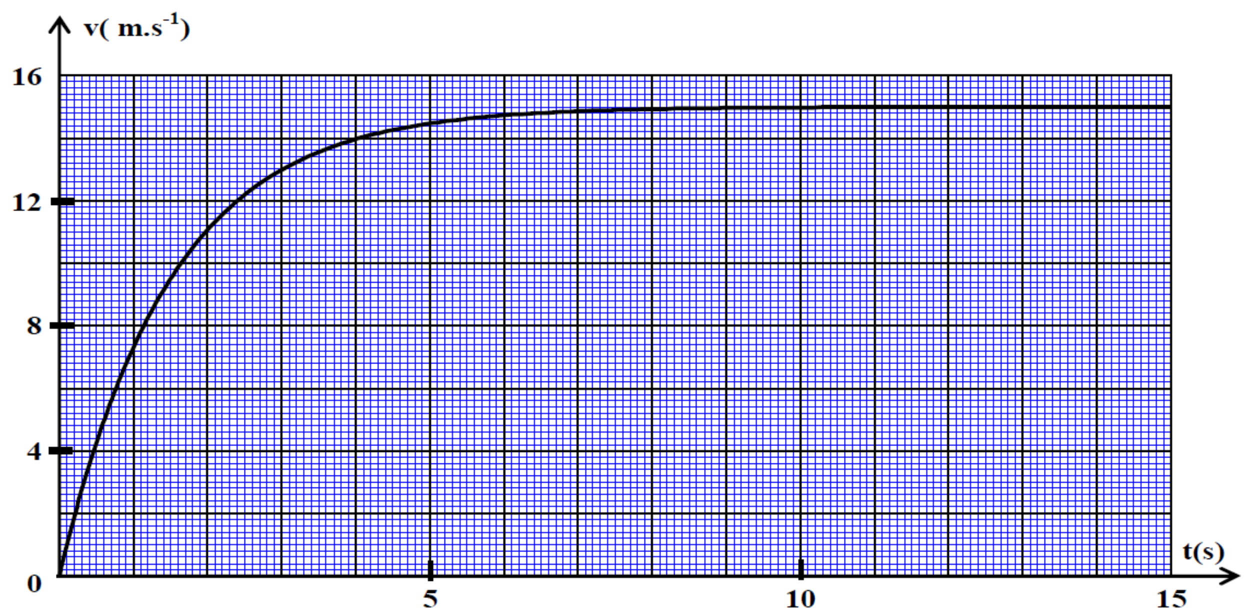
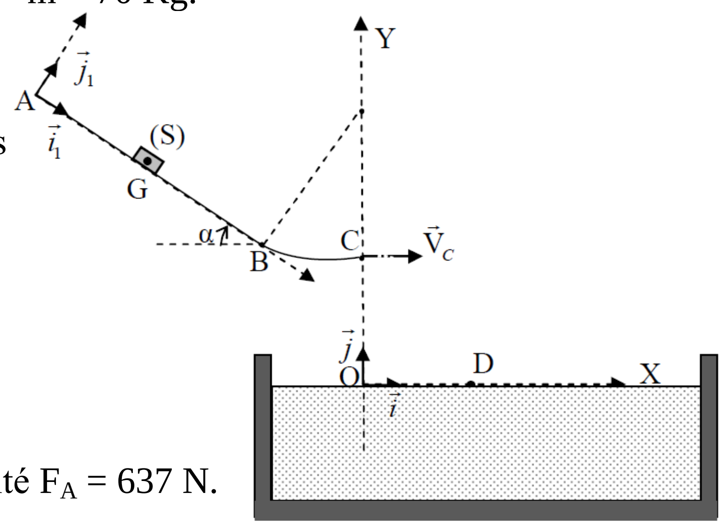


Figure 2

Les toboggans dans les piscines permettent aux nageurs de glisser et de plonger dans l'eau.
On modélise un toboggan par une piste ABC constituée d'une partie AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal et d'une partie circulaire BC, et on modélise le nageur par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m (Figure1).

<u>Données :</u>

AB = 2,4 m , $\alpha = 20°$, $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$, m = 70 Kg.



Etude du mouvement vertical de G dans l'eau :

Le solide (S) poursuit son mouvement dans l'eau, avec une vitesse verticale $\vec{V}$. Il subit en plus de son poids à :

- Une force de frottement fluide modélisée dans le système international d'unité par :
$$\vec{f} = 140.V^2.\vec{j}.$$
- La poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ d'intensité $F_A = 637$ N.

On considère l'instant d'entrée de (S) dans l'eau comme nouvelle origine des temps.

3-1- Montrer que la vitesse V(t) de G vérifie l'équation différentielle suivante :
$$\frac{dV(t)}{dt} - 2.V^2 + 0{,}7 = 0$$

3-2- Trouver la valeur de la vitesse limite V_ℓ.

3-3- Déterminer à l'aide du tableau suivant, et par utilisation de la méthode d'Euler, les valeurs : a_{i+1} et V_{i+2}.

t (s)	V ($m.s^{-1}$)	a ($m.s^{-2}$)
$t_i = 1{,}8.10^{-1}$	- 1,90	6,52
$t_{i+1} = 1{,}95.10^{-1}$	- 1,80	a_{i+1}
$t_{i+2} = 2{,}1.10^{-1}$	V_{i+2}	5,15

EXERCICE 4

L'étude de la chute d'un solide homogène dans un liquide visqueux permet de déterminer quelques caractéristiques cinétiques et la viscosité du liquide utilisé.

On remplit un tube gradué par un liquide visqueux, transparent et de masse volumique ρ, puis on y laisse tomber, sans vitesse initiale, à l'instant t = 0, une bille homogène de masse m, et de centre d'inertie G.

On étudie le mouvement de G par rapport à un repère terrestre supposé galiléen.

La position de G est repérée à un instant t, par l'ordonnée z, sur l'axe $(\overrightarrow{Oz})$ vertical descendant (Figure 1).

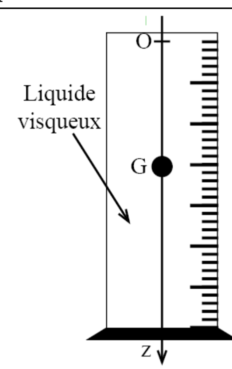


Figure 1

On considère que la position de G est confondue avec l'origine de l'axe $(\overrightarrow{Oz})$ à l'instant t = 0, et que la poussée d'Archimède $\vec{F}$ n'est pas négligeable par rapport aux autres forces appliquées sur la bille.

On modélise l'action du liquide sur la bille au cours du mouvement par une force de frottement : $\vec{f} = -k.\vec{v}_G$.

$\vec{v}_G$ est la vitesse de G à un instant t, et k un facteur constant et positif.

Données :
- Rayon de la bille : $r = 6{,}00.10^{-3}$ m
- Masse de la bille : $m = 4{,}10.10^{-3}$ kg

On rappelle que l'intensité de la poussée d'Archimède est égale au poids du liquide déplacé.

1- Par application de la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} + A.v_G = B$, en exprimant A en fonction de k et m, et B en fonction de g (intensité de pesanteur), m, ρ et V (volume de la bille).

2- Vérifier que l'expression $v_G(t) = \frac{B}{A}.\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ est solution de l'équation différentielle, où $\tau = \frac{1}{A}$ est le temps caractéristique du mouvement.

3- Ecrire l'expression de la vitesse limite $V_{\ell im}$ du centre d'inertie de la bille en fonction de A et B.

4- On obtient, à l'aide d'un matériel informatique convenable, la courbe de la figure 2, représentant les variations de la vitesse v_G en fonction du temps.
Déterminer graphiquement les valeurs de $V_{\ell im}$ et τ.

5- Déterminer la valeur du coefficient k.

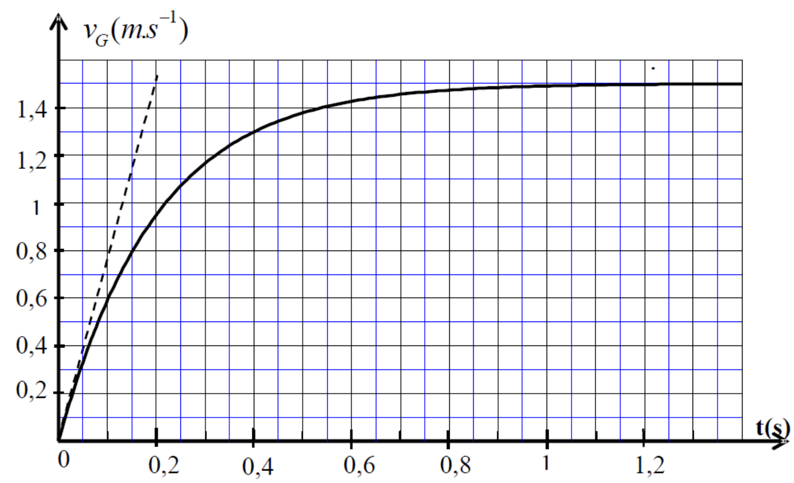


Figure 2

6- Le coefficient k varie avec le rayon de la bille et la viscosité η du liquide selon la relation suivante : k = 6π.η.r.
Déterminer la valeur de η du liquide utilisé dans cette expérience.

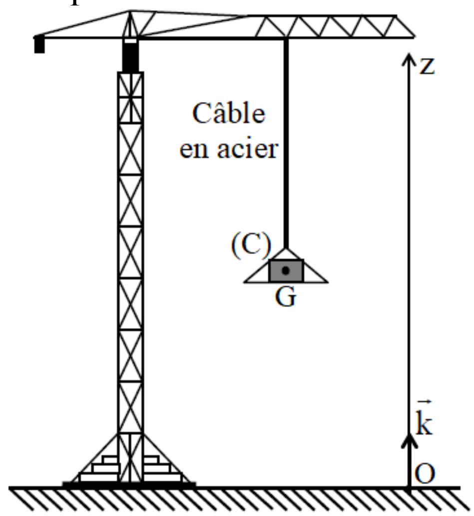
7- L'équation différentielle du mouvement de G s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} = 7{,}57 - 5.v_G$. Par application de la méthode d'Euler, et les données du tableau, déterminer les valeurs de a_1 et v_2.

t (s)	v ($m.s^{-1}$)	a ($m.s^{-2}$)
0	0	7,57
0,033	0,25	a_1
0,066	v_2	5,27

EXERCICE 5

Première partie : Etude du mouvement d'une charge

Les grues sont utilisées dans les chantiers de construction, pour lever les charges lourdes, à l'aide des câbles en acier liés à des dispositifs spéciaux.



Le but de cet exercice est l'étude du mouvement vertical d'une charge, puis l'étude de la chute verticale d'une partie de cette charge dans l'air.

On prendra g = 9,8 m.s^{-2}.

2- Chute verticale dans l'air d'une partie de la charge :

La charge s'arrête à une altitude donnée. A un instant t = 0, une partie (S) de cette charge, de masse m_S = 30 kg, tombe sans vitesse initiale.

On étudie le mouvement du centre d'inertie GS de la partie (S) dans le repère $(O, \vec{j})$ où l'axe (Oy) est vertical descendant (Figure 3).

La position de G_S Coïncide avec l'origine du repère (Oy) à l'origine des temps.

On modélise l'action de l'air sur la partie (S) au cours de son mouvement par la force :

un instant t et k = 2,7 (SI). $\vec{f} = -k.v^2.\vec{j}$, où $\vec{v}$ le vecteur vitesse de G_S à

On néglige l'action de la poussée d'Archimède devant les autres forces appliquées à (S).

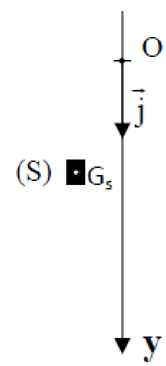


Figure 3

2-1- Déterminer, par analyse dimentionnelle, l'unité de la constante k dans le système international.

2-2- Montrer que l'équation différentielle verifiée par la vitesse v s'écrit comme suit :

$$\frac{dv}{dt} + 9.10^{-2}.v^2 = 9,8.$$

2-3- Déterminer la vitesse limite $V_{\ell im}$ du mouvement.

2-4- Sachant que la vitesse du centre d'inertie G_S à un instant t_1 est v_1 = 2,75 m.s^{-1}, trouver, par application de la méthode d'Euler, la vitesse v_2 à l'instant $t_2 = t_1 + \Delta t$, sachant que la pas du calcul est $\Delta t = 2,4.10^{-2}$s.

EXERCICE 6

La pratique du sport du ski, dans les stations des montagnes, attire de plus en plus l'intension des jeunes marocains, parcequ'elle intégre les qualités du plasir et l'aventure.

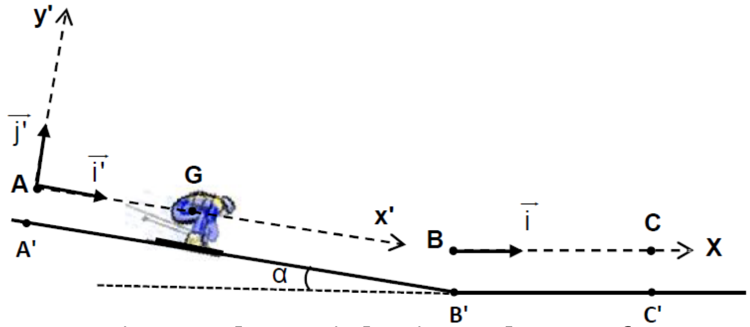
Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement du centre d'inertie d'un skieur et ses accessoires sur le circuit du ski.

La figure ci-dessous, représente un circuit de ski constitué de deux parties:

- Partie A'B' rectiligne et inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal ;
- Partie B'C' rectiligne et horizontale.

Données :

- $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$;
- Longueur de la partie A'B' : A'B' = 80 m ;
- Masse du skieur et ses accessoires : m = 60 kg ;
- L'angled'inclinaison : $\alpha = 18°$.



Etude du mouvement du skieur et ses accessoires sur la partie horizontale avec frottements.

Le mouvement de G se fait sur la partie BC, tel que : BC = B'C'.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G du système (S) formé du skieur et ses accessoires dans le repère $(B,\vec{i})$ lié à la terre et supposé galiléen. On prend $x_G = 0$, à un instant t = 0, considéré comme nouvelle origine des dates.

Le système subit au cours de son mouvement deux types de frottements.

- Frottements dus au contact entre la partie B'C' et le système (S), modélisés par une force constante : $\vec{f}_1 = -6.\vec{i}$;
- Frottements dus à l'action de l'air, modélisés par la force : $\vec{f}_2 = -0{,}06.v^2.\vec{i}$,où v représente la vitesse du centre d'inertie G.

2-1- Par application de la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v, s'écrit sous la forme : $\frac{dv}{dt} + 10^{-3}.v^2 + 0{,}1 = 0$.

2-2- En exploitant le tableau ci-contre, et en utilisant la méthode d'Euler, calculer les valeurs : a_{i+1} et v_{i+2}.

t(s)	$v(m.s^{-1})$	$a(m.s^{-2})$
$t_i = 0{,}4$	21,77	- 0,57
$t_{i+1} = 0{,}8$	21,54	a_{i+1}
$t_{i+2} = 1{,}2$	v_{i+2}	-0,55

EXERCICE 7

Afin de déterminer quelques caractéristiques du mouvement de chute d'une bille dans un liquide visqueux, on réalise l'expérience suivante :

On remplie une éprouvette graduée par un liquide visqueux et transparent, de masse volumique ρ, puis on libère, sans vitesse initiale dans ce liquide, une bille de masse $m = 2.10^{-2}\ kg$, de volume V et de centre d'inertie G.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère $(O,\vec{j})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

La position instantanée du centre d'inertie G est repérée sur un axe vertical $\overrightarrow{Oy}$ orienté vers le bas (figure 1).

On considère que la position de G à l'instant t=0 est confondue avec l'origine de l'axe $\overrightarrow{Oy}$ et que la poussée d'Archimède $\vec{F_a}$ n'est pas négligeable devant les autres forces.

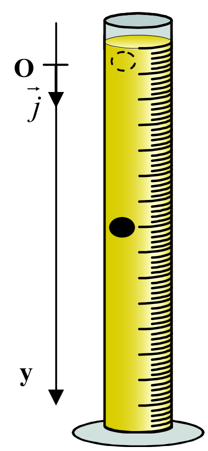


Figure 1

La force de frottement fluide est modélisée par $\vec{f} = -k.\overrightarrow{v_G}$. ($\overrightarrow{v_G}$ étant le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie G et k une constante positive).

On rappelle que l'intensité de la poussée d'Archimède vaut le poids du liquide déplacé : $F_a = \rho.V.g$, où g est l'intensité de pesanteur.

Avec une camera numérique et un logiciel adapté, on obtient, après traitement des données expérimentales, la courbe des variations de la vitesse instantanée du centre d'inertie de la bille en fonction du temps (voir figure 2).

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse s'écrit sous la forme : $\frac{dv_G}{dt}+\frac{1}{\tau}.v_G=A$, en précisant l'expression du temps caractéristique τ en fonction de k et m et l'expression de la constante A en fonction de g, m , ρ et V.

2. Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite $v_{G\lim}$ et la valeur de τ .

3. Trouver la valeur de k et celle de A.

4. L'équation différentielle du mouvement de G s'écrit sous la forme numérique :

$$\frac{dv_G}{dt}=9,26-18,52.v_G.$$

En utilisant la méthode d'Euler et les données du tableau suivant, calculer la valeur approchée de a_3 et celle de v_4 .

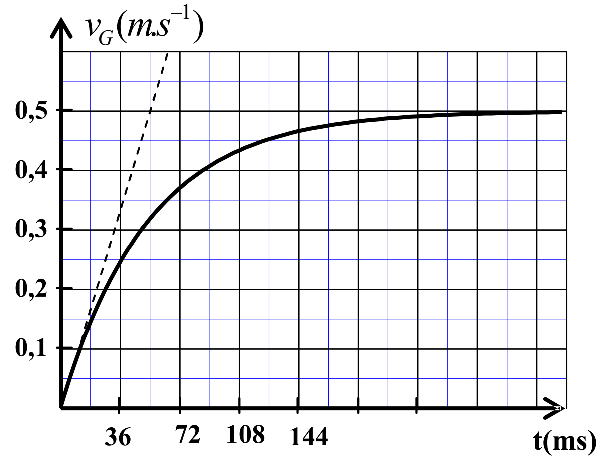


Figure 2

t (s)	v_G (m.s^{-1})	a_G (m.s^{-2})
⋮	⋮	⋮
0,015	0,126	a_3
0,020	v_4	6,28
0,025	0,192	5,70

Mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme

EXERCICE 1

1. Étude du mouvement d'un solide dans le champ de pesanteur uniforme

On lance, à un instant $t_0 = 0$ avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ horizontale, un solide (S) de petites dimensions, de masse m, d'un point A qui se trouve à la hauteur h du sol. Le solide (S) tombe sur le sol au point d'impact I (figure 1).

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre supposé galiléen.

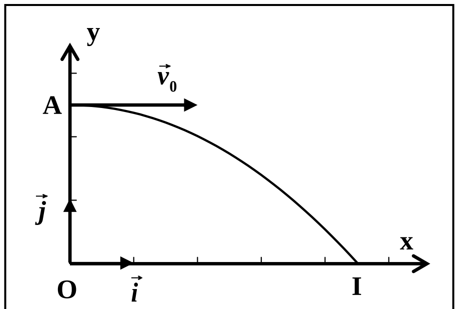


Figure 1

Données:

- Tous les frottements sont négligeables;
- $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$; $h = OA = 1\ m$

1.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les expressions littérales des équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de G.

1.2. En déduire l'expression littérale de l'équation de la trajectoire du mouvement de G.

1.3. Calculer la valeur de t_I, l'instant d'arrivé de (S) au sol en I.

1.4. On lance de nouveau, à un instant $t_0 = 0$, le solide (S) du point A avec une vitesse initiale $\vec{v}'_0 = 3.\vec{v}_0$.

Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie:

la valeur de l'instant d'arrivé de (S) au sol vaut:

a	$t' = 0{,}25\ s$	**b**	$t' = 0{,}35\ s$	**c**	$t' = 0{,}45\ s$	**d**	$t' = 0{,}65\ s$

EXERCICE 2

Le saut en longueur avec moto est considéré parmi les sports motivant, attirant et défiant pour dépasser certains obstacles naturels et artificiels.

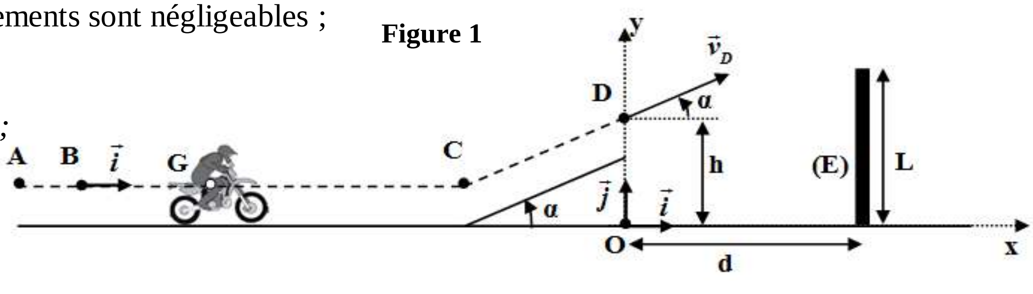
Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un système (S) de masse m constitué d'une moto avec motard sur une piste de course.

La piste de course est constituée d'une partie rectiligne horizontale, d'une partie rectiligne inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal et d'une zone de chute comportant un obstacle (E) de hauteur L situé à la distance d de l'axe vertical passant par le point D, (fig1) (Page (6/7).

Données :

- Tous les frottements sont négligeables ;
- $\alpha = 26°$;
- $d = 20\ m$;
- $L = 10\ m$;
- $m = 190\ kg$

Figure 1



2. Mouvement du système (S) durant la phase du saut

Le système (S) quitte la piste de course au passage de G par le point D avec une vitesse v_D formant un angle α avec le plan horizontal pour sauter à travers l'obstacle (E) (voir fig. (1)). Au cours du saut le système (S) n'est soumis qu'à son poids.

On étudie le mouvement de G dans le champ de pesanteur uniforme dans un repère orthonormé $(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre considéré comme galiléen. On choisit l'instant de passage de G par le point D comme nouvelle origine des dates $t_0 = 0$, tel que : $y_0 = OD = h$.

2.1. En appliquant la deuxième loi de newton, montrer que les équations différentielles vérifiées par $x_G(t)$ et $y_G(t)$ coordonnées de G dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ sont :

$$\frac{dx_G}{dt} = v_D.\cos\alpha \qquad ; \qquad \frac{dy_G}{dt} = -g.t + v_D.\sin\alpha$$

2.2. L'expression numérique des équations horaires $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du mouvement de G est :

$$x_G(t) = 22{,}5.t \ (m) \qquad ; \qquad y_G(t) = -5.t^2 + 11.t + 5 \ (m)$$

Déterminer les valeurs de la hauteur h, et de la vitesse v_D.

2.3. Le saut est réussi si la condition : $y_G > L + 0{,}6 \ (m)$ est vérifiée. Est-ce que le saut du motard est réussi ? Justifier votre réponse.

EXERCICE 3

La course à bicyclette sur des circuits fermés est devenue un sport très populaire. Plusieurs compétitions s'organisent chaque année avec des circuits fermés qui comprennent des obstacles. Cet exercice vise l'étude du mouvement du centre d'inertie d'un système {Cycliste – Bicyclette} dans un circuit fermé de la région de l'Atlas (figure 1).

Au cours de sa participation à une course dont le circuit est représenté sur la figure (1), un cycliste parcourt une partie de ce circuit constituée d'un tronçon AB rectiligne horizontal, d'un tronçon BC curviligne qui s'ouvre sur une fosse de largeur L et d'un tronçon DE horizontal (figure 2).

Figure (1)

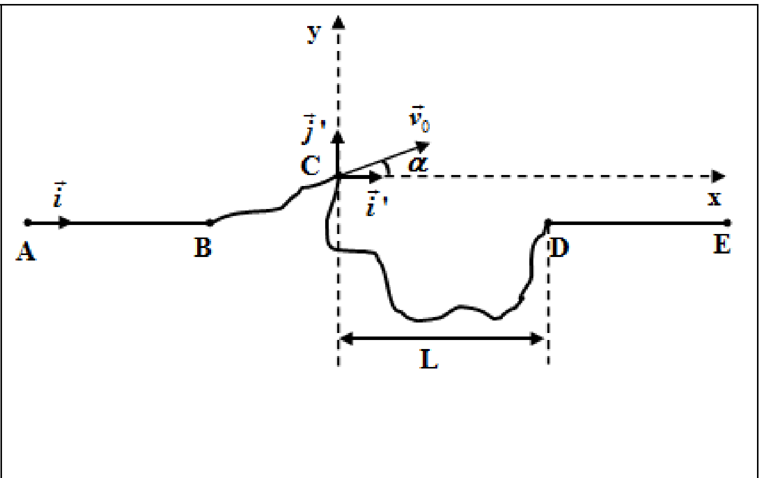


Figure (2)

Le mouvement sur le tronçon AB se fait avec des frottements modélisés par une force $\vec{f}$ constante de sens opposé au sens du vecteur vitesse. L'ensemble {Cycliste - Bicyclette} constitue un système de masse m et de centre d'inertie G.

2. Mouvement du cycliste durant la phase du saut

Le cycliste quitte le tronçon BC en C avec une vitesse v_0 qui fait un angle α avec le plan horizontal (voir figure 2- page 5/6).

Au cours du saut, le système {Cycliste – Bicyclette} n'est soumis qu'à son poids. On étudie le mouvement de G, dans un repère orthonormé $(C,\vec{i}\,',\vec{j}\,')$ lié à la Terre supposé Galiléen. On choisit l'instant de passage de G en C comme nouvelle origine des dates $t_0 = 0$.

Les équations horaires du mouvement de G lors de la chute libre s'écrivent:

$$x_G(t) = (v_0.\cos\alpha).t \qquad ; \qquad y_G(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + (v_0.\sin\alpha).t$$

Au cours du mouvement, G atteint le sommet de la trajectoire à l'instant $t_S = 0{,}174\ s$ et puis le système tombe sur le sol à l'instant $t_P = 1\ s$.

Données:

$\alpha = 10°$; $L = 8\ m$; $g = 10\ m.s^{-2}$

2.1. Montrer que $v_0 = 10\ m.s^{-1}$.

2.2. Le cycliste a-t-il dépassé la fosse ? justifier.

2.3. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}_P$ de G à l'instant t_P.

EXERCICE 4

Les hélicoptères sont parfois utilisés pour approvisionner, d'aides humanitaires, les zones sinistrées non joignables par voies terrestres.

Un hélicoptère vole à une altitude H constante par rapport au sol, avec une vitesse horizontale $\vec{V}_0$ constante. Il fait tomber un paquet d'aliments de centre de gravité G_0, qui tombe sur le sol au point T. (Figure 1)

On étudie le mouvement de G_0 dans un repère orthonormé $(R,O,\vec{i},\vec{j})$ supposé galiléen.

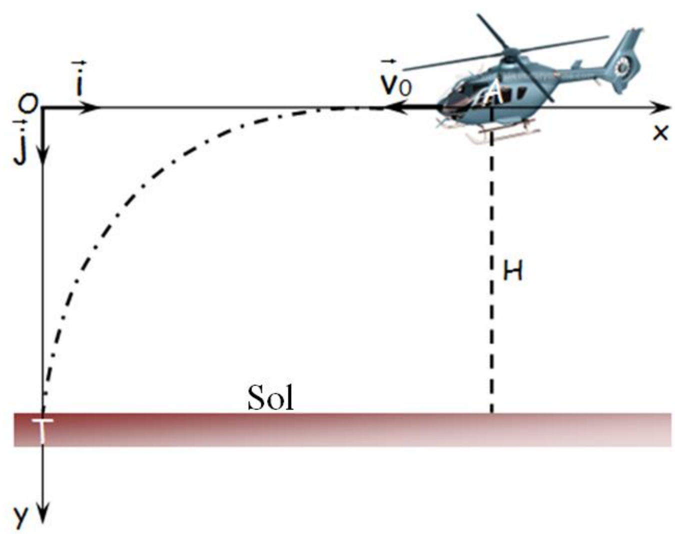


Figure 1

<u>**On donne**</u> **:**

g = 10 m.s^{-2}; H = 405 m.

On néglige les dimensions du paquet.

<u>**Partie 1 : Etude de la chute libre**</u>

On néglige les forces liées à l'action de l'air sur le paquet.

Le paquet tombe, à l'instant t = 0, à partir du point A(x_A = 450 m, y_A = 0), avec une vitesse initiale horizontale $\vec{V}_0$ de valeur V_0 = 50 m.s^{-1}.

1-1- Par application de la deuxième loi de Newton, trouver les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de G_0 dans le repère $(R,O,\vec{i},\vec{j})$.

1-2- Déterminer l'instant d'arrivée du paquet au sol.

1-3- Trouver l'équation de la trajectoire du mouvement de G_0.

2- Etude du mouvement du système (S) dans le champ de pesanteur uniforme:

Le système (S) arrive en O avec une vitesse $\vec{v}_o$ de module $v_0 = 30 m.s^{-1}$, et poursuit son mouvement pour tomber en E distant de C de la distance CE = 43 m.

On prendra comme instant du début du saut sur la tranchée comme nouvelle origine des dates lorsque G coïncide avec O origine du repère $(\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{Oz})$ (Figure 1).

2-1- Ecrire les équations horaires x(t) et z(t) du mouvement de G dans $(\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{Oz})$.

2-2- Déduire l'équation de la trajectoire et déterminer les coordonnées de son sommet.

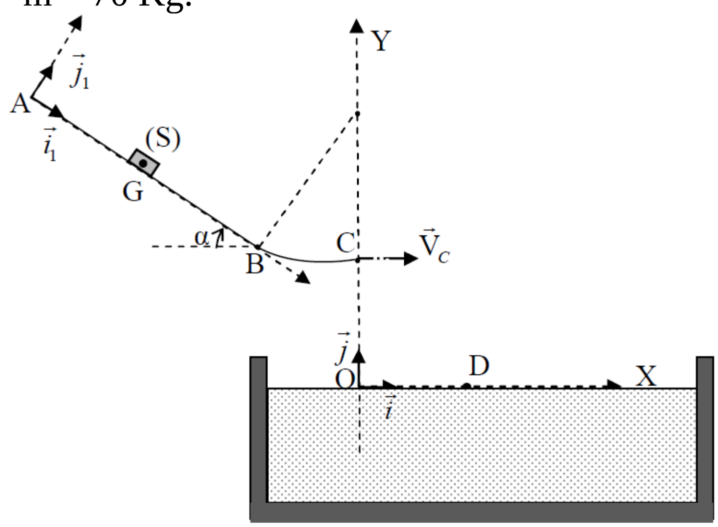
2-3- Déterminer la différence d'altitude h entre C et O.

EXERCICE 5

Les toboggans dans les piscines permettent aux nageurs de glisser et de plonger dans l'eau.
On modélise un toboggan par une piste ABC constituée d'une partie AB inclinée d'un angle α par rapport au plan horizontal et d'une partie circulaire BC, et on modélise le nageur par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m (Figure1).

Données :

AB = 2,4 m , α = 20° , $g = 9,8 m.s^{-2}$, m = 70 Kg.



Etude du mouvement de G dans l'air :

Le solide (S) arrive au point C avec une vitesse de vecteur horizontal, et de valeur $V_C = 4,67 m.s^{-1}$, pour le quitter à un instant supposé comme nouvelle origine des temps.

Le solide est soumis, en plus de son poids, à l'action d'une air artificielle, modélisée par la force d'expression : $\vec{f}_1 = -f_1.\vec{i}$.

2-1- Trouver, à un instant t, l'expression v_x de la composante horizontale du vecteur vitesse en fonction de : m, V_C, f_1, et t.

2-2- A l'instant t_D = 0,86 s, G arrive au point D se trouvant à la surface de l'eau, où s'annule la composante horizontale de sa vitesse.

a- Calculer f_1.

b- Calculer l'altitude h de C par rapport à la surface de l'eau.

EXERCICE 6

Etude du mouvement du centre de gravité d'une balle.

Pendant un match de volley-ball, un élève a enregistré une séquence vidéo du mouvement de la balle à partir de l'instant de l'exécution du service à partir d'un point A situé à une hauteur H du sol. Le joueur ayant exécuté le service se trouve à une distance d du filet (Figure 1).

Pour que le service soit bon, la balle doit vérifier les deux conditions suivantes :

- Passer au-dessus du filet dont la partie supérieure se trouve à une hauteur h du sol ;
- Tomber dans le terrain de l'adversaire de longueur D.

Données :

- On néglige les dimensions de la balle ainsi que l'action de l'air.
- On prendra l'intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$.
- $H = 2{,}60\ m$, $d = D = 9\ m$, $h = 2{,}50\ m$.

On étudie le mouvement de la balle dans un repère orthonormée $(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre et supposé galiléen.
A l'instant $t = 0$, la balle se trouve en A, et le vecteur vitesse initiale $\vec{V}_0$ constitue l'angle α avec l'horizontal. (Figure 1)

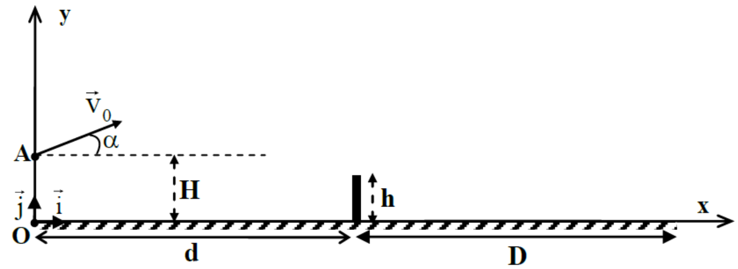


Figure 1

Un traitement informatique de la vidéo avec un logiciel convenable, a permis d'obtenir les courbes représentées sur la figure 2.
Les courbes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ représentent les variations des composantes du vecteur vitesse du ballon dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$.

1- Par application de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de $v_x(t)$ en fonction de : V_0, α, et l'expression de $v_y(t)$ en fonction de : V_0, α, g et t.

2- En exploitant les deux courbes (Figure 2), montrer que la valeur de la vitesse initiale est $V_0 = 13{,}6\ m.s^{-1}$, et que l'angle α est $\alpha = 17°$.

3- Etablir l'équation de la trajectoire de G dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$.

4- Sachant que la balle n'est interceptée par aucun joueur, a-t-elle vérifié les deux conditions nécessaires pour valider le service ? Justifier.

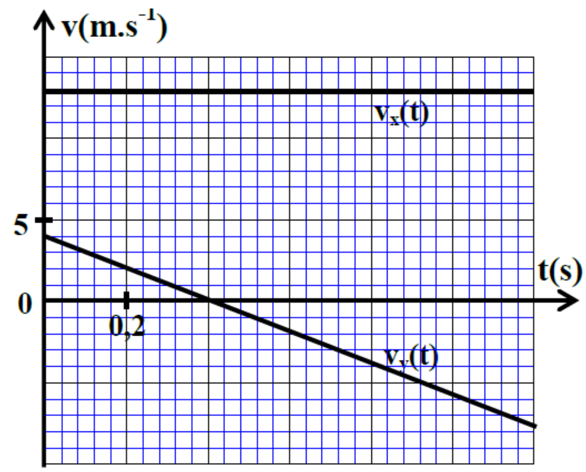


Figure 2

EXERCICE 7

Le championat du monde est la plus célèbre compétition organisée par la FIFA.
Le but de cet exercice est l'étude du mouvement d'une balle de football dans le champ de pesanteur uniforme.

Au cours d'un match de foot, l'un des joueurs effectue un coup franc, à partir d'un point O, pour marquer un but, sans que la balle ne soit interrompue, au cours de son mouvement, par un obstacle constitué de quelques joueurs adversaires. Figure 1

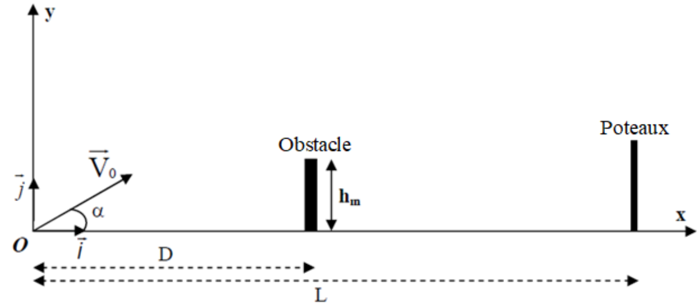


Figure 1

Le point O est situé à une distance L de la ligne de but, et à une distance D de l'obstacle, de hauteur maximale h_m.

Données :

- On néglige l'action de l'air, et les dimensions de la balle devant les autres distances;
- On prendra : l'intensité de pesanteur $g = 10\ m.s^{-2}$;
- $L = 20\ m$, $h_m = 2{,}2\ m$, $D = 9{,}2\ m$.

A l'instant t = 0, un joueur tire la balle, à partir du point O, avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ inclinée d'un angle $\alpha = 32°$ par rapport à l'horizontale, et de module $V_0 = 16\ m.s^{-1}$.

On étudie le mouvement de la balle dans un repère terrestre orthonormé $(O,\vec{i},\vec{j})$ supposé galiléen.

1- Par application de la 2ème loi de Newton, établir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de la balle.

2- En déduire l'équation de la trajectoire dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$.

3- Vérifier que la balle passe au dessus de l'obstacle.

4- Déterminer la vitesse de la balle au moment d'entrée dans le filet.

EXERCICE 8

Etude du mouvement d'une balle de golf dans le champ de pesanteur uniforme

Un circuit dans le terrain de golf est constitué de trois parties :

- Partie horizontale OA de longueur OA = 2,2 m ;
- Partie AB de longueur AB = 4 m, inclinée d'un angle $\alpha = 24°$ par rapport au plan horizontal.
- Partie BC horizontale contenant un trou de centre T situé à la distance BT = 2,1 m du point B.

Les points B, T et C sont alignés.

On néglige l'action de l'air et les dimensions de la balle. On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$.

L'étude du mouvement de la balle se fait dans un repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ lié à la terre et supposé galiléen.

On lance, à l'instant t = 0, à partir du point O, la balle vers le trou T, avec une vitesse initiale de valeur $V_0 = 10\ m.s^{-1}$.

Le vecteur $\vec{V}_0$ est incliné d'un angle $\theta = 45°$ par rapport à l'axe horizontal (O,x).(Figure 1)

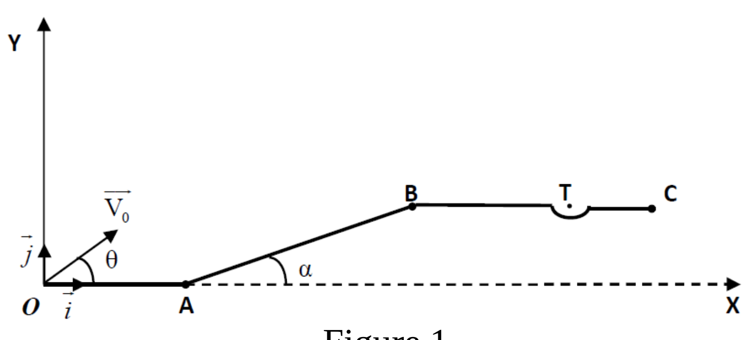


Figure 1

1- Par application de la deuxième loi de Newton, établir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de la balle.

2- En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

3- Déterminer la valeur de x_S, abscisse du sommet de la trajectoire de la balle.

4- S'assurer que la balle passe au centre T du trou.

EXERCICE 9

Etude du mouvement du centre d'inertie d'un système mécanique

Le saut en longueur à moto est une épreuve sportive de performance où il y a un véritable défi de sauter le plus loin à partir d'un espace défini.

Cet exercice se propose d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un système (S) formé d'un motard et d'une moto se déplaçant sur une piste de compétition.

Cette piste est formée :

- d'une partie rectiligne A'B' inclinée d'un angle β par rapport à l'horizontale ;
- d'un tremplin B'C' circulaire ;
- d'une zone d'atterrissage (π) plane et horizontale. (figure 1).

Dans tout l'exercice, les frottements sont négligés et l'étude du mouvement du centre d'inertie G est réalisée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Données :

- L'angle $\beta = 10°$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$;
- Masse du système (S) : m =190 kg.

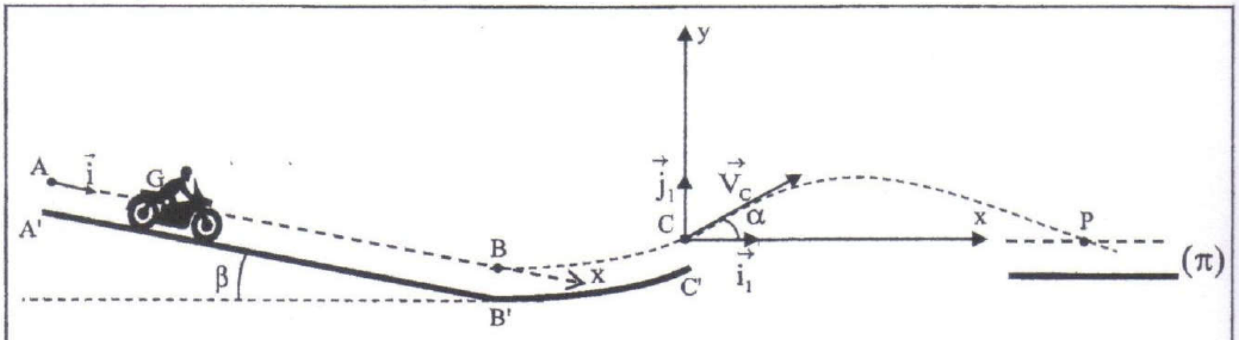


Figure 1

II- Etude du mouvement de G lors de la phase du saut

A un instant choisi comme nouvelle origine des dates (t = 0), le système (S) quitte le tremplin lors du passage de G par le point C avec une vitesse $\vec{V_C}$ formant un angle $\alpha = 18°$ avec l'horizontale. (S) retombe en une position où le point G se confond avec le point P. On suppose que le système n'est soumis qu'à son poids au cours de cette phase. L'étude du mouvement est effectuée dans le repère orthonormé $(C, \vec{i_1}, \vec{j_1})$ indiqué sur la figure 1.

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les équations différentielles vérifiées par les coordonnées $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du centre d'inertie G dans le repère $(C, \vec{i_1}, \vec{j_1})$ s'écrivent ainsi:

$$\frac{dx_G}{dt} = V_C.\cos\alpha \quad \text{et} \quad \frac{dy_G}{dt} = -g.t + V_C.\sin\alpha$$

2. Les expressions numériques des équations horaires $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du mouvement de G s'écrivent ainsi : $x_G(t) = 19{,}02.t$ et $y_G(t) = -5.t^2 + 6{,}18.t$ (x_G et y_G exprimées en mètre et t en seconde). Vérifier que la vitesse de G au point C est : $V_C = 20\ m.s^{-1}$.

3. On considère qu'un saut est réussi si la condition $CP \geq 30\ m$ est vérifiée.

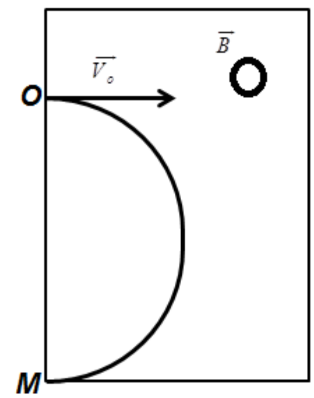
3.1. Montrer que le saut effectué dans ce cas n'est pas réussi.

3.2. Déterminer la vitesse minimale V_{min} avec laquelle doit passer G par le point C pour que le saut soit réussi.

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

EXERCICE 1

Les ions Mg^{2+} pénètrent dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ (perpendiculaire au plan de la figure). Avec une vitesse $V_0 = 1,6.10^4$ m.s^{-1}



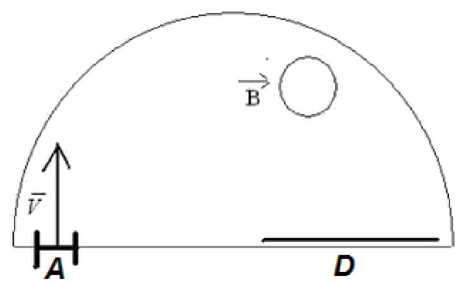
1. Donner les caractéristiques de la force magnétique $\overrightarrow{F_m}$
2. Déterminer le sens du champs magnétique $\vec{B}$
3. En appliquant la deuxième loi de newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement des ions Mg^{2+} est circulaire uniforme
4. Calcule la masse d'ion Mg^{2+} (On donne $OM = 4$ cm)

<u>Données :</u>

- L'intensité du champs magnétique $B = 0,1T$
- La charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19}C$

EXERCICE 2

On considère les ions de deux isotopes $^{200}_{80}\mathrm{Hg}^{\,2+}$ et $^{202}_{80}\mathrm{Hg}^{\,2+}$ du mercure.
Ils pénètrent en A, avec une vitesse V non nulle, dans une capsule où règne un champ magnétique uniforme (perpendiculaire au plan de la feuille):



1. Indiquer le sens du champ magnétique pour que les ions soient déviés vers le détecteur D.
2. Montrer que dans cette capsule les ions ont un mouvement uniforme, et exprimer les rayons R de la trajectoire de deux isotopes en fonction de m, e, v et B.
3. Déterminer lequel de ces deux ions va être le plus dévié. Justifier.

EXERCICE 1

Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Deux particules chargées $\mathbf{Li}^+$ et $\mathbf{X}^{2+}$ sont introduites en un point O, avec la même vitesse

initiale $\vec{V}$, dans un espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire au vecteur $\vec{V}$.

q_X et m_X sont respectivement la charge électrique et la masse de la particule $\mathbf{X}^{2+}$.

On considère que $\mathbf{Li}^+$ et $\mathbf{X}^{2+}$ sont soumises seulement à la force de Lorentz. .

Données :

- La vitesse initiale : V=10^5 m.s^{-1} ;

- L'intensité du champ magnétique : $B = 0,5T$;
- La charge élémentaire: $e = 1,6.10^{-19}$ C ;
- La masse de $\mathbf{Li^+}$: $m_{Li} = 6,015u$;
- $1u = 1,66.10^{-27}$ kg ;
- La figure 1 représente les trajectoires des deux particules dans le champ $\overrightarrow{B}$.

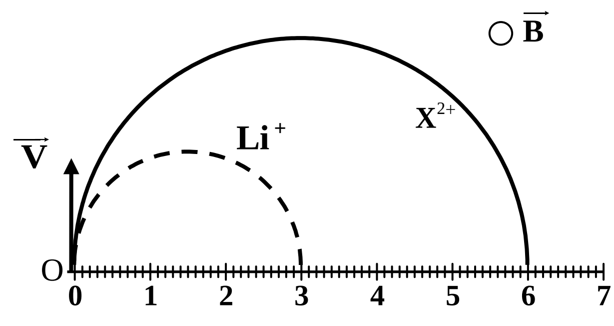


Figure 1

- on rappelle l'expression de la force de Lorentz : $\overrightarrow{F} = q\overrightarrow{V} \wedge \overrightarrow{B}$.

1. Déterminer la direction, le sens et l'intensité du vecteur force de Lorentz exercée sur la particule $\mathbf{Li^+}$ au point O.

2. Préciser le sens du vecteur $\overrightarrow{B}$ en le représentant par ⊙ s'il est vers l'avant ou par ⊗ s'il est vers l'arrière.

3. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement de l'ion $\mathbf{Li^+}$ est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon $R_{Li} = \dfrac{m_{Li}.V}{e.B}$.

4. En exploitant les données de la figure 1, déterminer le rapport $\dfrac{R_X}{R_{Li}}$; avec R_X le rayon de la trajectoire de la particule $\mathbf{X^{2+}}$.

5. Sachant que la particule $\mathbf{X^{2+}}$ se trouve parmi les trois ions proposés avec leurs masses dans le tableau ci-dessous, identifier $\mathbf{X^{2+}}$ en justifiant la réponse.

Ion	${}^{24}_{12}Mg^{2+}$	${}^{26}_{12}Mg^{2+}$	${}^{40}_{20}Ca^{2+}$
Masse (u)	23,985	25,983	39,952

EXERCICE 2

Partie I- Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Parmi les applications de la force de Lorentz, le spectroscope de masse. C'est un appareil utilisé pour séparer des particules chargées de masses ou de charges différentes.

Le but de cette partie de l'exercice est de déterminer la masse d'une particule chargée en étudiant son mouvement dans un champ magnétique uniforme.

Deux particules chargées He^{2+} et O^{2-} sont introduites en un point A, avec la même vitesse initiale $\vec{V}$, dans un espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire au vecteur $\vec{V}$.

On considère que les deux particules He^{2+} et O^{2-} ne sont soumises qu'à la force de Lorentz.

Données :

- on rappelle l'expression de la force de Lorentz : $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$;
- La masse de la particule He^{2+} : $m(He^{2+}) = 6,68.10^{-27}$ *kg* ;
- La figure1 représente l'enregistrement des deux trajectoires des particules He^{2+} et O^{2-} dans le champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

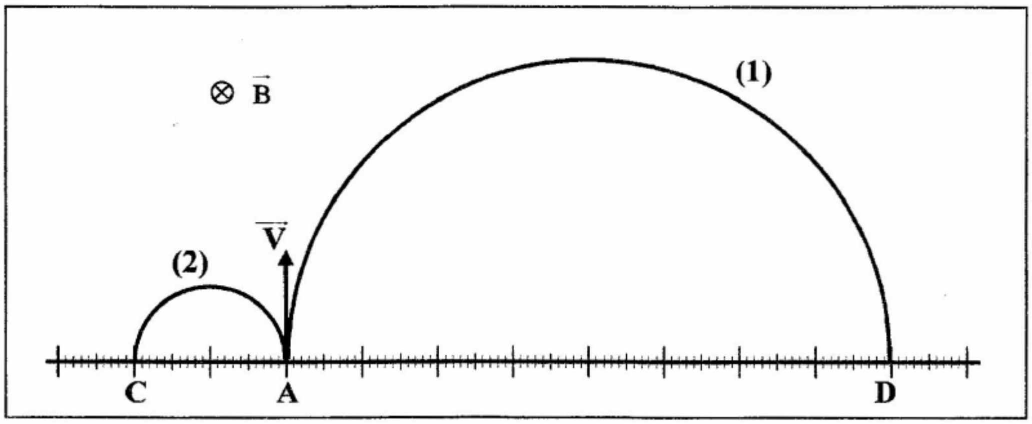


Figure1

1. Identifier la trajectoire correspondante à chaque particule.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement de l'ion He^{2+} est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon $R_{He^{2+}} = \dfrac{m(He^{2+}).V}{2.e.B}$.

3. En exploitant la figure 1, déterminer le rapport $\dfrac{R_{O^{2-}}}{R_{He^{2+}}}$. ($R_{O^{2-}}$ étant le rayon de la trajectoire de la particule O^{2-}).

4. Montrer que la masse de la particule O^{2-} est : $m(O^{2-}) = 2,67.10^{-26}$ kg .

Mouvement des satellites et planètes

EXERCICE 1

Le pigeon bleu est un satellite artificiel marocain assurant le contrôle des frontières géographiques du royaume et les télécommunications. Il a été instauré par des experts du centre royal de télédétection spatiale en collaboration avec experts internationaux.

Le pigeon bleu a été mis en orbite le 10 décembre 2001 à une altitude h du sol. Ce satellite artificiel (S) effectue environ 14 tours autours de la terre par jour.

- On assimile l'orbite de (S) à un cercle de centre O, et on étudie son mouvement dans le repère géocentrique.
- La Terre est considérée comme une sphère à répartition sphérique de masse.
- On néglige les dimensions de (S) devant sa distance au centre de la Terre.

Données :

- La valeur de la constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ (SI) ;
- La valeur du rayon de la Terre : $r_T = 6350$ km ;
- La valeur de l'intensité de pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8$ m.s^{-2} ;
- La valeur de la période de rotation de la Terre autour de son axe polaire : T = 86164 s ;
- La valeur de l'altitude : h = 1000 km ;
- $\vec{u}_{TS}$: Vecteur unitaire dirigé de O vers S.

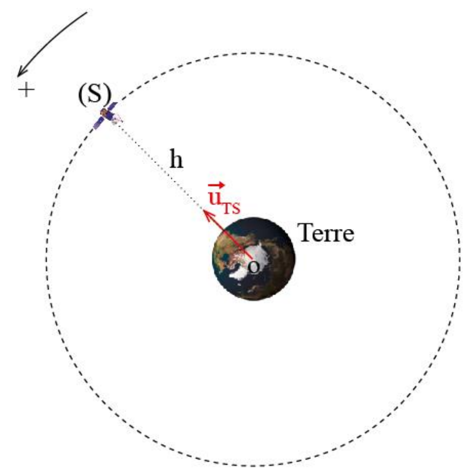


Figure 1

1- Recopier le schéma de la figure 1, et représenter dessus le vecteur vitesse $\vec{V}_S$ du satellite artificiel, et le vecteur force d'attraction universelle modélisant l'action de la Terre sur (S).

2- Donner l'expression vectorielle de la force d'attraction universelle modélisant l'action de la Terre sur (S).

3- Ecrire dans le repère de Freinet, l'expression du vecteur accélération du mouvement de (S).

4- Par application de la 2ème loi de Newton sur le mouvement du centre de gravité du satellite (S) :

4-1- Montrer que le mouvement de (S) est circulaire uniforme.

4-2- Ecrire l'expression de V_S en fonction de g_0, r_T, et h. Calculer sa valeur.

5- Montrer que la masse de la terre est : $M_T = 6.10^{24}$ kg.

6- Montrer que le satellite artificiel n'apparait pas immobile par rapport à un

7- Un autre satellite artificiel (S') tourne autour de la Terre avec une vitesse angulaire ω, et apparait immobile par rapport à un observateur terrestre. Le satellite (S') envoie à la terre des photos utilisées dans les prévisions météo.

7-1- Montrer que : $\omega^2.(r_T + z)^3 = C^{te}$ où est la distance séparant le sol terrestre du satellite (S').

7-2- Trouver la valeur de z.

EXERCICE 2

Mars est l'une des planètes du système solaire facilement repérable dans le ciel grace à sa luminosité et sa couleur rouge. Ses deux satellites naturels sont Phobos et Déimos. Les savants se sont intéressés à son étude depuis longtemps, et dans les dernières décennies, on a réussi à l'explorer à l'aide des sondes qui ont permis de nous communiquer d'importantes informations. L'exercice propose de déterminer quelques grandeurs physiques liées à cette planète.

Figure 1

<u>Données :</u>

- Masse du soleil : $M_S = 2.10^{30}$ kg ;
- Rayon de Mars : $R_M = 3400$ km ;
- Constante d'attraction universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ (SI) ;
- Période de révolution de Mars autour du soleil : $T_M = 687$ jours ; 1jour = 86164 s ;
- Intensité de pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8\ N.kg^{-1}$.

On considères que le soleil et Mars sont à répartitions sphériques de masses.

1- <u>Détermination du rayon de la trajectoire de Mars et sa vitesse :</u>

On considère que le mouvement de mars dans le repère héliocentrique est circulaire de vitesse V et de rayon r (On néglige les dimensions de la planète Mars devant la distance qui la sépare du centre du Soleil, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle exercée par le Soleil).

1-1- Représenter sur un schéma le vecteur force modélisant l'action appliquée par le Soleil sur la planète Mars.

1-2- Ecrire en fonction de G, M_S, M_M, et r, l'expression de l'intensité $F_{S/M}$ de la force de gravitation universelle exercée par le Soleil sur Mars.

(M_M représente la masse de la planète Mars)

1-3- En appliquant la deuxième loi de Newton montrer que :

a- Le mouvement de Mars est circulaire uniforme.

b- La relation entre la période et le rayon est : $\frac{T_M^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_S}$, et que la valeur du rayon r est : $r = 2,3.10^{11}$m.

1-4- Déterminer la valeur de la vitesse V.

2- <u>Détermination de la masse de Mars et l'intensité de pesanteur à sa surface :</u>

On considère que la lune Phobos est en mouvement circulaire uniforme autour de Mars à une distance z = 6000 km de sa surface. La période de ce mouvement est T_P = 460 min. (On néglige les dimensions de Phobos devant les autres dimensions).

En étudiant le mouvement de Phobos dans un repère d'origine confondu avec le centre de Mars et supposé galiléen, déterminer :

2-1- La masse M_M de Mars.

2-2- L'intensité de la pesanteur g_{0M} au niveau du sol marsien et la comparer à la valeur $g_{0M\ ex} = 3,8\ N.kg^{-1}$ mesurée à l'aide des appareils développées.

EXERCICE 3

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de Jupiter autour du soleil, et de déterminer quelques grandeurs physiques caractérisant cette planète.

<u>Données :</u>

- Masse du soleil : $M_S = 2.10^{30}$ kg ;
- Constante d'attraction universelle : $G = 6,67.10^{-11}$ (SI) ;
- Période de révolution de Jupiter autour du soleil : $T_J = 3,74.10^8$ s ;

On considères que le soleil et Mars sont à répartitions sphériques de masses, et on note la masse de Jupiter M_J.

On néglige les dimensions de la planète Jupiter devant la distance qui la sépare du centre du Soleil, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle entre elle et le Soleil.

1- <u>Détermination du rayon orbital de Jupiter et sa vitesse :</u>

On considère que le mouvement de Jupiter dans le repère héliocentrique est circulaire de rayon orbital r.

1-1- Ecrire en fonction de M_J, M_S, G, et r, l'expression de l'intensité de la force de gravitation universelle exercée par le Soleil sur Jupiter.

1-2- En appliquant la deuxième loi de Newton :

a- Ecrire les expressions des composantes du vecteur accélération dans le repère de Freinet, et déduire que le mouvement de Jupiter est circulaire uniforme.

b- Montrer que la troisième loi de Kepler s'écrit : $\frac{T_J^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_S}$.

1-3- S'assurer que $r \approx 7,8.10^{11}$m.

1-4- Déterminer la valeur de la vitesse V de révolution de Jupiter autour du soleil.

2- <u>Détermination de la masse de Jupiter :</u>

On considère que la lune « Io » l'un des satellites découvert par Galilée, est en mouvement circulaire uniforme à une distance $r' = 4,2.10^8$ m du centre de Jupiter.

La période de ce mouvement est T_I = 1,77 jours.

(On néglige les dimensions de Io devant les autres dimensions, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle entre lui et Jupiter).

En étudiant le mouvement de Io dans un repère d'origine confondu avec le centre de Jupiter et supposé galiléen, déterminer la masse M_J de Jupiter.

EXERCICE 4

Partie I : Etude du mouvement d'une exoplanète autour de son astre

Une " exoplanète " est une planète qui tourne autour d'une étoile autre que le soleil.
Ces dernières années, les astronomes ont découvert quelques milliers d'exoplanètes en utilisant des instruments scientifiques sophistiqués.

"Mu Arae" est une étoile qui est loin de notre système solaire de 50 années-lumière, quatre exoplanètes gravitent autour d'elle selon des trajectoires supposées circulaires. On symbolise cette étoile par la lettre S.

On se propose dans cet exercice de déterminer la masse de l'étoile "Mu Arae" par application de la deuxième loi de Newton et les lois de Kepler sur l'une des exoplanètes symbolisée par la lettre b.

On considère que S a une distribution sphérique de masse et que l'exoplanète b a des dimensions négligeables devant les distances la séparant de son étoile S.
On néglige l'action des autres exoplanètes sur l'exoplanète b .
La seule force à prendre en considération est la force de gravitation universelle entre l'exoplanète b et l'étoile S.
On étudie le mouvement de b dans un référentiel supposé galiléen, lié au centre de S.

Données :

- La constante de gravitation universelle : $G = 6,67.10^{-11}\left(\text{S.I}\right)$;
- Le rayon de la trajectoire de b autour de S : $r_b = 2,24.10^{11}$ m ;
- la période de révolution de b autour de l'étoile S : $T_b = 5,56.10^{7}$ s .

1- Ecrire l'expression de l'intensité $F_{S/b}$ de la force de gravitation universelle, exercée par l'étoile S, de masse M_S, sur l'exoplanète b, de masse m_b.

2- En appliquant la deuxième loi de Newton :

2.1- Montrer que le mouvement circulaire de l'exoplanète b autour de son étoile S, est uniforme.

2.2- Etablir la troisième loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = K$. K étant une constante.

2.3- Déterminer la masse M_S de l'étoile S.

Série d'exercice N°16

L'année scolaire : 20../20..
Classe : 2 BACS-PC
Professeur :

Les systèmes oscillants

EXERCICE 1

2. Étude du mouvement d'un système oscillant {solide *(S)*- ressort}

On fixe le solide *(S)* précédent à un ressort horizontal à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur K.
À l'équilibre, le centre d'inertie G coïncide avec l'origine du repère $(O,\vec{i})$ lié à la terre considéré comme galiléen (figure 2).
On écarte le solide *(S)* de sa position d'équilibre et on le libère sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$.

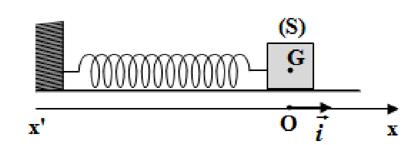


Figure 2

<u>Données:</u>
- Tous les frottements sont négligeables;
- On choisit l'état où le ressort n'est pas déformé comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et le plan horizontal contenant G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} .

La courbe de la figure (3) représente les variations de E_{pe} en fonction de x^2, carré de l'abscisse x du centre d'inertie G dans le repère $(O,\vec{i})$.

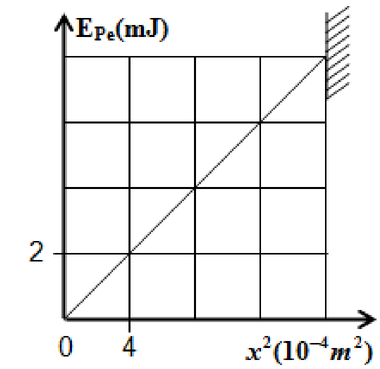


Figure 3

2.1. En exploitant la courbe de la figure (3), trouver les valeurs de:
a. la constante de raideur K.
b. l'énergie potentielle élastique maximale $E_{pe,max}$.
c. l'amplitude X_m des oscillations.

2.2. Déduire, en justifiant votre réponse, la valeur de l'énergie mécanique E_m du système oscillant.

2.3. Le centre d'inertie G passe par la position d'équilibre dans le sens positif avec la vitesse $v = 0,25\ m.s^{-1}$.

Montrer que l'expression de la période propre des oscillations s'écrit $T_0 = 2\pi.\frac{X_m}{v}$. Calculer T_0.

EXERCICE 2

Un enfant se balance à l'aide d'une balançoire constituée d'une barre utilisé comme siège, suspendue à l'aide de deux câbles fixés à un support fixe.
On modélise le système {Enfant + Balançoire} par un pendule simple constitué d'un :
- Câble inextensible, de masse négligeable, et de longueur ℓ ;
- Solide (S) de masse m.

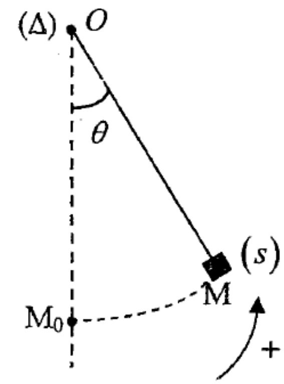
Le pendule est susceptible de tourner autour d'un axe horizontal fixe (Δ) perpendiculaire au plan vertical.
Le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe (Δ) est : $J_\Delta = m\ell^2$.

<u>Données :</u>
- $\ell = 3$ m , m = 18 kg , g = 9,8 $m.s^{-2}$ (Intensité de pesanteur)
- On prendra dans le cas de petites oscillations : $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1-\frac{\theta^2}{2}$ (θ en rad)
- On néglige les dimensions de (S) par rapport à la longueur du fil, ainsi que tous les frottements.

1- Etude dynamique du pendule :

On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle $\theta_m = \frac{\pi}{20}$ dans le sens positif, et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0.

On repère la position du pendule à un instant t par son abscisse angulaire θ entre le pendule et la verticale passant par O, tel que $\theta = (\overrightarrow{OM_0}, \overrightarrow{OM})$ (voir figure).



1-1- Par application de relation fondamentale de la dynamique de rotation autour d'un axe fixe, montrer que l'équation différentielle du mouvement du pendule dans un repère galiléen lié à la terre s'écrit sous la forme : $\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta = 0$.

1-2- Calculer la valeur de la période propre T_0 du pendule.

1-3- Ecrire l'équation horaire du mouvement du pendule.

1-4- Par application de la deuxième loi de Newton, et sa projection sur les axes du repère de Freinet, exprimer l'intensité T de la tension du câble à l'instant t en fonction de : m, g, θ, ℓ et v (Vitesse linéaire du solide (S)).

Calculer la valeur de T à l'instant $t = \frac{T_0}{4}$.

2- Etude énergétique :

On communique au pendule précédent initialement au repos à t = 0, une énergie cinétique de valeur $E_C = 264{,}6$ J, qui le fait tourner dans le sens positif.

2-1- Ecrire l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du pendule à un instant t en fonction de θ, m, ℓ et g.

Le plan horizontal passant par M_0 et choisi comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

2-2- A l'aide d'une étude énergétique, déduire la valeur maximale θ_m de l'abscisse angulaire.

EXERCICE 3

2- Deuxième situation :

On fixe à l'extrémité libre d'un ressort de masse négligeable, à spires non jointives et de raideur K, un solide (S_2) de masse $m_2 = 182$ g. l'autre extrémité est fixée à un support fixe (Figure 2).

Le solide (S_2) est susceptible de glisser sur un plan horizontal.

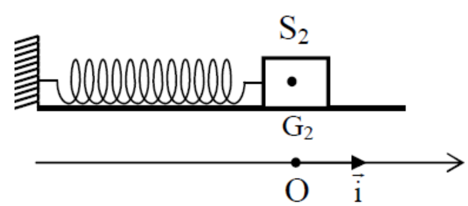


Figure 2

On écarte le solide (S_2) de sa position d'équilibre, d'une distance X_m, et on l'abandonne sans vitesse initiale.

Pour étudier le mouvement du centre de gravité G_2 du solide (S_2), on choisit un repère galiléen $(O,\vec{i})$, tel que G_2 coïncide à l'équilibre avec l'origine O.

On repère la position de G_2 à un instant t dans le repère $(O,\vec{i})$, par son abscisse x.

L'équation différentielle du mouvement de G_2

s'écrit sous la forme : $\ddot{x} + \frac{K}{m_2}x = 0$, et sa solution est : $x(t) = X_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$.

Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentée sur la figure 3.

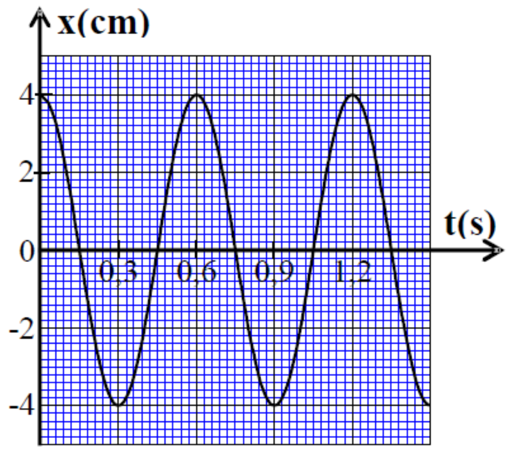


Figure 3

2-1- Déterminer graphiquement les grandeurs suivantes :

L'amplitude X_m, la période propre T_0 et la phase φ à l'origine des dates.

2-2- En déduire la valeur de la raideur K du ressort.

2-3- On choisit comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal auquel appartient G_2 à l'équilibre, et comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité, lorsque le ressort est non déformé.

a- Montrer que l'expression de l'énergie cinétique E_C du solide (S_2) s'écrit sous la forme : $E_C = \frac{K}{2}(X_m^2 - x^2)$.

b- Trouver l'expression de l'énergie mécanique E_m du système {solide (S_2) – ressort} en fonction de X_m et K, et déduire la valeur de la vitesse V_{G2} au passage de G_2 à la position d'équilibre dans le sens positif.

EXERCICE 4

Plusieurs appareils de mesure, comme le pendule de Cavendich ou le galvanomètre, utilisent les propriétés de torsion des fils rectilignes ou spirales.

On considère un pendule de torsion constitué, d'un fil en acier, vertical, de constante de torsion C, et d'une barre AB, homogène, suspendue en son centre d'inertie G à l'extrémité libre du fil (Figure 1).

On désigne par J_Δ, le moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe de rotation (Δ) colinéaire au fil de torsion.

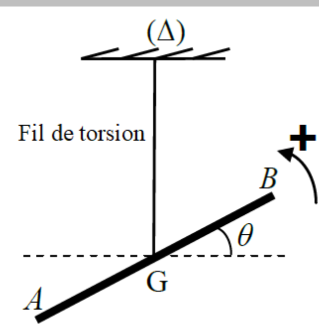


Figure 1

On tourne la barre AB, autour de (Δ), dans le sens positif d'un angle θ_m par rapport à la position d'équilibre, et on l'abandonne sans vitesse initiale à un instant considéré comme origine des temps. Il effectue un mouvement de rotation sinusoïdal.

On étudie le pandule dans un repère galiléen lié à la terre.

On repère la position de la barre à chaque instant par son abscisse angulaire θ par rapport à la position d'équilibre.

La position d'équilibre est choisie comme état de référence de l'énergie potentielle de torsion ($E_{Pt} = 0$ lorsque $\theta = 0$), et le plan horizontal passant par G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{PP} = 0$).

On donne : Le moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe de rotation (Δ) : $J_\Delta = 2{,}9.10^{-3}$ kg.m^2.
La courbe de la figure 2, représente les variations de l'énergie potentielle de torsion E_{Pt} en fonction du temps.

1- Déterminer l'énergie mécanique E_m de ce pendule.
2- Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ du pendule à l'instant $t_1 = 0{,}5$ s.
3- Calculer le travail W du couple de torsion entre les instant $t_0 = 0$ et t_1.

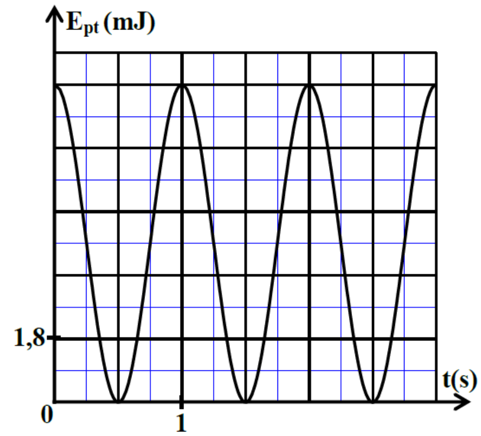


Figure 2

EXERCICE 5

L'homme a utilisé les hologes depuis longtemps, il a inventé plusieurs types tel que : l'horloge solaire, l'horloge hydraulique, l'horloge à sable… jusqu'à ce que le savant Huygens inventa l'horloge murale en 1657.
Le fonctionnement de cette horloge dépend de son balancier, qu'on modélise par un pendule pesant, effectuant des petites oscillations libres sans frottements.
Le pendule étudié est constitué d'une barre homogène AB, de masse m = 0,203 kg, et de longueur AB = ℓ = 1,5 m, susceptible de tourner dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ), fixe et passant par son extrémité A (figure 1).
On étudie le mouvement du pendule dans un repère lié à la terre et supposé galiléen.
On repère à chaque instant le pendule par son abscisse angulaire θ.
Le moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe (Δ) est : $J_\Delta = \frac{1}{3} m \ell^2$.
On admet que dans le cas des petites oscillations que : $\sin\theta \approx \theta$ avec θ en rad.

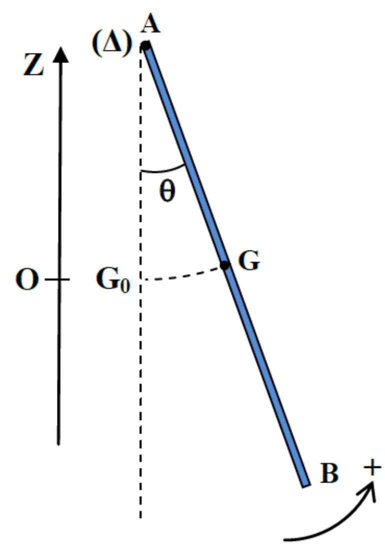


Figure 1

On désigne l'intensité de pesanteur par la lettre g.
On écarte le pendule de sa position d'équilibre stable d'un petit angle θ_m dans le sens positif, et on le lâche sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des temps.

1- **Etude dynamique du pendule pesant :**

1-1- Par application de la relation fondamentale de la dynamique de rotation, établir l'équation différentielle du mouvement du pendule.

1-2- Préciser la nature du mouvement du pendule pesant, et écrire son équation horaire θ(t) en fonction de t, θ_m et la periode propre T_0.

1-3- Montrer que l'expression de la période propre T_0 est : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2\ell}{3g}}$.

1-4- Calculer la valeur de la longueur L du pendule simple synchrone au pendule pesant étudié.

2- Etude énergétique du pendule pesant :

On choisit le plan horizontal contenant le point G_0, position du centre de gravité G de la barre à la position d'équilibre stable, comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{PP} = 0$).

La figure 2 représente les variations de l'énergie potentielle de pesanteur $E_{PP}(\theta)$ du pendule étudié dans l'intervalle $[-\theta_m, \theta_m]$.

Par exploitation du diagramme d'énergie :

2-1- Donner la valeur de l'énrgie mécanique E_m du pendule.

2-2- Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ du pendule au passage par la position repérée par l'abscisse angulaire : $\theta = \frac{2}{3}\theta_m$.

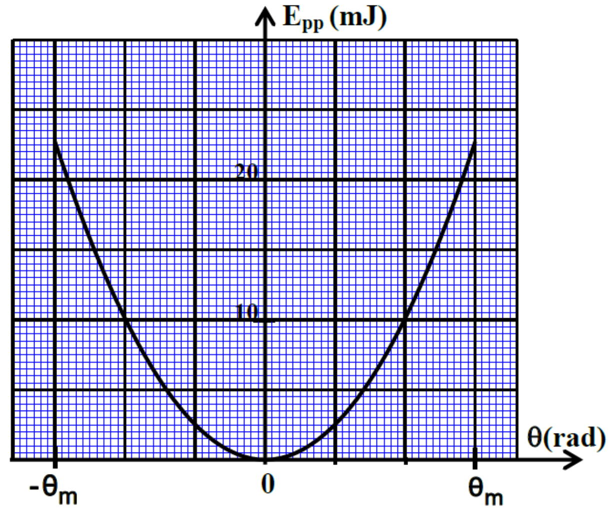


Figure 2

EXERCICE 6

Plusieurs appareils mécaniques, comme les voitures, les vélos… contiennent des ressorts, dont résulte des oscillations mécaniques.

Cette partie vise l'étude énergétique d'un système oscillant (Solide-ressort) horizontal.

On considère un oscillateur mécanique horizontal, constitué d'un solide (S) de masse m et de centre d'inertie G, fixé à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur $k = 10\ N.m^{-1}$, dont l'autre extrémité est fixée à un support fixe. Le solide glisse sans frottements sur un plan horizontal.

On étudie le mouvement de l'oscillateur dans un repère galiléen $(O,\vec{i})$ lié à la terre, et son origine coïncide avec G à l'équilibre de (S).

On repère la position de G à un instant t par l'abscisse x. (Figure 4)

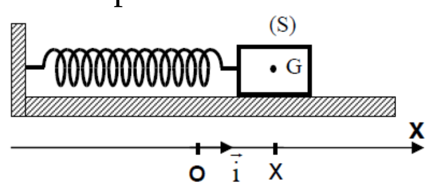
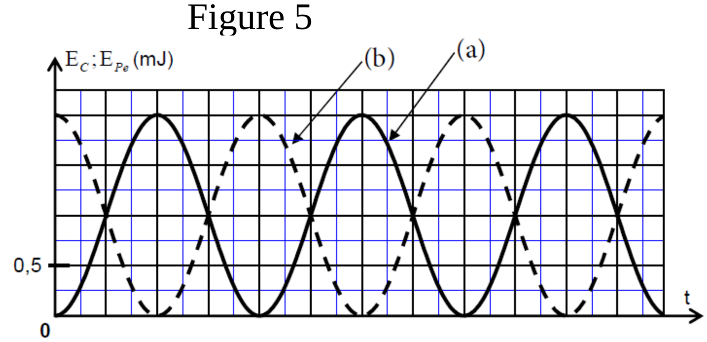


Figure 4

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre, dans le sens positif, d'une distance X_0, et on l'abandonne sans vitesse initiale, à un instant considéré comme origine des temps.

On choisit le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur, et l'état où le ressort est non allongé comme référence de l'énergie potentielle d'élasticité.

On obtient, à l'aide d'un matériel informatique convenable, les deux courbes représentatives des variations de l'énergie cinétique E_C et de l'énergie potentielle d'élasticité E_{Pe} du système oscillant en fonction du temps. (Figure 5)

Figure 5


1- Laquelle des deux courbes (a) et (b) représente les variations de l'énergie cinétique E_C ? Justifier.

2- Donner la valeur de l'énergie mécanique E_m du système oscillant.

3- En déduire la valeur de la distance X_0.

4- Déterminer, à l'aide de la variation de l'énergie potentielle d'élasticité du système oscillant, le travail $W_{A \to O}(\vec{T})$ de la force de rappel $\vec{T}$ appliquée par le ressort sur (S), au cours du déplacement de G de la position A d'abscisse $x_A = X_0$ à la position O.

EXERCICE 7

Pour étudier quelques lois physiques régissant le mouvement d'un pendule simple, considéré comme cas particulier du pendule pesant, une enseignante utilise avec ses élèves un pendule simple constitué de :

- Un fil inextensible de longuor ℓ et de masse négligeable ;
- Une bille sopposée ponctuelle, de masse m = 0,1 kg ;

A l'instant t = 0, un élève écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un petit angle θ_m, et il le libère sans vitesse initiale. A l'aide d'une caméra numérique, une élève enregistre la bille au cours de son mouvement.

Le mouvement du pendule s'effectue dans un plan vertical, autour d'un axe fixe (Δ), horizontal et passant par l'éxtrémité O du fil.

La position du pendule est repérée, à tout instant, par l'abscisse angulaire θ. (Figure 2)

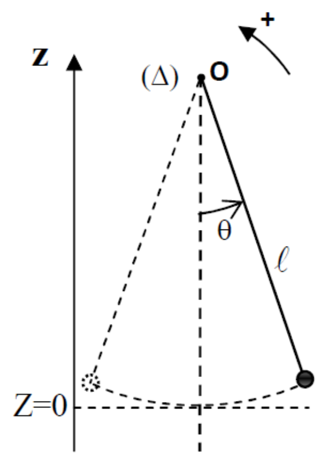


Figure 2

Données :

- On néglige tous les frottements ;
- On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$;
- Le plan horizontal passant par la position d'équilibre de la balle est choisi comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP}.
- L'étude du mouvement se fait dans un repère terrestre supposé galiléen.

Après traitement informatique du film, l'enseignante obtient les deux courbes $E_{PP}(t)$ et θ(t) représentées sur la figure 3.

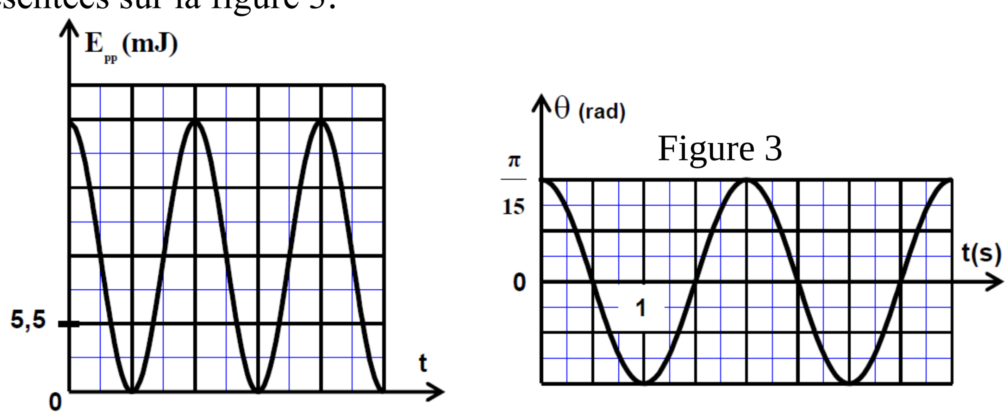


Figure 3

1- Déterminer graphiquement, la valeur de l'angle maximal θ_m et celle la période T_0 de l'oscillateur.

2- Choisir, par analyse dimensionnelle, l'expression juste, parmi les deux expressions suivantes : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{\ell}}$ et $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

3- Calculer la longueur ℓ du pendule simple étudié.

4- En exploitant le diagramme d'énergie, déterminer :

4-1- L'éneregie mécanique E_m du pendule simple.

4-2- La valeur absolue de la vitesse linéaire de la bille au passage par sa position d'équilibre.

EXERCICE 8

On étudie dans cette partie, les oscillations d'un système mécanique (solide-ressort) dans une situation où les frottements fluides ne sont pas négligeables.
On considère un solide (S) de masse m et de centre d'inertie G, fixé à l'extrémité d'un ressort, de masse négligeable, à spires non jointives et de raideur $k = 20\ N.m^{-1}$, dont l'autre extrémité est fixée à un support A fixe. On fixe à (S), à l'aide d'une tige, une plaque qu'on immerge partiellement dans un liquide visqueux, comme indiqué sur la figure 2.

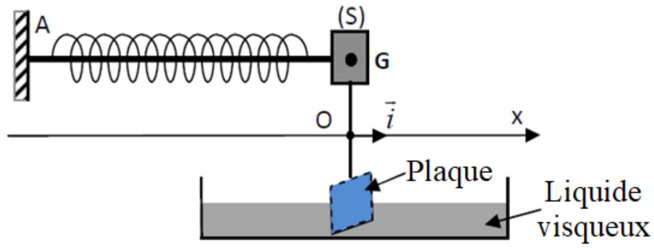


Figure 2

- On néglige les masses de la tige et de la plaque devant la masse du solide (S) ;
- On repère la position de G sur l'axe (O,x) à l'instant t, par l'abscisse x ;
- La position G_0 de G à l'équilibre, coincïde avec l'origine O de l'axe (O,x) ;
- On étudie le mouvement de G dans un repère terrestre supposé galiléen ;
- On choisit la position G_0 comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité de l'oscillateur, et le plan horizontal passant par G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
- Le ressort est non déformé à l'équilibre.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre, d'un distance d et on le lâche sans vitesse initiale. Une carte d'aquisition informatique permet de tracer les variations de l'abscisse de G en fonction du temps. (Figure 3)

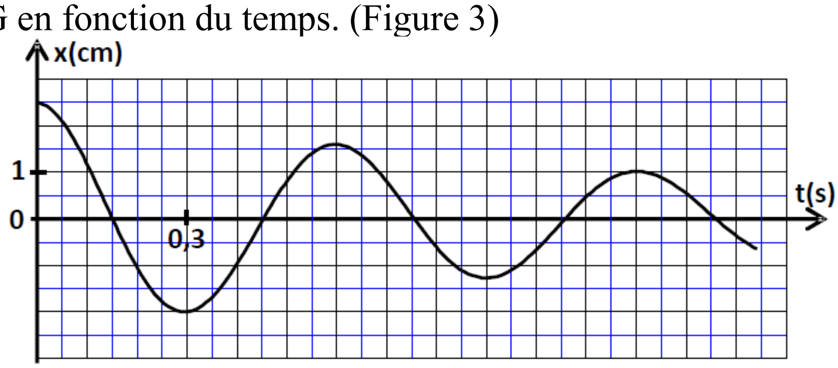


Figure 3

1- Quel régime des oscillations mis en évidence par la courbe de la figue 3 ?

2- En calculant la variation de l'énergie potentielle d'élasticité de l'oscillateur entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 1,2$ s, trouver le travail $W(\vec{F})$ de la force de rappel appliquée par le ressort entre ces deux instants.

3- Déterminer la variation de l' énergie mécanique ΔE_m du système entre les instants t_0 et t_1. Donner une explication du résultat obtenu.

EXERCICE 9

Le pendule de torsion permet de déterminer quelques grandeurs physiques caractéristiques de la matière, comme la constante de torsion des matériaux solides déformables, et les moments d'inertie des oscillateurs mécaniques.
On étudira de façon simplifiée, la méthode de détermination de la constante de torsion d'un fil métallique, et quelques grandeurs dynamiques et cinématiques, en exploitant les diagrammes d'énergie du pendule de torsion.

Le pendule de torsion se compose d'un fil de torsion vertical de constante de torsion C, et d'une barre AB homogène, de moment d'inertie $J_\Delta = 2,4.10^{-3}$ kg.m^2 par rapport à un axe vertical (Δ) colinéaire au fil et passant par le centre d'inertie G de la barre.

On tourne la barre, horizontalement, dans le sens positif, autour de (Δ), d'un angle $\theta_m = 0,4$ rad par rapport à la position d'équilibre, et on la lâche sans vitesse initiale à un instant t = 0, considéré comme origine des temps.

On repère la position de la barre à chaque instant par son abscisse angulaire θ par rapport à sa position d'équilibre (Figure 1)

On étudie le mouvement du pendule dans un repère lié à la terre et supposé galiléen.

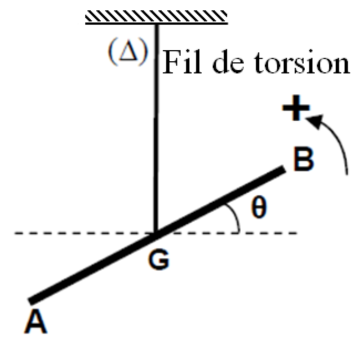


Figure 1

La position d'équilibre est choisie comme état de référence de l'énergie potentielle de torsion, et le plan horizontal passant par G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

On néglige tous les frottements.

Les courbes (a) et (b) de la figure 2, représentent les variations, en fonction du temps, des énergies : potentielle E_p et cinétique E_C, de l'oscillateur.

1- Affecter, à chaque courbe, l'énergie correspondante. Justifier.

2- Déterminer la valeur de la constante de torsion C du fil métallique.

3- Trouver la valeur absolue de la vitesse angulaire à l'instant de passage de l'oscillateur par une position d'abscisse angulaire $\theta_1 = 0,2$ rad.

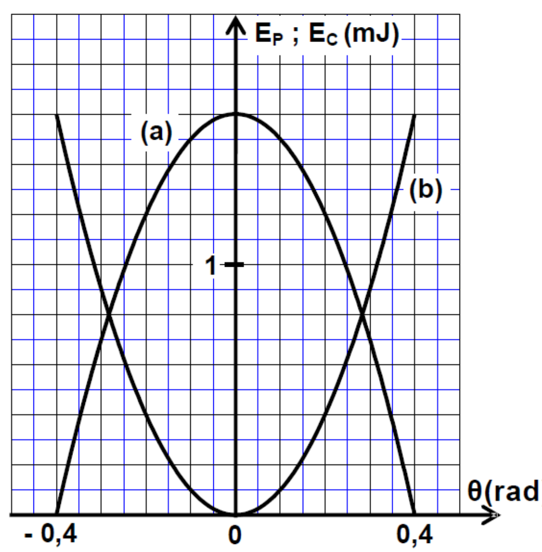


Figure 2

4- Calculer le travail du couple de torsion W_C lorsque l'oscillateur passe de la position d'équilibre repérée par l'abscisse angulaire $\theta = 0$, à la position repérée par l'abscisse angulaire θ_1.

EXERCICE 10

Pour les philosophes grecs, un objet "lourd", en tombant, cherche à rejoindre son lieu naturel, qui est le centre de la Terre, par conséquent le « bas ». Le pendule simple posait un réel problème: pourquoi l'objet lourd au bout de la ficelle, lâché d'une certaine hauteur, ne rejoint-il pas directement son lieu naturel, qui est le bas, mais continue son mouvement vers le « haut » ?
Au moyen âge, avec Galilée et Newton, ce problème a été résolu.

Le pendule simple est considéré comme cas particulier du pendule pesant. On étudie dans cette partie le pendule simple de point de vue énergétique.

Un pendule simple est constitué d'une boule de petites dimensions et de masse m, suspendue à l'extrémité d'un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur L. L'autre extrémité du fil est accrochée en un point fixe A. On écarte le pendule d'un angle θ_m par rapport à sa position d'équilibre stable et on le lâche sans vitesse initiale à l'instant de date t = 0 . Le pendule oscille librement dans le plan (O,x,y) autour d'un axe fixe Δ horizontal passant par A.
L'étude du pendule est réalisée dans un référentiel terrestre supposé galiléen.
A chaque instant, la position du pendule est repérée par son abscisse angulaire θ.
On choisit l'énergie potentielle de pesanteur nulle au niveau du point O ; position d'équilibre stable du pendule (figure 2).
On néglige les frottements et on travaille dans l'approximation de faibles oscillations.

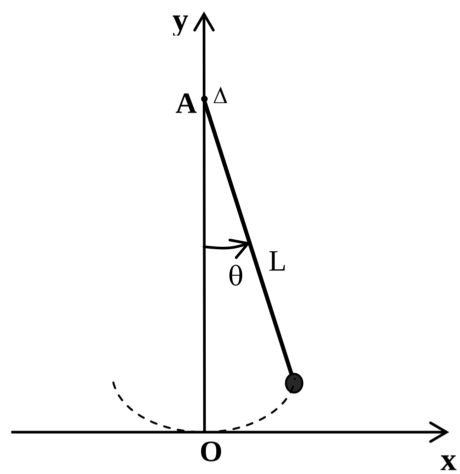


Figure 2

Données :
- Masse de la boule : m = 350 g ;
- Longueur du pendule : L = 58 cm ;
- g = 9,81 m.s^{-2} ;
- Moment d'inertie du pendule est : $J_\Delta = m.L^2$;

- pour les angles petits: $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$.

1. Ecrire, dans le cas de faibles oscillations, l'expression de l'énergie mécanique E_m du pendule en fonction de m , g , L , θ et la vitesse angulaire $\dot{\theta}$.

2. La figure 3 représente le diagramme d'énergie du pendule étudié.

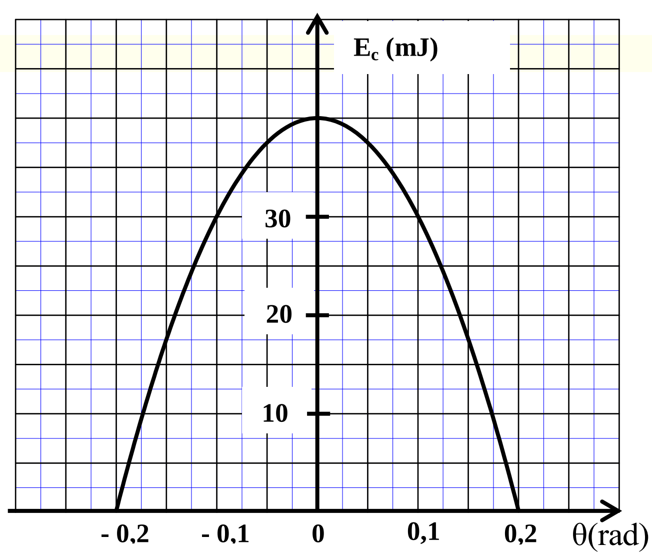


Figure 3

Déterminer la valeur de :

2.1. L'abscisse angulaire maximale θ_{max}.

2.2. L'énergie mécanique E_m du pendule.

2.3. La vitesse linéaire maximale v_{max} du pendule.

3. Calculer les deux abscisses angulaires θ_1 et θ_2 pour lesquelles l'énergie potentielle est égale à l'énergie cinétique.

EXERCICE 11

Le gravimètre est un appareil qui permet de déterminer, avec une grande précision, la valeur de g *; valeur d'intensité du champ de pesanteur en un lieu donné.*
Les domaines d'utilisation des gravimètres sont nombreux : la géologie, l'océanographie, la sismologie, l'étude spatiale, la prospection minière….etc.

On modélise un type de gravimètres par un système mécanique oscillant constitué de :

- une tige AB, de masse négligeable et de longueur L, pouvant tourner dans un plan vertical autour d'un axe fixe (Δ) horizontal passant par l'extrémité A ;

- un corps solide (S), de masse m et de dimensions négligeables, fixé à l'extrémité B de la tige ;

- un ressort spiral, de constante de torsion C, qui exerce sur la tige AB un couple de rappel de moment $M_C = -C.\theta$; où θ désigne l'angle que fait AB avec la verticale ascendante Ay. (figure1)

On étudie le mouvement de ce système mécanique dans un repère orthonormé $(A,\vec{i},\vec{j})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

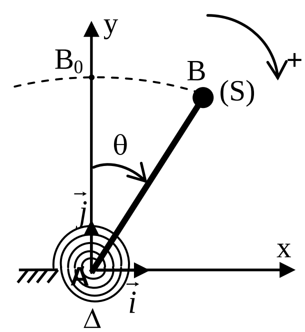


Figure 1

Données :

- masse du solide (S) : $m = 5.10^{-2}\ kg$;
- longueur de la tige : $L = 7.10^{-1}\ m$;
- constante de torsion du ressort spiral : $C = 1{,}31\ N.m.rad^{-1}$;
- expression du moment d'inertie du système par rapport à l'axe (Δ) : $J_\Delta = m.L^2$;
- pour les angles faibles : $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1 - \dfrac{\theta^2}{2}$ avec θ en radian .

On écarte le système mécanique de sa position d'équilibre vertical d'un angle petit θ_{max} dans le sens positif puis on le lâche sans vitesse initiale à un instant t=0.
Le système est repéré, à chaque instant t, par son abscisse angulaire θ.
On néglige tous les frottements.

1- Etude dynamique

1.1. En appliquant la relation fondamentale de la dynamique dans le cas de la rotation autour d'un axe fixe, montrer que l'équation différentielle du mouvement du système étudié s'écrit, pour les faibles oscillations, sous la forme : $\ddot{\theta} + (\dfrac{C}{m.L^2} - \dfrac{g}{L}).\theta = 0$.

1.2. En utilisant les équations aux dimensions, déterminer la dimension de l'expression $(\dfrac{C}{m.L^2} - \dfrac{g}{L})$.

1.3. Pour que la solution de l'équation différentielle précédente soit sous la forme :
$\theta(t) = \theta_{max}.\cos(\dfrac{2\pi}{T}t + \varphi)$, il faut que la constante de torsion C soit supérieure à une valeur minimale C_{min}. Trouver l'expression de C_{min} en fonction de L, m et g .

1.4. La courbe de la figure 2 représente l'évolution de l'abscisse angulaire $\theta(t)$ dans le cas où $C > C_{min}$.

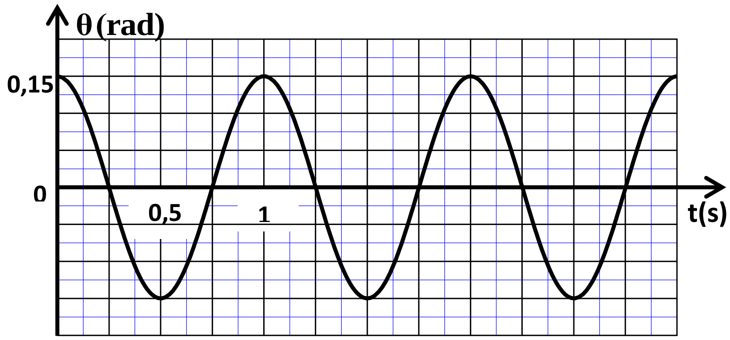


Figure 2

1.4.1. Déterminer la période T, l'amplitude θ_{max} et la phase à l'origine φ .

1.4.2. Trouver l'expression de l'intensité de pesanteur g en fonction de L, m, C et T .
Calculer sa valeur . (on prend $\pi = 3{,}14$).

2- Etude énergétique

Un système d'acquisition informatisé a permis de tracer la courbe de la figure3, qui représente les variations de l'énergie cinétique E_C du système étudié en fonction de l'abscisse angulaire θ dans le cas de faibles amplitudes.

On choisit le niveau horizontal passant par B_0 comme état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur ($E_{pp} = 0$), et on choisit l'énergie potentielle de torsion nulle ($E_{pt} = 0$) pour $\theta = 0$.

En exploitant la courbe de la figure3, déterminer :

2.1. la valeur de l'énergie mécanique E_m du système étudié.

2.2. la valeur de l'énergie potentielle E_p du système à la position $\theta_1 = 0{,}10\,\text{rad}$.

2.3. la valeur absolue de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ du système à l'instant de son passage par la position $\theta = 0$.

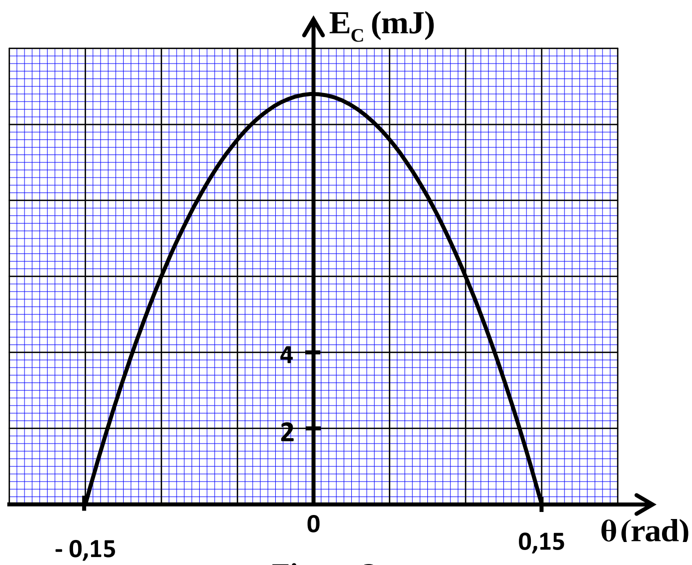


Figure 3

EXERCICE 12

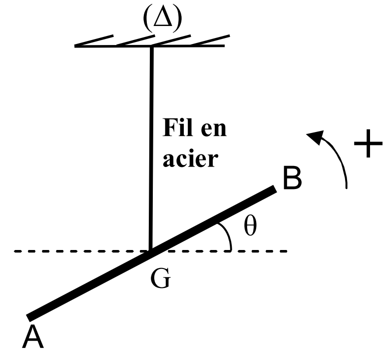
Historiquement, Cavendish a utilisé le pendule de torsion pour déterminer la valeur de G, la constante d'attraction universelle. Ce type de pendule est utilisé parfois, pour déterminer la constante de torsion des matériaux solides et déformables.

On se propose de déterminer la valeur de la constante de torsion d'un fil en acier ainsi que le moment d'inertie d'une tige en exploitant les diagrammes d'énergie.

Un pendule de torsion est constitué d'un fil en acier vertical, de constante de torsion C, et d'une tige AB homogène de moment d'inertie J_Δ par rapport à un axe vertical (Δ) confondu avec le fil et passant par le centre d'inertie G de la tige.

On écarte la tige horizontalement, dans le sens positif, d'un angle $\theta_m = 0,8\,rad$ par rapport à sa position d'équilibre et on la lâche sans vitesse initiale à un instant t=0.

On repère la position de la tige à chaque instant par l'abscisse angulaire θ par rapport à la position d'équilibre. (voir figure ci-contre)

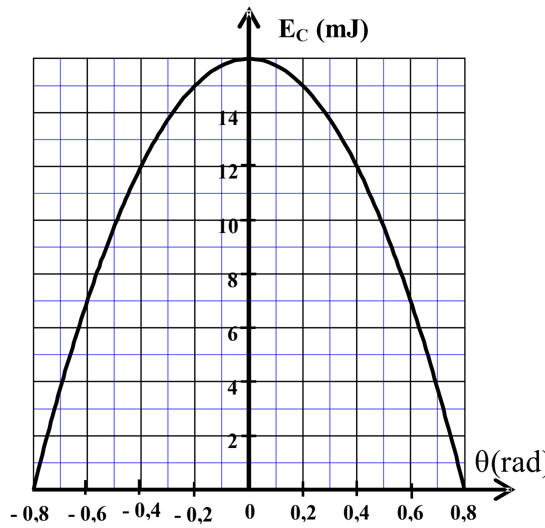


On étudie le mouvement du pendule dans un référentiel terrestre considéré galiléen.

On considère la position d'équilibre du pendule comme référence de l'énergie potentielle de torsion et le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

On néglige tout frottement.

La courbe de la figure ci-contre, représente les variations de l'énergie cinétique E_C du pendule en fonction de l'angle θ.



1. Ecrire l'expression de l'énergie mécanique du pendule en fonction de C, J_Δ, θ et la vitesse angulaire $\dot{\theta}$.

2. Déterminer la valeur de la constante de torsion C du fil en acier.

3. Sachant que la vitesse angulaire maximale est $\dot{\theta}_{max} = 2,31\,rad.s^{-1}$, Trouver la valeur de J_Δ.

EXERCICE 13

Un système oscillant est constitué d'un solide (S), de centre d'inertie G et de masse m, et d'un ressort horizontal, à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur $K = 20\,N.m^{-1}$.

Le solide (S) est accroché à l'une des deux extrémités du ressort, l'autre extrémité est fixée à un support immobile.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre d'une distance X_m puis on le lâche sans vitesse initiale. Le solide (S) oscille sans frottements sur un plan horizontal. (figure1)

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère $(O,\vec{i})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen. L'origine O de l'axe coïncide avec la position de G lorsque le solide (S) est à l'équilibre.

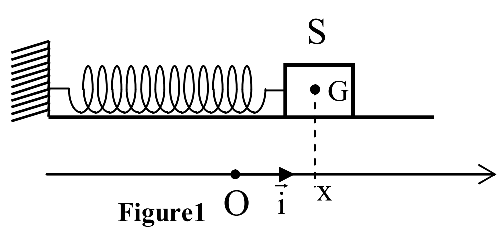


Figure1

On repère ,dans le repère $(O,\vec{i})$, la position de G à un instant t par l'abscisse x

On choisit le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur et l'état où G est à la position d'équilibre (x=0) comme référence de l'énergie potentielle élastique.

L'équation horaire du mouvement de G s'écrit sous forme $x(t) = X_m.\cos(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi)$.

La courbe de la figure 2 représente le diagramme des espaces x(t)

1- Déterminer les valeurs de X_m, T_0 et de φ .

2- Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m de l'oscillateur étudié.

3- Trouver la valeur de l'énergie cinétique E_{C1} de l'oscillateur mécanique à l'instant $t_1 = 0,3\,s$.

4- Calculer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force de rappel lorsque le centre d'inertie G se déplace de la position A d'abscisse $x_A = 0$ à la position B d'abscisse $x_B = \frac{X_m}{2}$.

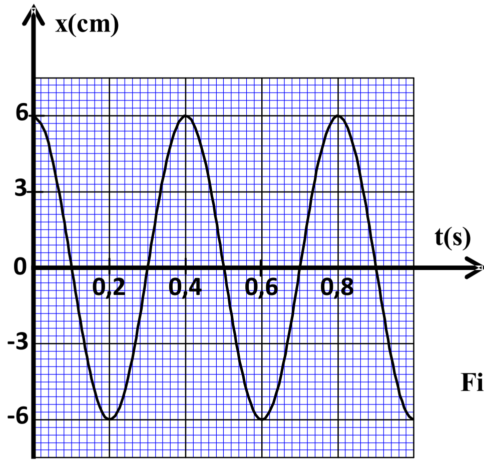


Figure2

EXERCICE 14

On modélise une partie d'une machine mécanique par un oscillateur horizontal, constitué d'un solide (S), de centre d'inertie G et de masse m fixé à l'extrémité d'un ressort horizontal à spires non jointives de masse négligeable et de raideur $K = 35\,N.m^{-1}$.
L'autre extrémité est attachée à un support immobile.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre d'une distance X_m puis on le lâche sans vitesse initiale.
Le solide (S) oscille sans frottements sur un plan horizontal.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G dans un repère $(O,\vec{i})$ lié à un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

La position de G, lorsque le solide (S) est à l'équilibre, coïncide avec l'origine O de l'axe $(O,\vec{i})$.

On repère la position de G à un instant t par l'abscisse x dans le repère $(O,\vec{i})$. (figure3, page suivante)

On choisit la position de G à l'état d'équilibre (x=0) comme référence de l'énergie potentielle élastique.

L'équation horaire du mouvement de G s'écrit sous la forme: $x(t) = X_m.\cos(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi)$.

La courbe de la figure 4 représente les variations de l'abscisse x en fonction du temps.

1. Déterminer les valeurs de X_m, T_0 et φ .

2. Trouver la valeur de l'énergie potentielle élastique E_{pe1} du système mécanique à la date $t_1 = 0,5\,s$.

3. Calculer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force de rappel, lorsque le centre d'inertie G se déplace de la position A d'abscisse $x_A = X_m$ à la position B d'abscisse $x_B = -X_m$.

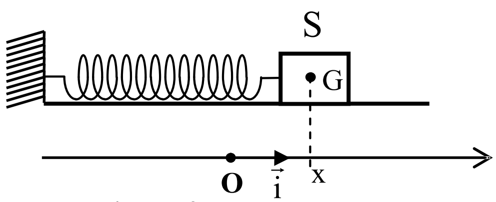
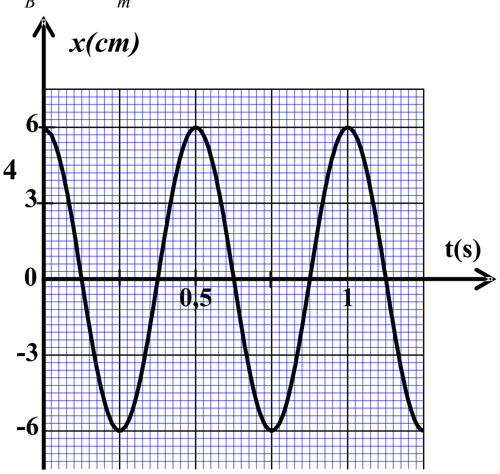


Figure 3

Figure 4



EXERCICE 15

torsion

Cette partie de l'exercice se propose de déterminer la constante de torsion d'un fil métallique à l'aide d'une étude énergétique d'un pendule de torsion.

Un pendule de torsion est constitué d'un disque homogène S suspendu en son centre d'inertie par un fil métallique vertical de constante de torsion C (figure 3).

On fait tourner le disque horizontalement, de sa position d'équilibre, dans le sens positif d'un angle $\theta_m = 0{,}5\,\text{rad}$, autour de l'axe (Δ) matérialisé par le fil métallique, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des dates (t = 0). Il effectue alors, un mouvement de rotation sinusoïdal.

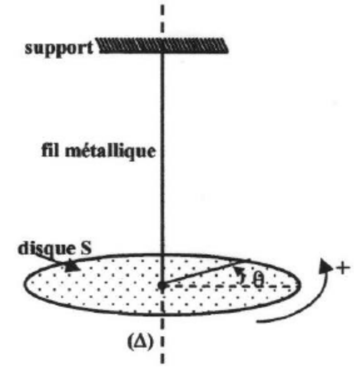


Figure 3

On étudie le mouvement du pendule dans un référentiel terrestre considéré galiléen.

A la date t, l'angle de rotation du disque est θ.

On prend le plan horizontal confondu avec le plan du disque comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur, et la position d'équilibre du disque (θ=0) comme référence de l'énergie potentielle de torsion.

Le graphe de la figure 4 représente les variations de l'énergie potentielle de torsion E_{pt} en fonction du temps.

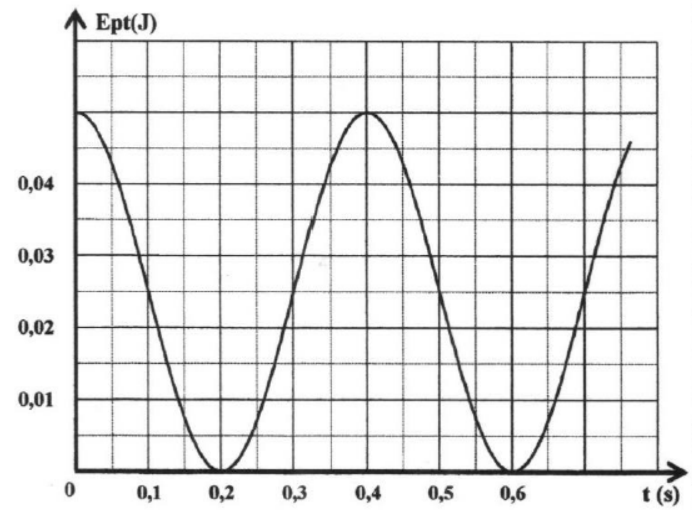


Figure 4

En exploitant la courbe de la figure 4 :

1. Déterminer l'énergie potentielle de torsion maximale $E_{pt\,max}$ et déduire la constante de torsion C.

2. sachant que l'énergie mécanique E_m du pendule étudié se conserve, montrer que $E_m = 0,05\,J$.

3. Trouver la valeur de l'énergie cinétique E_{c1} du pendule à l'instant $t_1 = 0,3\,s$.

EXERCICE 16

Une petite fille joue sur une balançoire attachée à un support fixe.

On modélise le système mécanique (fille - balançoire) par un pendule simple constitué d'un fil inextensible de longueur L et de masse négligeable, et d'un solide (S) de masse m et de dimensions négligeables devant la longueur L.

On rappelle qu'un pendule simple est un cas particulier du pendule pesant.

Le pendule se trouve au repos à sa position d'équilibre stable.

A la date $t = 0$, On lance le pendule avec une vitesse initiale dans le sens positif de telle façon qu'il acquiert une énergie cinétique $E_{C0} = 13{,}33$ J ; le pendule effectue alors un mouvement oscillatoire sinusoïdal d'élongation maximale $\theta_{max} = 0{,}20\,rad$.

La position du pendule à un instant t est repérée par l'abscisse angulaire θ . (voir figure 2)

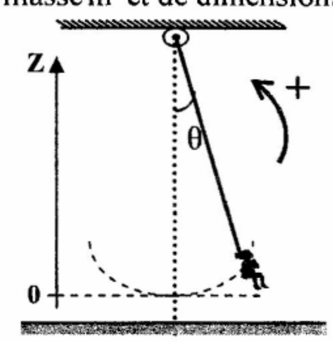


Figure 2

Le plan horizontal passant par la position d'équilibre stable $(\theta=0)$ est pris comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur $(Epp=0)$.

L'étude se limite au cas de faibles oscillations et se fait dans un référentiel galiléen lié à la terre. On néglige tout frottement.

Données :

-Longueur du pendule simple : $L=2\,m$;

-L'intensité de pesanteur : $g=9,8\,m.s^{-2}$;

-Dans le cas de faibles oscillations: $\cos\theta \approx 1-\frac{\theta^2}{2}$, avec θ en radian ;

-On rappelle la relation trigonométrique : $\cos^2\theta+\sin^2\theta=1$.

1. Par analyse dimensionnelle, montrer que l'expression $T_0=2\pi.\sqrt{\frac{L}{g}}$ est homogène.

2. L'équation horaire du mouvement de ce pendule est : $\theta(t)=\theta_{max}.\cos(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi)$.

Déterminer, dans le système international des unités, les valeurs de T_0 et de φ.

3. Montrer que l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du pendule est de la forme :

$$E_{pp}(t)=\frac{1}{2}m.g.L.\theta_{max}^2.\cos^2(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi).$$

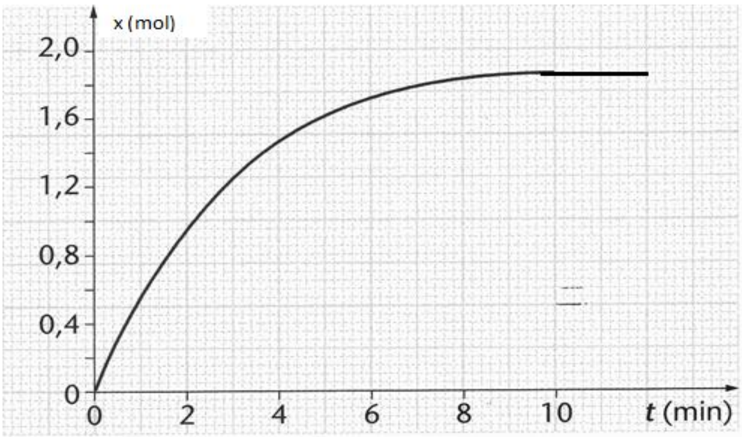
4. Montrer que l'expression de l'énergie mécanique du pendule est de la forme: $E_m=\frac{1}{2}m.g.L.\theta_{max}^2$.

5. En exploitant la conservation de l'énergie mécanique, calculer la masse m du solide (S).

Suivi d'une transformation chimique

Exercice 1

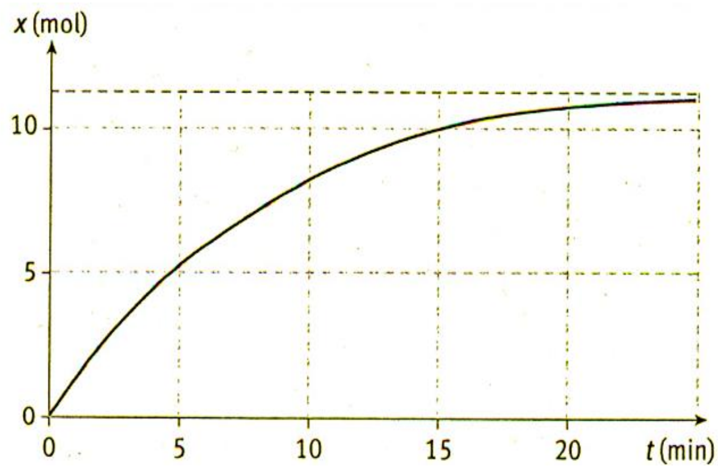
La courbe ci-dessous représente les variations de l'avancement x d'une transformation chimique se produisant en solution aqueuse, en fonction du temps. Le volume V du mélange réactionnel est constant.



1. Justifier l'allure de la courbe en évoquant l'influence d'un facteur cinétique.
2. Quel est l'avancement final de cette réaction ?
3. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et le déterminer.
4. Dessiner en vert l'allure de la courbe si l'évolution s'effectuait à une température plus importante. Expliquer.
5. Dessiner en bleu l'allure de la courbe si l'évolution s'effectuait dans un grand volume d'eau. Expliquer.

Exercice 2

La figure suivante représente la courbe d'évolution temporelle de l'avancement x d'une réaction chimique. La transformation chimique correspondante a été étudiée à une température constante. Le volume V de solution est égal à 1,0 L et il est constant au cours de la transformation.



1- Graphiquement, à quoi correspond la vitesse de réaction à un instant t?
2- Calculer v_0 la vitesse de réaction à l'instant de date $t_0 = 0$ min et v_1 celle à l'instant de date t_1=5min. Comparer v_1 et v_0.
3- Comment évolue la vitesse de réaction au cours du temps ? Donner une interprétation de cette variation en envisageant un facteur cinétique.
4- Donner la définition du temps de demi-réaction.
5- Par lecture graphique, déterminer la valeur finale atteinte par l'avancement de la réaction.
6- En déduire la valeur du temps de demi-réaction pour la transformation considérée.
7- Tracer en couleur sur le graphe l'évolution temporelle de l'avancement x pour la même transformation mais à une température plus élevée.

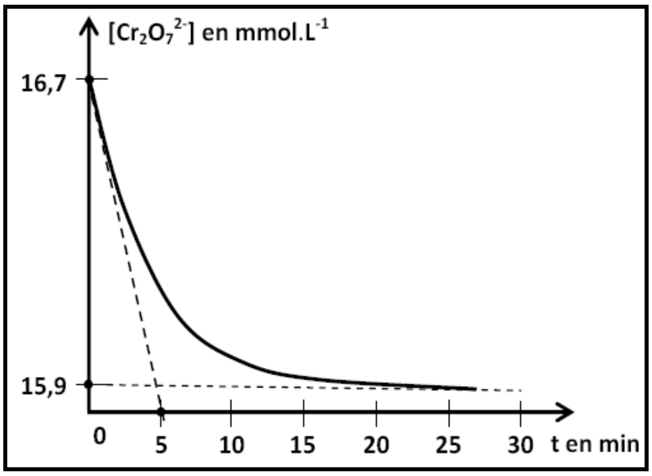
Exercice 3

Pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on utilise la réaction chimique suivante :
$3\ CH_3CH_2OH_{(aq)} + 2\ Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 16\ H^+(aq) \rightarrow 3\ CH_3COOH_{(aq)} + 4\ Cr^{3+}{}_{(aq)} + 11\ H_2O_{(l)}$.Cette réaction est lente, son évolution est suivie par dosage.

À la date t = 0, on mélange v_p=2mL de sang prélevé au bras d'un conducteur avec v= 10mL d'une solution aqueuse acidifiée de dichromate de potassium ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$) de concentration molaire $C=2.10^{-2}$ mol.L^{-1}. Le volume total du mélange réactionnel est V_M = 12 mL.

Un suivi temporel obtenu par dosage des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ a permis de tracer la courbe suivante.

1- Établir le tableau d'avancement du système en désignant par n_0 la quantité de matière initiale d'alcool présente dans les 2mL de sang, et par n_1 la quantité de matière initiale en ions dichromate introduite dans le mélange réactionnel. (L'ion H+ est en excès).
2- Quelle relation existe entre l'avancement x de la réaction, la concentration en ions dichromate $[Cr_2O_7^{2-}]$ dans le mélange, le volume V_M du mélange réactionnel, et la quantité n1 ?
3- La réaction peut être considérée comme totale. À l'aide du graphique $[Cr_2O_7^{2-}] = f(t)$, calculer l'avancement maximal.
4- Le taux autorisé d'alcool est de 0,5 g dans 1 L de sang. Le conducteur est-il en infraction ?
5- Donner la définition de la vitesse de la réaction.
6- Déterminer sa valeur à l'instant initial.

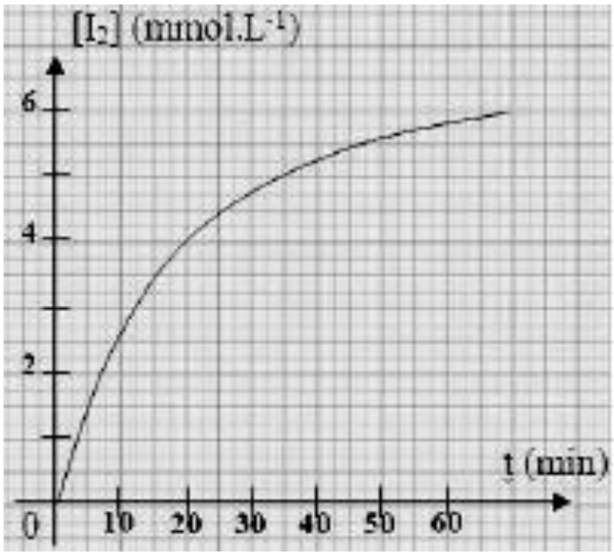


Données :
Masse molaire moléculaire de l'éthanol : 46 g.mol^{-1}.

Exercice 4

Lors d'une séance de travaux pratiques, on mélange un volume V_1 = 10mL de solution de peroxodisulfate de sodium $Na_2S_2O_8$ de concentration C_1=0,10 mol.L^{-1} avec un volume V_2=90mL de solution d'iodure de potassium KI de concentration C_2 =0,10 mol.L^{-1}.

Par une méthode convenable, on détermine, à différents instants, la concentration $[I_2]$ du diiode et on trace la courbe $[I_2] = f(t)$ (figure ci-contre).



1- Ecrire l'équation chimique de la réaction qui modélise cette transformation, les couples rédox mis en jeu I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.
2- S'agit-il d'une transformation lente ou rapide?
3- Montrer que l'un des réactifs est en excès.
4- Calculer la concentration du diiode à l'état final.
4- Déduire l'avancement final x_f de la réaction ainsi que le temps de demi-réaction.
5- Calculer la concentration finale du réactif en excès.

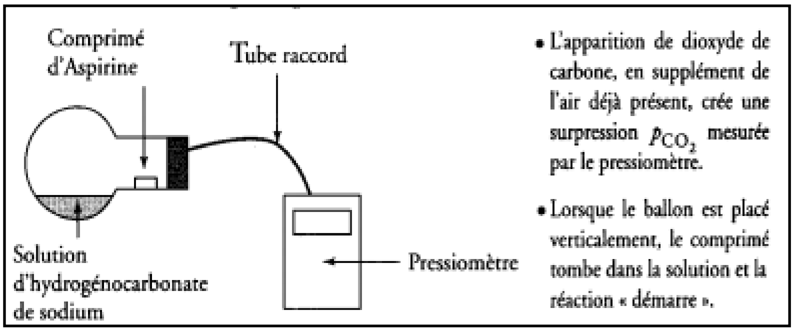
Exercice 5

Un comprimé d'aspirine effervescent est mis dans un verre d'eau. Entre l'aspirine, principe actif du médicament, et l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- , se produit une réaction dont l'équation est :

$$C_9H_8O_{4\,(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow C_9H_7O_4^-{}_{(aq)} + CO_{2\,(g)} + H_2O_{(l)}.$$

Dans tout l'exercice, elle sera considérée comme totale.

1- On envisage de reproduire la réaction précédente au laboratoire en mettant en contact un comprimé d'aspirine 500 non effervescent, qui contient donc 500mg de principe actif et une solution d'hydrogénocarbonate de sodium.



Le dispositif expérimental d'étude est schématisé ci-contre. Le dioxyde de carbone produit sera considéré comme un gaz parfait.

Le volume total de l'enceinte est : V= 310 mL et la température de l'expérience est : θ=26,0°C.

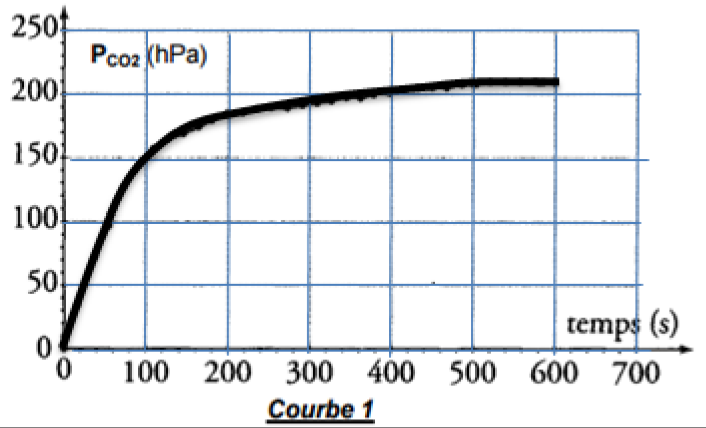
La constante des gaz parfaits est : R = 8,31SI.

La solution d'hydrogénocarbonate de sodium ($Na^{+}_{(aq)}+HCO_3^{-}{}_{(aq)}$) introduite dans le ballon a un volume V_1=10mL et une concentration molaire en soluté apporté : C_1=0,500 mol.L^{-1}.

On donne $M(C_9H_8O_4)$=180g/mol

Vérifier que la solution introduite permet la consommation totale de l'aspirine contenue dans un comprimé.

2- ***La réaction est suivie par une méthode physique : mesure de la pression à l'intérieur d'une enceinte étanche.***



Courbe 1

Le suivi expérimental de la surpression P_{CO2}, provoquée par l'apparition du dioxyde de carbone dans l'enceinte étanche, donne lieu à la Courbe 1 ci-dessous. Montrer que l'on a sensiblement la relation numérique suivante donnant la quantité de matière de dioxyde de carbone formé : $n_{CO2} = 1,21.10^{-7}. P_{CO2}$. Préciser les unités intervenant dans cette formulation.

3- Construire le tableau d'avancement de la transformation chimique étudiée.

4- Exprimé la vitesse instantanée de la réaction en: $\frac{dP(CO_2)}{dt}$.

5- Déterminer une valeur numérique de cette vitesse à l'instant t = 0 s.

6- Établir la relation entre la quantité de dioxyde de carbone formée, $n(CO_2)$, et la quantité d'aspirine consommée, n_{asp}.

7- Calculer la masse d'aspirine contenue dans le comprimé.

8- Comparer à la valeur indiquée par le fabricant en calculant un pourcentage d'écart. Conclure.

9- On refait la même expérience mais à température T=40°C, tracer, en justifiant, sur la même courbe précédente, l'allure de la courbe obtenue dans ce cas.

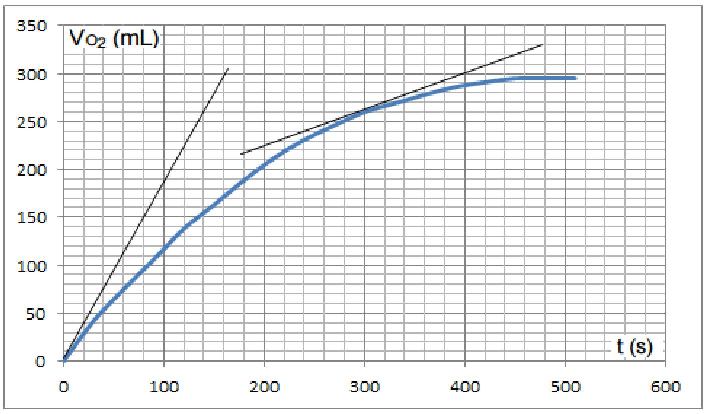
Exercice 6

L'eau de Javel se décompose lentement selon la réaction d'oxydoréduction suivante :

$$2ClO^{-}_{(aq)} \rightarrow 2Cl^{-}_{(aq)} + O_{2(g)}.$$

On utilise de l'eau de Javel achetée en berlingot de degré chlorométrique 48°. On dilue la solution commerciale afin d'obtenir une solution S_1 cinq fois moins concentrée. Pour étudier la cinétique de cette réaction de

décomposition catalysée, on utilise un volume V_1 = 100 mL de la solution S_1. On déclenche le chronomètre à l'instant où l'on met le catalyseur dans la solution. Pour suivre l'évolution de la réaction, on mesure à température et pression constantes le volume de dioxygène dégagé au cours du temps. Dans le graphe ci-contre, le volume de dioxygène dégagé $V(O_2)$ est déterminé à la température de 20°C et sous la pression de 1013 hPa.



1- Faire un schéma de l'expérience qui permet de suivre l'évolution de cette transformation

2- Dresser le tableau d'avancement de cette transformation.

3- Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} et déduire la quantité de matière initiale de ClO^{-} dans la solution (S_1).

4- Calculer la concentration initiale C_1 de (S_1) puis déduire la concentration C_0 de (S_0).

5- Vieillissement de l'eau de Javel.

Le degré chlorométrique correspond au volume de dichlore gazeux en L, mesuré à 0° C et sous 10^5 Pa nécessaire à la préparation d'un litre d'eau de Javel suivant une transformation totale modélisée par l'équation suivante :

$$Cl_{2(g)} + 2\,HO^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}.$$

5.1. Calculer le degré chlorométrique de l'eau de Javel utilisée pour l'expérience, en remarquant qu'au bout de 450s, tous les ions hypochlorites ont été consommés.

5.2. Comparer cette valeur à celle qui est fournie par le fabricant et conclure.

6- La vitesse de la réaction

6.1. Ecrire l'expression de la vitesse volumique à un instant t, en fonction de $\frac{dV(O_2)}{dt}$.

6.2. Déterminer la vitesse de la réaction à t =0 s et t = 300 s, Comment évolue la vitesse volumique au cours du temps ? donner une explication.

7- Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et donner sa valeur.

Exercice 7

Le but de cet exercice est d'étudier la cinétique de l'hydrolyse basique (saponification) d'un ester (E) de formule, $CH_3COOC_2H_5$ suivi par conductimétrie. On mélange rapidement dans un bécher une quantité n_1 = 0,010 mol d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) et une quantité n_2 de l'ester en excès, à 25 C. Une réaction lente d'équation :

$$CH_3COOC_2H_{5\,(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

Se déroule dans le bécher. Cette réaction d'hydrolyse de l'ester est considérée comme une transformation chimique totale. On note V le volume total du mélange réactionnel.

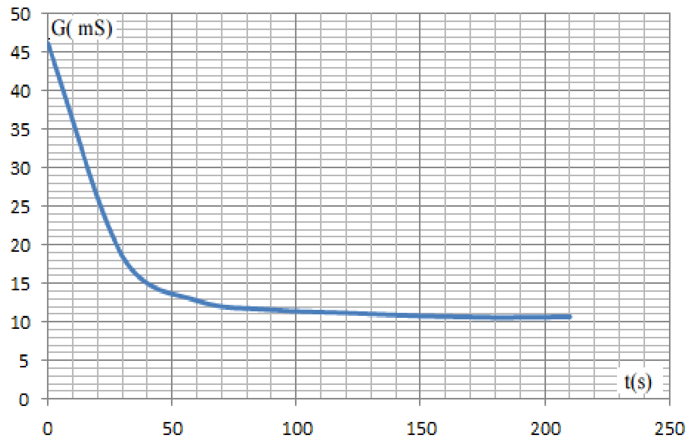
Données : On appelle constante de cellule le rapport de la conductance G et de la conductivité de la solution σ. On peut donc écrire la relation G = k . σ

- Conductivités molaires ioniques de quelques ions 25°C en S. m². mol^{-1}:

$\lambda_{(Na^+)} = 5{,}01.10^{-2}$; $\lambda_{(HO^-)} = 1{,}99.10^{-2}$; $\lambda_{(CH_3CO_2^-)}$= 4,09.10^{-3}

1- Étude de la conductance G

À l'aide d'un conductimètre, on mesure la conductance G du mélange réactionnel au cours du temps (Figure ci-contre).



1-1- Expliquer la diminution de la conductance mesurée au cours de la transformation chimique.

1-2- Dresser le tableau d'avancement de la réaction chimique.

1-3- Donner l'expression de la conductance initiale G_0 (à t= 0) en fonction de k, n_1, V et des conductivités molaires ioniques.

1-4- Donner l'expression de la conductance G, à chaque date t, en fonction de x , k, n_1, V et des conductivités molaires ioniques, où x est l'avancement de la réaction à la date t.

1-5- Donner l'expression de la conductance G_f au bout d'un temps très long.

1-6- Établir la relation suivante : $x = n_1 \cdot \frac{G_t - G_0}{G_f - G_0}$

2- Déterminer $t_{1/2}$ le temps demi-réaction.

Exercice 8

De la réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol résulte un composé organique E et de l'eau. Cette réaction est modélisée par l'équation suivante.

$$C_3H_7COOH \quad + \quad CH_3OH \quad \rightleftharpoons \quad C_3H_7\text{-}COO\text{-}CH_3 \quad + \quad H_2O$$

1- On verse dans un ballon se trouvant dans un bain d'eau glacée :

- n_1 = 0,1 mol d'acide butanoïque ;
- n_2 = 0,1 mol de méthanol ;

- Quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ;
- Quelques gouttes de phénolphtaléine.

On obtient ainsi un mélange de volume V = 400 mL.

Quel est l'intérêt de l'utilisation de l'eau glacée et le rôle de l'acide sulfurique dans cette réaction ?

2- Pour suivre l'évolution de cette réaction, on répartit le mélange sur 10 tubes à essai, qu'on ferme et on place dans un bain marie de température maintenue constante (100°C), et on déclenche un chronomètre au même instant choisi comme origine des dates t = 0.

Pour déterminer l'avancement de la réaction, on sort du bain marie, les tubes à essai l'un après l'autre, on verse le contenu dans un bécher contenant de l'eau glacée, et on neutralise l'acide restant dans chaque tube à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C = 1 mol.L^{-1}. La réaction modélisant ce dosage s'écrit comme suit:

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_2O_{(aq)}$$

Montrer que l'expression de l'avancement x de la réaction d'estérification à un instant t s'écrit :

$x(mol) = 0,1 - (10.C.V_{BE})$.

Où V_{BE} désigne le volume d'hydroxyde de sodium ajouté pour atteindre l'équivalence dans chaque tube.

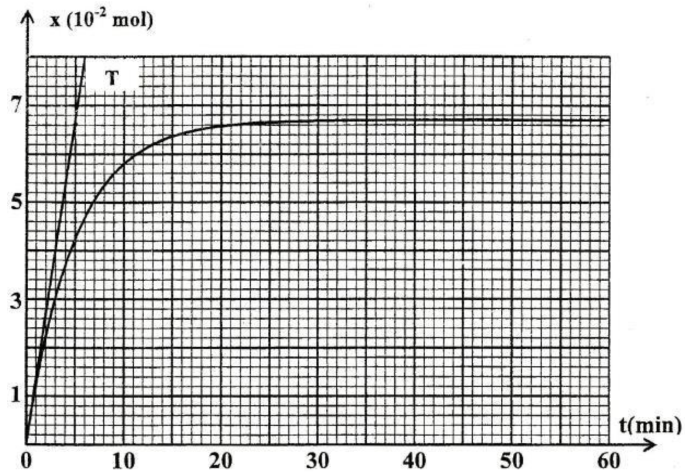
2.1. Les résultats expérimentaux de ce dosage ont permis de tracer la courbe représentative de l'avancement x de la réaction d'estérification en fonction du temps

La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'instant t = 0.

A l'aide de ce graphe, déterminer :

a- La vitesse volumique de la réaction aux instant t_0 = 0 et t_1 = 50 min.

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



Exercice 9

On prépare, à l'instant t_0 = 0 , huit (08) tubes à essais numérotés de 1 à 8 et on introduit dans chacun d'eux n_1 = 0,10 mol d'acide carboxylique (A), n_2 = 0,10 mol de menthol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. On trempe, en même temps, les huit (08) tubes dans un bain marie à la température constante 70°C et on déclenche le chronomètre. Le dosage d'acide restant dans chaque tube, à intervalles de temps réguliers, permet de déterminer la quantité de matière d'ester formé.

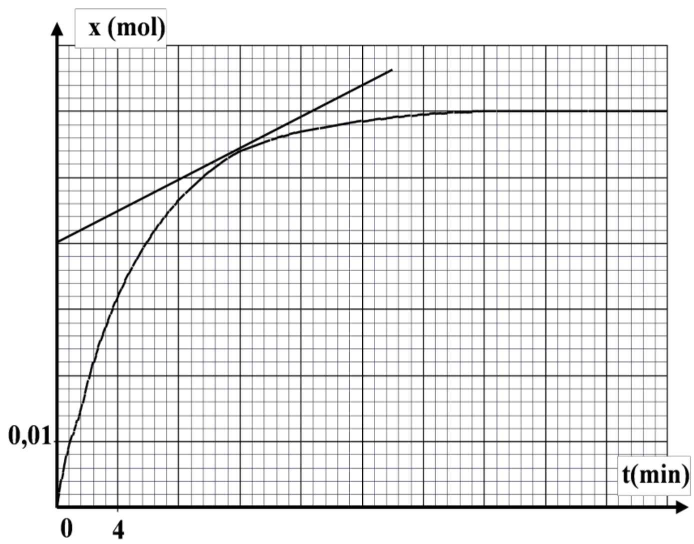
On modélise la réaction d'estérification entre l'acide carboxylique (A) et le menthol par l'équation chimique suivante :

$$RCOOH_{(\ell)} + C_{10}H_{19}OH_{(\ell)} \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_2 + H_2O_{(\ell)}$$

1- Dosage de l'acide carboxylique (A) restant dans le tube 1

Au premier intervalle du temps, on retire le tube 1 du bain marie et on le trempe dans de l'eau glacée puis on dose l'acide restant dans le système chimique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire C_B = 1,0 mol.L^{-1} en présence d'un indicateur coloré approprié. Le volume ajouté à l'équivalence est $V_{B,E}$ =68 mL

1.1- Écrire l'équation de la réaction, considérée comme totale, qui a eu lieu au cours du dosage.



1.2- Montrer que la quantité de matière d'acide restant dans le tube 1 est $n_A = 6,8\times10^{-2}$ mol.

1.3- Déterminer la valeur de la quantité de matière d'éthanoate de menthyle formée dans le tube 1. (On peut exploiter le tableau d'avancement de la réaction étudiée)

2. Suivi temporel de la quantité de matière d'éthanoate de menthyle synthétisé

Le dosage de l'acide restant dans les autres tubes à essai a permis de tracer la courbe d'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps.

3.1. Calculer en ($mol.L^{-1}.min^{-1}$), la valeur de la vitesse volumique de réaction aux instants t_1 = 12 min et t_2 = 32min. sachant que le volume du système chimique est $V = 23\ mL$. Expliquer qualitativement la variation de cette vitesse.

3.2. Citer un facteur cinétique permettant d'augmenter la vitesse volumique de réaction sans changer l'état initial du système chimique.

3.3. Déterminer graphiquement:

a. la valeur de l'avancement final xf

b. le temps de demi-réaction $t_{1/2}$,

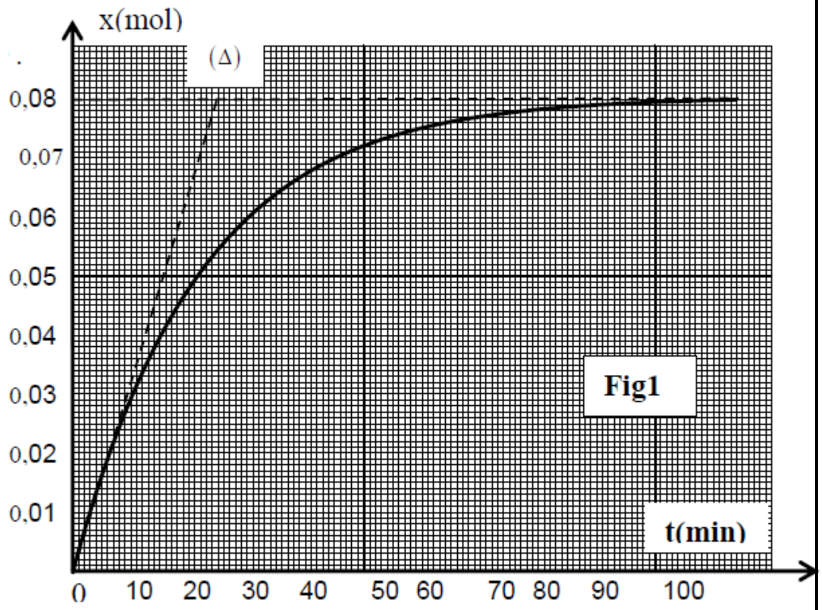
Exercice 10

Suivi temporel d'une transformation chimique

On mélange dans un erlenmeyer un volume V_A = 11 mL de l'acide (A) et 0,12 mol de l'alcool (B) On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques pierres ponces. Après chauffage, il se forme un composé (E)

Le graphe x = f (t) donne l'évolution de l'avancement x de la réaction en fonction du temps t, (fig1).

La droite (Δ) représente la tangente à la courbe x = f (t) à l'instant t = 0



1- Déterminer l'avancement final de la réaction,

2- Donner la définition du temps de demi-réaction et déterminer sa valeur

3- Calculer graphiquement la valeur de la vitesse volumique v(0) à l'instant t = 0

Exercice 11

L'objectif de cet exercice est d'étudier la cinétique de la dissociation du pentaoxyde de diazote N_2O_5 en NO_2 et O_2.

Données : On considère que tous les gaz sont parfaits : La constante des gaz parfaits : R=8,31 (SI),

On met du pentaoxyde de diazote dans une enceinte initialement vide de volume constant V = 0,50L munie d'un baromètre pour mesurer la pression totale p l'intérieur de l'enceinte à une température constante T=318K.

On mesure au début de la dissociation (t = 0) à l'intérieur de l'enceinte la pression totale; on trouve alors $P_0 = 4,638\times10^4$Pa**.** Le pentaoxyde de diazote se dissocie selon une réaction lente et totale modélisée par :

$$2.N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$$

l- On mesure la pression p à différents instants et on représente la variation de la grandeur $\frac{P}{P_0}$ en fonction du temps, on obtient le graphe représenté dans la fig 1. La droite (Δ) représente la tangente à la courbe $\frac{P}{P_0} = f(t)$ a l'instant t=0.

1- Calculer la quantité de matières n_0 du pentaoxyde de diazote dans le volume V à t=0.

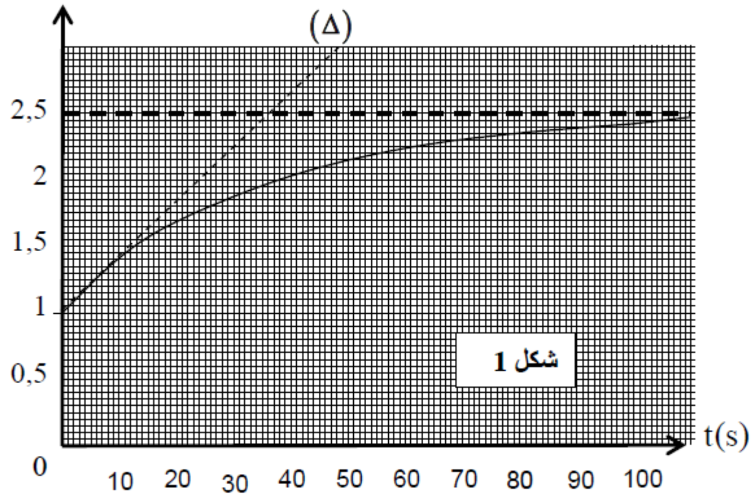
2- Calculer l'avancement x_{max} de cette réaction

3- Exprimer n_T la quantité de matière totale des gaz dans le volume V à l'instant t en fonction de n0 et x l'avancement de la réaction à cet instant t

4- En appliquant l'équation d'état des gaz parfaits ,établir la relation

$$\frac{P}{P_0} = 1 + \frac{3.x}{n_0}$$

5- Trouver l'expression de la vitesse volumique de la réaction en fonction de n_0 et V et la dérivée par rapport au temps de la fonction $\frac{P}{P_0} = f(t)$ Calculer sa valeur à t = 0



Exercice 12

- Tous les gaz sont considérés comme parfaits ;
- Toutes les mesures ont été faites à 25°C ;
- On rappelle la loi des gaz parfaits : P.V = n.R.T ;
- La masse molaire atomique du zinc : $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$.

On modélise la réaction du zinc Zn(S) avec une solution d'acide sulfurique $\left(2H_3O^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}\right)$, par l'équation chimique suivante :

$$Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

Pour étudier la cinétique de cette réaction, on introduit dans un ballon de volume constant V = 1 L, une quantité de masse m = 0,6 g de poudre de Zinc $Zn_{(S)}$, et on y verse à l'instant t_0 = 0, un volume Va = 75 mL de la solution aqueuse d'acide sulfurique de concentration en ions oxonium $[H_3O^+] = 0,4\ mol.L^{-1}$.

On mesure la pression P à l'intérieur du ballon, à chaque instant, à l'aide d'un capteur de pression.

1- Soient $n_i(H_3O^+)$ et $n_i(Zn)$ les quantités de matière initiales respectivement des ions oxonium et du Zn. Dresser le tableau descriptif de la réaction.

2- Calculer $n_i(H_3O^+)$ et $n_i(Zn)$.

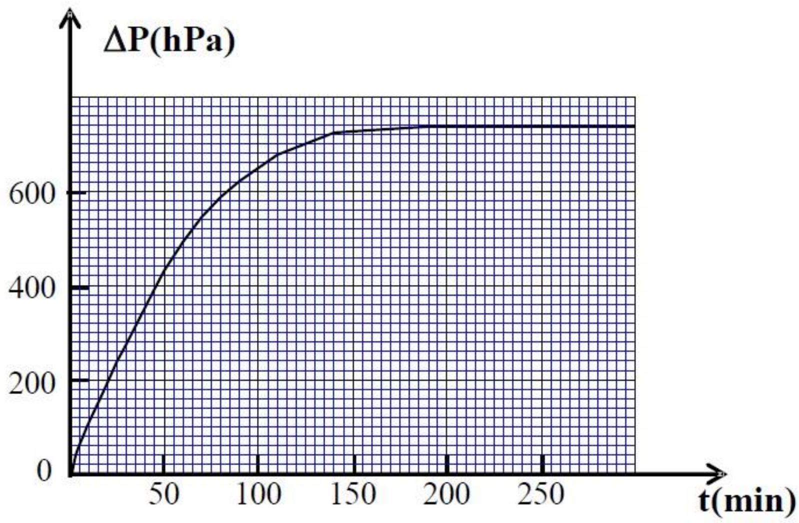
3- Déterminer le réactif limitant et déduire l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

4- Par application de la loi des gaz parfaits, et à l'aide du tableau descriptif précédent, établir l'expression de l'avancement x(t) de la réaction à un instant t en fonction de R, T, V et ΔP, où $\Delta P = P - P_0$, avec P_0 la pression initiale mesurée à l'instant $t_0 = 0$ et P la pression mesurée à l'instant t.

5- Soit $\Delta P_{max} = P_{max} - P_0$ la variation maximale de la pression et x_{max} l'avancement maximal de la réaction. Montrer la relation :

$$x(t) = x_{max}.\frac{\Delta P}{\Delta P_{max}}$$

Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe de la figure 1, traduisant les variations de ΔP en fonction du temps.



6- Trouver graphiquement la valeur du temps de demi-réaction

EXERCICE 9

- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C ;
- L'expression de la conductance à un instant t est : $G = k \sum \lambda_i [X_i]$;

Où : • λ_i : Conductivité molaire ionique de l'ion X_i ;

- k : Constante de la cellule de mesure de valeur k = 0,01 m ;

Le tableau suivant donne les valeurs des conductivités molaires ioniques des ions en solution :

L'ion	Na^+_{aq}	OH^-_{aq}	HCO^-_{2aq}
$\lambda(S.m^2.mol^{-1})$	$5,01.10^{-3}$	$19,9.10^{-3}$	$5,46.10^{-3}$

- On néglige la concentration des ions Hydroniums H_3O^+ devant les autres concentrations des ions présents dans le mélange réactionnel.

On verse dans un bécher un volume $V = 2.10^{-4}$ m^3 d'une solution S_B d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 10$ $mol.m^{-3}$, et on y ajoute à l'instant t_0 considérée comme origine des temps, une quantité de matière n_E du méthanoate de méthyle égale à la quantité de matière n_B d'hydroxyde de sodium ($n_E = n_B$).

(On considère que le volume reste constant $V = 2.10^{-4}$ m^3).

Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentative des variations de la conductance G du mélange en fonction du temps (Figure 1)

On modélise la réaction étudiée par l'équation de réaction suivante :

$$HCO_2CH_{3\,(aq)} + OH^-_{aq} \longrightarrow HCO^-_{2\,(aq)} + CH_3OH_{(aq)}$$

1- Faire l'inventaire des ions présent dans le mélange à un instant t.

2- construire le tableau descriptif de l'évolution de cette transformation.

(On notera x l'avancement de la réaction à l'instant t)

3- Montrer que la conductance G dans le milieu réactionnel vérifie la relation : $G = - 0,72\ x + 2,5.10^{-3}$ (S).

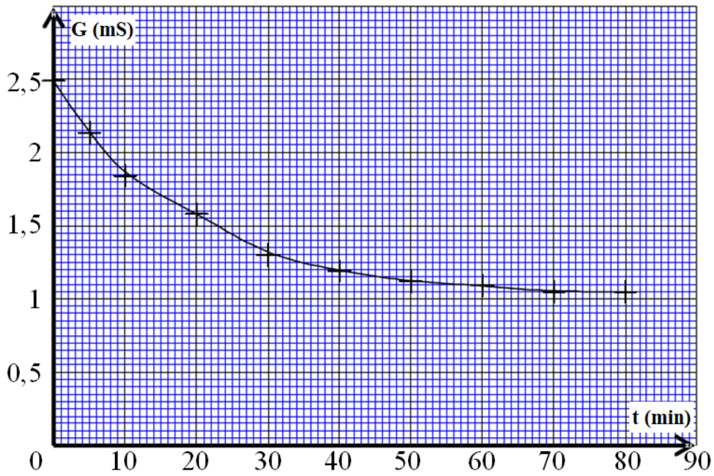


Figure 1

4- Justifier la décroissance de la conductance G au cours de la réaction.

5- Déterminer la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

EXERCICE 10

L'eau de javel est un produit chimique d'utilisation courante. C'est un désinfectant très efficace contre les contaminations bactériennes et virales.

Le principe actif de l'eau de javel est dû à l'ion hypochlorite ClO^-. Cet ion a à la fois un caractère oxydant et un caractère basique.

Dans cette partie de l'exercice on étudiera :

- la cinétique de la décomposition des ions hypochlorite ClO^- ;
- des réactions acido-basiques faisant intervenir le couple $HClO_{(aq)}/ClO^-_{(aq)}$.

1- Suivi de l'évolution temporelle de la concentration molaire effective de l'ion hypochlorite ClO^-

Durant la conservation de l'eau de javel, les ions hypochlorite ClO^- contenus dans cette eau se décomposent selon l'équation de la réaction : $2ClO^-_{(aq)} \longrightarrow 2Cl^-_{(aq)} + O_{2(g)}$.

Dans des conditions expérimentales

déterminées , on obtient les courbes de la figure1 représentant l'évolution de: $[ClO^-_{(aq)}] = f(t)$ à deux températures θ_1 et θ_2.

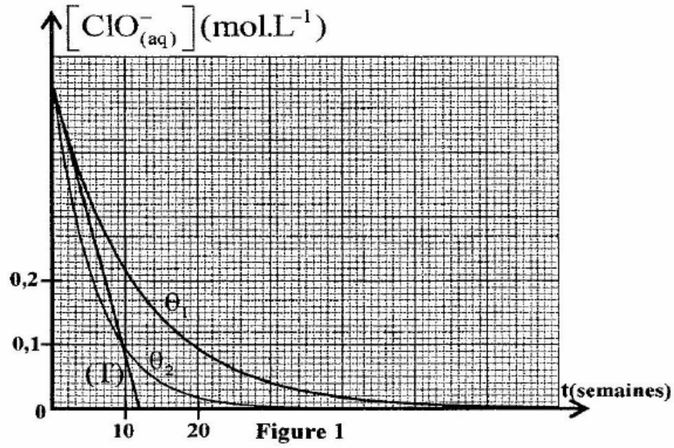


Figure 1

1-1- Dresser le tableau d'avancement de la réaction (on notera V le volume de la solution étudiée supposé constant et $C_0 = [ClO^-_{(aq)}]_0$ la concentration molaire de ClO^- à $t = 0$).

1-2-Montrer que la concentration molaire de l'ion hypochlorite à l'instant de demi-réaction $t = t_{1/2}$ est $\frac{C_0}{2}$. Déduire alors graphiquement $t_{1/2}$ pour l'expérience réalisée à la température θ_2 .

1-3- Trouver, pour la température θ_1, la vitesse volumique de réaction à l'instant t=0 exprimée en $mol.L^{-1}.semaine^{-1}$ ((T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = 0$).

1-4- Comparer θ_1 à θ_2 en justifiant la réponse.

EXERCICE 12

Etude de la réaction de l'éthanoate d'éthyle avec l'hydroxyde de sodium

On introduit, à la date t = 0, la quantité de matière n_0 de l'éthanoate d'éthyle dans un bécher contenant la même quantité de matière n_0 d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration $c_0 = 10\ mol.m^{-3}$ et de volume V_0.

On considère que le mélange réactionnel obtenu a un volume $V \approx V_0 = 10^{-4}\ m^3$.

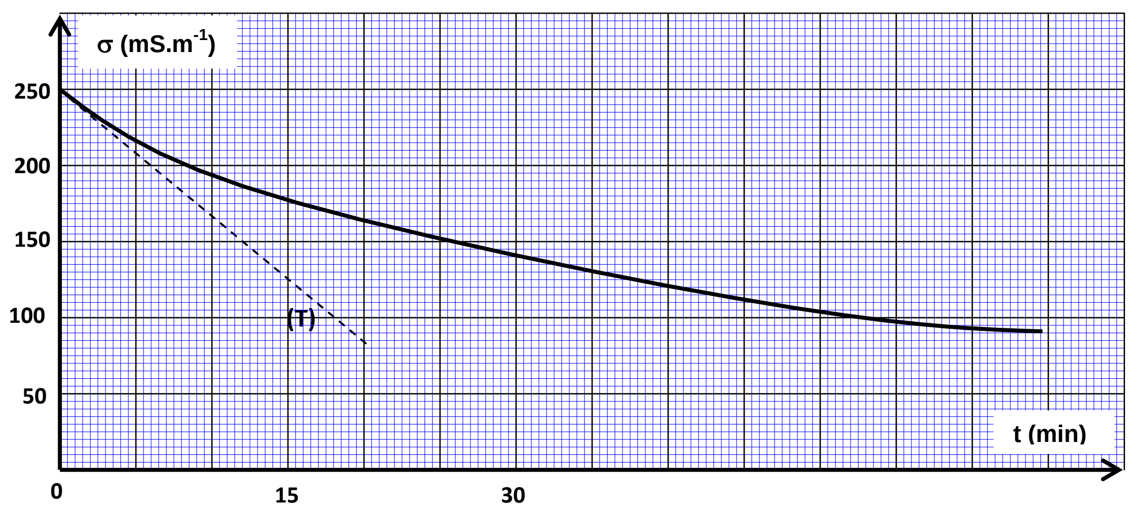
L'équation associée à la réaction chimique s'écrit :

$$C_4H_8O_{2(\ell)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow A^-_{(aq)} + B_{(aq)}$$

1. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

2. On suit l'évolution de la réaction en mesurant la conductivité σ du mélange réactionnel à des instants différents.

Le graphe ci-dessous représente $\sigma(t)$ ainsi que la tangente (T) à l'origine.



A chaque instant t, l'avancement x(t) peut être calculé par l'expression :

$x(t) = -6{,}3.10^{-3}.\sigma(t)+1{,}57.10^{-3}$; avec $\sigma(t)$ la conductivité du mélange réactionnel exprimée en $S.m^{-1}$ et $x(t)$ en mol. En exploitant la courbe expérimentale :

2.1. Calculer $\sigma_{1/2}$, la conductivité du mélange réactionnel quand $x = \frac{x_{max}}{2}$; x_{max} étant l'avancement maximal de réaction.
2.2. Trouver, en minutes, le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.
2.3. Déterminer, en $mol.m^{-3}.min^{-1}$, la vitesse volumique v de la réaction à la date $t=0$.

EXERCICE I (7 points)

Etude cinétique d'une réaction chimique

L'une des plus anciennes réactions de synthèse est la fabrication du savon. Le savon est un produit composé de molécules obtenues par réaction chimique, entre un composé organique et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

Cette partie de l'exercice se propose d'étudier, par conductimétrie, la cinétique de la réaction de synthèse d'un savon. Cette réaction se produit entre l'éthanoate d'éthyle de formule $CH_3COOC_2H_5$ et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$.

À un instant choisi comme origine des dates t = 0, on introduit, en excès, l'éthanoate d'éthyle dans un ballon contenant une quantité de matière $n_0(HO^-) = 10^{-3}mol$ d'ions hydroxyde. On obtient un mélange réactionnel ayant un volume V_0 = 100mL.

Il se produit, sous une température constante, une réaction modélisée par l'équation chimique suivante :

$$CH_3COOC_2H_{5(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$$

1) Dresser le tableau d'avancement de cette réaction et déterminer la valeur de l'avancement final x_f sachant que cette réaction est totale.

2) On mesure, à chaque instant, la conductivité σ du mélange réactionnel.

La courbe de la figure1 donne les variations de la conductivité du mélange réactionnel en fonction du temps.

La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse $t_1 = 4\,min$.

L'expression de la conductivité σ du mélange réactionnel en fonction de l'avancement x de la réaction est :

$\boldsymbol{\sigma = 0{,}25 - 160.x}$ où σ est exprimée en $S.m^{-1}$ et x en mol.

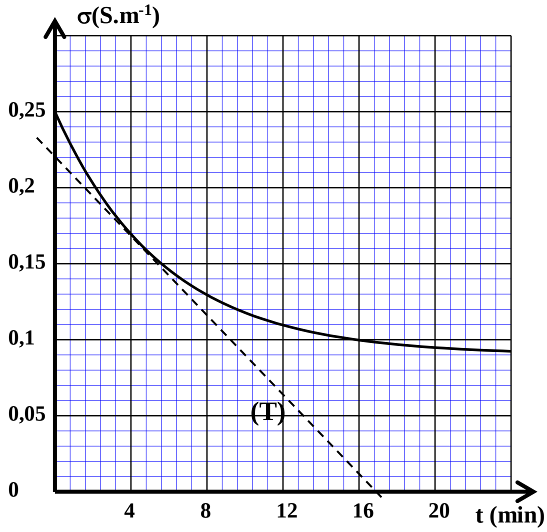


Figure 1

0,25 **2.1)** Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

2.2) A l'aide de l'expression $\sigma = f(x)$ et de la courbe de la figure1, déterminer la valeur de $t_{1/2}$.

2.3) Montrer que la vitesse volumique de la réaction à un instant t s'écrit sous la forme :

$$v = -\frac{1}{160.V_0}.\frac{d\sigma}{dt}.$$

2.4) Déterminer, en $mol.m^{-3}.min^{-1}$, la valeur v_1 de cette vitesse à l'instant t_1= 4 min.

Transformations s'effectuant dans les deux sens – Equilibre chimique

EXERCICE 1

Le pH d'une solution aqueuse d'ibuprofène $C_{13}H_{18}O_2$ de concentration molaire C = 5,0×10^{-2} mol.L^{-1} vaut pH = 2,7 à 25C .

1- Ecrire l'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'ibuprofène et l'eau
2- Déterminer l'avancement final x_f en fonction de pH et V
3- Déterminer x_m en fonction C et V
4- Montrer que cette transformation est limitée.

EXERCICE 2

L'acide propanoïque C_2H_5COOH est un acide gras, utilisé dans la synthèse de certains produits organiques et pharmaceutiques, de parfums et dans la médecine vétérinaire.

1- On considère, à 25°C, une solution aqueuse (S) d'acide propanoïque de concentration molaire C =2,0.10^{-3} mol.L^{-1} et de volume V =1,0 L. La mesure de la conductivité σ de la solution (S) a donné la valeur σ = 6,2×10^{-3} S.m^{-1}.

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} S.m^2.mol \text{ et } \lambda_{C_2H_5COO^-} = 3{,}58 \times 10^{-3} S.m^2.mol$$

1.1. Écrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide propanoïque avec l'eau
1.2. Dresser le tableau d'avancement de la réaction en utilisant les grandeurs C_A, V_A, l'avancement x et l'avancement $x_{éq}$ à l'état d'équilibre du système chimique. Déterminer la valeur de l'avancement maximal
1.3. Vérifier que la valeur de l'avancement à l'état d'équilibre est $1{,}6.10^{-4}$ mol .
1.4. Calculer la valeur du taux d'avancement final

2- On considère une solution aqueuse (S') d'acide propanoïque de concentration molaire C_A=2×10^{-4} mol.L^{-1} et de pH = 4,3. On note τ' le taux d'avancement final de la réaction de l'acide propanoïque avec l'eau dans ce cas
2.1. Déterminer la valeur de τ'.
2.2. Comparer les valeurs de τ et τ'. Déduire.

EXERCICE 3

On dispose d'une solution aqueuse (S_A) d'acide éthanoïque de concentration molaire C_A = 10^{-2} mol.L^{-1} .
La mesure de la conductivité de la solution (S) donne la valeur 1, 6×10^{-2} S.m^{-1}.

Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C.
- $\lambda_{H_3O^+} = 34{,}9 \times 10^{-3}$ S.m^2.mol et $\lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09 \times 10^{-3}$ S.m^2.mol
- On néglige l'influence des ions HO^- sur la conductivité de la solution.

1- Ecrire l'équation modélisant la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.
2- Montrer que la valeur du pH de la solution (S_A) est pH = 3,4.
3- Calculer le taux d'avancement final de la réaction.

EXERCICE 4

On note l'acide Ibuprofène par RCOOH et sa base conjuguée par $RCOO^-$.

Données : M(RCOOH) = 206 g.mol^{-1}

On dissout, dans l'eau pure, un échantillon de masse m = 200 mg d'acide RCOOH, contenu dans un sachet d'Ibuprofène, pour obtenir une solution aqueuse (S_0) de concentration C_0 et de volume V_0 = 100 mL.

1-1- Calculer C_0.
1-2- La mesure du pH de la solution S_0 a donné la valeur : pH = 3,17.
a- Vérifier, à l'aide du tableau d'avancement, que la réaction de l'Ibuprofène avec l'eau est limitée.

EXERCICE 5

- On désignera l'acide étudié par AH et sa base conjuguée par A- ;

On prépare une solution (S_A) d'acide butanoïque de concentration molaire $C_A = 10^{-2}$ mol.L^{-1} et de volume V_A.
La mesure du pH de la solution (S_A) donne pH = 3,41.

1- Construire le tableau d'avancement suivant et le compléter :

2- Donner l'expression de l'avancement $x_{éq}$ à l'équilibre en fonction de V_A et $[H_3O^+]_{éq}$ (Concentration molaire des ions hydroniums à l'équilibre)

3- Trouver l'expression du taux d'avancement final τ à l'équilibre en fonction de pH et C_A, puis calculer sa valeur. Que conclure ?

EXERCICE 6

On considère une solution (S_a) d'acide méthanoïque de volume V et de concentration molaire $C_a = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
La mesure du pH de cette solution donne : pH = 2,9.

On modélise la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau par l'équation suivante :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1- Construire le tableau d'avancement de l'évolution du système.

2- Montrer que le taux d'avancement final de cette transformation s'écrit sous la forme $\tau = \frac{10^{-pH}}{C_a}$. .
Calculer la valeur de τ, et conclure.

EXERCICE 7

On prépare dans un laboratoire de chimie, une solution aqueuse d'acide butanoïque de volume V et de concentration molaire C = 1, 0.10^{-2} mol.L^{-1} . Le pH de cette solution est : pH = 3, 41 .

On modélise la transformation produite par l'équation chimique suivante :

$$C_3H_7COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows C_3H_7COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1.1- Déterminer le taux d'avancement final de la réaction. En déduire.

1.2- Trouver, en fonction de C et du pH , l'expression du quotient de réaction $Q_{r,eq}$ à l'équilibre, puis calculer sa valeur.

EXERCICE 8

La masse molaire de l'acide éthanoïque : M(CH_3COOH) = 60 g.mol^{-1} ;

Les conductivités molaires ioniques : $\lambda_{H_3O^+} = 3{,}49 \times 10^{-2} S.m^{-2}.mol^{-1}$; $\lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09 \times 10^{-3} S.m^{-2}.mol^{-1}$

On dispose de deux solutions (S_1) et (S_2) d'acide éthanoïque.

La conductivité de la solution (S_1) de concentration molaire $C_1 = 5\times10^{-2}$ mol.L^{-1} est $\sigma_1 = 3{,}5\times10^{-2}$ S.m^{-1}.

La conductivité de la solution (S_2) de concentration molaire $C_2 = 5\times10^{-3}$ mol.L^{-1} est $\sigma_2 = 1{,}1\times10^{-2}$ S.m^{-1}.

On considère que la dissolution de l'acide éthanoïque dans l'eau est limitée.

1- Ecrire l'équation modélisant la dissolution de l'acide éthanoïque dans l'eau.

2- Trouver l'expression de la concentration molaire effective $[H_3O^+]_{éq}$ des ions oxoniums à l'équilibre en fonction de σ et $\lambda_{CH_3COO^-}$ et $\lambda_{H_3O^+}$.

3- Calculer $[H_3O^+]_{éq}$ dans chacune des solutions (S_1) et (S_2).

4- Déterminer les taux d'avancement final τ_1 et τ_2 de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau dans chacune des solutions (S_1) et (S_2). Déduire l'influence de la concentration initiale de la solution sur le taux d'avancement final.

EXERCICE 9

Toutes les mesures ont été effectuées à 25°C ;

Les conductivités molaires ioniques : $\lambda_{H_3O^+} = 3{,}5 \times 10^{-2} S.m^2.mol^{-1}$ et $\lambda_{A^-} = 3{,}62 \times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$ On néglige l'influence des ions HO^- sur la conductivité de la solution

On considère une solution aqueuse (S) d'acide salicylique de concentration molaire C = 5.10^{-3} $mol.L^{-1}$ et de volume V = 100 mL. La mesure de la conductivité de la solution (S) donne la valeur : $\sigma = 7{,}18\times10^{-2}$ $S.m^{-1}$.

1- Construire le tableau descriptif d'avancement.

2- Exprimer $x_{éq}$, avancement de la réaction à l'équilibre, en fonction de $\lambda_{H_3O^+}$, λ_{A^-}, σ et V. Calculer la valeur de $x_{éq}$.

3- Montrer que la valeur approximative du pH de la solution (S) est 2,73.

4- Calculer le quotient de la réaction à l'équilibre $Q_{r.éq}$.

EXERCICE 10

Les conductivités molaires ionique en $S.m^2.mol^{-1}$ à θ = 25°C : $\lambda_{H_3O^+} = 3{,}5 \times 10^{-2}$et $\lambda_{A^-} = 3{,}23 \times 10^{-3}$

Une bouteille au laboratoire contient une solution aqueuse (S) d'un acide carboxylique AH de concentration molaire C = $5.10^{-3}$$mol.L^{-1}$ et de volume V = 1 L. Pour reconnaitre cet acide, un technicien de laboratoire mesure la conductivité de la solution (S), il trouve la valeur : $\sigma = 2{,}03\times10^{-2}$ $S.m^{-1}$.

On modélise la transformation ayant lieu entre l'acide AH et l'eau par l'équation chimique suivante :

$$AH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

1- Recopier sur votre copie le tableau descriptif suivant et le compléter.

2- Trouver la valeur de l'avancement x_{eq} à l'équilibre.

3- Calculer la valeur du taux d'avancement final de la réaction étudiée. Conclure.

4- S'assurer que la valeur du pH de la solution (S) est : pH = 3,27.

5- Exprimer le quotient de réaction $Q_{r,eq}$ à l'équilibre en fonction de pH et C.

6- En déduire la valeur de pK_A du couple (AH/A^-) et identifier l'acide étudié.

Valeur de pK_A de quelques couples AH/A^- :

$C_6H_5COOH/C_6C_5COO^-$	$HC\ell O_{(aq)}/C\ell O^-_{(aq)}$	$HF_{(aq)}/F^-_{(aq)}$	NH_4^+/NH_3	$AH_{(aq)}/A^-_{(aq)}$
4,2	7,3	3,2	9,2	pK_A

7- Laquelle des deux espèces AH et A^- domine dans la solution (S)? Justifier.

EXERCICE 9

Les conductivités molaires ionique en $S.m^2.mol^{-1}$ à θ = 25°C : $\lambda_{H_3O^+} = 3{,}5 \times 10^{-2}$et $\lambda_{A^-} = 3{,}23 \times 10^{-3}$

On considère une solution (S) d'acide benzoïque de concentration molaire C = 10 $mol.m^{-3}$ et de volume V.

La mesure de la conductivité σ de la solution (S) donne : $\sigma = 2{,}76\times10^{-2}$ $S.m^{-1}$ à 25°C. On modélise la transformation qui se produit entre l'eau et l'acide benzoïque par l'équation de la réaction :

$$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O(\ell) \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

1- Montrer que le taux d'avancement final de la réaction est τ = 0,072.

2- Trouver l'expression du quotient de la réaction à l'équilibre $Q_{r,éq}$ en fonction de C et τ.

3- Déduire la valeur de la constante pK_A du couple ($C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$).

EXERCICE 11

Partie 1 : Etude de la solution aqueuse d'acide méthanoïque

On dispose d'une solution aqueuse (S_A) d'acide méthanoïque $HCOOH_{(aq)}$ de volume $V = 1L$ de concentration molaire $C_A = 0{,}10\ mol.L^{-1}$ et de $pH = 2{,}4$.

1. Définir un acide selon Bronsted.

2. Écrire l'équation modélisant la transformation chimique entre l'acide méthanoïque et l'eau.

3. Recopier sur votre copie le tableau d'avancement et le compléter.

4. Calculer la valeur de l'avancement final x_f de cette réaction.

5. Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction. Conclure.

6. Montrer que le quotient de réaction à l'état d'équilibre du système chimique s'écrit :

$Q_{r,éq} = \dfrac{10^{-2.pH}}{C_A - 10^{-pH}}$. Calculer sa valeur.

7. Déduire la valeur de la constante d'équilibre K associé à l'équation de la réaction.

EXERCICE 10

L'acide benzoïque de formule C_6H_5COOH est connu comme conservateur alimentaire présent dans les boissons gazeuses. Il a également des propriétés antiseptiques, ce qui explique aussi son utilisation comme médicament.

Cet exercice se propose de déterminer le pK_A du couple $C_6H_5COOH_{(aq)} / C_6H_5COO^-_{(aq)}$ par une étude conductimétrique.

Données:

- les conductivités molaires ioniques à 25°C : $\lambda_1 = \lambda(H_3O^+) = 35.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$ et

$\lambda_2 = \lambda(C_6H_5COO^-) = 3,23.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$;

- On rappelle l'expression de la conductivité σ d'une solution aqueuse en fonction des concentrations molaires effectives des espèces ioniques X_i présentes en solution et les conductivités molaires ioniques : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$.

On prépare, à 25°C, une solution aqueuse S d'acide benzoïque de concentration $C = 10^{-3} mol.L^{-1}$ et de volume $V = 1L$.

1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.

2. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

3. La mesure de la conductivité de la solution S donne $\sigma = 8,6.10^{-3} S.m^{-1}$.

3.1. En négligeant la participation des ions hydroxyde HO^- à la conductivité de la solution, exprimer σ en fonction de λ_1, λ_2 et $[H_3O^+]$ la concentration molaire effective des ions oxonium à l'équilibre.

3.2. Montrer que le taux d'avancement final τ de la réaction s'écrit ainsi: $\tau = \dfrac{\sigma}{C(\lambda_1 + \lambda_2)}$. Calculer sa valeur.

4. Trouver l'expression de la constante d'équilibre K associée à la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau en fonction de C et τ.

5. Que représente la constante d'équilibre K associée à cette réaction chimique?

6. En déduire la valeur du pK_A du couple $C_6H_5COOH_{(aq)} / C_6H_5COO^-_{(aq)}$.

Les transformations associées aux réactions acido - basiques

EXERCICE 1

L'étiquette d'un médicament fournit l'information "Ibuprofène…. 400 mg ".

On dissout un comprimé contenant l'ibuprofène selon un protocole bien défini afin d'obtenir une solution aqueuse (S) d'ibuprofène de volume V_S =100 mL .

Pour vérifier, la masse d'ibuprofène contenu dans ce comprimé, on procède à un titrage acido-basique du volume V_S par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ de concentration molaire C_B = $1{,}94.10^{-1}$ $mol.L^{-1}$, en utilisant le dispositif expérimental de la figure (1).

La figure (2) donne les courbes pH = f (V_B) et $\frac{dpH}{dV_B}$ = g (V_B) obtenues lors de ce dosage.

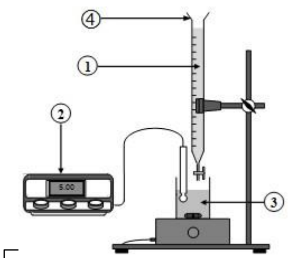


Fig 1

1. Nommer les éléments du dispositif expérimental numérotés 1,2 ,3 et 4 sur la figure (1).
2. Parmi les courbes (1) et (2) de la figure (2), quelle est celle qui représente pH = f (V_B) ?
3. Déterminer graphiquement la valeur du volume V_{BE}, versé à l'équivalence.
4. Écrire l'équation de la réaction qui a eu lieu lors du dosage sachant qu'elle est totale.
5. Calculer la valeur de la quantité de matière n_A d'ibuprofène dans la solution(S).
6. Déduire la valeur de la masse m d'ibuprofène dans le comprimé et la comparer à celle indiquée sur l'étiquette du médicament.

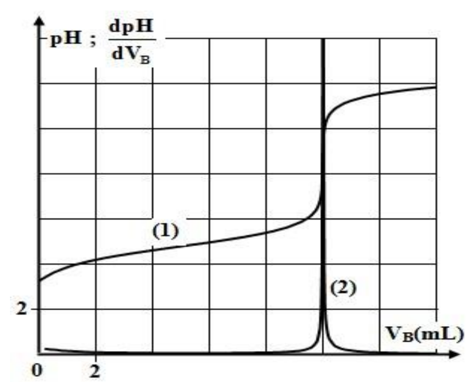


Fig 2

Exercice 2

On s'intéresse dans cet exercice vise à déterminer le pourcentage de l'acide benzoïque pur contenu dans un échantillon préparé par un chimiste en laboratoire, Données :

$K_A(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 6{,}31 \times 10^{-5}$ et $M(C_6H_5COOH) = 122\ g.mol^{-1}$

Détermination du pourcentage d'acide benzoïque pur contenu dans un échantillon de cristaux préparés

Un chimiste a préparé au laboratoire une quantité de cristaux d'acide benzoïque de masse m_0 = 244 mg. Après l'avoir dissout totalement dans de l'eau distillée, il a obtenu une solution aqueuse (S_0) de volume V_0 =100 mL et de pH = 2,95.

1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu entre l'acide benzoïque $C_6H_5OOH(aq)$ et l'eau.
2. Calculer la valeur du pK_A du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$).
3. Déterminer, en justifiant votre réponse, l'espèce du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$) qui prédomine dans la solution (S_0).
4. Pour connaître la valeur de la masse m d'acide pur présent dans les cristaux préparés, le chimiste a dosé le volume V_A =10,0 mL de la solution (S_0) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$de concentration molaire C_B =$1{,}0.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$. Le volume ajouté à l'équivalence est V_{BE} =18,0 mL.
5. Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque$C_6H_5COOH_{aq}$ et les ions hydroxyde $HO^-_{(aq)}$ considérée comme totale.

6. Calculer la valeur de la concentration molaire C_A de la solution (S_0) préparée.
7. En déduire la valeur de la masse m d'acide benzoïque pur présent dans de la solution (S_0) de volumeV_0.
8. Déterminer la valeur du pourcentage p d'acide benzoïque pur contenu dans les cristaux préparés par le chimiste.

Exercice 3: Etude de la réaction des ions éthanoate avec l'eau.

On dissout dans l'eau distillée des cristaux d'éthanoate de sodium de masse m = 410 mg pour obtenir une solution S_1 non saturée de volume V= 500 mL et de concentration C_1.
On mesure le pH de la solution S_1, on trouve pH = 8,4.

1- Ecrire l'équation de la réaction entre les ions éthanoate CH_3COO^- et l'eau.
2- En utilisant le tableau d'avancement de la réaction, exprimer le taux d'avancement final τ_1 de cette réaction en fonction de Ke, C_1 et pH. Calculer τ_1.
3- Exprimer la constante d'équilibre K, associée à l'équation de cette réaction, en fonction de C_1 et τ_1, puis vérifier que $K = 6,3.10^{-10}$.

Données :

- Le produit ionique de l'eau à 25°C est : $Ke = 1,0\times10^{-14}$
- La constante d'acidité du couple CH_3COOH/CH_3COO^- à 25°C est $K_{A1} = 1,6\times10^{-5}$
- La masse molaire de l'éthanoate de sodium $M(CH_3COONa) = 82\ g.mol^{-1}$

Exercice 4 : Etude de quelques propriétés de l'ammoniac et de l'hydroxylamine NH2OH dissouts dans l'eau

<u>Données :</u> toutes. Les mesures sont effectuées à 25°C.
La constante d'acidité du couple : NH_4 / NH_3 est KA1
La constante d'acidité du couple : NH_3OH/ NH_2OH est K_{A2}

Etude de quelques propriétés d'une base dissoute dans l'eau

1- On considère une solution aqueuse d'une base B de concentration C. On note K_A la constante d'acidité du couple BH^+/ B et l'avancement final de sa réaction avec l'eau. Montrer que : $K_A = \frac{K_e(1-\tau)}{C.\tau^2}$
2- On mesure le pH_1 d'une solution S_1 d'ammoniac NH_3 de concentration $C = 1,0\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$ et le pH_2 d'une solution S_2 NH_2OH ayant la même concentration C; On trouve $pH_1 = 10,6$ et $pH_2 = 9,0$
Calculer les taux d'avancement finaux τ_1 et τ_2 respectifs des réactions de NH_3 et de NH_2OH avec l'eau.
3- Calculer la valeur de chacune des constantes pK_{A1} et pK_{A2}.

Exercice 5 : Etude de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau

- La masse molaire de l'acide benzoïque : $M = 122 g.mol^{-1}$
- La conductivité molaire ionique à 25°C : $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS.m^2.mol^{-1}$, $\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,25\ mS.m^2.mol^{-1}$,

On dissout une masse m d'acide benzoïque dans l'eau distillée, on obtient une solution S de volume V= 200mL et de concentration $C = 1,0\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$ .Lorsqu'on mesure la conductivité de la solution S, on trouve $29,0 mS.m^{-1}$

1- Calculer la valeur de la masse m.
2- Etablir le tableau d'avancement et calculer le taux d'avancement final de la réaction qui a lieu.
3- Trouver l'expression du pH la solution S en fonction de C et τ. Calculer sa valeur.
4- En déduire la valeur de la constante d'acidité K_A du couple C_6H_5COOH / $C_6H_5COO^-$.

Exercice 6: Etude d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque

On dispose d'une solution aqueuse (S_A) d'acide éthanoïque de concentration molaire $C_A = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
La mesure de la conductivité de la solution (S_A) donne la valeur $\sigma = 1,6\times10^{-2}\ S.m^{-1}$.

- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C. $\lambda_{H_3O^+} = 35,0\ mS.m^2.mol^{-1}$, $\lambda_{CH_3COO^-} = 4,09\ mS.m^2.mol^{-1}$,
- On néglige l'influence des ions HO^{-1} sur la conductivité de la solution.

1- Ecrire l'équation modélisant la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.
2- Montrer que la valeur du pH de la solution (SA) est pH = 3,4

3- Calculer le taux d'avancement final de la réaction.

4- Trouver l'expression de pK_A du couple CH_3COOH/CH_3COO^- en fonction du pH de la solution (S_A) et de C_A. Calculer sa valeur.

Exercice 7 :

On mélange le même volume V_0 d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque CH_3COOH et d'une solution aqueuse du benzoate de sodium $C_6H_5CO^-_{2(aq)} + Na^+_{(aq)}$ Les deux solutions ont la même concentration molaire C_0.
$K_{A1} = K_A\left(CH_3CO_2H_{(aq)}/CH_3CO^-_{2(aq)}\right) = 1{,}8 \times 10^{-5}$ et $K_{A2} = K_A\left(C_6H_5CO_2H_{(aq)}/C_6H_5CO^-_{2(aq)}\right) = 6{,}3 \times 10^{-5}$

1- Écrire l'équation chimique de la réaction qui se produit entre l'acide éthanoïque et l'ion benzoate.

2- Montrer que l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction s'écrit $K = \frac{K_{A1}}{K_{A2}}$ puis calculer sa valeur.

3- Déterminer le taux d'avancement de cette réaction, conclure.

Exercice 8 : Réaction de l'acide éthanoïque et l'ammoniac

On prend de la solution S_A, un volume contenant une quantité de matière initiale $n_0(CH_3COOH) = 3\times10^{-4}$ mol et on y ajoute un volume de la solution d'ammoniac contenant la même quantité de matière initiale $n_i(NH_3) = n_0$.

1. Ecrire l'équation modélisant la réaction entre l'acide CH_3COOH et la base NH_3.
2. Calculer la constante d'équilibre K associée à la réaction étudiée.
3. Montrer que le taux d'avancement final de cette réaction s'écrit sous la forme : $\tau = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$

La constante d'acidité de couple : $pK_{A1} = pK_A\left(CH_3CO_2H_{(aq)}/CH_3CO^-_{2(aq)}\right) = 4{,}8$; $pK_{A2} = pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9{,}2$

Exercice 9

L'acide benzoïque est un solide blanc de formule C_6H_5COOH, il est utilisé comme conservateur alimentaire et il est naturellement présent dans certaines plantes.
Pour simplifier, on symbolise l'acide benzoïque par HA_1.
Masse molaire moléculaire de l'acide HA_1 : $M(HA_1) = 122$ g.mol^{-1}
Produit ionique de l'eau à 25°C : $Ke = 10^{-14}$
On dissout une masse m = 305 mg de l'acide benzoïque dans de l'eau distillée pour obtenir une solution aqueuse SA de volume V = 250 mL.
La mesure du pH de la solution S_A donne pH = 3,10.

1.1- Calculer la concentration molaire C_A de la solution S_A.

1.2- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.

1.3- Exprimer la constante pK_A du couple HA_1/A_1^- en fonction de C_A et τ, le taux d'avancement final de la réaction d'acide benzoïque avec l'eau.

1.4- Calculer le pKA et déduire l'espèce chimique prédominante dans la solution S_A sachant que $\tau = 7{,}94\%$.

Exercice 10

- On représente l'acide lactique *CH_3-CH(OH)-COOH* par *AH* et sa base conjuguée par *A^-*;
- La constante d'acidité du couple *AH/ A* : $K_A = 10^{-3,9}$;
  - Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Hélianthine	B.B.T	Rouge de crésol
Zone de virage	3 – 4,4	6 – 7,6	7,2 – 8,8

On dose le volume V_A =15mL d'une solution aqueuse (S_A) d'acide lactique *AH* de concentration molaire C_A par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 3.10^{-2}$ mol.L^{-1}, en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B) .
La courbe de la figure ci-dessous, représente les variations du pH en fonction du volume V_B au cours du dosage.

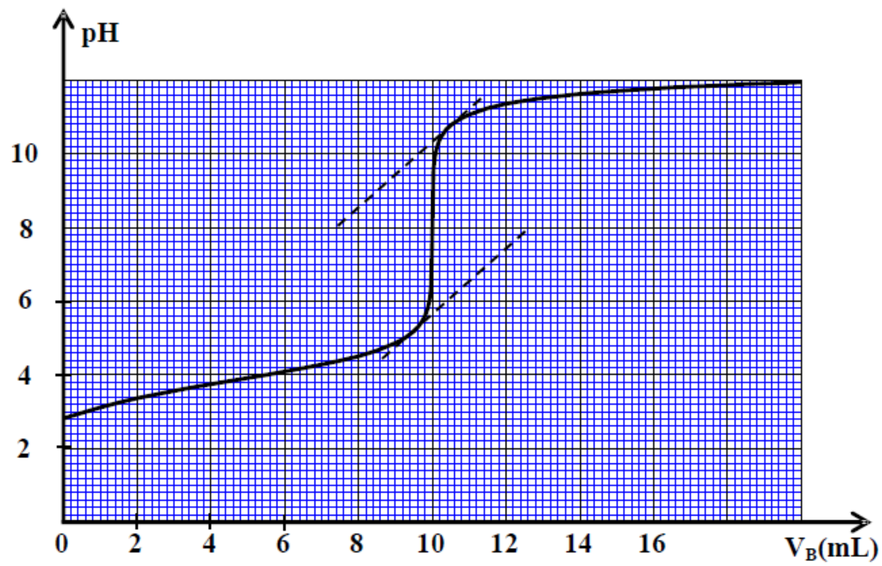
1- Ecrire l'équation de la réaction de dosage.

2- Déterminer les coordonnées V_{BE} et pH_E du point d'équivalence.

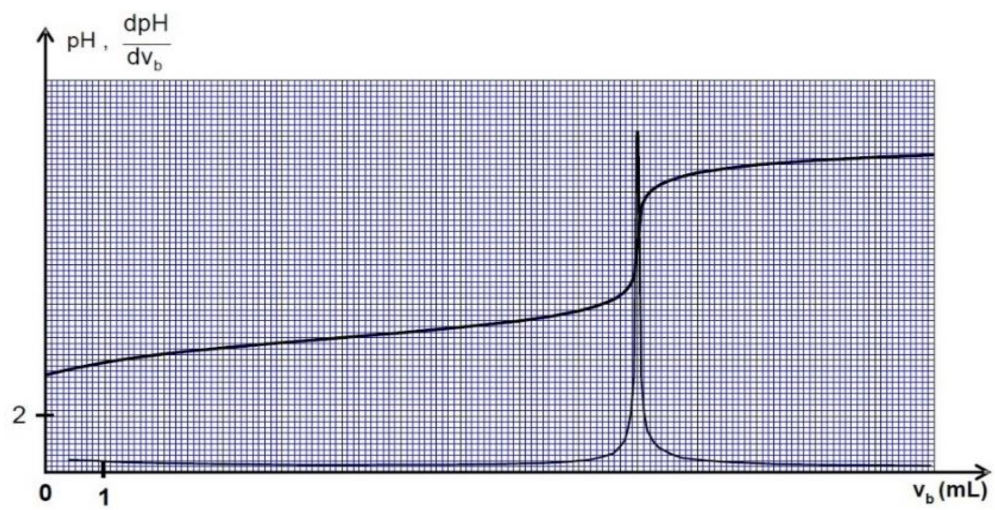
3- Calculer la concentration C_A de la solution (S_A).

4- Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence.

5- Trouver le rapport $\frac{[A^-]}{[AH]}$ à l'ajout du volume V_B =10mL, puis déduire l'espèce chimique prédominante AH ou A^-



Exercice 11



- $pK_A(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,8$;

Pour déterminer la concentration molaire d'une solution d'acide éthanoïque, on le neutralise par une solution d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ de concentration molaire $C_b = 1,5\times10^{-2}$ mol.L^{-1}.

On ajoute progressivement, à un volume V_a = 10 mL d'une solution d'acide éthanoïque (S_a), de concentration molaire C_a, un volume v_b de la solution (S_b) d'hydroxyde de sodium, puis on mesure le pH du mélange.

La figure suivante donne les courbes $pH = f(V_b)$ et $\frac{dpH}{dV_b}$ = g(V_B) de ce dosage.

1- Représenter, sur la copie de rédaction, un schéma légendé du dispositif expérimental permettant de réaliser le dosage acide-base par mesure de pH.

2- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au cours du dosage, et donner ses deux caractéristiques.

3- Calculer la valeur de la concentration C_a de la solution d'acide éthanoïque.

4- Préciser, en justifiant, laquelle des deux espèces CH_3COOH et CH_3COO^- est dominante dans le mélange réactionnel à pH = 7.

5- Trouver, à l'aide de la courbe du dosage, le volume v_b à ajouter pour que : $\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = 1$

Exercice 12

I- Dosage d'une solution d'acide acétylsalicylique

On dissout un comprimé d'aspirine dans l'eau distillée. On obtient ainsi une solution aqueuse S d'acide acétylsalicylique de concentration C_A , de volume V = 278 mL et contenant une quantité de masse m de cet acide .

On prélève un volume V_A = 10 mL de la solution S et on le dose par une solution aqueuse S_B d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration $C_B = 10^{-2}$ mol.L^{-1}, en utilisant un indicateur coloré convenable.

1. Ecrire l'équation de la réaction de dosage. (On notera AH pour désigner l'acide acétylsalicylique et A^- pour désigner sa base conjuguée).

2. Pour obtenir l'équivalence, on doit verser le volume V_{BE} = 10 mL de la solution S_B.

2.1. Déterminer la concentration C_A de la solution S.

2.2. Montrer que m = 0,5 g.

3. Choisir, parmi les indicateurs colorés dans le tableau ci-dessous, l'indicateur convenable à ce dosage. Justifier la réponse.

Indicateur coloré	Jaune de méthyle	Hélianthine	Rouge de crésol
Zone de virage	2,9 – 4	3,1 – 4,4	7,2 – 8,8

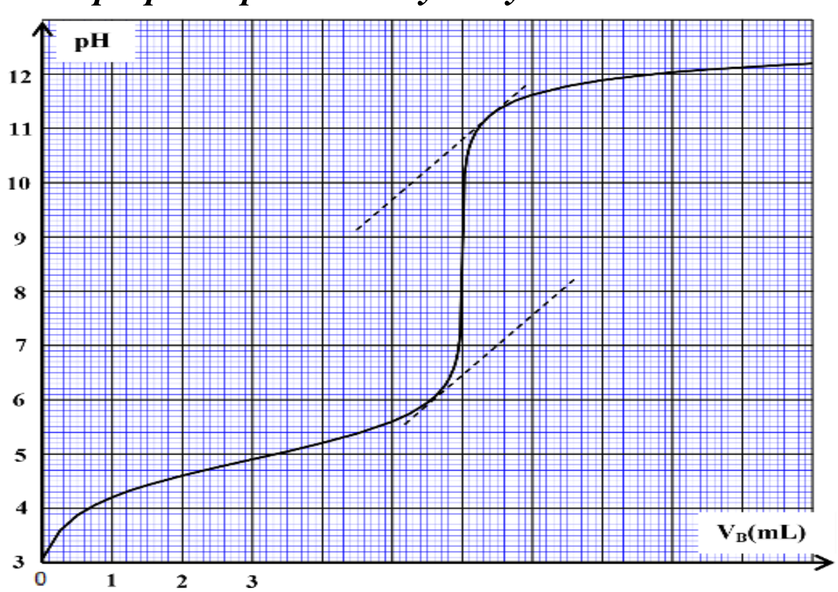
Exercice 13

- Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$;
- On représente l'acide propanoïque C_2H_5COOH par *AH* et sa base conjuguée par *A*;
- La constante d'acidité du couple $C_2H_5COOH_{(aq)} / C_2H_5COO^-_{(aq)}$: $K_A = 10^{-4,9}$
- Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Hélianthine	B.B.T	Bleu de thymol
Zone de virage	3 – 4,4	6 – 7,6	8 – 9,6

1. 1. *Etude de la réaction de l'acide propanoïque avec l'hydroxyde de sodium*

On dose le volume V_A = 5mL d'une solution aqueuse (S_A) de l'acide propanoïque *AH* de concentration molaire C_A par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 5 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}, en suivant les variations du pH du mélange réactionnel en fonction du volume V_B versé de la solution (S_B) .



La courbe de la figure 1, représente les variations du pH en fonction du volume V_B au cours du dosage.

1.1. Déterminer les coordonnées V_{BE} et pH_E du point d'équivalence.

1.2. En calculant la constante d'équilibre K associée à la réaction du dosage, montrer que cette réaction est totale.

1.3. Calculer la concentration C_A.

1.4. Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence.

1.5. Préciser, en justifiant la réponse, l'espèce chimique prédominante *AH* ou A^- après l'ajout du volume V_B = 7mL.

Exercice 14

On dose, par pH métrie, le volume V_A = 15 mL d'une solution aqueuse d'acide salicylique AH, de concentration molaire C'_A, à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ de concentration molaire C_B = 0,2 mol.L^{-1}.

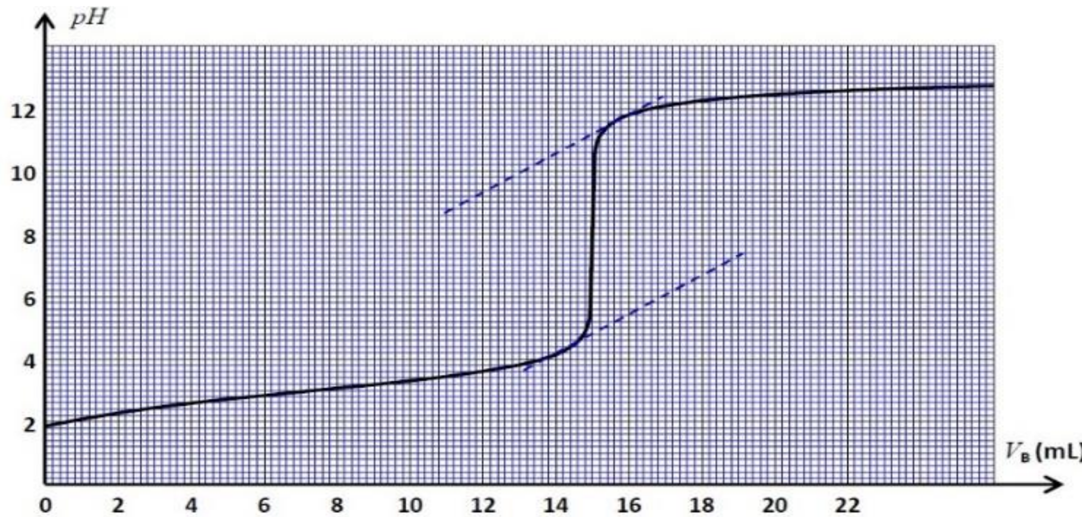
Zones de virage de quelques indicateurs colorés:

Indicateur coloré	Hélianthine	Rouge de bromophénol	Rouge de crésol
Zone de virage	3 – 4,4	5,2 – 6,8	7,2 – 8,8

1- Représenter un schéma annoté du dispositif expérimental de ce dosage.

2- Ecrire l'équation modélisant la transformation ayant lieu au cours de ce dosage.

3- La courbe suivante traduit les variations du pH du mélange en fonction du volume V_B de la solution (S_B) d'hydroxyde de sodium ajoutée.



3.1- Déterminer les coordonnées V_{BE} et pH_E du point d'équivalence.

3.2- Calculer la concentration molaire C'_A.

3.3- A l'aide du tableau, indiquer l'indicateur coloré convenable à ce dosage en l'absence du pH mètre. Justifier.

3.4- Déterminer le rapport $\frac{[A^-]_{eq}}{[AH]_{eq}}$ lorsque le volume de la solution (S_B) ajouté au mélange réactionnel est : V_B = 6 mL.

Exercice 15 : Dosage acide-base d'une solution diluée d'ammoniac.

Pour déterminer la concentration C_B d'une solution commerciale concentrée d'ammoniac, on procède par dosage acido – basique. On prépare par dilution une solution S de concentration $C' = \frac{C_B}{1000}$

On réalise le dosage pH- métrique d'un volume V = 20 mL de la solution S à l'aide d'une solution S_A d'acide chlorhydrique $(H_3O^+_{aq} + Cl^-_{aq})$ de concentration C_A = 0,015mol.L^{-1}.

On mesure le pH du mélange après chaque addition d'un volume d'acide ; Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de dosage $pH = f(V_A)$ (fig 1). On atteint l'équivalence lorsqu'on ajoute du dosage.

3-2 En utilisant la valeur du pH correspondant à l'addition de 5mL d'acide chlorhydrique, calculer le taux d'avancement final de la réaction du dosage. Conclure.

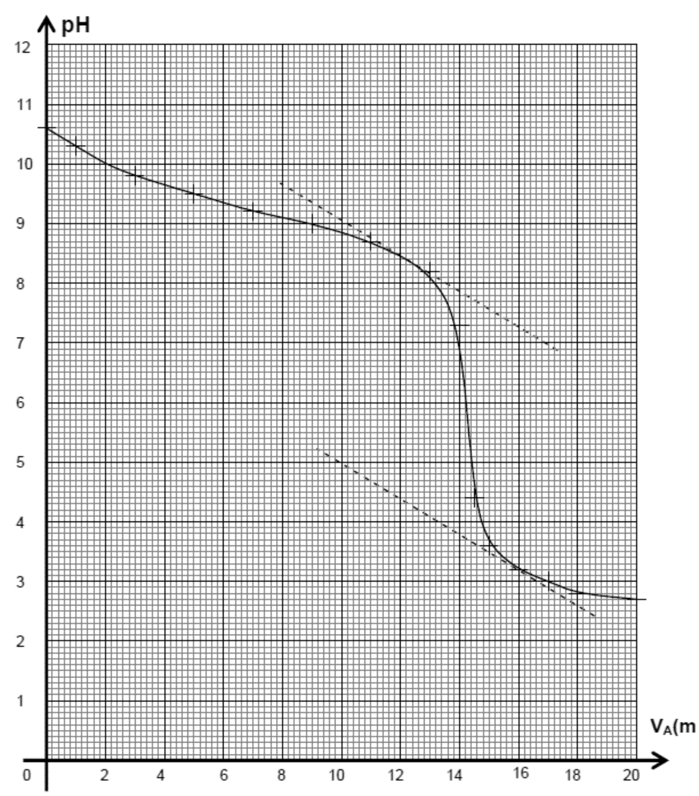


Fig 1

L'indicateur coloré	Zone de virage
phénolphtaléine	8 ,2 - 10
Rouge de chlorophénol	5 ,2 - 6 ,8
Hélianthine	3 ,1 - 4 ,4

3-3 Déterminer le volume V_{AE} En déduire C'et C_B.
3-4 Parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau ci-dessous, choisir celui qui conviendra le mieux à ce dosage.

Exercice 16

- Masse molaire : M(HCOOH) = 46g.mol^{-1}.
- Les conductivités molaires ioniques :$\lambda_{H_3O^+} = 3{,}5 \times 10^{-2} S.m^2.mol^{-1}$ et $\lambda_{HCOO^-} = 5{,}46 \times 10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$

On prépare une solution aqueuse (S) d'acide méthanoïque de concentration molaire C et de volume V_S = 1L a partir une solution commerciale (S_0), de concentration molaire C_0.

Détermination du pK_A **du couple** $HCOOH_{(aq)} / HCOO^-_{(aq)}$ **par conductimétrie:**

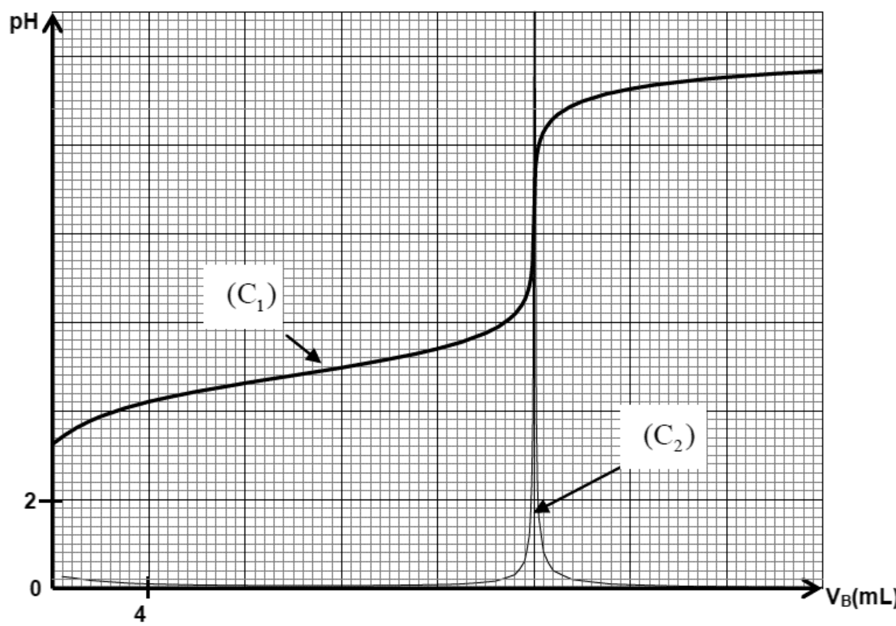
On prend un volume V_1 de la solution (S) de concentration C = 4.10^{-2} mol.L^{-1}, puis on mesure sa conductivité, on trouve :σ = 0,1S.m^{-1} .

1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.
2- Trouver l'expression de l'avancement final x_f de la réaction en fonction de σ, $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{HCOO^-} et V_1.
3- Montrer que le taux d'avancement final est τ = 6,2%.
4- Trouver l'expression du pK_A ($HCOOH_{(aq)} / HCOO^-_{(aq)}$) en fonction de C et τ. Calculer sa valeur.

Exercice 17

On prépare une solution aqueuse (S_A) d'acide éthanoïque CH_3COOH de volume V = 1L et de concentration molaire C_A, en dissolvant une quantité de masse m de cet acide dans& l'eau distillée.

On dose un volume V_A = 20mL de la solution (S_A) en suivant les variations du pH en fonction du volume V_B versé d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire C_B = 2.10^{-2}mol.L^{-1}.



1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.
2- A partir des mesures obtenues, on a tracé la courbe (C_1) représentant pH = f(V_B) et la courbe (C_2) représentant $\frac{dpH}{dV_B}$ = g(V_B)

2.1- Déterminer le volume V_{BE} de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
2.2- Trouver la valeur de la masse m nécessaire à la préparation de la solution (S_A).
2.3- Montrer que la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau est limitée.

Exercice 18 : Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac et de sa réaction avec un acide.

Le produit ionique de l'eau : Ke = 10-14, On note pKA(NH4+(aq) /NH3(aq)) = pKA1, pKA(CH3NH3+(aq)/CH3NH2(aq)) = pKA2 = 10,7 .

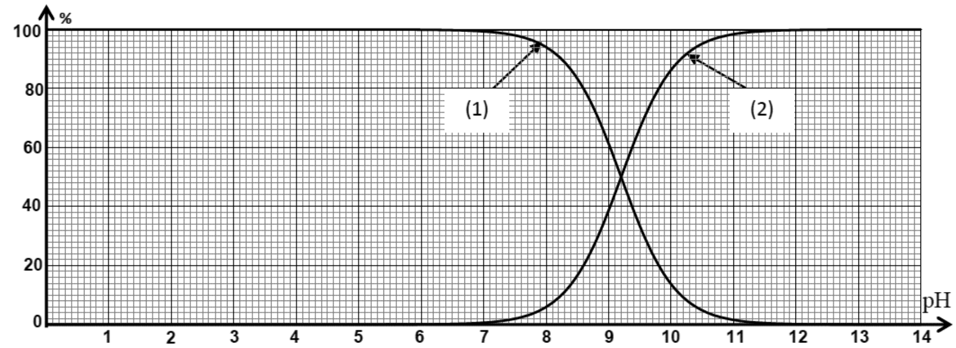
1- On prépare une solution aqueuse S_1 d'ammoniac de concentration molaire $C_1 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. La mesure du pH de la solution S_1 donne la valeur $pH_1 = 10,6$.

1-1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'ammoniac avec l'eau.

1-2- Trouver l'expression du taux d'avancement final τ_1 de la réaction en fonction de C_1, pH_1 et K_e . Vérifier que $\tau_1 = 4\%$.

1-3- Trouver l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction en fonction de C_1 et de τ_1. Calculer sa valeur.

2- On dilue la solution S_1, on obtient alors une solution S_2. On mesure le pH de la solution S_2 et on trouve $pH_2 = 10,4$.



Les courbes de la figure ci-dessous représentent le diagramme de distribution de la forme acide et de la forme basique du couple $NH_4^+{}_{(aq)}$ / $NH_{3(aq)}$.

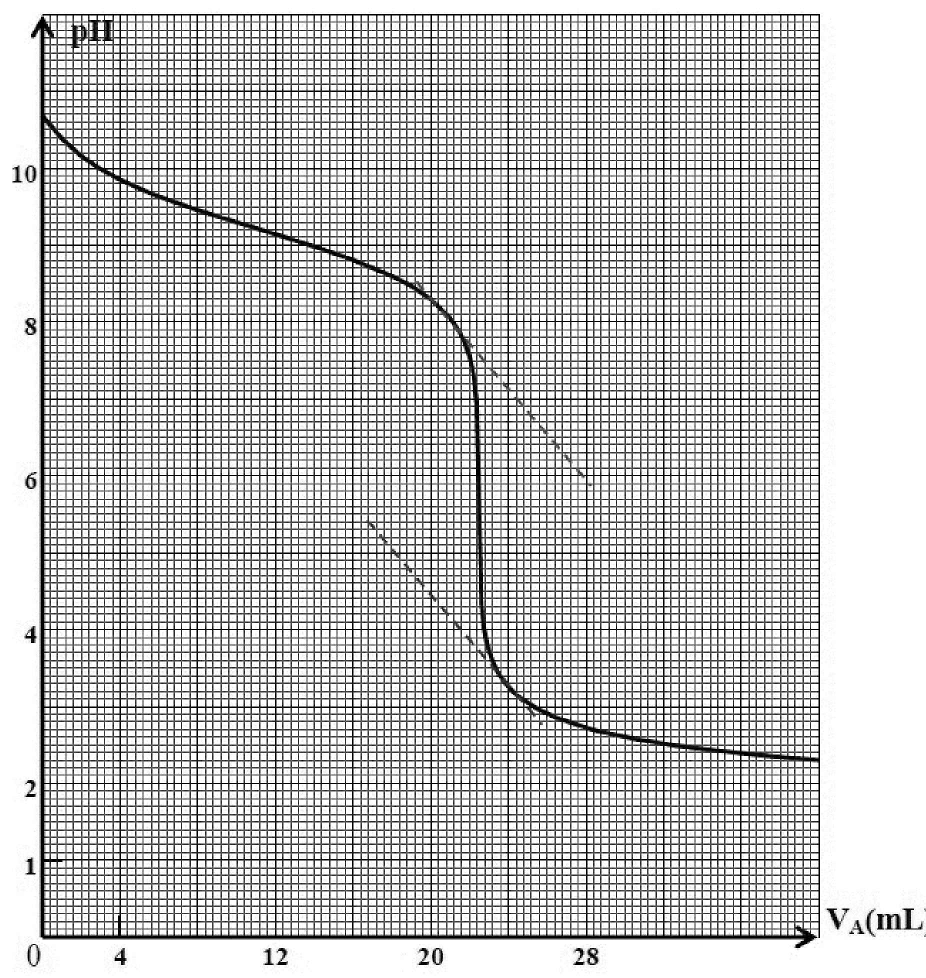
2.1. Associer, en justifiant, la forme basique du couple $NH_4^+{}_{(aq)}$ / $NH_{3(aq)}$ à la courbe qui lui correspond.

2.2. A l'aide des courbes représentées sur la figure, déterminer : pK_{A1}.

Exercice 19

Etude de la solution d'ammonique par une solution d'acide chlorhydrique.

On titre par pH métrie, un volume V_B = 30 mL de la solution (S'_B) d'ammoniaque, de concentration molaire C'_B, à l'aide d'une solution (S_A) d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_A = 2.10^{-2}$ mol.L^{-1}.



1- Ecrire l'équation chimique modélisant ce dosage.

2- La courbe de la figure 1 représente les variations du pH du mélange en fonction du volume V_A de la solution (S_A) d'acide chlorhydrique ajoutée.

a- Déterminer les coordonnées V_{AE} et pH_E du point d'équivalence.

b- Calculer C'_B.

c- Indiquer, en justifiant, l'indicateur coloré convenable à la réalisation de ce dosage en l'absence du pH mètre.

d- Déterminer le volume V_{A1} d'acide chlorhydrique qu'il faut ajoute pour que : $[NH_4^+] = 15[NH_3]$ se réalise dans le mélange réactionnel.

Toutes les mesures ont été faites à 25°C ;
Le produit ionique de l'eau Ke = 10^{-14}
La constante pK_A du couple $NH_{4(aq)}^{+}/NH_3$:$pK_A = 9{,}2$
Les zones de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	**Hélianthine**	**Rouge de chlorophénol**	**Bleu de bromothymol**	**Phénol phtaléine**
Zone de virage	3,1 – 4,4	5,2 – 6,8	6,0 – 7,6	8,2 - 10

Exercice 20

1- Étude d'un système chimique à l'état d'équilibre

On considère une solution aqueuse (S_0) d'ammoniac NH_3, de volume V_0 et de concentration molaire $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$. Le pH de cette solution à 25°C vaut pH = 10,6.

1.1. Écrire l''équation de la réaction modélisant la transformation entre l'ammoniac et l'eau
1.2. Construire le tableau d'avancement
1.3. Calculer le taux d'avancement de cette réaction
1.4. Calculer la concentration molaire effective des ions ammonium NH_4^+ à l'etat d'équilibre du système.
1.5. Calculer la constante d'équilibre K et déduire la valeur de pK_A la constate d'acidité du couple NH_4^+/NH_3
1.6. On mélange un volume de la solution (S_0) d'ammonium avec un volume d'une solution de chlorure d'ammonium $\left(NH_{4(aq)}^{+} + Cl_{(aq)}^{-}\right)$. le pH du mélange est pH = 6,2. Tracer le diagramme de prédominance du couple NH_4^+/NH_3. En déduire l'espèce prédominante de ce couple dans le mélange.

2- Dosage d'un engrais :

Le nitrate d'ammonium NH_4NO_3 est un composée ionique présent dans divers engrais. Un sac d'engrais porte l'indication suivantes : **« pourcentage en masse 75% de nitrate d'ammonium ».**

Pour vérifier le pourcentage massique en nitrate d'ammonium indiqué par le producteur, on prépare une solution aqueuse (S_A) par dissolution de la masse m=15,0g d'engrais dans le volume V_0 = 1L d'eau distillée. On dose les ions ammonium NH_4^+ présent dans un volume V_A = 10,0 mL de la solution (S_A) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $Na_{(aq)}^{+} + HO_{(aq)}^{-}$ de concentration molaire C_B = 0,10 mol.L^{-1}. Le volume de la solution (S_B) versé à l'équivalence est V_{BE} = 14,0mL.

Donnée : $\boldsymbol{M}(NH_4NO_3) = \boldsymbol{80 g.mol^{-1}}$ **et $K_e = 10^{-14}$**

2.1. Écrire l'équation de la réaction qui se produit au cours du dosage
2.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire C_A des ions ammonium NH_4^+ dans la solution (S_A).
2.3. Calculer le pourcentage massique en masse de nitrate d'ammonium contenu dans cet engrais. Comparer à la valeur annoncée par le fabriquant
2.4. Déterminer l'indicateur colorée convenable a ce dosage

3- Dosage de la solution (S_b) d'ammoniac

On prépare une solution (S_B) de volume v, en diluant 100 fois une solution commerciale d'ammoniac S_0 de concentration C_0.

On réalise un dosage pH-métrique d'un volume V_b = 15 mL de la solution S_B par une solution aqueuse S_a d'acide chloridrique $H_3O_{(aq)}^{+} + Cl_{(aq)}^{-}$ de concentration $C_a = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. La courbe de la figure 1 représente les variations du pH du mélange en fonction du volume V_a versée de la solution S_b : pH = f(V_a).

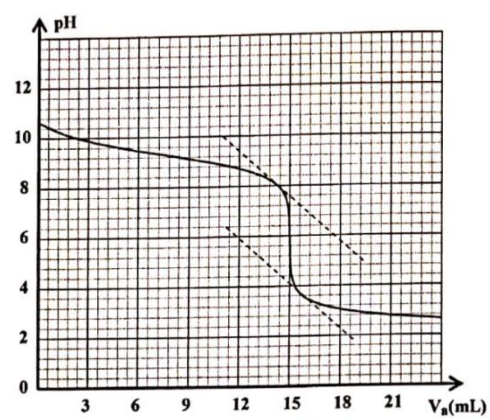


Figure 1

3.1. Écrire l'équation de la réaction de dosage.
3.2. Calculer K la constate d'équilibre associée à la réaction
3.3. Calculer la concentration C_b de la solution S_b. En déduire C_0.
3.4. Choisir en justifiant, parmi les indicateurs colorés suivants, l'indicateur adéquat pour réaliser ce dosage.

Indicateur coloré	**Hélianthine**	**Rouge de méthyle**	**Phénolphtaléine**
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	8,2 - 10

3.5. Calculer le taux d'avancement final, de la réaction de dosage lorsque le volume de la solution versé est S_a est V_a = 9mL.

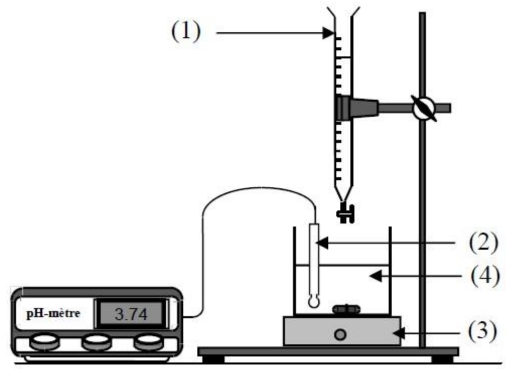
Exercice 21

- Le produit ionique de l'eau : $Ke = 10^{-14}$;
- Le tableau suivant présente quelques indicateurs colorés et leurs zones de virage.

L'indicateur coloré	Hélianthine	Rouge de méthyle	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	8,2 - 10

Réaction de l'acide méthanoïque avec une solution d'hydroxyde de sodium

Le dispositif de la figure ci-contre est utilisé pour titrer un volume V_a = 20 mL de la solution (S_a) de l'acide méthanoïque (HCOOH) de concentration $C_A = 10^{-2}$ mol.L^{-1} par une solution (S_b) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $Cb = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.



1- Ecrire les noms correspondants aux numéros (1), (2) et (3) des composants du dispositif, et le nom de la solution correspondante au numéro (4).

2- Le pH du mélange prend la valeur pH = 3,74, lorsque le volume de la solution (S_b) versé est V_b = 10 mL. A l'aide du tableau d'avancement, s'assurer, en calculant le taux d'avancement final, que cette réaction est totale.

3- Calculer le volume V_{bE} qu'on doit verser pour atteindre l'équivalence ?

4- Préciser en justifiant, parmi les indicateurs colorés indiqués dans le tableau précédent, celui le plus convenable à ce dosage.

EXERCICE 22

Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide éthanoïque (CH_3COOH), il est caractérisé par son degré d'acidité (X°) qui représente la masse (en gramme) d'acide éthanoïque contenue dans 100 g de solution.

Données :

- Toutes les mesures ont été faites à 25°C ;
- La masse volumique du vinaigre : $\rho = 1$ g/mL ;
- La masse molaire de l'acide éthanoïque : $M(CH_3COOH) = 60$ g.mol^{-1} ;
- La conductivité molaire ionique de l'ion H_3O^+ :

2- **Partie II : Vérification du degré d'acidité du vinaigre commercial**

On extrait un échantillon de vinaigre commetcial, de volume V_0 = 1 mL, de concentration molaire C_0 et portant l'indication (7°), on y ajoute de l'eau distillée pour préparer une solution (S) de concentration molaire C_S et de volume V_S =100 mL.

On neutralise un échantillon de volume V_A= 20 mL de la solution (S) à l'aide d'une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $(Na^+_{aq} + OH^-_{aq})$ de concentration molaire $C_B = 1{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

L'équivalence est obtenue lorsque le volume vérsé de la solution (S_B) est : V_{BE} = 15,7 mL.

2-1- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au cours du dosage.

2-2- Calculer la valeur de C_S.

2-3- Déterminer le degré d'acidité du vinaigre étudié. Le résultat obtenu est-il en accord avec l'indication inscrite sur le vinaigre commercial ou non ?

EXERCICE 13

Vérification de l'indication prescrite sur le sachet :

Pour vérifier la valeur de la masse prescrite sur le sachet, on dissout la même masse (200 mg) dans un volume V_B = 60,0 mL d'une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium (Na^+_{aq} + HO^-_{aq}) de concentration $C_B = 3{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}, pour obtenir une solution aqueuse (S).

(On considère que le volume de la solution (S) est V_B)

2-1- Etablir l'équation de la réaction entre l'acide RCOOH et la solution (S_B), en considérant que la réaction est totale.

2-2- Montrer que la quantité de matière $n_i(HO^-)$ des ions HO^-, initialement présents dans la solution (S_B) est plus grande que la quantité de matière n_i(RCOOH) dissoute.

(On considère que la valeur prescrite sur le sachet est exacte).

2-3- Pour doser les ions HO^- restants dans la solution (S), on ajoute à un volume V=20,0 ml de cette solution (S), une solution aqueuse (S_A) d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}. On obtient l'équivalence après avoir versé V_{AE} = 27,7 ml de la solution (S_A).

Au cours du dosage, seuls les ions HO^- restants dans la solution (S) réagissent avec les ions H_3O^+ issus de la solution (S_A), selon la réaction modélisée par l'équation :

$$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(\ell)} \quad (1)$$

a- Trouver la quantité de matière des ions HO- qui ont réagis avec l'acide RCOOH contenu dans le sachet.

b- Calculer la masse d'acide Ibuprofène contenu dans le sachet. Conclure.

Données : • M(RCOOH) = 206 g.mol^{-1}

Transformations spontanées dans les piles

EXERCICE 1

On réalise une pile en utilisant le matériel et les produits suivants :

- un bêcher contenant le volume $V_1 = 20\ mL$ d'une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^+(aq)+NO_3^-(aq)$ de concentration molaire $C_1 = 1{,}0.10^{-1}\ mol.L^{-1}$;
- un bêcher contenant le volume $V_2 = 20\ mL$ d'une solution aqueuse de nitrate de cuivre $Cu^{2+}(aq)+2NO_3^-(aq)$ de concentration molaire $C_2 = 5{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$;
- un fil de cuivre ;
- un fil d'argent ;
- un pont salin contenant une solution aqueuse saturée de nitrate de potassium $K^+(aq)+NO_3^-(aq)$.

Données :

- $1F=96500\ C.mol^{-1}$;
- Constante d'équilibre associée à l'équation $2Ag^+(aq)+Cu(s) \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2Ag(s)+Cu^{2+}(aq)$ est $K=2{,}2.10^{15}$.

On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre, et on observe le passage d'un courant électrique dans le circuit extérieur de la pile.

1. Calculer la valeur du quotient de la réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial du système chimique. En déduire le sens spontané de l'évolution de ce système.

2. On fait fonctionner la pile pendant une longue durée jusqu' ce qu'il s'épuise. Déterminer la valeur de la quantité d'électricité qui traverse le conducteur ohmique depuis le début de fonctionnement de la pile jusqu'à son épuisement, sachant que le réactif limitant est l'ion Ag^+.

EXERCICE 2

Le but de cette partie est l'étude d'une transformation spontanée dans une pile.

On considère la pile Zinc/Argent. Cette pile est constituée des éléments suivants:

- Un bécher contenant une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^+_{(aq)}+NO^-_{3(aq)}$ de volume V_1 et de concentration molaire C_1 ;
- Un bécher contenant une solution aqueuse de nitrate de zinc $Zn^{2+}_{(aq)}+2\ NO^-_{3(aq)}$ de volume V_2 et de concentration molaire C_2 ;
- Un fil d'argent $Ag_{(s)}$;
- Une plaque mince du zinc $Zn_{(s)}$.
- Un pont salin.

Données :

$C_1=2{,}0.10^{-1}mol.L^{-1}$	$C_2=2{,}0.10^{-2}mol.L^{-1}$	$1\mathscr{F} = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$
La constante d'équilibre associée à l'équation : $2\ Ag^+_{(aq)} + Zn_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2\ Ag_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$ est : $K = 10^{52}$		

On branche, en série aux bornes de la pile, un ampèremètre et un conducteur ohmique. Le circuit est alors traversé par un courant électrique.

1. Déterminer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$, du système chimique à l'état initial .

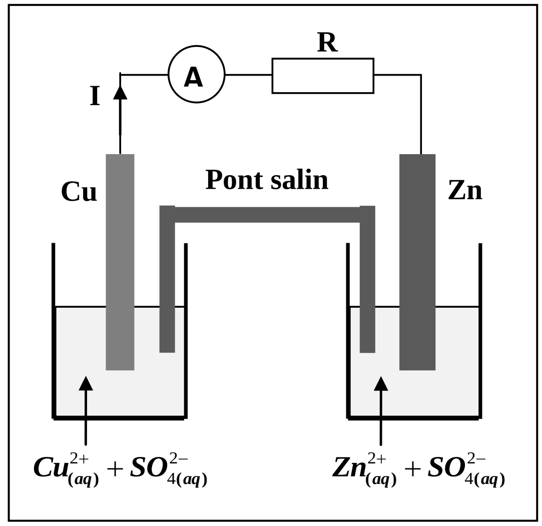
2. Déduire, en justifiant votre réponse, le sens d'évolution spontané du système chimique lors du fonctionnement de la pile.

3. On laisse la pile fonctionner pendant une durée très longue jusqu'à ce qu'elle s'épuise.

Déterminer la valeur de la quantité d'électricité maximale Q_{max}, qui a traversé le conducteur ohmique du début de fonctionnement de la pile jusqu'à ce qu'elle s'épuise sachant que l'avancement maximale est $x_{max} = 5.10^{-3} mol$.

EXERCICE 3

- Masse de la partie immergée de l'électrode de Zinc : $m = 6,54\ g$;
- Volume de chaque solution : $V = 50\ mL$;
- Concentration de chaque solution : $C = 1,0\ mol.L^{-1}$;
- $1\mathscr{F} = 9,65.10^4 C.mol^{-1}$;
- $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$.



On laisse fonctionner la pile pendant une durée Δt suffisamment longue jusqu'à ce que la pile ne débite plus. L'équation bilan du fonctionnement de cette pile est :

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

1. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

Le schéma conventionnel de cette pile est :

A $\ominus Cu_{(s)} | Cu^{2+}_{(aq)} \| Zn^{2+}_{(aq)} | Zn_{(s)} \oplus$ **B** $\oplus Zn_{(s)} | Zn^{2+}_{(aq)} \| Cu^{2+}_{(aq)} | Cu_{(s)} \ominus$

C $\ominus Zn_{(s)} | Zn^{2+}_{(aq)} \| Cu^{2+}_{(aq)} | Cu_{(s)} \oplus$ **D** $\oplus Cu^{2+}_{(aq)} | Cu_{(s)} \| Zn_{(s)} | Zn^{2+}_{(aq)} \ominus$

2. Montrer que la quantité de matière du cuivre déposé est $n(Cu) = 5.10^{-2} mol$.

3. Déterminer la valeur de la durée Δt du fonctionnement de la pile sachant qu'elle délivre un courant d'intensité constante $I = 100\ mA$.

EXERCICE 4

Cette pile est constituée de deux compartiments séparés par un électrolyte acide, jouant le rôle d'un pont ionique et de deux électrodes A et B.

La pile est alimentée, au cours du fonctionnement, par du méthanol liquide et du dioxygène gazeux. (Figure 2)

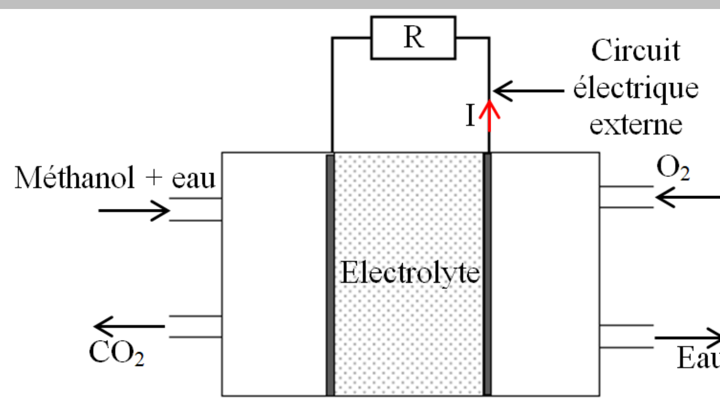


Figure 2

Données :

- Constante de Faraday : $\mathscr{F}$ = 96500 $C.mol^{-1}$;
- Masse volumique du méthanol liquide : ρ = 0,78 $g.cm^{-3}$;
- Masse molaire du méthanol : M = 32 $g.mol^{-1}$;
- Les couples intervenants dans la transformation:($O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)}$) et ($CO_{2(g)}/CH_3OH_{(\ell)}$).

Au cours du fonctionnement de la pile, il se produit au voisinage de l'une des électrodes une transformation modélisée par l'équation suivante :

$$CH_3OH + H_2O \longrightarrow CO_2 + a.H^+ + b.e^-$$

2-1- Déterminer les coefficients a et b.

2-2- Préciser au voisinage de quelle électrode A ou B, se produit cette réaction ? Justifier.

2-3- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de l'autre électrode. Nommer les deux électrodes A et B.

2-4- La pile alimente le circuit extérieur par un courant d'intensité I = 45 mA supposée constante durant Δt = 1 h 30 min. Trouver la valeur du volume V de méthanol consommé au cours de la durée Δt de fonctionnement.

EXERCICE 5

On réalise la pile constituée des couples $(Ni^{2+}_{(aq)} / Ni_{(S)})$ et $(Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(S)})$ en immergeant :

- L'électrode de Nickel dans une solution de sulfate de Nickel $(Ni^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ de volume V = 150 mL et de concentration molaire initiale $\left[Ni^{2+}_{(aq)}\right]_i = 10^{-2} mol.L^{-1}$;
- L'électrode de Zinc dans une solution de sulfate de Zinc $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ de volume V = 150 mL et de concentration molaire initiale $\left[Zn^{2+}_{(aq)}\right]_i = 10^{-2} mol.L^{-1}$;

On relie les deux compartiments par un pont ionique.

<u>Données :</u>

- La constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction suivante est K = 10^{18}.

$$Zn_{(S)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(S)}$$

- $1\mathscr{F} = 9{,}65.10^4 mol^{-1}$;

1- Préciser, en calculant le quotient de réaction Qr_i à l'état initial, le sens spontané d'évolution du système constituant la pile.

2- Donner le schéma conventionnel de la pile étudiée.

3- Au cours du fonctionnement de la pile, le circuit extérieur est traversé par un courant d'intensité I = 0,1 A.
Trouver la durée maximale Δt_{max} de fonctionnement de la pile en fonction de : $\left[Zn^{2+}_{(aq)}\right]_i$, V, $\mathscr{F}$ et I. Calculer Δt_{max}.

EXERCICE 6

La première pile électrique a été inventée, à la fin du XVIII^{eme} siècle, par le savant Volta, en utilisant le cuivre et le zinc et un papier imbimé d'eau salée. Dès lors, on à pu inventé et développé plusieurs sortes de piles électrochimiques.

On propose dans cette partie une étude siplifiée de la pile cuivre – zinc.

On réalise la pile constituée des couples $(Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(S)})$ et $(Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(S)})$, en immérgeant l'électrode de cuivre dans une solution de sulfate de cuivre $(Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ de volume V = 200 mL et de concentration initiale $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right]_i = 10^{-2} mol.L^{-1}$, et l'électrode de zinc dans une solution de sulfate de zinc $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ de volume V = 200 mL et de concentration initiale $\left[Zn^{2+}_{(aq)}\right]_i = 10^{-2} mol.L^{-1}$.

Les solutions des deux compartiments de la pile sont reliées par un pont salin.
Au cours du fonctionnement de la pile se produit une transformation modélisée par l'équation suivante : $Zn_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$.

- La constante d'équilibre associée à la transformation étudiée est : $K = 5.10^{36}$;
- La constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9{,}65.10^4$ C.mol^{-1}.

1- Préciser le sens d'évolution spontané du système constituant la pile.

2- Représenter le schéma conventionnel de la pile étudiée.

3- Au cours du fonctionnement de la pile, le circuit est traversé par un courant d'intensité constante I = 75 mA. Trouver l'expression de la durée maximale de fonctionnement de la pile Δt_{max}, en fonction de : $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right]_i$, V, $\mathcal{F}$ et I, puis calculer Δt_{max}.

EXERCICE 7

Alessandro Volta déclara l'invention de la première pile en 1800, et au début du XX^{ème} siècle, le savant Adisson inventa une pile rechargeable plusieurs fois (l'accumulateur Nickel-Cadmium), caractérisée par sa légèreté et sa longue durée de fonctionnement.

Données :

- La constante d'équilibre associée à la réaction spontanée se produisant au cours du fonctionnement de la pile est : $K = 4{,}5.10^5$;
- La constante de Faraday : 1 $\mathcal{F} = 9{,}65.10^4$ C.mol^{-1},

On réalise, à 25°C, la pile Nickel-Cadmium, constituée de deux compartiments reliés par un pont salin tel que :

- Le premier compartiment est constitué par une plaque de Nickel immergée dans une solution ionique de sulfate de Nickel $(Ni^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$,
- Le deuxième compartiment est constitué par une plaque de Cadmium immergée dans une solution ionique de sulfate de Cadmium $(Cd^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$.
- Les deux solutions ioniques ont :
  - Même volume V = 0,2 L ;
  - Même concentration molaire initiale : $[Cd^{2+}]_0 = [Ni^{2+}]_0 = 0{,}1$ mol.L^{-1}.

On relie les deux pôles de la pile à travers un résistor et un ampèremètre qui indique la valeur I = 0,2 A.

Sachant que la plaque du Nickel est la borne positive de la pile, répondre aux questions suivantes :

1- Représenter le schéma du dispositif expérimental de la pile réalisée.

2- Ecrire l'équation de la réaction se produisant au voisinage de chaque électrode, et l'équation bilan au cours du fonctionnement de la pile.

3- Calculer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ du système étudié, et s'assurer de son sens d'évolution.

4- Calculer la valeur de la concentration des ions $Ni^{2+}_{(aq)}$, restants dans la solution du premier compartiment, après une durée $\Delta t = 60$ min de fonctionnement de la pile.

EXERCICE 8

Les piles électrochimiques fonctionnent selon le principe suivant : au cours de leur fonctionnement, une partie de l'énergie chimique produite par des réactions spontanées est transformée en énergie électrique. Cette dernière est utilisée au besoin.
On étudie sommairement dans cette partie, la pile aluminium – cuivre.

On réalise la pile aluminium – cuivre comme suit :

- On plonge une électrode de cuivre dans un bécher contenant le volume $V = 65\,mL$ d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre $Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire initiale en ions $Cu^{2+}_{(aq)}$: $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right]_i = 6,5.10^{-1}\,mol.L^{-1}$.
- On plonge une électrode d'aluminium dans un autre bécher contenant le même volume $V = 65\,mL$ d'une solution aqueuse de sulfate d'aluminium $2Al^{3+}_{(aq)} + 3SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire initiale en ions aluminium $Al^{3+}_{(aq)}$: $\left[Al^{3+}_{(aq)}\right]_i = 6,5.10^{-1}\,mol.L^{-1}$.
- On relie les deux solutions par un pont salin et on monte en série, entre les deux pôles de la pile, un conducteur ohmique, un ampèremètre et un interrupteur.

A la fermeture du circuit, un courant d'intensité constante y circule .

Données :

-Les couples mis en jeu sont : $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ et $Al^{3+}_{(aq)} / Al_{(s)}$;

-La constante de Faraday : $1F = 9,65.10^{4}\,C.mol^{-1}$;

-La constante d'équilibre associée à la réaction $3Cu^{2+}_{(aq)} + 2Al_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 3Cu_{(s)} + 2Al^{3+}_{(aq)}$ est : $K = 10^{200}$.

1-Ecrire l'expression du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial puis calculer sa valeur.

2-Préciser le sens d'évolution spontanée du système chimique lors du fonctionnement de la pile. Justifier.

3-Représenter le schéma conventionnel de la pile étudiée.

4-Trouver la quantité d'électricité q, débitée lorsque la concentration des ions cuivriques devient $\left[Cu^{2+}_{(aq)}\right] = 1,6.10^{-1}\,mol.L^{-1}$

EXERCICE 9

Partie 1 : Etude de la pile nickel-cadmium.

Lors de leur fonctionnement, les piles électrochimiques convertissent une partie de l'énergie chimique en énergie électrique. On étudie dans cette partie de l'exercice le principe de fonctionnement de la pile nickel-cadmium.

On réalise la pile nickel-cadmium en utilisant le matériel et les produits suivants :

- un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de nickel $Ni^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration initiale $C = 1\,mol.L^{-1}$;
- un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de cadmium $Cd^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration initiale $C = 1\,mol.L^{-1}$;
- une lame de nickel et une lame de cadmium;
- un pont salin.

On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre. En fermant le circuit, l'ampèremètre indique le passage d'un courant électrique d'intensité constante I = 0,3 A.

Données :

- $1\ F = 9{,}65.10^{4}\ C.mol^{-1}$;
- Masse molaire atomique du nickel: $M(Ni) = 58{,}7\ g.mol^{-1}$;
- La constante d'équilibre associée à l'équation $Ni^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} Ni_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)}$ est: $K = 4{,}5.10^{5}$

1. Calculer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial du système chimique. En déduire le sens d'évolution spontanée de ce système.

2. Donner le schéma conventionnel de cette pile.

3. Ecrire l'équation de la réaction à chaque électrode.

4. La pile fonctionne pendant une durée $\Delta t = 5h$. Calculer la variation Δm de la masse du nickel pendant Δt.

Série d'exercice N°5

L'année scolaire : 20../20..
Classe : 2 BACS-PC
Professeur :

Exemples des transformations forcées: l'électrolyse

EXERCICE 1

Le dichlore ($C\ell_2$) est l'un des gaz essentiel entrant dans la synthèse de plusieurs composés chimiques, en particulier l'eau de Javel.
L'eau de Javel est caractérisée par son degré chlorométrique (D° Chl) qui représente le volume du dichlore (en Litres) se trouvant dans 1L d'eau de Javel. Ce volume est donné dans les conditions normales de température et de pression où le volume molaire est : $V_m = 22,4\ L.mol^{-1}$.

Données :

- La masse molaire du chlorure de sodium est $M(NaC\ell) = 58,5\ g.mol^{-1}$;
- La constante de Faraday : $1\ \mathcal{F} = 96500\ C.mol^{-1}$;

1- **Etude de la préparation du gaz dichlore :**

On effectue l'électrolyse d'une solution concentrée de chlorure de sodium $(Na^+_{aq} + C\ell^-_{aq})$ pendant 30 min, à l'aide d'un courant continu d'intensité I = 57,9 A.

L'expérience a montré le dégagement :

- Du gaz dichlore ($C\ell_2$) au voisinage de l'un des électrodes ;
- Du gaz dihydrogène (H_2) et formation des ions hydroxydes HO^- au voisinage de l'autre électrodes.

Cette électrolyse est modélisée par l'équation de réaction suivante :

$$2\ H_2O_{(\ell)} + 2\ C\ell^-_{(aq)} \rightleftarrows H_{2(g)} + C\ell_{2(g)} + 2\ HO^-_{(aq)} \qquad ①$$

1-1- Préciser les couples (oxydant/réducteur) intervenant dans cette réaction.

1-2- Ecrire l'équation modélisant la réaction chimique ayant lieu au voisinage de la cathode.

1-3- Construire le tableau d'avancement de la réaction chimique se produisant au voisinage de l'anode.

1-4- Trouver l'expression de la quantité de matière n du corps formé à l'anode en fonction de : I, Δt et $\mathcal{F}$. Calculer sa valeur.

EXERCICE 2

La galvanisation est l'une des applications industrielles de l'électrolyse, visant à recouvrir un métal par une couche fine d'un autre métal, dans un but de protection ou d'esthétique.

Le but de cet exercice est l'étude de l'opération d'argenture d'une pièce de cuivre à l'aide de l'électrolyse.

- Les couples intervenants : $(O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)})$ et $(Ag^+_{(aq)}/Ag_{(s)})$
- 1 $\mathcal{F}$ = 96500 $C.mol^{-1}$;
- La masse molaire atomique de l'argent : M(Ag) = 108 $g.mol^{-1}$.

On immerge complétement une plaque de cuivre dans une solution (S) de nitrate d'argent $(Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)})$ de concentration molaire C et de volume V = 0,5 L.

On relie la plaque par un fil conducteur à l'un des pôles d'un générateur électrique G, dont l'autre pôle est relié à une électrode en graphite (Figure 2). Après la fermeture de l'interrupteur K, le générateur G alimente, pendant Δt = 45 min, le circuit par un courant d'intensité constante I = 0,5 A.

On obtient un dégagement du dioxygène O_2 au voisinage de l'électrode de graphite et dépôt d'argent de façon uniforme sur l'autre électrode.

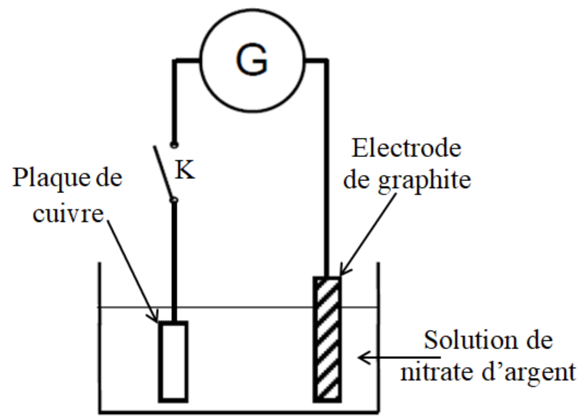


Figure 2

1- Ecrire la demi-équation modélisant la transformation ayant lieu au voisinage de chaque électrode.

2- Trouver l'expression de la masse m(Ag) d'argent formé en fonction de : I, Δt, M(Ag) et $\mathcal{F}$. Calculer sa valeur.

3- On dispose de deux solutions (S_1) et (S_2) de nitrate d'argent, de concentrations respectives $C_1 = 1{,}8.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et $C_2 = 3.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et de même volume V = 0,5 L.
Déterminer parmi ces deux solutions celle qui permet d'obtenir la masse m(Ag).

EXERCICE 3

L'électrolyse est l'une des principales téchniques adoptées aux laboratoires ou dans les domaines industrièls. elle permet la synthèse de quelques métaux, et d'autres composés chimiques utilisés dans la vie quotidienne.

Le but de cette partie de l'exercice est la synthèse du dibrome Br_2 et du métal cuivre par électrolyse.

Données :

- La masse molaire du cuivre : M(Cu) = 63,5 $g.mol^{-1}$;
- La constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9{,}65.10^4$ $C.mol^{-1}$.

On réalise l'électrolyse d'une solution de bromure de cuivre II de formule $(Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,Br^-_{(aq)})$ en utilisant deux électrodes E_1 et E_2 en graphite, il se forme ainsi du dibrome $Br_{2(\ell)}$ au voisinage de E_1 et dépôt de cuivre au voisinage de E_2.

1- Représenter le dispositif expérimental de cette électrolyse, en précisant la cathode et l'anode.

2- Ecrire la demie équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de chaque électrode.

3- En déduire l'équation bilan modélisant la transformation ayant lieu au cours de l'électrolyse.

4- Un générateur alimente le circuit électrique par un courant d'intensité constante $I = 0,5$ A pendant une durée $\Delta t = 2$ h.
Déterminer la masse m du cuivre produit au cours de la durée de fonctionnement de l'électrolyseur.

EXERCICE 4

Le but de cette partie de l'exercice est l'étude de l'électrolyse d'une solution de chlorure d'étain II.

Données :

- Constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9,65.10^4$ C.mol^{-1} ;
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24$ L.mol^{-1}.

On réalise l'électrolyse d'une solution de chlorure d'étain II de formule $(Sn^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)})$, en utilisant deux électrodes en graphite. On observe la formation du dichlore gazeux $C\ell_{2(g)}$ au voisinage de l'une des électrodes, et un dépôt métallique d'étain $Sn_{(S)}$ sur l'autre électrode.

1- Représenter le dispositif expérimental de cette électrolyse, en précisant la cathode et l'anode.

2- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de chaque électrode et en déduire l'équation bilan modélisant la transformation ayant lieu au cours de l'électrolyse.

3- Un générateur alimente le circuit électrique par un courant d'intensité constante $I = 1,5$ A pendant une durée $\Delta t = 80$ min.
Déterminer le volume du dichlore produit au cours de la durée de fonctionnement de l'électrolyseur.

EXERCICE 5

L'électrolyse a plusieurs applications dans le domaine industrièl, en particulier la synthèse de quelques métaux et gaz.
Le but de cet exercice est la synthèse du métal Nickel par la technique d'électrolyse.

Données :

- La masse molaire du cuivre : $M(Ni) = 58,7$ g.mol^{-1} ;
- La constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9,65.10^4$ C.mol^{-1}.

Pour produire le métal Nickel, on réalise l'électrolyse d'une solution de chlorure de Nickel II de formule $(Ni^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)})$.

On verse cette solution dans un électrolyseur en forme de U, et on y fait circuler, entre deux électrodes immérgées dans la solution, un courant électrique continu, d'intensité constante $I = 0,5$ A, pendant une durée d'une heure ($\Delta t = 1$ h).
La cathode est en platine, et l'anode en graphite.
On constate, au cours de l'électrolyse, un dépôt de Nickel sur la cathode et dégagement du dichlore au voisinage de l'anode.

1- Préciser les couples (Oxydant/Réducteur), intervenants dans cette électrolyse.

2- Ecrire l'équation modélisant la réaction ayant lieu au voisinage de chaque électrode, et l'équation bilan modélisant cette transformation.

3- Trouver la masse m du dépôt du métal Nickel ainsi produit.

EXERCICE 6

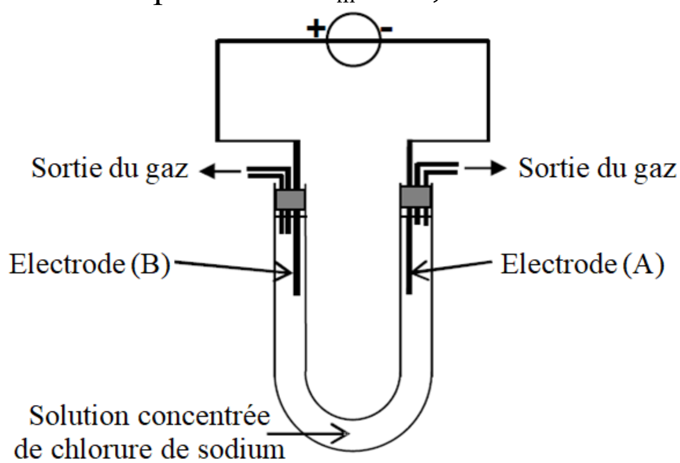
L'électrolyse permet d'obtenir des gaz d'une grande pureté.
On réalise l'électrolyse d'une solution concentrée de chlorure de sodium $(Na^{+}_{(aq)} + C\ell^{-}_{(aq)})$, on obtient un dégagement de dichlore au voisinage de l'une des électrodes, et dégagement de dihydrogène au voisinage de l'autre électrode, de plus que le milieu réactionnel devient basique au cours de la transformation chimique.

- Les couples intervenants dans la transformation chimique :

$$(H_2O_{(\ell)} / H_{2(g)}) \text{ et } (C\ell_{2(g)} / C\ell^{-}_{(aq)})$$

- Le faraday : $\mathscr{F} = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Le volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 25{,}0\ L.mol^{-1}$.

La figure ci-contre représente le dispositif expérimental utilisé pour réaliser cette électrolyse.



1- Déterminer laquelle parmi les électrodes (A) et (B) celle qui joue le rôle de l'anode et celle qui joue le rôle de la cathode.

2- Ecrire l'équation de la réaction ayant lieu au voisinage de chaque électrode, et l'équation bilan de cette électrolyse.

3- Le générateur alimente le circuit avec un courant électrique d'intensité constante I = 3A. Calculer le volume du dichlore formé pendant la durée $\Delta t = 25$ min.

EXERCICE 7

On réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate de plomb $Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)}$, en mettant cette solution dans un électrolyseur et en faisant circuler un courant continu d'intensité $I = 0{,}7A$ entre les deux électrodes (A) et (B) de l'électrolyseur pendant la durée $\Delta t = 60\min$.

On observe pendant l'électrolyse la formation d'un dépôt métallique de plomb sur l'électrode (A) et un dégagement gazeux de dioxygène au niveau de l'électrode (B).

- Les couples mis en jeu sont : $Pb^{2+}_{(aq)} / Pb_{(s)}$ et $O_{2(g)} / H_2O_{(\ell)}$;
- La constante de Faraday : $1F = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Le volume molaire du gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24\,L.mol^{-1}$.

Recopier le numéro de la question et écrire à côté la réponse juste parmi les quatre réponses proposées, sans aucune justification, ni explication.

1. L'électrolyse étudiée est une transformation :

■ physique ■ forcée ■ spontanée ■ acide-base

2. Pendant cette électrolyse :

■ L'électrode (A) constitue l'anode et à son voisinage le plomb s'oxyde.
■ L'électrode (A) constitue la cathode et à son voisinage les ions plomb se réduisent.
■ L'électrode (B) constitue l'anode et à son voisinage se produit une réduction.
■ L'électrode (B) constitue la cathode et à son voisinage l'eau se réduit.

3. La réaction qui se produit au niveau de l'électrode (B) est :

■ $Pb_{(s)} \rightleftarrows Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ ■ $2H_2O_{(\ell)} + 2e^- \rightleftarrows H_{2(g)} + 2HO^-_{(aq)}$

■ $6H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$ ■ $6H_2O_{(\ell)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$

4. Le volume $v(O_2)$ du dioxygène formé pendant la durée Δt est :

■ $v(O_2) \approx 0{,}16\,mL$ ■ $v(O_2) \approx 0{,}16\,L$ ■ $v(O_2) \approx 0{,}64\,mL$ ■ $v(O_2) \approx 0{,}64\,L$

EXERCICE 8

On réalise l'électrolyse, pendant $\Delta t = 10\,h$, du chlorure de magnésium $Mg^{2+} + 2C\ell^-$ à haute température par un générateur fournissant un courant constant d'intensité $I = 6\,A$.

Au cours de cette électrolyse, le métal magnésium se dépose sur l'une des électrodes et sur l'autre se dégage le gaz dichlore .

Données:

- Les 2 couples mis en jeu : Mg^{2+}/Mg et $C\ell_{2(g)}/C\ell^-$;
- La constante de Faraday : $F = 9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Le volume molaire du gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 68{,}6\,L.mol^{-1}$;
- La masse molaire du magnésium : $M(Mg) = 24{,}3 g.mol^{-1}$.

1. Donner le nom de l'électrode (anode ou cathode) sur laquelle se dépose le magnésium.

2. Ecrire la demi-équation de la réaction ayant lieu à chaque électrode, ainsi que l'équation bilan.

3. Déterminer la masse m du magnésium déposé pendant la durée Δt .

4. Calculer le volume V du dichlore dégagé dans les conditions de l'expérience pendant Δt .

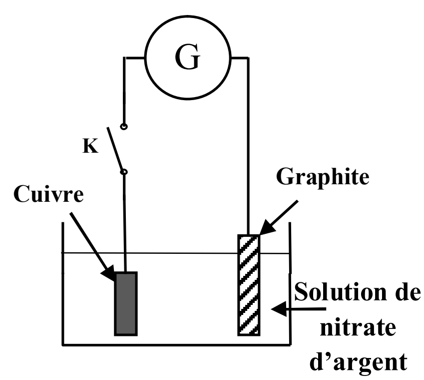
EXERCICE 9

Parmi les applications de l'électrolyse, on trouve la couverture des métaux par une fine couche d'un métal afin de les protéger de la corrosion ou de les embellir.

L'objectif de cette partie de l'exercice est d'étudier l'argenture d'une plaque de cuivre par électrolyse.

Données :

- Les couples mis en jeu: $Ag^+_{(aq)}/Ag_{(s)}$ et $O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)}$;
- $1F = 96500\,C.mol^{-1}$;
- Masse molaire atomique de l'argent: $M(Ag) = 108\,g.mol^{-1}$.



On plonge totalement une plaque de cuivre dans une solution de nitrate d'argent $Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ et on la relie par un fil conducteur à l'une des deux bornes d'un générateur G . L'autre borne est reliée à une électrode de graphite comme l'indique la figure ci-contre.

Lors de la fermeture de l'interrupteur K, le générateur G délivre au circuit un courant électrique, d'intensité constante $I = 0{,}4\,A$, pendant une durée $\Delta t = 70\,min$. Le gaz dioxygène O_2 se dégage au niveau de l'électrode de graphite et le métal argent se dépose uniformément sur la plaque de cuivre.

On considère que les ions nitrate ne réagissent pas au cours de l'électrolyse.

Recopier, sur la feuille de rédaction, le numéro de la question et écrire à coté, parmi les réponses proposées, la réponse juste sans aucune explication ni justification.

1- Au cours de l'argenture par électrolyse :

■ La plaque de cuivre représente l'anode, elle est reliée à la borne négative du générateur G.

■ La plaque de cuivre représente l'anode, elle est reliée à la borne positive du générateur G.

■ La plaque de cuivre représente la cathode, elle est reliée à la borne négative du générateur G.

■ La plaque de cuivre représente la cathode, elle est reliée à la borne positive du générateur G.

2- L'équation chimique de la réaction à l'électrode de graphite s'écrit sous la forme :

■ $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftarrows Ag_{(s)}$

$2O^{2-}_{(aq)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4e^-$

■ $6H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 4e^-$

$Cu_{(s)} \rightleftarrows Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

3- La masse $m(Ag)$ de l'argent déposé sur la plaque de cuivre pendant la durée Δt est :

■ $m(Ag) \simeq 30\,mg$

■ $m(Ag) \simeq 1,9\,g$

■ $m(Ag) \simeq 0,5\,g$

■ $m(Ag) \simeq 1,9\,mg$

EXERCICE 10

On réalise l'électrolyse du bromure de plomb $Pb^{2+} + 2\ Br^-$ à haute température par un générateur fournissant un courant électrique d'intensité I constante.

Au cours de cette électrolyse, le métal plomb se dépose sur l'une des électrodes et au niveau de l'autre, il se forme le gaz dibrome.

Au cours du fonctionnement de l'électrolyseur pendant la durée $\Delta t = 3600\,s$, la masse de plomb déposé est : $m = 20,72\,g$.

Données:

- Les 2 couples mis en jeu : $Pb^{2+} / Pb_{(s)}$ et $Br_{2(g)}/Br^-$;
- La constante de Faraday : $F = 9,65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 70,5\,L.mol^{-1}$;
- La masse molaire du plomb: $M\,(Pb) = 207,2\,g.mol^{-1}$.

1. Donner le nom de l'électrode (anode ou cathode) au niveau de laquelle se forme le dibrome.
2. Ecrire les équations des réactions aux électrodes, ainsi que l'équation bilan lors de l'électrolyse.
3. Déterminer la valeur de l'intensité I du courant électrique passant dans le circuit pendant la durée Δt.
4. Calculer, dans les conditions de l'expérience, le volume V du gaz dibrome formé pendant Δt.

EXERCICE 11

Partie I- Etude de la pile zinc-cuivre

Lors de leur fonctionnement, les piles électrochimiques convertissent une partie de l'énergie chimique en énergie électrique. On étudie dans cette partie de l'exercice le principe de fonctionnement de la pile zinc-cuivre.

On réalise la pile zinc-cuivre en utilisant le matériel et les produits suivants :

- un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de zinc $Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire $C_1 = 1 mol.L^{-1}$;
- un bécher contenant une solution aqueuse de sulfate de cuivre $Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$ de concentration molaire $C_2 = 1 mol.L^{-1}$;

- une lame de zinc et une lame de cuivre;
- un pont salin.

On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre qui indique le passage d'un courant électrique d'intensité constante $I = 0,3A$ dans le circuit.

Données :

- La constante de Faraday : $1\ F = 9,65.10^4\ C.mol^{-1}$;
- Masse molaire atomique du cuivre : $M(Cu)=63,5\ g.mol^{-1}$;
- La constante d'équilibre associée à l'équation $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(S)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftarrows}} Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$ est $K = 1,7.10^{37}$.

1- Calculer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial du système chimique.

2- En déduire le sens d'évolution spontanée du système chimique.

3- Ecrire l'équation de la réaction chimique à la cathode.

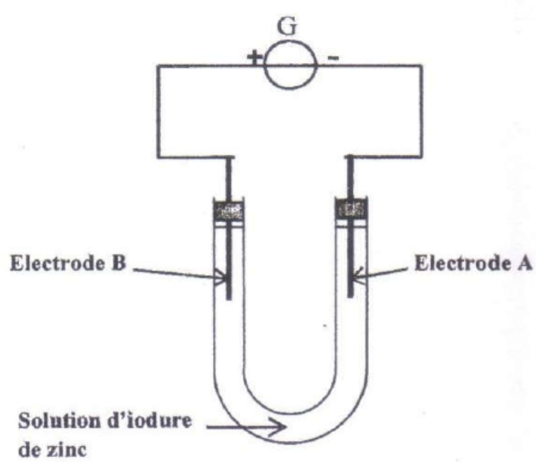
4- La pile fonctionne pendant une durée $\Delta t = 5h$. Calculer la masse $m(Cu)$ du cuivre déposé pendant la durée Δt .

EXERCICE 12

Partie 1 - Electrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc

On réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse d'iodure de zinc $Zn^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$, en utilisant deux électrodes A et B en graphite. On observe un dégagement du gaz diiode au niveau d'une électrode et la formation d'un dépôt de zinc au niveau de l'autre électrode.

La figure ci-contre représente le schéma du dispositif expérimental utilisé pour réaliser cette électrolyse.



Données :

✓ $1F = 9,65.10^4\ C.mol^{-1}$;

✓ Les deux couples mis en jeu sont : $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ et $I_{2(g)} / I^-_{(aq)}$;

✓ La masse molaire du zinc : $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$.

1. Parmi les deux électrodes A et B, préciser l'anode. Justifier la réponse.

2. Ecrire l'équation de la réaction à chaque électrode et l'équation bilan lors de l'électrolyse.

3. Pendant la durée Δt de l'électrolyse, un courant électrique d'intensité constante $I = 0,5\ A$ circule dans le circuit; il se forme alors un dépôt de zinc de masse $m = 1,6\ g$. Déterminer Δt en minutes.

Réaction d'estérification et hydrolyse des esters

EXERCICE 1

Préparation d'un ester à partir de l'acide benzoïque

L'acide benzoïque est utilisé dans la préparation des esters odorants comme le benzoate de méthyle $C_6H_5-COO-CH_3$, qui est préparé à partir de la réaction d'estérification entre l'acide benzoïque et le méthanol en présence d'acide sulfurique selon l'équation:

$$C_6H_5-COOH + CH_3-OH \rightleftharpoons C_6H_5-COO-CH_3 + H_2O$$

On réalise l'estérification à partir d'un mélange équimolaire contenant $n = 0,3\,mol$ d'acide benzoïque et $n = 0,3\,mol$ de méthanol. La constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction d'estérification est $K = 4$ **.**

1. Citer le rôle joué par l'acide sulfurique au cours de cette réaction.

2. Dresser le tableau d'avancement correspondant à cette réaction d'estérification.

3. Montrer que l'expression de $x_{éq}$ l'avancement de la réaction à l'équilibre s'écrit: $x_{éq} = \dfrac{n.\sqrt{K}}{(1+\sqrt{K}\,)}$.

4. Déterminer la composition du mélange à l'état d'équilibre du système chimique.

5. Calculer la valeur du rendement r de la réaction.

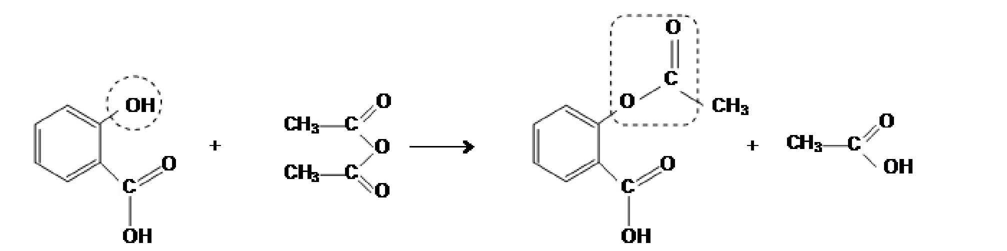
6. On ajoute une quantité d'acide benzoïque au système chimique en état d'équilibre.

Répondre par **Vrai** ou **Faux** aux propositions **a**, **b** et **c** suivantes :

a	L'équilibre du système chimique se déplace dans le sens direct
b	Le rendement de cette réaction augmente
c	La valeur de la constante d'équilibre K augmente

EXERCICE 2

1. L'acide acétylsalicylique ou aspirine peut être synthétisé au laboratoire à partir de la réaction entre l'acide salicylique et l'anhydride éthanoïque en utilisant le chauffage à reflux selon l'équation de la réaction suivante modélisant cette transformation :



Acide salicylique **Anhydride éthanoique** **Acide acétysalicylique** **Acide éthanoique**

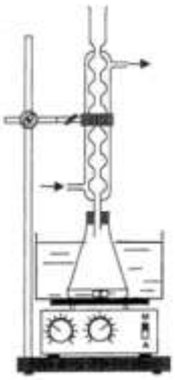
1.1. Donner le nom du groupement fonctionnel délimité par un trait pointillé fermé dans la forme topologique de chacune des molécules d'acide salicylique et d'acide acétylsalicylique.

1.2. Citer les deux caractéristiques de cette transformation.

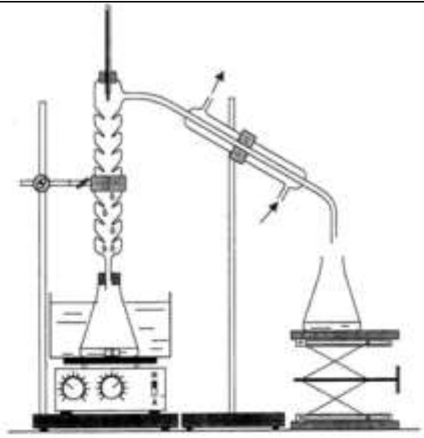
1.3. Choisir, parmi les montages expérimentaux (1), (2) et (3) le montage utilisé pour réaliser cette synthèse.

1.4. Quel est l'intérêt du chauffage à reflux ?

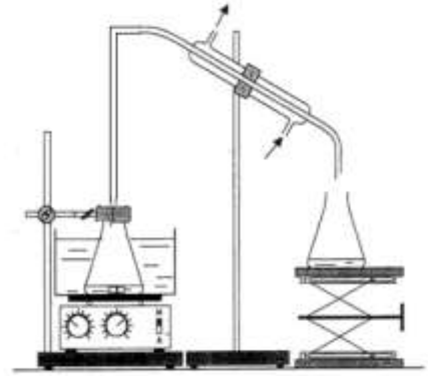
1.5. On introduit dans une fiole jaugée, $n_1 = 0,10\,mol$ d'acide salicylique et $n_2 = 0,26\,mol$ d'anhydride éthanoïque et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Après chauffage à reflux, et les



Montage 1



Montage 2



Montage 3

opérations de traitement et de purification, on obtient des cristaux d'aspirine de masse $m_{exp} = 15,3\ g$.
Calculer le rendement de cette synthèse sachant que le réactif limitant est l'acide salicylique.
On donne : Masse molaire de l'acide acétylsalicylique : $M = 180\ g.mol^{-1}$

2. On prépare une solution aqueuse (S) d'acide acétylsalicylique de concentration molaire $C = 5,55.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ et de volume $V = 500\ mL$. Après mesure de la conductivité de la solution (S), on détermine la valeur de x_f avancement de la réaction à l'état final du système chimique, et on trouve: $x_f = 5,70.10^{-4}\ mol$.

Pour simplifier, on désigne la molécule de l'acide acétylsalicylique par AH , et sa base conjuguée par A^- .

2.1. Ecrire l'équation de la réaction de l'acide acétylsalicylique avec l'eau.

2.2. Montrer que la réaction de l'acide acétylsalicylique avec l'eau est non totale.

2.3. Déterminer la valeur de la constante d'acidité K_A du couple $AH_{(aq)}/A^-_{(aq)}$.

EXERCICE 3

Synthèse de l'huile de menthe (éthanoate de menthyle)

L'huile de menthe contient essentiellement l'éthanoate de menthyle, utilisé en parfumerie et pour le traitement de plusieurs maladies. Cet ester peut être synthétisé, à partir du menthol (alcool) et d'un acide carboxylique (A).
Le but de cette partie est d'étudier la synthèse de l'éthanoate de menthyle.

Données :

Composé organique	Ethanoate de menthyle	Menthol	Acide carboxylique (A)
Formule simplifiée du composé organique	$CH_3 - COO - C_{10}H_{19}$	$C_{10}H_{19} - OH$	$R - COOH$

1. Synthèse de l'éthanoate de menthyle en laboratoire

On prépare, à l'instant $t_0 = 0$, huit (08) tubes à essais numérotés de 1 à 8 et on introduit dans chacun d'eux $n_1 = 0,10\ mol$ d'acide carboxylique (A), $n_2 = 0,10\ mol$ de menthol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. On trempe, en même temps, les huit (08) tubes dans un bain marie à la température constante 70°C et on déclenche le chronomètre. Le dosage d'acide restant dans chaque tube, à intervalles de temps réguliers, permet de déterminer la quantité de matière d'ester formé.
On modélise la réaction d'estérification entre l'acide carboxylique (A) et le menthol par l'équation chimique suivante :

$$R - COOH(\ell) + C_{10}H_{19} - OH(\ell) \rightleftharpoons CH_3 - COO - C_{10}H_{19}(\ell) + H_2O(\ell)$$

1.1. Citer deux caractéristiques de la réaction d'estérification.
1.2. Déduire, à partir de la formule de l'ester, la formule semi-développée de l'acide carboxylique (A).
1.3. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ajouté initialement au système chimique?

2. Dosage de l'acide carboxylique (A) restant dans le tube 1

Au premier intervalle du temps, on retire le tube 1 du bain marie et on le trempe dans de l'eau glacée puis on dose l'acide restant dans le système chimique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B = 1{,}0\ mol.L^{-1}$ en présence d'un indicateur coloré approprié.

Le volume ajouté à l'équivalence est $V_{B,E} = 68$ mL.

2.1. Écrire l'équation de la réaction, considérée comme totale, qui a eu lieu au cours du dosage.
2.2. Montrer que la quantité de matière d'acide restant dans le tube 1 est $n_A = 6{,}8.10^{-2}$ mol**.**
2.3. Déterminer la valeur de la quantité de matière d'éthanoate de menthyle formée dans le tube 1.
(On peut exploiter le tableau d'avancement de la réaction d'estérification étudiée)

EXERCICE 4

L'acide éthanoïque de formule CH_3COOH représente le principal constituant du vinaigre commercial après l'eau. Il est utilisé comme réactif dans de nombreuses synthèses organiques comme celle qui conduit à l'éthanoate d'éthyle.
Le degré d'acidité d'un vinaigre est donné en degré (°).
Cet exercice se compose de 3 parties indépendantes et vise :
- l'étude d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque ;
- la détermination du degré d'acidité (titre) d'un vinaigre commercial ;
- l'étude de la synthèse de l'éthanoate d'éthyle à partir de l'acide éthanoïque.
Données :

- Le degré d'acidité d'un vinaigre est égal à la masse, en grammes d'acide pur contenue dans 100 *mL* de ce vinaigre.
- $pK_A(CH_3COOH(aq)/CH_3COO^-(aq)) = 4{,}8$ à $25°C$; $M(CH_3COOH) = 60\ g.mol^{-1}$

Synthèse de l'éthanoate d'éthyle à partir de l'acide éthanoïque

Dans un ballon, on introduit un mélange équimolaire de $n_1 = 0{,}3\ mol$ d'acide éthanoïque et $n_2 = 0{,}3\ mol$ d'éthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. À l'état d'équilibre du système chimique, la quantité de matière d'ester formé est : $n_f(ester) = 0{,}2\ mol$**.**

La synthèse de l'éthanoate d'éthyle est modélisée par la réaction d'équation :

$$CH_3COOH_{(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$

1. Identifier les groupes caractéristiques des molécules organiques figurant dans l'équation de la réaction de synthèse.
2. Donner les caractéristiques de cette réaction.
3. Déterminer la valeur du rendement de cette synthèse.
4. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation chimique de la réaction d'estérification.

5. pour synthétiser l'éthanoate d'éthyle par une transformation rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide éthanoïque par l'un de ses dérivés.
Donner la formule semi-développée de ce dérivé.

EXERCICE 5

L'acide benzoïque de formule semi-développée CH_3-CH_2-CH_2-COOH, est caractérisé par son odeur spécifique. Sa réaction avec le méthanol CH_3OH conduit à la formation d'un produit organique E d'odeur parfumée et de bon gout, il est utilisé dans l'industrie alimentaire et en parfumerie.

2- Etude de la réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol CH_3OH :

De la réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol résulte un composé organique E et de l'eau. Cette réaction est modélisée par l'équation suivante.

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH + CH_3OH \rightleftharpoons CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COO\text{-}CH_3 + H_2O$$

2-1- Ecrire le nom de la famille à laquelle appartient le composé E, et donner son nom.

2-2- On verse dans un ballon se trouvant dans un bain d'eau glacée :

- $n_1 = 0{,}1$ mol d'acide butanoïque ;
- $n_2 = 0{,}1$ mol de méthanol ;
- Quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ;
- Quelques gouttes de phénolphtaléine.

On obtient ainsi un mélange de volume V = 400 mL.

Quel est l'intérêt de l'utilisation de l'eau glacée et le rôle de l'acide sulfurique dans cette réaction ?

2-3- Pour suivre l'évolution de cette réaction, on répartit le mélange sur 10 tubes à essai, qu'on ferme et on place dans un bain marie de température maintenue constante (100°C), et on déclenche un chronomètre au même instant choisi comme origine des dates t = 0.

Pour déterminer l'avancement de la réaction, on sort du bain marie, les tubes à essai l'un après l'autre, on verse le contenu dans un bécher contenant de l'eau glacée, et on neutralise l'acide restant dans chaque tube à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C = 1\ mol.L^{-1}$. La réaction modélisant ce dosage s'écrit comme suit:

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftharpoons A^-_{(aq)} + H_2O_{(aq)}$$

Montrer que l'expression de l'avancement x de la réaction d'estérification à un instant t s'écrit : $x(mol) = 0{,}1 - (10.C.V_{BE})$.

Où V_{BE} désigne le volume d'hydroxyde de sodium ajouté pour atteindre l'équivalence dans chaque tube.

2-4- Les résultats expérimentaux de ce dosage ont permis de tracer la courbe représentative de l'avancement x de la réaction d'estérification en fonction du temps :

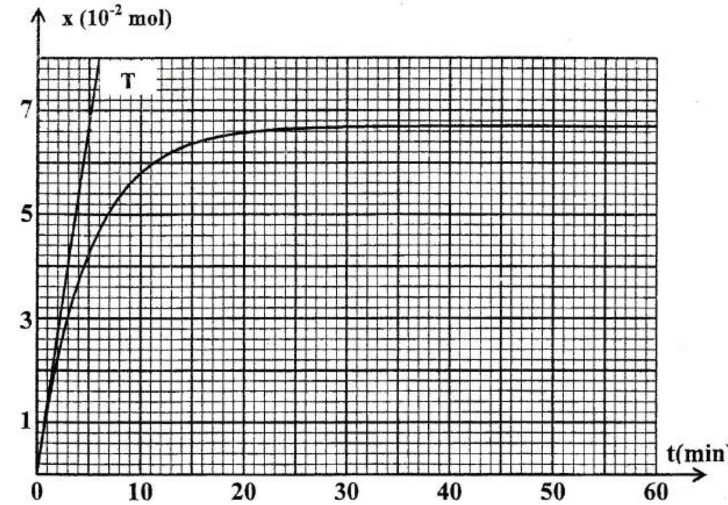
La droite (T) représente la tangente à la courbe à l'instant t = 0.

A l'aide de ce graphe, déterminer :

a- La vitesse volumique de la réaction aux instant $t_0 = 0$ et $t_1 = 50$ min.

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

c- Le quotient de réaction $Qr_{éq}$ à l'équilibre.



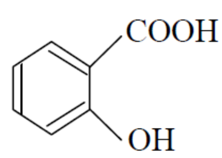
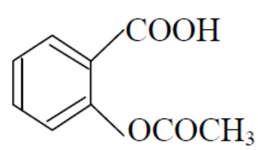
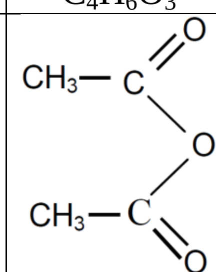
EXERCICE 6

L'aspirine ou acide acétylsalicylique, est parmi les médicaments les plus utilisés au monde, c'est est un anti-inflammatoire qui soulage la douleur et la fièvre…

On propose dans cet exercice une méthode de synthèse de l'aspirine et sa réaction avec l'eau.

Données :

- Toutes les mesures ont été effectuées à 25°C ;
- Le tableau suivant donne les noms des réactifs et des produits et quelques valeurs qui les caractérisent.

Nom	Acide salicylique	Acide acétylsalicylique	Acide éthanoïque	Anhydride d'éthanoïque
Formule brute	$C_7H_6O_3$	$C_9H_8O_4$	$C_2H_4O_2$	$C_4H_6O_3$
Formule semi-développée			CH_3-COOH	
Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	138	180	138	102
Masse volumique ($g.mL^{-1}$)	-	-	-	1,08

- On désignera l'acide acétylsalicylique par AH et sa base conjuguée par A^- ;
- La constante pK_a du couple (AH/A^-) est : $pK_a = 3,5$;
- La constante d'équilibre de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'acide salicylique est : $K = 7,0.10^{-3}$.

1- <u>Préparation de l'aspirine :</u>

Pour préparer l'aspirine (Acide acétylsalicylique AH), deux groupes d'élèves ont réalisé deux expériences différentes.

1-1- Première expérience :

La synthèse de l’aspirine AH a été réalisée par réaction de l’acide éthanoïque avec le groupe hydroxyle de l’acide salicylique qu’on désignera par : R-OH.

Le premier groupe a réalisé un chauffage à reflux d’un mélange de volume constant V, constitué des quantités de matières $n_1 = 0{,}2$ mol d’acide éthanoïque et $n_1 = 0{,}2$ mol d’acide salicylique et de quelques gouttes d’acide sulfurique concentré.

a- Ecrire, en utilisant les formules semi-développées), l’équation modélisant cette réaction chimique, et donner son nom.

b- Montrer, en utilisant le tableau descriptif, que : $K = \left(\frac{x_{eq}}{0{,}2 - x_{eq}}\right)^2$.

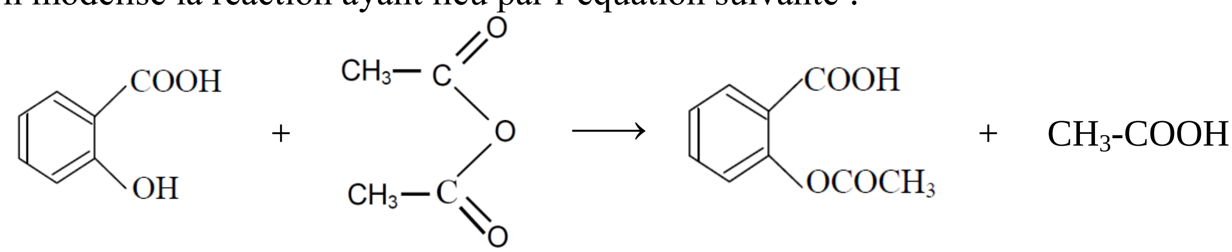
x_{eq} désigne l’avancement de la réaction à l’équilibre.

c- Calculer le rendement r_1 de cette réaction.

1-2- Deuxième expérience :

Pour préparer une masse m(AH) = 15,3 g d’aspirine, le deuxième groupe a préparé un mélange constitué de la masse $m_1 = 13{,}8$ g d’acide salicylique et d’un volume v = 19,0 mL d’anhydride éthanoïque et quelques gouttes d’acide sulfurique concentré.

On modélise la réaction ayant lieu par l’équation suivante :



Calculer, en utilisant le tableau descriptif, le rendement r_2 de cette réaction.

1-3- Quelle est l’expérience la plus convenable à la synthèse commerciale de l’aspirine ? Justifier.

EXERCICE 7

L’acide éthanoïque de formule brute CH_3COOH, est utilisé dans la conservation des viandes et des poissons, et dans la synyhèse de plusieurs composés aromatiques et solvants. Il est aussi utilisé dans la tannerie et l’industrie textile.

Données :

- Masse molaire de l’alcool ROH : M(ROH) = 154 $g.mol^{-1}$;
- Masse molaire de l’ester E : M(E) = 196 $g.mol^{-1}$;

Etude de la réaction de l’acide éthanoïque avec l’alcool ROH :

Pour synthétiser l’ester E (Acétate de linalyle), on chauffe à reflux un mélange équimolaire constitué d’acide éthanoïque et l’alcool ROH, en présence d’un catalyseur convenable.

1- Quel est l’intêret du chauffage à reflux ?

2- Ecrire l’équation modélisant la réaction entre l’acide éthanoïque et l’alcool ROH.

3- Partant d’une masse $m_A = 38{,}5$ g d’alcool ROH, on obtient à la fin de la réaction une masse $m_E = 2$ g d’ester E.

a- Calculer le rendement r de cette réaction.

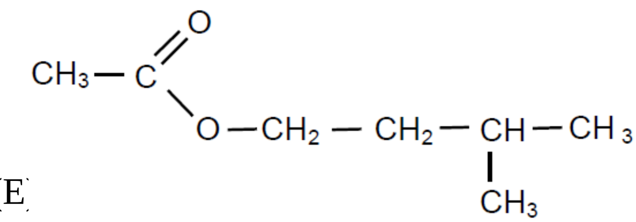
b- Proposer deux méthodes différentes permettant l’augmentation du rendement de cette réaction.

EXERCICE 8

L'éthanoate 3-méthylbutyl, est un composé organique caractérisé par une bonne odeur similaire à celle des bananes. Il est utilisé comme arum dans quelques patisserie, quelques boissons et yaourts.

Données :

- La formule semi-développée de l'éthanoate 3-méthylbutyle noté E est :



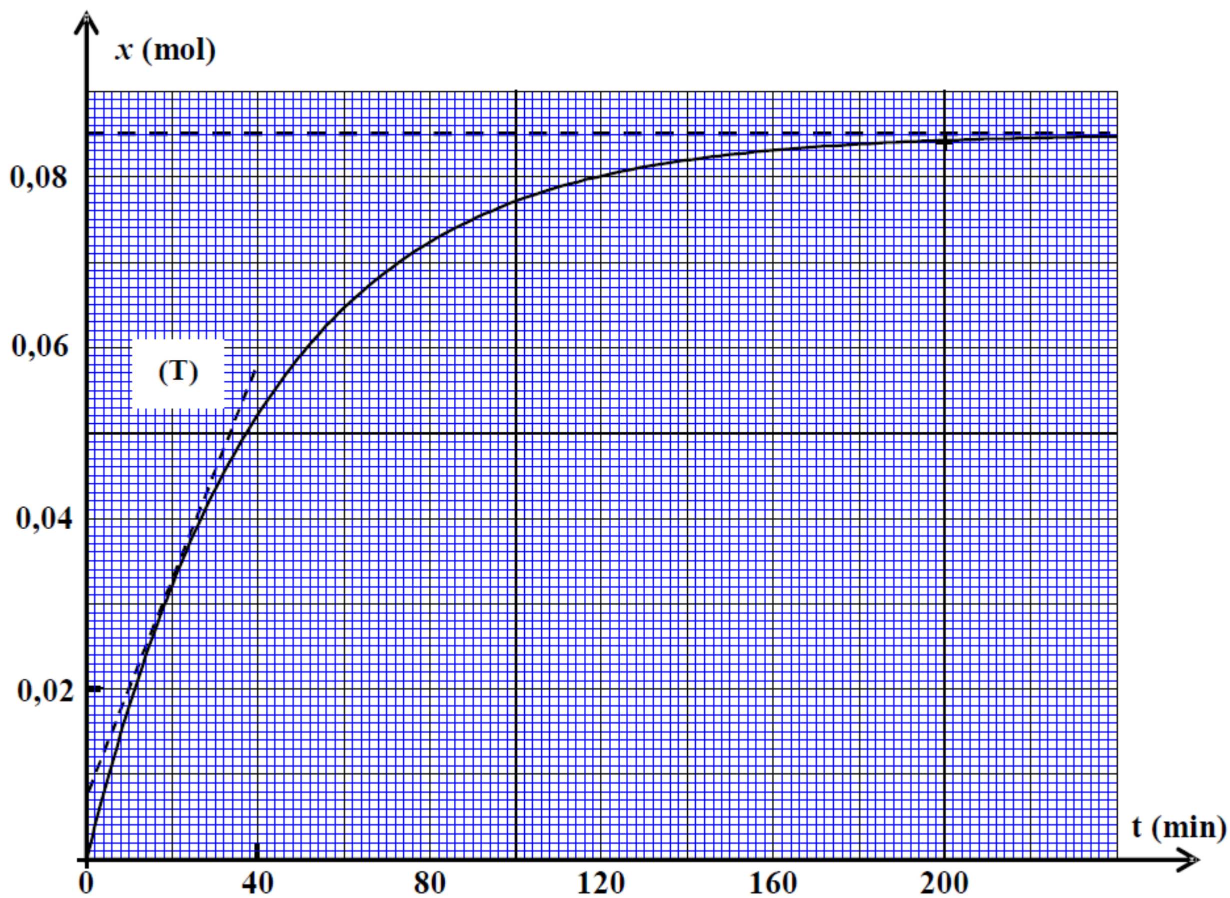
- La masse molaire du composé E est : M(E)
- La masse volumique du composé E est : $\rho(E) = 0,87\ g.ml^{-1}$;
- La masse molaire de l'eau est : $M(H_2O) = 18\ g.mol^{-1}$;
- La masse volumique de l'eau est : $\rho(H_2O) = 1\ g.ml^{-1}$.

On pose un ballon contenant un volume $V(H_2O) = 35$ mL d'eau distillée, dans un bain-marie de température constante, puis on y ajoute un volume $V(E) = 15$ mL du composé (E), pour obtenir un mélange de volume $V = 50$ mL.

1- Déterminer le groupe caractéristique du composé (E).

2- Ecrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation modélisant la réaction d'hydrolyse du composé (E).

3- Le suivi de l'évolution de l'avancement x(t) de la réaction en fonction du temps, permet d'obtenir la courbe représentée sur la figure suivante :



3-1- La vitesse volumique de la réaction est donnée par la relation :

$v(t) = \frac{1}{V}\frac{dx(t)}{dt}$, où V est le volume total du mélange.

Calculer, en $mol.L^{-1}.min^{-1}$, la valeur de cette vitesse à l'instant t = 20 min. (La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse t = 20 min)

3-2- Déterminer graphiquement, la valeur de l'avancement final x_f, et le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

3-3- Construire le tableau descriptif de l'évolution du système, puis trouver la composition molaire du mélange à l'équilibre.

3-4- Déterminer la constante d'équilibre K associée à la réaction d'hydrolyse du composé (E).

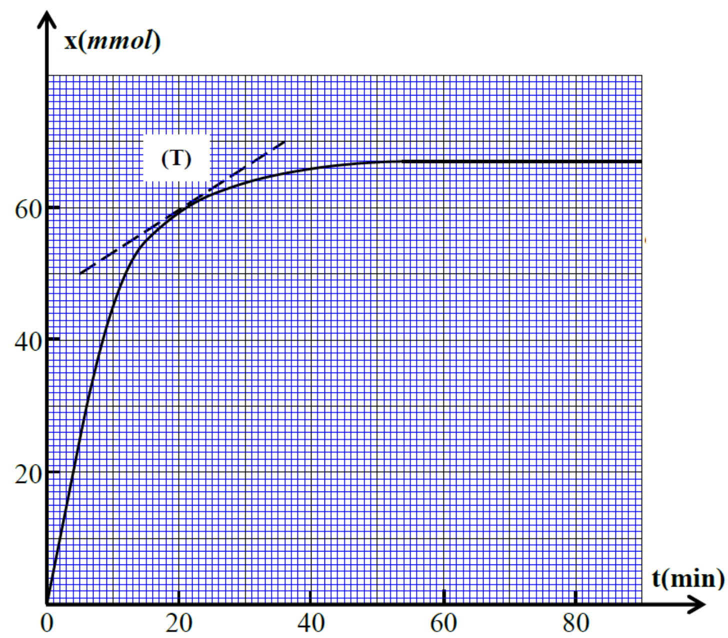
EXERCICE 9

Le méthanoate d'éthyle $HCOOC_2H_5$, est utilisé comme solvant pour dissoudre les graisses et les dérivés de cellulose, il est aussi utilisé dans l'industrie alimentaire pour donner de la saveur aux aliments synthétisés.

Le méthanoate d'éthyle est préparé au laboratoire par réaction l'acide méthanoïque HCOOH avec l'éthanol.

On pose un ballon, contenant une quantité de matière n_0 = 100 mmol d'acide méthanoïque, dans un bain marie de température constante, puis on lui ajoute une quantité de matière $n = n_0$ = 100 mmol d'éthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, on obtient ainsi un mélange de volume constant V = 25 mL.

Le suivi de l'évolution au cours du temps de l'avancement x de la réaction permet de tracer la courbe ci-contre.



1- Ecrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation modélisant la transformation.

2- Quel est le role de l'acide sulfurique concentré ajouté ?

3- Déterminer la valeur de l'avancement final x_{eq}, et le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

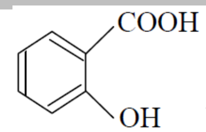
4- La droite (T) représente la tangente à la courbe au point d'abscisse t = 20 min, Calculer, en $mol.L^{-1}.min^{-1}$, la valeur de cette vitesse à cet instant.

5- Déterminer la constante d'équilibre K associée à cette réaction.

6- On mélange dans les mêmes conditions expérimentales précédentes, la quantité de matière n_1 = 150 mmol d'acide méthanoïque avec la quantité de matière n_2 = 100 mmol d'éthanol.
S'assurer que la nouvelle valeur de l'avancement de la réaction à l'équilibre est x'_{eq}= 78,5 mmol.

EXERCICE 10

- Toutes les mesures on été efféctuées à 25°C ;
- La formule de l'acide salicylique :



Etude de la réaction de l'acide salicylique avec l'acide éthanoïque :

Pour réaliser la réaction d'estérification entre l'acide éthanoïque CH_3COOH et l'acide salicylique jouant le rôle de l'alcool dans cette réaction, on chauffe à reflux un mélange de volume V constant constitué, des quantités de matière : n_1 = 0,5 mol d'acide éthanoïque et n_2 = 0,5 mol d'acide salicylique, et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré comme catalyseur.

1- Ecrire, en utilisant les formules chimiques, l'équation chimique modélisant cette réaction.

2- On obtient à l'équilibre la quantité de matière $n_{éq}(ester) = 3,85.10^{-2}$ mol d'ester formé, calculer le rendement r de la réaction d'éstérification.

3- Citer deux méthodes d'amélioration de ce rendement tout en gardant les mêmes réactifs.

EXERCICE 11

L'acide benzoïque est utilisé dans la conservation des aliments et des boissons non alcooliques, ainsi que dans la fabrication de plusieurs composés organiques.

Le but de cette partie est d'étudier de la réaction de l'acide benzoïque avec l'éthanol.

Données:

- Toutes les mesures ont été faites à 25°C ;
- La masse molaire de l'acide benzoïque : $M(C_6H_5COOH) = 122\ g.mol^{-1}$;
- La masse molaire de l'éthanol : $M(C_2H_5OH) = 46 g.mol^{-1}$;
- La masse volumique de l'éthanol pur : $\rho = 0;78 g.L^{-1}$;
- La masse molaire du benzoate d'éthyle : $M(C_6H_5COOC_2H_5) = 150\ g.mol^{-1}$;

Pour préparer le benzoate d'éthyle au laboratoire, on mélange dans un ballon, un échantillon d'acide benzoïque de masse m_{ac} = 2,44 g, avec un volume $V_{a\ell}$ = 10 mL d'éthanol pur, puis on y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré jouant le rôle d'un catalyseur. Le mélange est chauffé à reflux à température constante.

2-1- Quel est le rôle du catalyseur dans cette réaction ?

2-2- Ecrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation modélisant la transformation ayant lieu entre l'acide benzoïque et l'éthanol.

2-3- On obtient à la fin de la réaction une quantité de masse m_e = 2,25 g de benzoate d'éthyle. Calculer le rendement de cette réaction.

2-4- Pour améliorer le rendement de synthèse de benzoate d'éthyle, on remplace l'acide benzoïque par un autre réactif. Donner le nom de ce réactif et écrire da formule semi-développée.

EXERCICE 12

- Toutes les mesures ont été faites à 25°C ;

- La masse molaire de l'acide éthanoïque est : $M(CH_3COOH) = 60\ g.mol^{-1}$;
- La masse volumique de l'acide éthanoïque pur est : $\rho = 1,05\ g.mL^{-1}$;
- La masse molaire de la phéromone est : $M(P) = 130\ g.mol^{-1}$.

La synyhèse de la phéromone au laboratoire, peut être réalisée par la réaction entre l'acide éthanoïque (A) et un alcool (B) de formule C_5H_{11}-OH.

1- Ecrire l'équation modélisant la réaction entre (A) et (B).

2- Citer deux caractéristiques de cette réaction.

3- On mélange le volume V_A = 28,6 mL d'acide (A) pur, avec la quantité de matière n_B = 0,50 mol de l'alcool (B). On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. On chauffe à reflux, le mélange réactionnel pendant presque quatre heures. A l'équilibre, et après traitement nécéssaire, on obtient une quantité de la phéromone (P), de masse m_P = 43,40 g.

a- Quel est l'interêt du chauffage à reflux, et de l'addition d'acide sulfurique ?

b- Déterminer, à l'aide du tableau descriptif, la composition molaire du mélange réactionnel à l'équilibre.

c- Calculer le rendement r de la synthèse de la phéromone (P).

EXERCICE 13

On mélange dans un ballon, la quantité $n_0 = 0,5\,mol$ de l'acide propanoïque avec la même quantité $n_0 = 0,5\,mol$ d'éthanol pur, puis on chauffe à reflux le mélange réactionnel pendant une certaine durée.

On obtient à la fin de la réaction la quantité $n_E = 0,33\,mol$ d'un composé organique E.

1. Citer deux caractéristiques de cette réaction.
2. Ecrire la formule semi développée du composé E et donner son nom.
3. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
4. Calculer le rendement r de cette réaction.

EXERCICE 14

On mélange dans un ballon **1 mol** d'éthanoate d'éthyle pur avec **1 mol** d'eau distillée, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et on chauffe à reflux le mélange réactionnel pendant un certain temps. Une réaction chimique se produit.

A l'équilibre, il reste **0,67 mol** d'éthanoate d'éthyle.

1. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ajouté ?
2. Citer deux caractéristiques de cette réaction.
3. Ecrire l'équation de la réaction chimique étudiée en utilisant les formules semi-développées.
4. Calculer la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction chimique.

EXERCICE 15

L'acide butanoïque C_3H_7COOH *est utilisé pour préparer des produits cosmétiques et des arômes alimentaires…*

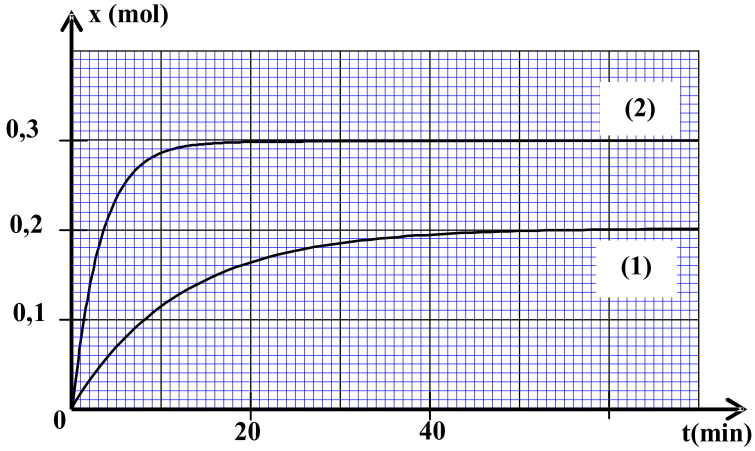
Pour comparer la réaction de l'acide butanoïque et la réaction de son anhydride sur l'éthanol, on réalise séparément deux expériences à la même température.

– La première expérience: On introduit dans un ballon la quantité $n_0 = 0,3\,mol$ d'éthanol, la même quantité n_0 d'acide butanoïque et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ; puis on chauffe à reflux le mélange. Une réaction d'estérification se produit.

– La deuxième expérience: On introduit dans un autre ballon la quantité $n_0 = 0,3$

d'anhydride butanoïque et la même quantité n_0 d'éthanol, puis on chauffe à reflux le mélange. Une réaction chimique se produit.

Les courbes (1) et (2) de la figure ci-dessous représentent respectivement, l'évolution temporelle de l'avancement de la réaction lors de la première et de la deuxième expérience.



1- Quel est l'intérêt d'un chauffage à reflux ?

2- Déterminer pour chaque expérience, la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. En déduire la réaction la plus rapide.

3-Déterminer pour chaque expérience, le taux d'avancement final de la réaction. En déduire laquelle des deux réactions chimiques est totale.

4- En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction chimique qui se produit lors de la deuxième expérience.

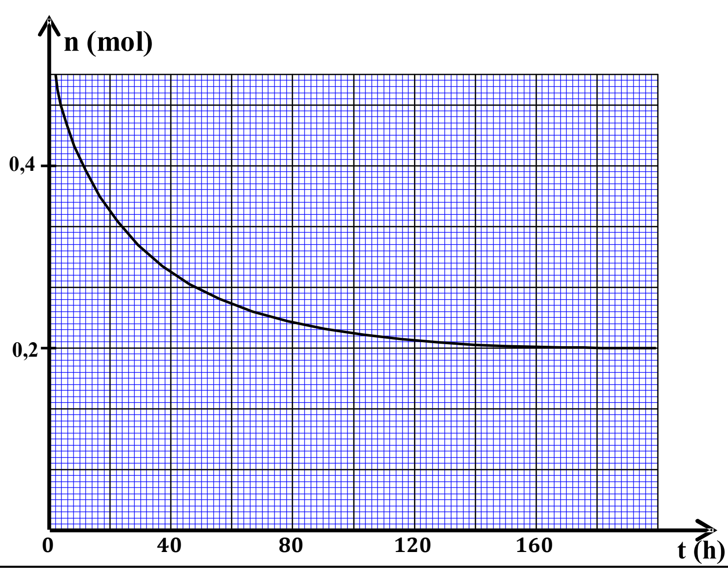
EXERCICE 16

Pour synthétiser l'éthanoate d'éthyle, un technicien de laboratoire a préparé une série de tubes à essai contenant chacun un volume $V = 34,5\,mL$ d'éthanol pur et $0,6\,mol$ de l'acide éthanoïque. Après avoir scellé ces tubes, il les a placés simultanément dans un bain-marie régulé à $100°C$. Pour suivre l'évolution du système chimique aux divers instants t, le technicien sort un tube du bain- marie et le place dans de l'eau glacée, puis il dose la quantité d'acide restante dans ce tube par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue.

La courbe de la figure ci-dessous représente l'évolution de la quantité de matière **n** de l'acide éthanoïque restante dans le tube en fonction du temps.

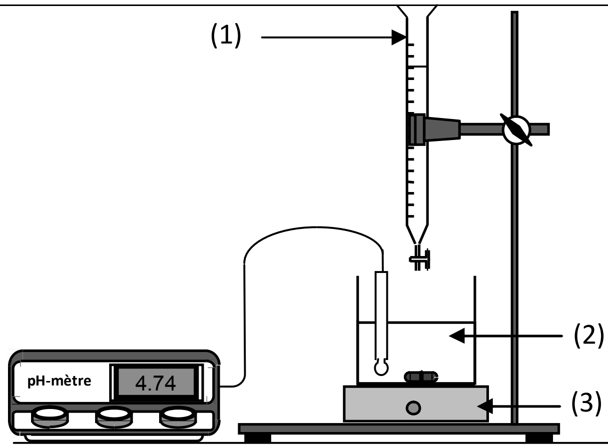
Données :

- La masse molaire de l'éthanol: $M(C_2H_5OH) = 46\,g.mol^{-1}$;
- La masse volumique de l'éthanol : $\rho = 0,8\,g.cm^{-3}$.



1- Quel est l'objectif de l'utilisation de l'eau glacée avant la réalisation du dosage ?

2- La figure ci-dessous représente le montage expérimental utilisé pour effectuer un dosage acide-base. Nommer les éléments numérotés sur cette figure.



3- Montrer que le mélange réactionnel dans chaque tube est équimolaire à l'état initial.
4- Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction produite dans chaque tube.
5- Déterminer, à l'équilibre, la composition du mélange réactionnel dans chaque tube.
6- Montrer que la valeur de la constante d'équilibre est $K = 4$.
7- Le technicien a réalisé de nouveau la même expérience à la même température, en mélangeant cette fois dans chaque tube $0,4\,mol$ d'éthanol et $0,1$ mol d'acide éthanoïque.
Trouver, dans ce cas, le rendement **r** de la réaction .

8- Pour obtenir 100% comme rendement de la synthèse d'éthanoate d'éthyle, le technicien utilise l'anhydride éthanoïque au lieu de l'acide éthanoïque.
Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction produite.

EXERCICE 17

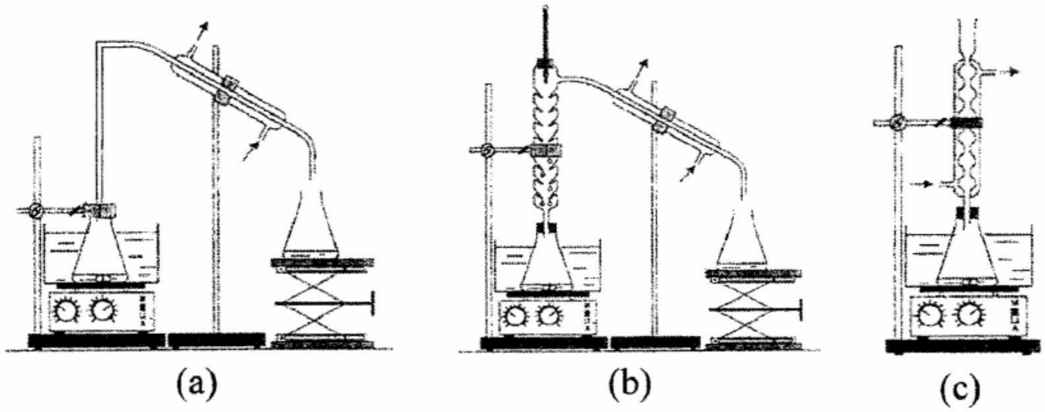
On mélange dans un ballon, la quantité $n_0 = 10^{-3}\ mol$ d'acide lactique $CH_3 - CH(OH) - COOH$ avec la même quantité $n_0 = 10^{-3}\ mol$ de méthanol pur $CH_3 - OH$, puis on chauffe à reflux le mélange réactionnel pendant une certaine durée.
On obtient à la fin de la réaction la quantité $n_E = 6.10^{-4}\ mol$ d'un ester E.

1. Citer deux caractéristiques de cette réaction.
2. Proposer deux facteurs cinétiques pour accélérer la réaction d'estérification.
3. Ecrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction ayant lieu entre l'acide lactique et le méthanol.
4. Calculer le rendement r à la fin de la réaction.

EXERCICE 18

Les produits et les caractéristiques de la réaction d'hydrolyse d'un ester varient selon la nature du milieu réactionnel.
Cette partie de l'exercice a pour but d'étudier l'hydrolyse d'un ester en milieu acidulé et l'hydrolyse basique de cet ester.

1. Hydrolyse de l'éthanoate de méthyle
On mélange dans un erlenmeyer $0,6\,mol$ d'éthanoate de méthyle pur $CH_3 - CO_2 - CH_3$ avec $0,6\,mol$ d'eau distillée. On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et on chauffe à reflux le mélange réactionnel pendant un certain temps. Une réaction chimique se produit.
A l'équilibre, il reste $0,4\,mol$ d'éthanoate de méthyle.
1.1. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ajouté ?
1.2. Citer deux caractéristiques de cette réaction.
1.3. Choisir parmi les montages expérimentaux (a), (b) ou (c) , le montage utilisé pour le chauffage à reflux.



1.4. Ecrire l'équation de la réaction chimique étudiée en utilisant les formules semi-développées.

1.5. Calculer la constante d'équilibre K associée à l'équation de cette réaction chimique.

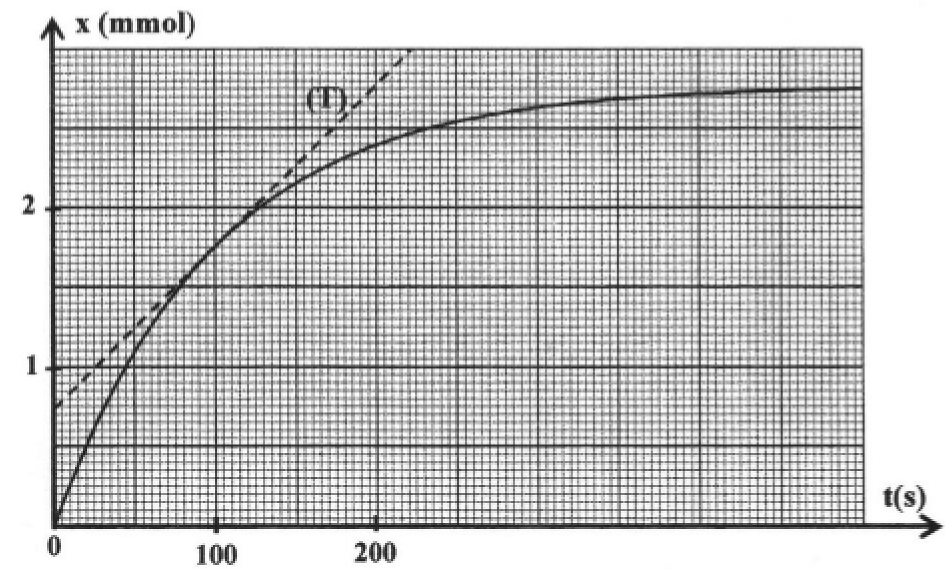
EXERCICE 19

L'équation de la réaction chimique entre les ions hydrogénocarbonate $HCO^-_{3(aq)}$ et l'acide acétylsalicylique s'écrit :

$$C_9H_8O_{4(aq)} + HCO^-_{3(aq)} \rightarrow C_9H_7O^-_{4(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$

Afin de suivre l'évolution de cette réaction, on introduit dans un ballon, un volume $V = 10\,mL$ d'une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium $Na^+_{(aq)} + HCO^-_{3(aq)}$ dont la concentration initiale effective des ions hydrogénocarbonate est : $\left[HCO_3^-\right]_0 = C = 0,5\,mol.L^{-1}$ puis à un instant choisi comme origine des dates $(t = 0)$, on ajoute à la solution une quantité d'acide acétylsalicylique de masse $m = 0,5$ g .(On considère que le volume du mélange réactionnel reste constant $V = 10\,mL$).

La courbe de la figure ci-dessous représente l'évolution temporelle de l'avancement de la réaction x.



1. Montrer que les quantités de matière initiales des réactifs sont :
$n_0(C_9H_8O_4) \approx 2,8\,mmol$ et
$n_0(HCO_3^-) = 5\,mmol$.

2. Dresser le tableau descriptif d'avancement de la réaction.

3. Trouver la valeur de l'avancement maximal x_{max}.

4. Calculer la vitesse volumique de la réaction, en $mol.L^{-1}.s^{-1}$, à l'instant $t = 100\,s$.

(T) représente la tangente à la courbe à l'instant $t = 100\,s$.

5. Déterminer graphiquement le temps de demi réaction $t_{1/2}$.