PHYSIQUE
CHIMIE

4éme année secondaire

Math –Science expérimentale - Technique

Tome 1

Résumé de cours
Exercices corrigés

Devoirs corrigés

Bahloul. Mourad

Prof d'enseignement secondaire

Adresse Email : contact@mbahloul.com
Site web : http://www.mbahloul.com

N.B : Il est possible de télécharger ce manuel (Exercices et correction) à partir du site web : http://www.mbahloul.com

Sommaire

Tome1

<u>Tome2</u>

L'essentiel du cours

Chapitre I : **Le dipôle RC**

I) Dipôle condensateur

- Un condensateur est formé par 2 armatures séparées par un diélectrique (air, céramique, plastique…).
- A B

Le condensateur ne laisse pas passer le courant continue.

- On oriente arbitrairement le conducteur par une flèche :
  Si i >0 : le courant circule dans le sens positif.
  Si i <0 : le courant circule dans l'autre sens (négatif).
- La charge 'q' d'un condensateur est la charge de l'une de ses armatures choisie vers laquelle on oriente le sens positif .
  - A q_A q_B B
    i
  - i = = -
  - $q_A=C.u_{AB}$ u= , q en coulomb (C) , C en farad (F) et u en volt (v)

C : capacité de condensateur, c'est une constante qui caractérise le condensateur et qui s'exprime en Farad.

* 1mF = 10^{-3} F * 1 F = 10^{-6}F * 1nF = 10^{-9}F (nano) * 1pF = 10^{-12}F (pico)

- C= : capacité d'un condensateur plan.

S : Surface en regard (m²) ; e : distance entre les armatures (m)

: permittivité de diélectrique ($F.m^{-1}$) ; Permittivité relative

= , =$8,84.10^{-12}$ $F.m^{-1}$ C= =

- La tension de claquage est la plus petite tension qui provoque une <u>étincelle</u> entre les 2 armatures.
- La tension de service est nettement inférieure à la tension de claquage
(Tension de service ou tension nominal) .
- Le condensateur est un composant électrique capable d'emmagasiner de l'énergie électrique . L'énergie emmagasiner par un condensateur peut se transformée en énergie mécanique (moteur), lumineuse (lampe), thermique (résistor).

- Ec ou Ee: Energie électrostatique du condensateur E_c=

q en coulomb (C) , C en farad (F) , u en volt (V) , E en Joule (J)

- Conducteur ohmique (résistor)
- Lorsque La tension au bornes de RC passe brusquement de la valeur <u>0 a la valeur E (constante)</u> , on dit que le dipôle RC est soumis a <u>un échelon de tension.</u>

D R B A

Voie 1 Voie 2 Masse

Sur la voie 1 on observe : $u_{DA}=V_D-V_A$

Sur la voie 2 on observe : $u_{BA}=V_B-V_A$

- Régime transitoire : Le condensateur se charge

- Régime permanent : tension égale à E constante.
- La réponse d'un dipôle RC a un échelon de tension est la charge du condensateur.
- u_R =Ri (Loi d'ohm pour un resistor)

II)Charge d'un condensateur a travers un résistor

- (Constante de temps)
- Q_0=CE (charge maximale du condensateur).
-
- pour t= , u_C=0,63E

u_C(v) q(C)

E

0,63E

t t(s)

u_R(v)

i(A)

t(s)

t(s)

s'exprime en seconde

H : point d'intersection de la tangente a l'origine avec l'asymptote horizontale (E) : H(, E).

- La constante de temps est une grandeur qui caractérise le dipôle RC, elle nous renseigne sur la rapidité de la charge ou de décharge du condensateur.

III)Décharge d'un condensateur a travers un résistor

q(t)

t(s)

u(t)

0,37E

H

t

t

,

*La tangente à l'origine coupe l'axe des abscisses au point H (,0).

*On absence d'oscilloscope à mémoire et pour observer une courbe (de charge ou décharge) stable, on peut utiliser un G.B.F (générateur basse fréquence) au lieu d'un générateur délivrant une tension continue

: tension en créneaux (périodique)

GBF

A B R C

VoieY$_2$

VoieY$_1$

Voie Y$_1$: $u_C(t)$

Voie Y$_2$: $u(t)$ $u(t)$

$u_C(t)$(charge)

$u_C(t)$(décharge)

- Lorsque la masse est relié au point B on visualise simultanément $u_C(t)$ et $u_R(t)$.

<u>Equations d'évolution au cours du temps</u>

<u>Cas de charge</u> :

En appliquant la loi des mailles au circuit RC ,on obtient les équations différentielles .

- Avec la variable q , q+ , la solution est :
- Avec la variable i , , la solution est : ,
- Avec la variable u , u_C+ , la solution est :

<u>Cas de décharge :</u>

- Avec la variable u ,
- Avec la variable i ,
- Avec la variable q , q+ =0

Lorsque il se décharge ,Le condensateur se comporte comme un générateur.

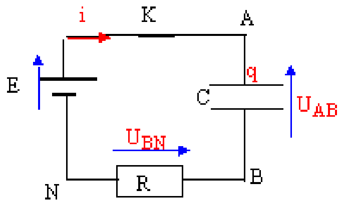
<u>Influence de R et C sur la constante de temps</u>

- R : variable, C : constante
- R : constante, C : variable

Exercices à résoudre

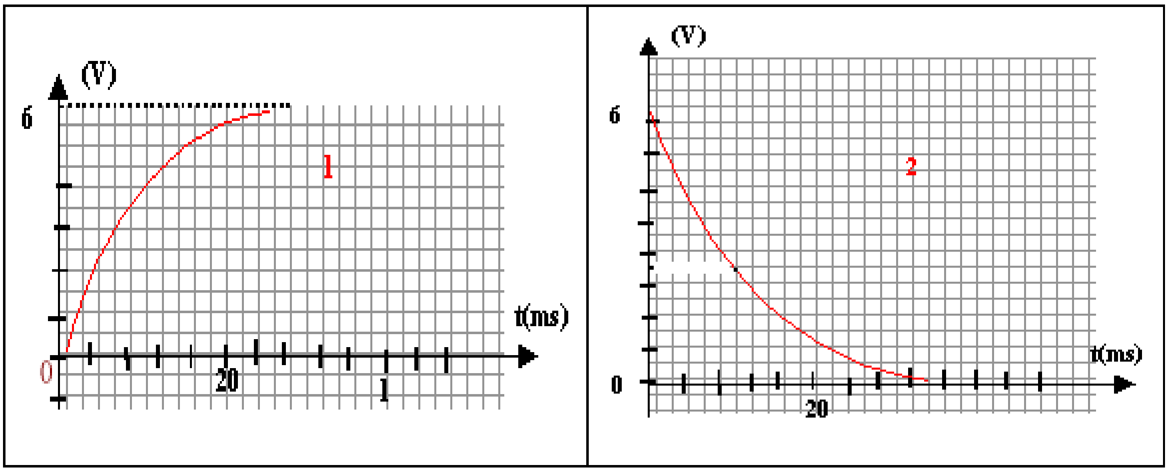
Exercice n°1 :

A l'instant initial le condensateur **C** est déchargé. On ferme alors l'interrupteur K. **R= 1 k** .



1. Quelle relation existe-t-il entre les 3 tensions fléchées ?

2. Un système d'acquisition, permet d'obtenir les 2 courbes ci-dessous :

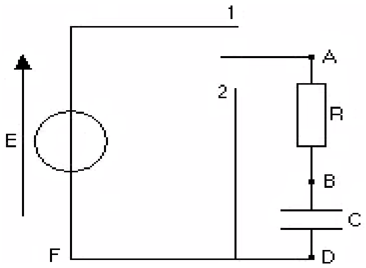


- Identifier chaque courbe.
- Quelle est la valeur de la tension " **E** " aux bornes du générateur de tension ?

3. Déterminer le temps caractéristique de ce dipôle **RC**. En déduire la valeur de la capacité du condensateur **C**.

Exercice n°2 :

On considère le circuit de ci dessous. **Données : E = 5 V ; R = 10 k ; C = 100 nF**.



1- Charge d'un condensateur à travers une résistance

On s'intéresse à ce qui se passe quand l'interrupteur est en position 1.

a. Appliquer les relations existant entre les grandeurs électriques (intensité et tensions) dans le circuit pour trouver l'équation liant la tension u_{BD} , sa dérivée par rapport au temps et les caractéristiques des composants du circuit (équation différentielle de charge). On précisera avec soin les conventions et orientations choisies.

Vérifier que $\mathbf{u_{BD} = E + a\, e^{-\beta\, t}}$ est solution de l'équation précédente, quelle que soit la valeur de **a**, si on choisit correctement β**.**

b. Le condensateur étant préalablement déchargé, on ferme le circuit à l'instant **t = 0** en basculant l'interrupteur en <u>position 1</u>. Quelle est la valeur à l'instant t = 0 s de la tension u_{BD} ?

Déterminer complètement l'expression de u_{BD} (t) en fonction du temps et des caractéristiques du circuit.

Qu'appelle-t-on constante de temps τ du circuit ? Calculer sa valeur numérique.

c. On dispose d'un oscilloscope permettant d'observer un phénomène qui se produit une fois, c'est-à-dire qui n'est pas répétitif (oscilloscope à mémoire) et qui est branché de manière à visualiser u_{BD}. Donner l'allure de la courbe u_{BD} (t) observée sur l'écran de l'oscilloscope.

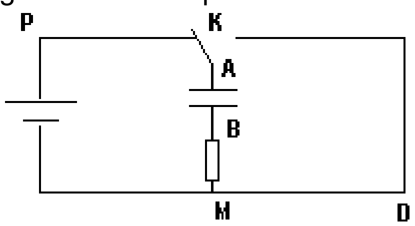
2- Décharge

Lorsque le condensateur est chargé, à une date choisie comme nouvelle origine des temps, on bascule l'interrupteur en position 2.

Sous quelle forme l'énergie emmagasinée dans le condensateur est-elle dissipée ?Quelle est sa valeur numérique ?

<u>Exercice n°3 :</u>

1- <u>Etude de la charge du condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance **R**</u>. Le générateur **PM** possède une f.e.m. **E**. Sa résistance interne est négligeable.



a. A la date **t = 0 s,** on relie **K** à **P**. Etablir l'équation différentielle reliant u_{AB} à t.

b. Vérifier que la solution de cette équation est $\mathbf{u_{AB} = E\ (\ 1 - exp - t/RC\ ).}$

c. Déterminer littéralement les coordonnées du point d'intersection de la tangente à l'origine et de l'asymptote à la courbe.

d. Calculer la constante de temps du circuit = **RC** avec **R = 10 kΩ et C = 0,5 F**.Calculer la tension u_{AB} aux dates $\mathbf{t_1 =}$ **,** $\mathbf{t_2 = 5}$ **et** lorsque t devient très grand. **On donne E = 100 V.**

2- <u>Etude de la décharge du condensateur à travers la résistance R.</u>

Le condensateur étant chargé, on relie K à D à la date t = 0 lue sur un nouveau chronomètre.

a. Etablir la nouvelle équation différentielle reliant u_{AB} à t.

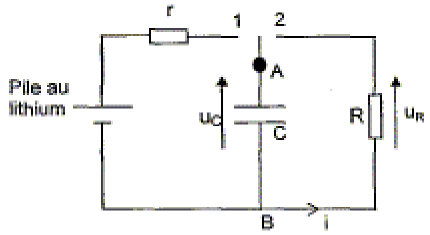
b. Vérifier que la solution est u_{AB} **= Uo exp (– t / RC).** Calculer cette tension si t_1 = o, si t_2 = 5 , si t tend vers l'infini.

Exercice n°4 :Un stimulateur cardiaque est un dispositif hautement perfectionné et très miniaturisé, relié au cœur humain par des électrodes appelées sondes. Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium ; il génère de petites impulsions électriques de basse tension qui forcent le cœur à battra à un rythme régulier et suffisamment rapide. Il comporte donc deux parties : le boîtier, source des impulsions électriques, et les sondes, qui conduisent le courant. Le générateur d'impulsions du stimulateur cardiaque peut être modélisée par le circuit représenté .

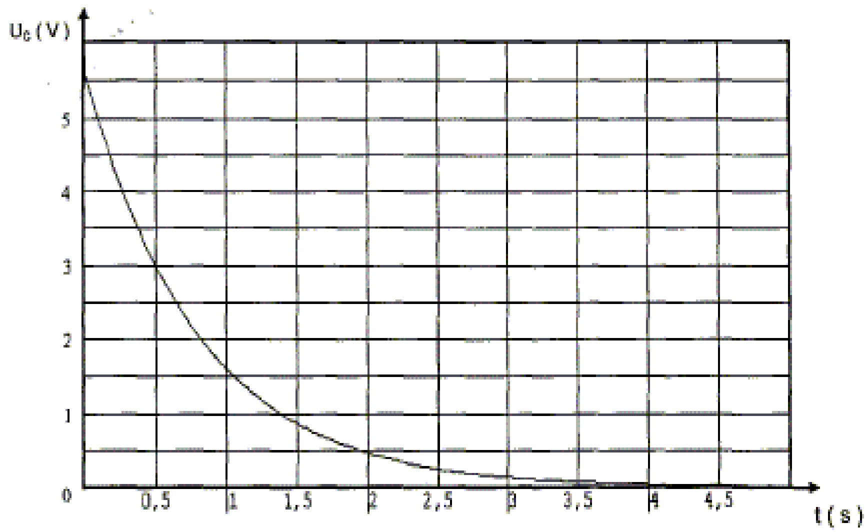
La valeur de **r** est très faible de telle sorte que le condensateur se décharge très rapidement lorsque l'interrupteur (en réalité un dispositif électronique) est en **position 1**. Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en **position 2.** Le condensateur se décharge lentement dans la résistance **R,** de valeur élevée. Quand la tension aux bornes de **R** atteint une valeur donnée (e^{-1} **fois** sa valeur initiale avec **ln e = 1**), le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes. l'interrupteur bascule simultanément en **position 1** et la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément à travers **r**. Le processus recommence.

1. Etude du générateur d'impulsions

Pour déterminer la valeur de la résistance **R**, on insère le condensateur préalablement chargé sous la tension **E** dans le circuit schématisé ci-dessous **C= 0,40 mF**.



On enregistre alors l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur. La courbe obtenue est la suivante .

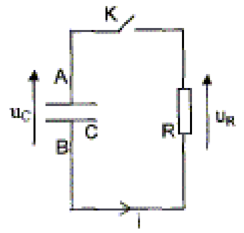


Déterminer graphiquement :

a. la valeur de la tension **E.**

b. la valeur de la constante de temps τ correspondant à la décharge du condensateur en justifiant.

2. Détermination de R :



En respectant les notations du schéma ci-dessus :
a. Donner la relation liant l'intensité i et la charge q de l'une des armatures du condensateur, que l'on précisera. Ainsi que la relation liant **u_R et i.**
b. En déduire que la tension aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle 1/(RC) $u_C(t) + du_C/dt = 0$
c. Montrer que cette équation différentielle admet une solution de la forme **$u_C(t) = A \exp(-t/\tau)$**
d. Donner les expressions de **A** et τ en fonction de **E, C et R**.
e. En utilisant la valeur de τ, calculer la valeur de **R**.

3. Les impulsions :
On admet pour la suite que, tant que le condensateur se décharge, l'évolution de u_R en fonction du temps est donnée par : **$u_R(t) = 5{,}6 \exp(-t/0{,}80)$**
On rappelle qu'une impulsion électrique est envoyée au cœur lorsque la tension aux bornes de **R** atteint **e^{-1} fois** sa valeur initiale.
a. Calculer la valeur de **u_R** qui déclenche l'envoi d'une impulsion vers le cœur.
b. A quelle date après le début de la décharge du condensateur, cette valeur est-elle atteinte ?
c. Que se passe t-il après cette date ? Représenter l'allure de l'évolution de **u_R** au cours du temps lors de la génération d'impulsions. Préciser les valeurs remarquables.
d. Déterminer la fréquence des impulsions de tension ainsi générées. On exprimera le résultat en Hertz puis en impulsions par minute. Vérifier que le résultat est bien compatible avec une fréquence cardiaque normale. (**75 imp/min**) .

Exercice n°5 : Principe d'une minuterie.

Etude théorique d'un dipole **RC** soumis à un échelon de tension :
Le montage du circuit électrique schématisé ci-contre (**figure 1)** comporte : - un générateur idéal de tension de force électromotrice **E = 12,0 V** ; - un conducteur ohmique de résistance **R** inconnue ;- un condensateur de capacité **C = 120 µF** ;- un interrupteur **K**. Le condensateur est initialement déchargé. À la **date t = 0**, on ferme l'interrupteur **K**.

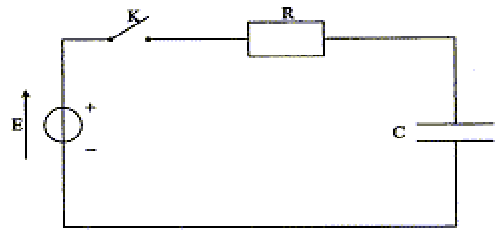


Figure I

Par ailleurs, on note q la charge de l'armature du condensateur qui se chargera positivement.

1. En utilisant la convention récepteur, représenter par des flèches les tensions **u_C** aux bornes du condensateur et **u_R** aux bornes du conducteur ohmique.
2. Donner l'expression de **u_R** en fonction de **i**.
3. Donner l'expression de **i** en fonction de la charge **q** du condensateur.
4. Donner la relation liant **q** et **u_C.**
5. En déduire l'expression de **i** en fonction de la capacité **C** et de la tension **u_C.**

6. En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir une relation entre **E, u_R et u_C.**

7. Établir l'équation différentielle notée (1) à laquelle obéit **u_C.**

8. u_C = E (1- exp(-t/)), avec = RC, est solution de l'équation différentielle (1).

Vérifier que **$u_C = E (1- \exp(-t/\tau))$** est solution de l'équation différentielle (1).

De même, vérifier que **$u_C = E (1- \exp(-t/\tau))$,** respecte la condition initiale.

9. On s'intéresse à la constante de temps du dipôle RC : τ **= RC**.

- Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le produit τ **= RC** est bien homogène à une durée.
- A l'aide de la courbe **$u_C = f(t)$** donnée ci-dessous, déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de votre choix. La construction qui permet la détermination de τ doit figurer sur la courbe **$u_C = f(t)$.**
- En déduire la valeur de la résistance **R**. Cette valeur sera donnée avec deux chiffres significatifs.

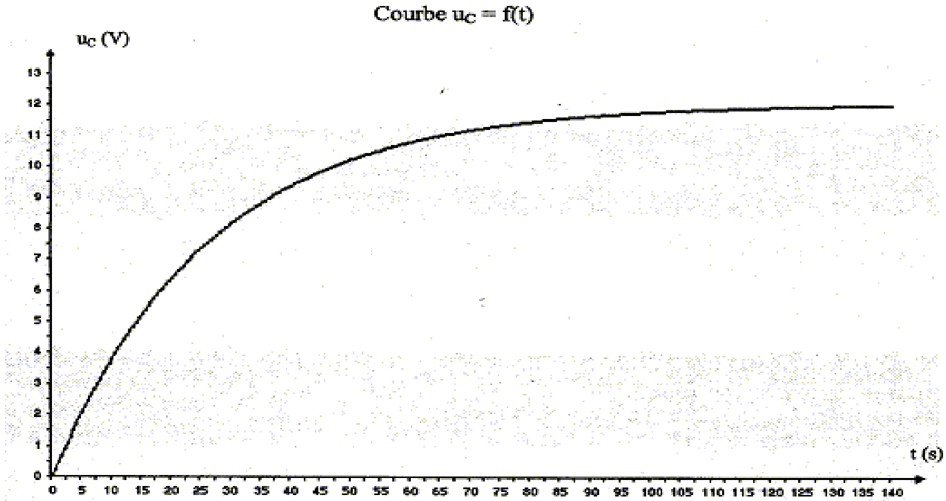


Figure 2

Application :

Au dipôle **RC** précédemment étudié, on associe un montage électronique qui commande l'allumage d'une lampe : la lampe s'allume lorsque la tension **u_C** aux bornes du condensateur est inférieure à une valeur limite **u_{al} =6,0V**; la lampe s'éteint dès que la tension **u_C** aux bornes du condensateur est supérieure à cette valeur limite **u_{a1}= 6,0 V**. Le circuit obtenu (figure 3) est le suivant :

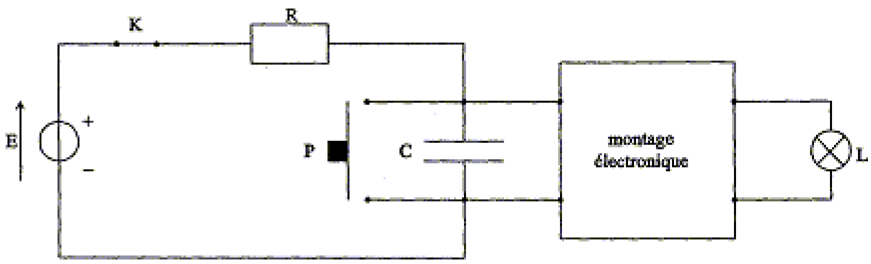


figure 3

Fonctionnement du bouton poussoir :

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir, ce dernier entre en contact avec les deux bornes du condensateur et se comporte comme un fil conducteur de résistance nulle. Il provoque la décharge instantanée du condensateur.

Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, ce dernier se comporte alors comme un interrupteur ouvert.

1. Le condensateur est initialement chargé avec une tension égale à **12 V**, la lampe est éteinte.

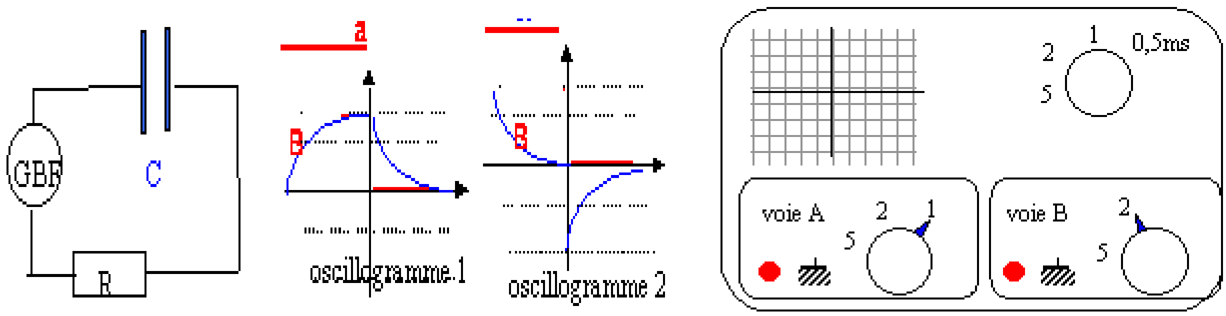
On appuie sur le bouton poussoir **P.** Que devient la tension aux bornes du condensateur **u_C** pendant cette phase de contact ? La lampe s'allume-t-elle ? Justifier la réponse.

2. On relâche le bouton poussoir. Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ?La constante de temps du dipôle RC utilisé est **τ = 25 s.** Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ?

3. En vous aidant de la solution de l'équation différentielle, donner l'expression littérale de la date t_{al}, à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite u_{al} en fonction de **u_{al}, E et τ.** Calculer la valeur de **t_{al}** durée d'allumage de la lampe.
Retrouver graphiquement la valeur de **t_{al}** à l'aide de la courbe **u_C = f(t).** Indiquer clairement cette durée sur le graphe.
La tension aux bornes du générateur **E** étant constante, on voudrait augmenter la durée d'allumage. Quels sont les deux paramètres du circuit électrique de **la figure 1** sur lesquels on peut agir ? Préciser pour chacun d'entre eux comment ils doivent varier.

Exercice n°6 :

On réalise un circuit comprenant un générateur basse fréquence, une résistance et un condensateur. Le générateur délivre une tension u périodique en créneaux de fréquence **f= 200Hz** qui vaut 0 volt pendant la première demi-période et **U=4 V** pendent l'autre moitié ; la résistance **R** vaut **R= 100 ohms**. Le condensateur a une capacité **C**.

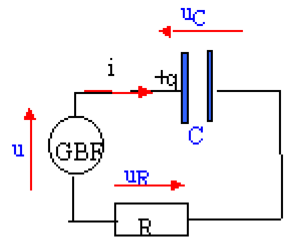


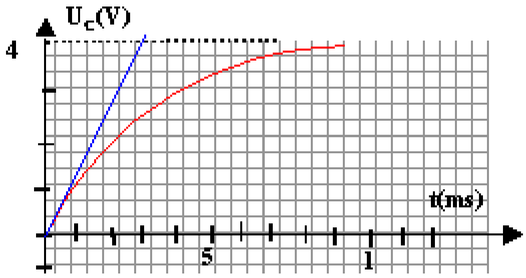
1. Etude de l'oscillogramme n°1 :
L'oscillogramme a été obtenu à l'aide d'un oscilloscope dont on a représenté la façade avant. Le réglage est tel que la durée du balayage correspond à une période de la tension **u** : plus précisément lorsque le spot est à l'extrémité gauche ou à l'extrémité droite de l'écran, la tension u est en train de passer de **0 à 4V**. L'une des courbes correspond à la tension **u** imposée par le générateur, l'autre à la tension aux bornes de l'un des composants **R ou C.** Pour chaque voie lorsque le spot est sur la médiane horizontale, la tension est nulle.
a. Que représente la courbe visualisée sur **l'entrée B** ? Comment appelle t-on le phénomène observé ?
b. Reproduire le schéma du circuit et indiquer les connexions vers les entrées **A et B** de l'oscilloscope ainsi que celle vers la masse de l'oscilloscope.
c. Quelle est la valeur maximale de la tension aux bornes du condensateur ?
d. En justifiant votre réponse, préciser les sensibilités choisies pour la base de temps et pour la déviation verticale de chaque voie. On donnera les réponses en **ms/div** et en. **V/div**
e. La capacité **C** conserve la même valeur. Tracer l'allure des courbes obtenues si :
- on augmente notablement **R** (par exemple on multiplie sa valeur **par 20)**
- on diminue notablement **R** (par exemple on divise sa valeur par **20**)

2. Etude de l'oscillogramme n°2 : le circuit reste le même. On ne modifie pas le choix des sensibilités de l'oscilloscope, mais celui ci est branché différemment et on obtient l'oscillogramme 2.
a. Que représente la courbe visualisée sur l'entrée B ?
b. Reproduire sur la copie le schéma du circuit en précisant les nouvelles connexions vers l'oscilloscope.

3. Détermination de la capacité C : le circuit est utilisé pour étudié avec précision la charge du condensateur, c'est à dire l'évolution de la tension **u_C** aux bornes du condensateur(initialement

déchargé) en fonction du temps lorsqu'à **t=0** la tension aux bornes du générateur passe brutalement **de 0 à 4 V**.Les notations et conventions adoptés sont les suivantes :





a. Exprimer littéralement chacune des tensions u_R **et** u_C.

b. Ecrire la relation vérifiée par les tensions fléchées puis établir l'équation différentielle de la charge, c'est à dire la relation existant ente u_C, sa dérivée par rapport au temps et **u.**

c. L'enregistrement de u_C en fonction du temps est fourni ci-dessous. Après une durée de charge égale à τ, le condensateur a acquis 63% de sa charge maximale. Déterminer la valeur de **C**.

Exercice n°7: Etude d'un flash électronique

texte : Un flash électronique d'appareil photo est alimenté par deux piles de **1,5 V**. Un oscillateur basse tension transforme le courant continu en courant alternatif . Un petit transformateur dont le bobinage primaire constitue l'inductance de ce circuit oscillant élève la tension qui ensuite est redressée au moyen d'une diode. Cette tension redressée permet de charger un condensateur de capacité **C= 150 µF** (+ ou - 10%) à une tension **U= 33 V.**

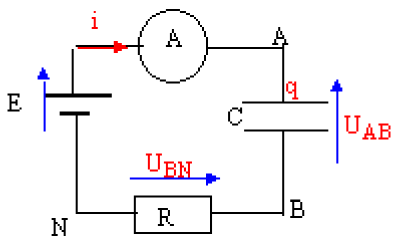
1. Etude du flash :

a- Donner l'expression de l'énergie électrique E_e stockée dans le condensateur de ce flash lorsqu'il est chargé. calculer sa valeur numérique.

b- La décharge rapide dans la lampe à éclats provoque un éclair d'une durée d'environ une milliseconde.
Quelle est la valeur numérique de la puissance électrique Pe consommée par cet éclair ?

c- Pour quelle raison doit-on élever la tension avant de l'appliquer, une fois redressée, aux bornes du condensateur ?

2. Etude expérimentale du circuit RC : Pour vérifier la valeur de la capacité **C** de ce condensateur, un élève a réalisé le montage suivant. La résistance **R** a une grande valeur et le générateur de tension continue a pour force électromotrice **E = 12 V**. A la date **t = 0**s, il ferme le circuit et note les intensités dans le circuit toutes les 10 secondes.



t(s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
i(µA)	54	40,6	30,6	23	17,4	13,1	9,8	7,3	5,6	4,2

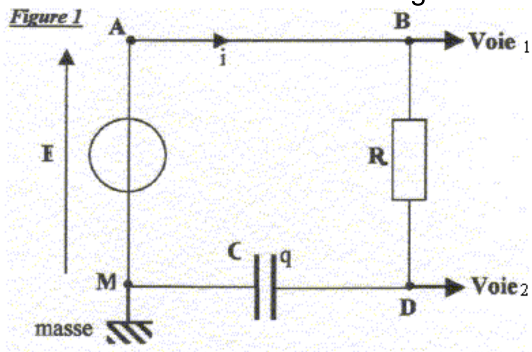
a- Sachant que le condensateur est déchargé à **t=0,** déterminer la valeur de la résistance **R.**

b- Tracer la courbe **i=f(t)** à partir du tableau de mesures.

c- L'intensité du courant électrique décroît en fonction du temps selon $i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$. τ étant la constante de temps de ce circuit de ce circuit et I_0 l'intensité à t = 0 : $I_0 = i(0)$. Quelle est la valeur numérique de l'intensité **i(t**) dans ce circuit lorsque **t =**τ ? Lire sur le graphe la valeur de τ et en déduire la valeur de la capacité **C** de ce condensateur. Ce résultat vous semble t'il conforme aux indications du fabricant ?

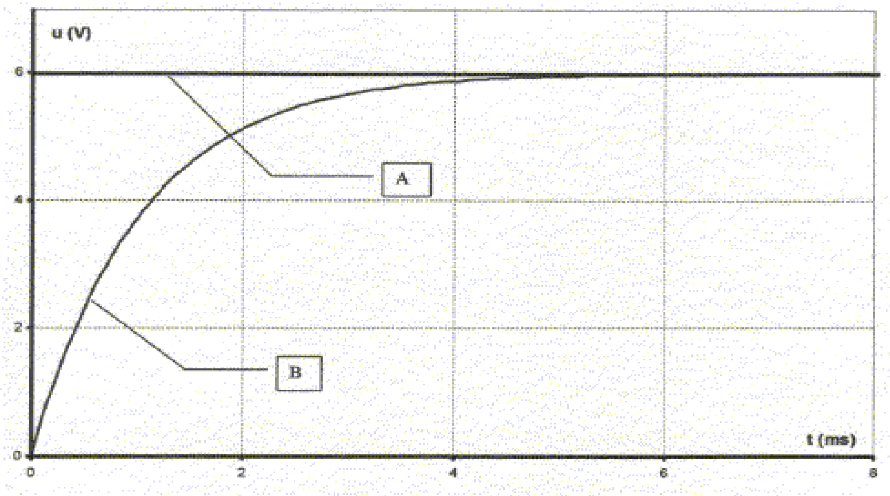
Exercice n°8:

R= 500Ω. Un oscilloscope à mémoire suit l'évolution temporelle des deux tensions. A la fermeture de l'interrupteur (t=0) le condensateur est initialement déchargé.



1. Nommer les tensions mesurées sur chaque voie. Schématiser la tension aux bornes du condensateur (convention récepteur).

2. On donne les courbes **A et B** . Quelle est celle qui correspond à la tension aux bornes du condensateur ? Justifier.



3. Evaluer graphiquement la durée pour charger complètement le condensateur.

4. Quelle expérience proposer vous pour charger moins vite le condensateur ? Représenter sur la figure l'allure du graphe obtenu.

5. Etablir l'équation différentielle relative à $\mathbf{u_C}$, tension aux bornes du condensateur.

6. Montrer que $\mathbf{u_C = E[1-exp(-t/\tau)]}$ est solution de l'équation différentielle si τ correspond à une expression que l'on déterminera.

7. Calculer la valeur du rapport u_C/E si $t=\tau$. Déterminer τ graphiquement.

8. Calculer u_C/E si $t=5\tau$. Comparer ce résultat à celui de la question 3 et conclure.

9. Etablir l'expression de i(t). En déduire l'allure de la courbe i(t) en précisant sa valeur initiale I_0.
   - L'allure de cette courbe pourrait être fournie par une tension. Laquelle ? Cette tension est-elle

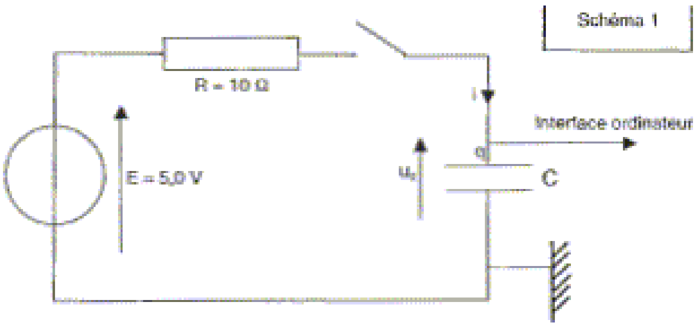
observable avec le montage proposé ?
- Refaire un schéma modifié permettant d'observer cette tension et la tension aux bornes du circuit **RC,** en précisant les branchements de l'oscilloscope.

10. Lorsque le condensateur est totalement chargé on ouvre l'interrupteur **K** et on court-circuite le dipôle **RC** en reliant par un fil les points **B** et **M**. Indiquer l'allure de la courbe montrant l'évolution temporelle de $\mathbf{u_C}$ pendant la décharge, puis sur un autre graphique, l'allure de la courbe montrant l'évolution temporelle de l'intensité i(t).
- Des deux grandeurs $u_C(t)$ et i(t), quelle est celle qui n'est pas une fonction continue du temps ?

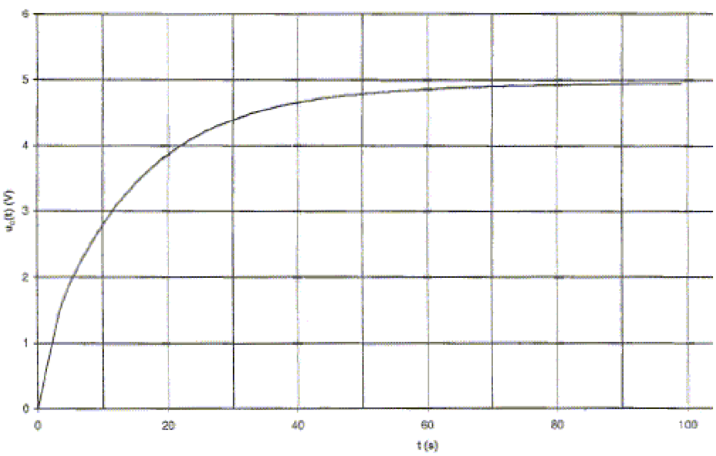
On donne **E= 6 V ; e^{-1} = 0,37 ; $e^{(-5)}$ = 0,0067**.

Exercice n°9:

I. Charge d'un condensateur à l'aide d'une source de tension constante : on dispose d'un condensateur sur lequel le fabriquant a indiqué "1 F". Pour vérifier la valeur de la capacité, on réalise le circuit suivant :



A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur et on relève la tension aux bornes du condensateur. On obtient la courbe suivante :

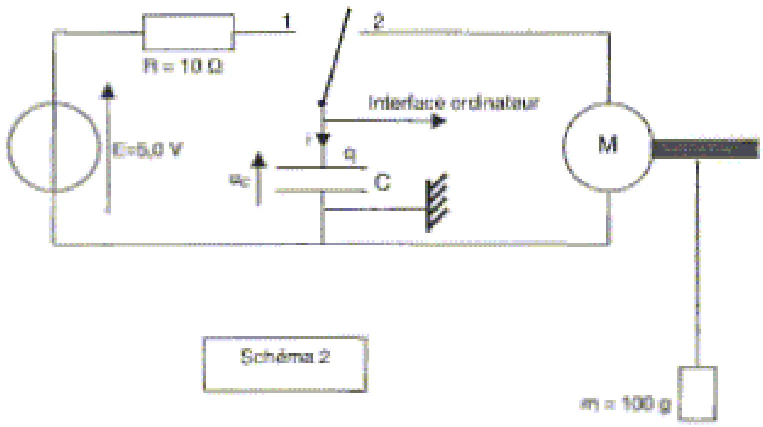


1. En utilisant la loi d'additivité des tensions, établir la relation qui existe entre $u_C(t)$ et sa dérivée par rapport au temps (équation différentielle vérifiée par u_C).

2. Vérifier que $u_C(t)=E(1-\exp(-t/\tau))$ est solution de l'équation différentielle et vérifie la condition initiale $u_C(0) = 0$. Déterminer l'expression de τ en fonction des caractéristiques du circuit.

3. A partir de l'enregistrement et par une méthode de votre choix déterminer la capacité C du condensateur. Comparer avec la valeur donnée par le fabriquant.

II. Restitution de l'énergie et décharge à courant constant : On prendra C= 1,0 F.
Le condensateur est incorporé au montage suivant :



M est un moteur sur lequel est enroulé une ficelle soutenant à son extrémité une masse m= 100 g.

1. A l'instant t=0, pris comme nouvelle origine des temps, on bascule l'interrupteur en voie 2. Le condensateur se décharge et le moteur se met en mouvement entraînant la charge m =100 g. Celle-ci monte d'une hauteur h= 3,10 m en 18 s. Les valeurs enregistrées par le logiciel sont les suivantes :
   t=0 (démarrage du moteur) ; $u_C(0)$=4,9 V ; t=18 s (arrêt du moteur), $u_C(18s)$= 1,5 V.
   L'enregistrement de $u_C(t)$ par le logiciel donne une courbe qui peut être assimilée à une droite représentée par $u_C(t) = a\,t+b$ avec $a<0$ et $b>0$.
   - Calculer les valeurs numériques des constantes a et b.

2. Déterminer l'expression de la charge instantanée q(t) du condensateur en fonction du temps. En déduire la valeur de l'intensité du courant i. Que pensez-vous du signe de i ?

3. Calculer successivement :
   - l'énergie stockée dans le condensateur à t=0.
   - l'énergie restant à t = 18 s.
   - l'énergie cédée par le condensateur.
   - l'énergie mécanique '(potentielle) reçue par (la masse, terre) (g= 9,8 m/s²)
   - le rendement du dispositif.

L'essentiel du cours

Chapitre II :

Bobine et dipôle RL

- Lorsqu'on approche un pôle sud ou lorsqu'on éloigne un pôle nord d'un aimant, d'une bobine cette dernière présente une face sud.
- Lorsqu'on approche un pôle nord ou lorsqu'on éloigne un pôle sud d'un aimant, d'une bobine cette dernière présente une face nord.

Avec un déplacement relatif d'un aimant par rapport à une bobine, on peut produit un courant électrique dans une bobine en circuit fermé.

* i : courant induit
* aimant : inducteur
* bobine : induit

- Lorsque le déplacement de l'aimant est plus rapide le courant induit devient plus intense .
- La variation de l'intensité du courant électrique dans une bobine produit un courant induit dans une autre bobine en circuit fermé à proximité de la première.
- **La loi de Lenz : le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose par ces effets à la cause qu'il lui donne naissance.**
- si le circuit est ouvert, la f.e.m se manifeste par l'apparition d'une tension entre ces bornes. Cette f.e.m est appelée force électromotrice induite ou f.e.m d'induction.

La f.e.m qui est à l'origine du courant induit est appelé force électromotrice auto-induite. notée **e**

- Une bobine ne se comporte pas comme un conducteur ohmique placé dans un circuit fermé, elle s'oppose au variation du courant électrique qui circule dans ce circuit. (circuit bobine).
- Toute bobine (L,r) parcourue par un courant i variable est le siège d'une f.e.m d'auto induction :

$$e = -L. \quad .$$

- **L** : inductance de la bobine , constante positive s'exprime en Henry (H) et qui ne dépend que de la forme géométrique du circuit (bobine)
- L'inductance (L) d'une bobine est une grandeur qui caractérise l'attitude d'une bobine à modérer les variations de tout courant électrique qui y circule.
- Une bobine (L,r) parcourue par un courant d'intensité constante se comporte comme un résistor :

$u_b = ri + L.$ Si $i = cte$ $u_b = ri$

- Une bobine est dite purement inductive lorsque $r=0$ donc $u_b = L.$
- Une bobine parcourue par un courant électrique constitue un réservoir d'énergie dite énergie magnétique. $E_L =$ avec i en A , L en H(Henry) et E_L en J(Joule)

- P : puissance électrique

$P = u.i = (ri + L. \quad).i$ soit $P = ri^2 + Li .$

$= P_{th} + P_L$ (puissance thermique + puissance magnétique)

- L'énergie magnétique E_L ne peut pas rester stocker dans une bobine par contre l'énergie électrostatique pour un condensateur reste stocker même en circuit ouvert.

- Le condensateur est un réservoir permanent d'énergie.
- La bobine est un réservoir temporelle d'énergie.

- Etincelle de rupture : Ce phénomène est exploité dans les allumeurs électrique de cuisine, Soudure à arc électrique…etc ….

- Dipôle LR :C'est l'association en série d'une bobine (L)ou (L,r) et d'un résistor de résistance R_0 .
(R=R_0+r).

La réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension est un courant continue (variation brusque de 0 E) d'intensité : I_0= . Ce courant ne s'établit pas instantanément a cause de L'inductance L de la bobine . Autrement dit : La bobine s'oppose à l'établissement du courant électrique dans le circuit ou elle se trouve insérée.

<u>Etude théorique</u>

$u_{R0}+u_b$=E (d'après la loi des mailles)

+ On pose ; (constante de temps) . On aura

+ équation différentielle qui admet comme solution : i(t)=

i(t)

E/R

t(s)

- $u_{R0}(t) = R_0$

=

u_{R0}

t(s)

- $u_b(t)$=E[1-]

l'expression de $u_b(t)$ peut être déterminer par 2 méthodes :

* u_b+u_{R0}=E * u_b=ri+ L.

à t=0 , u_b=E

si t ; u_b E(1-

u_b(v)

E r 0

t(s)

u_b(v)

r=0

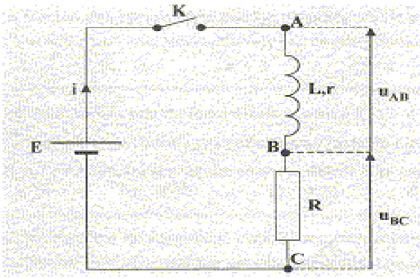
E

t(s)

- Lorsqu'on soumis un dipôle RL a un échelon de tension, il apparaît instantanément au bornes de la bobine, une tension E qui décroît selon un régime transitoire pour s'annuler, si la résistance de la bobine est nulle.

Rupture de courant dans un dipôle RL :

R_0



En absence de la diode il apparaît au borne de RL une tension élevé qui provoque une étincelle au niveau de K a l'instant de l'ouverture de circuit donc la diode est inséré dans le circuit pour éviter cette étincelle de rupture au niveau de K.
Lors de la rupture de courant dans un dipôle RL, la bobine assure une continuité de courant par une annulation progressive de son intensité.

Etude théorique

$u_b+u_{R0}=0$ (Loi des mailles)

+ ;

- i(t)= .

- u_b(t)= -

Si r=0, la tension au bornes de la bobine passe de la valeur 0 à **–E** juste à l'ouverture de K.

u_b(t)

t(s)

0

-

Influence des grandeurs R et L sur le régime transitoire.

- $R=R_0+r$= constante

Si

- L = constante

$R_2 < R_1$

• La constante de temps d'un dipôle RL est une caractéristique du circuit, elle renseigne sur le <u>retard</u> avec lequel s'établit <u>le régime permanent ou la rupture du courant dans le dipôle</u>.

* = ; homogène a un temps elle s'exprime en seconde.

u_b= L. ;

u_R= Ri ;

[ ] = [dt] en seconde.

• Montrons que lorsque le dipôle RL est soumis à un échelon de tension la tangente à l'origine a la courbe i(t) coupe l'asymptote horizontale au point H d'abscisse

i(t)=

Eq de la tangente : i(t) = at avec a = (àt=0) , a =

• Le point H est d'ordonnées i= t et i= Donc H (,)

• à t= , u_{R0}=0,63U_0 avec U_0=

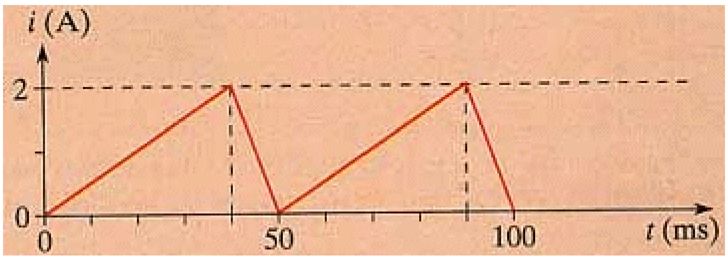
• La même méthode de détermination de ,s'applique à la courbe i(t) relative à la rupture du courant. i(t=)=0,37 I_0 .

Exercices à résoudre

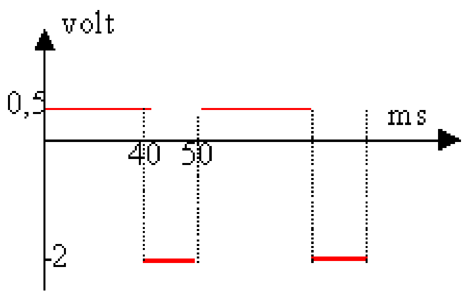
Exercice n°1 :

Soit un solénoïde de longueur , de rayon r parcouru par un courant d'intensité **I=5 A**, orienté de A vers C. Il comporte N spires et sa résistance électrique est négligeable.

1. Schématiser le solénoïde, le sens du courant et le sens du champ. Proposer des expériences permettant de déterminer les caractéristiques du champ à l'intérieur de la bobine.
2. Ce solénoïde est parcouru par un courant variable .Un phénomène d'induction prend naissance dans le solénoïde. Donner l'expression de la tension U_{AC} au cours des 2 phases, le temps variant de 0 à 50 ms



3. Sur l'écran de l'oscilloscope on a visualisé la tension u_{AC} (C relié à la masse de l'oscilloscope) on obtient la courbe ci dessous :



Déduire la valeur de l'inductance **L** du solénoïde.

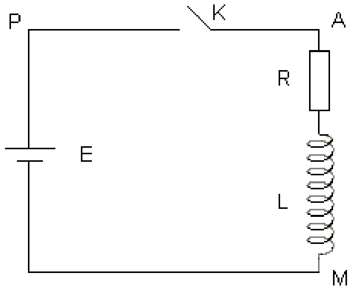
Les sensibilités de l'oscilloscope sont : **10 ms /div et 0,5 V /div**

Exercice n°2 :

PROBLEME : Dipôle L, R - Une bobine retarde l'établissement du courant dans un circuit.

Le phénomène d'auto-induction se manifeste chaque fois qu'un courant varie dans une bobine.(circuit électrique)

ENONCE.On considère le montage suivant :



1- A la date **t = 0,** on relie **K à P**. Décrire brièvement ce qui va se passer.
Quel est le phénomène responsable du retard à l'installation du courant ?
2- Etablir l'équation différentielle reliant **i =** $\mathbf{i_{AM}}$ à la date **t**. On appelle **R** la résistance totale du circuit.

3- Vérifier que est solution de cette équation différentielle.

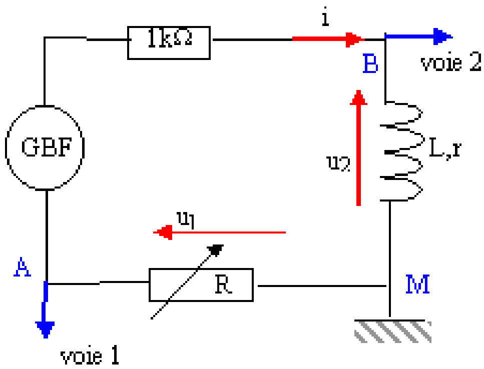
Calculer la constante de temps du circuit. On donne **R = 4,0 Ω , L = 120 mH**.

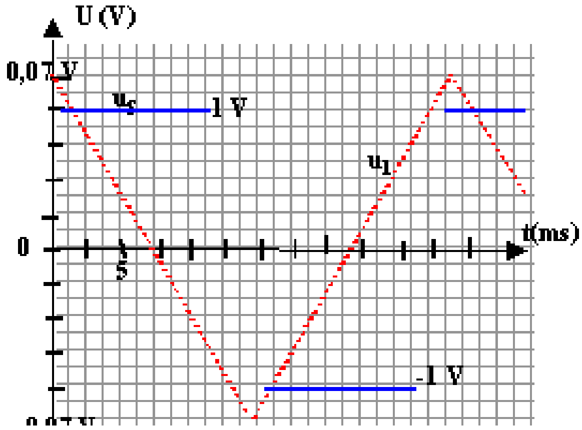
4- Calculer la valeur de i aux dates **0,** τ **, 5** τ et pour **t** $\rightarrow \infty$. On donne **E = 12 V**.
Tracer l'allure de la courbe donnant **i** en fonction de **t**.

Montrer que la constante de temps du dipôle **L, R** est égale à la date pour laquelle la tangente à la courbe, tracée à l'origine des temps, coupe l'asymptote horizontale. Cette constante de temps τ caractérise le retard à l'établissement du courant dans le circuit.
5- Calculer l'énergie magnétique "stockée" dans la bobine à la date **t = 0** puis en régime permanent (pour **t** $\rightarrow \infty$**).**

Exercice n°3 :

On se propose de déterminer l'inductance d'une bobine.
On alimente le dipôle "bobine résistance R" par un générateur basse fréquence en série avec une résistance de l'ordre de 1kΩ. Aucune des bornes de sotie du générateur n'est reliée à la masse. La mesure de la résistance de la bobine donne r= 8 ohms et R est une résistance variable.





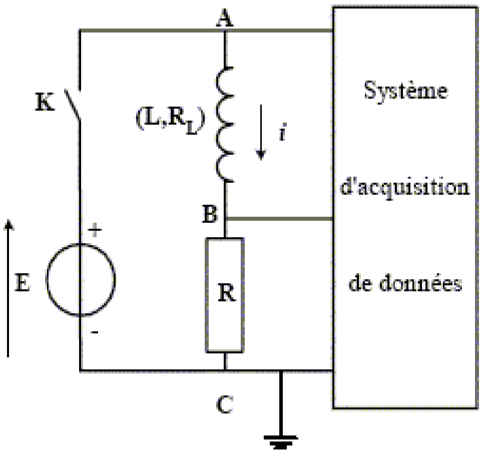
sensibilité verticale voie 1 : 20 mV/div; sensibilité verticale pour u_S : 0,5 V/div ; durée du balayage : 5 ms/div.

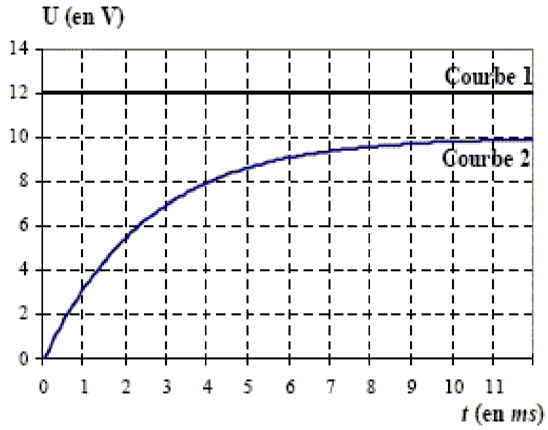
L'oscilloscope est branché comme indiqué sur le schéma. La touche ADD de l'oscilloscope permet d'observer la somme $u_S = u_1 + u_2$. Sur la figure 2 on a reproduit avec la même origine des temps les courbes $u_1(t)$ et $u_S(t)$.

1. Quel appareil permet de mesurer simplement la résistance r de la bobine.
2. Exprimer en fonction de i(t), r, R et L les tensions suivantes : u_{AM}, u_{BM}, $u_S(t)$.
3. L'oscillogramme ci-dessus a été obtenu en ajustant R à la valeur de r. Montrer que dans ce cas $u_S(t) = - L/R \, du_1/dt$.
4. Déterminer L en exploitant l'oscillogramme.

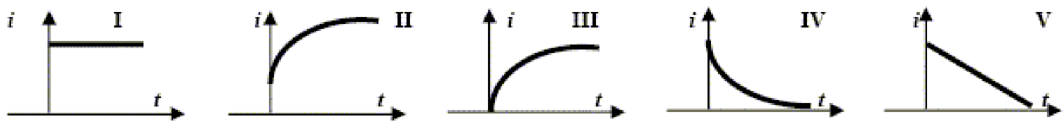
Exercice n°4 :

Un dipôle est constitué de l'association en série d'une bobine présentant une inductance **L** et une résistance **R_L** avec un conducteur ohmique de résistance **R=40** **.** Ce dipôle est alimenté par un générateur de tension de f.é.m. **E** à travers un interrupteur **K.** Il est parcouru par un courant **i.**
Les bornes **A, B, et C** sont reliées aux entrées d'une carte d'acquisition permettant d'enregistrer l'évolution des tensions.
A l'instant **t = 0**, on ferme l'interrupteur **K**, l'enregistrement génère les courbes **1 et 2**.

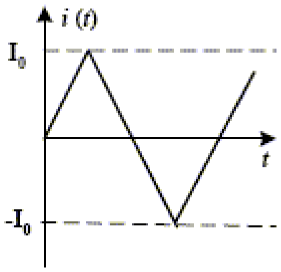




1. Quelle tension est représentée par la courbe 1 ?
2. Quelle tension est représentée par la courbe 2 ?
3. Quelle sera l'allure de la courbe de variation du courant i choisie parmi les quatre courbes ci-dessous ?

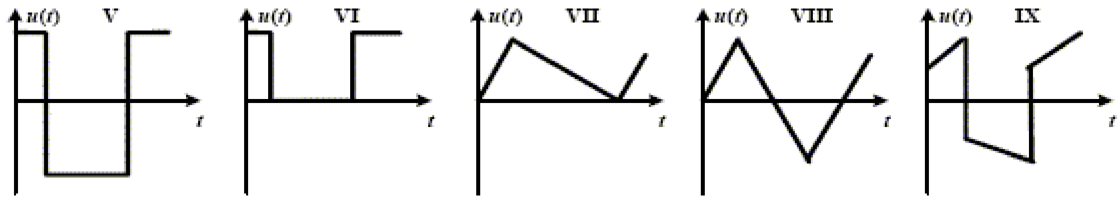


4. Tracer l'allure de la courbe de variation de la tension u_{AB}.
5. Donner la valeur **E** et l'intensité maximale **I_{MAX}** atteinte par **i**.
6. Donner l'équation différentielle définissant i. Cette équation sera présentée sous la forme d'une égalité où la f.é.m. E sera le seul terme du deuxième membre.
   En déduire les valeurs de **L** et **R_L**.
7. On remplace maintenant le générateur de tension par un générateur de courant délivrant un courant en dents de scie (courbe 3). On considérera ici que la résistance R_L de la bobine est nulle.



Courbe 3

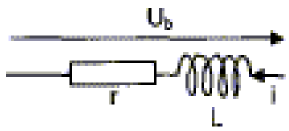
Quelle sera, parmi les cinq courbes ci-dessous, l'allure de la courbe de variation de la tension u_{AB} et de la courbe de variation de la tension u_{BC}.



Exercice n°5 :

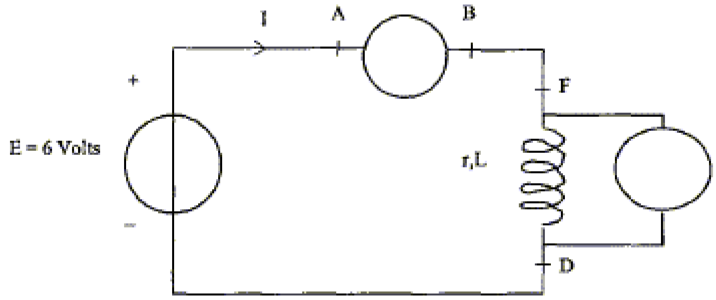
On désire vérifier la résistance **r** d'une bobine réelle d'inductance **L= 250 mH** modélisée par :

$$u_b = r.i + L.\frac{di}{dt}$$



A- <u>En régime permanent</u> :
On réalise un circuit comportant un générateur de tension continue de fem **E= 6,0 V**, de résistance interne négligeable, un ampèremètre numérique, un voltmètre numérique, des fils de connexion et la bobine étudiée.

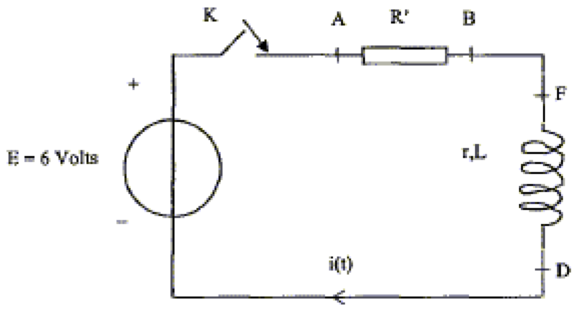
1. Compléter le schéma ci-dessous en indiquant la position de l'ampèremètre, du voltmètre. Faire figurer la tension u_G=E aux bornes du générateur, u_B, tension aux bornes de la bobine. La tension aux bornes de l'ampèremètre est négligeable.



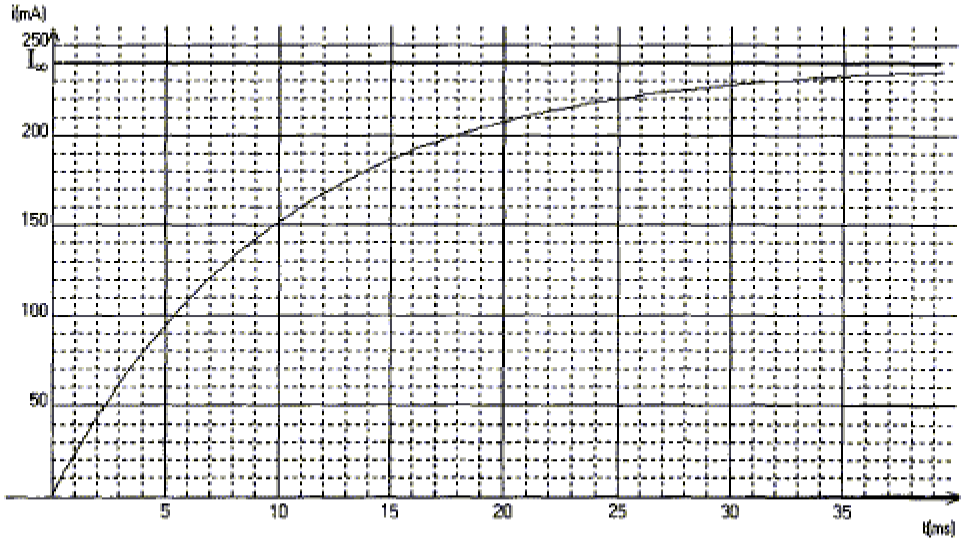
2. Les mesures des appareils donnent **u_B=5,95 V** et **I= 410 mA**. En déduire la résistance **r** de la bobine en justifiant la démarche.

B- <u>En régime transitoire</u> :
On ajoute en série au montage précédent une résistance **R'= 10,0 Ω.** Il remplace les appareils de mesures par un système d'acquisition informatisé qui lui donne les variations de i(t) obtenues à la fermeture de l'interrupteur. La tension du générateur reste égale à **6 V**.

1. Quel est le phénomène observé dans le circuit ?
2. Sur le schéma ci-dessous indiquer comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée et voie de référence) afin d'obtenir une tension proportionnelle à l'intensité. Justifier.



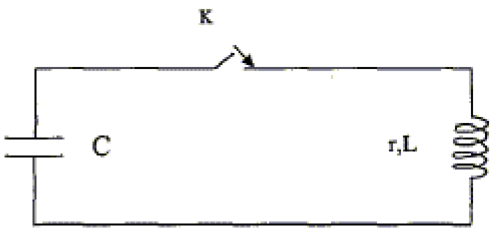
3. Déterminer la valeur de la constante de temps à partir du graphe donné. Détailler clairement la méthode utilisée.



4. La valeur de est égal à **L/R** où R représente la résistance totale du circuit. Donner l'expression de en fonction des paramètres du circuit et vérifier par analyse dimensionnelle que est homogène à un temps.
   - La bobine ayant une inductance **L= 250 mH** déterminer sa résistance.
5. On considère que l'intensité i(t) atteint une valeur limite **I_{OO}=240 mA** au bout d'une durée **5 fois** supérieure à . Quel est alors le régime de fonctionnement de la bobine ? Exprimer la résistance **r** de la bobine en fonction de **E, R' et I_{OO}**. Calculer **r**.
6. Les trois valeurs obtenues pour **r** sont-telles cohérentes entre elles ?

<u>C- En régime transitoire</u> :

Cette bobine est branchée aux bornes d'un condensateur **C= 4 F** préalablement chargé :

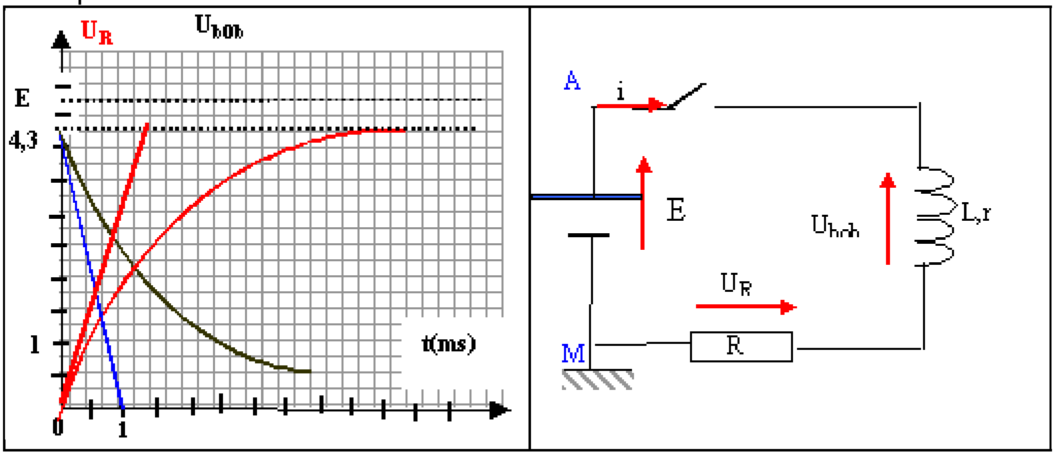


1. 0n rappelle l'expression littérale de la période propre T_0 d'un oscillateur **LC.**

   .Calculer T_0 .
2. On branche un oscilloscope aux bornes du condensateur et on observe sur l'écran des oscillations pseudo-périodiques. Interpréter l'amortissement des oscillations.
   - On constate avec une base de temps de 2 ms/div, que deux pseudo-périodes occupent entre 6,2 et 6,4 divisions. Donner un encadrement de la pseudo période T ainsi mesurée.. Comparer ce résultat à T_0.

Exercice n°6 :

On place un conducteur ohmique de résistance R et une bobine inductive de résistance r et d'inductance L en série. A l'instant t=0 l'ensemble est soumis à une tension constante E= 4,85 V. On enregistre l'évolution des tension u_R et u_{bob} respectivement aux bornes du conducteur ohmique et de la bobine.



A. Etude du circuit en régime permanent :

1. Exprimer la tension U_R en fonction de r, R et E une fois le régime permanent établi.
2. Faire de même pour la tension U_{bob}.
3. Exprimer le rapport u_R / u_{bob} en fonction de r et R. En relevant sur l'enregistrement les valeurs de ces tensions et en prenant R= 22 ohms, donner une valeur approchée de r.

B. Etude du circuit en régime transitoire :

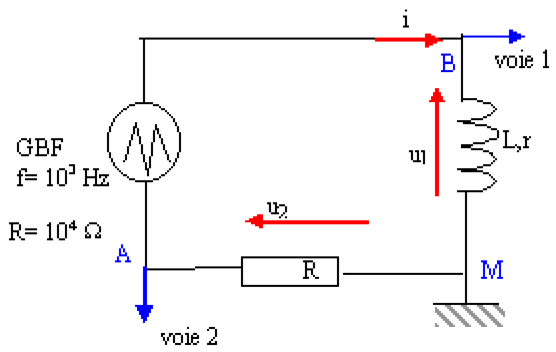
1. Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité. En déduire l'équation différentielle à laquelle obéit U_R = f(t).
2. Montrer que $u_R = E\,R/(R+r)\,(1 - \exp(-t/\tau))$ satisfait à l'équation différentielle précédente à condition de prendre pour τ une valeur qui dépend des paramètres du circuit. On donnera l'expression de τ.
3. Evaluer τ à partir de l'enregistrement et en déduire L.
4. Lorsqu'on ouvrira le circuit, une petite étincelle peut apparaître aux bornes de l'interrupteur. Pourquoi ?

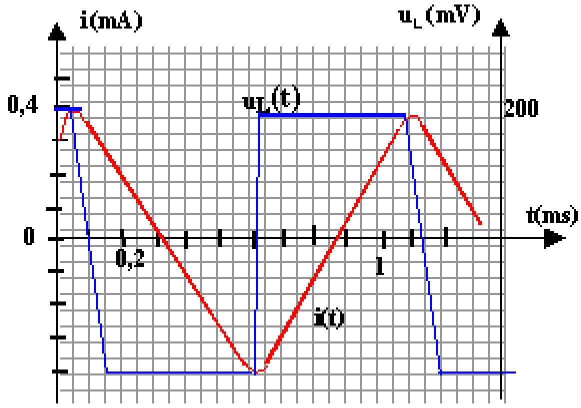
- Pour éviter cela, on place l'ensemble constitué d'une diode et d'un conducteur ohmique en parallèle avec la bobine. Faire le schéma et justifier.

Exercice n°7:

étude expérimentale d'une bobine

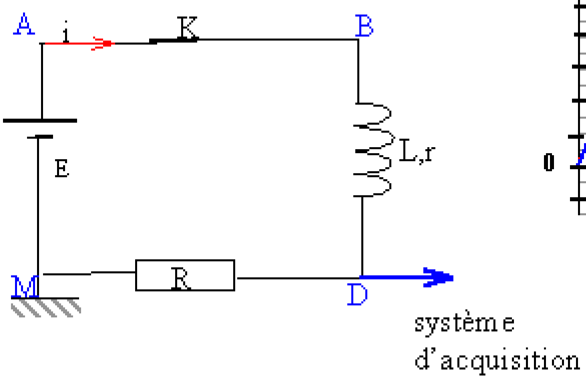
1. On réalise le circuit ci-dessous. le GBF délivre une tension alternative triangulaire. On enregistre les tensions u_L(t) aux bornes de la bobine et l'intensité i(t) du courant qui circule dans le circuit à l'aide d'un système d'aquisition.

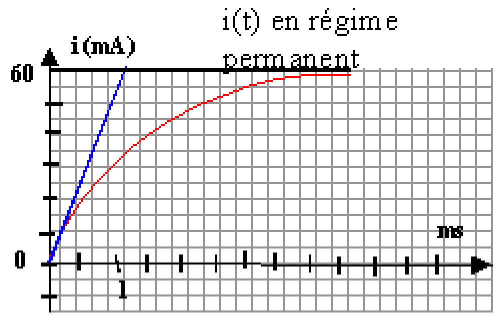




a. Vérifier graphiquement que la fréquence du GBF est 1 kHz..
b. Quelle est l'expression de la tension mesurée sur la voie 2. En déduire les opérations que devra effectuer le logiciel de traitement des données pour visualiser i(t) sur l'écran.
c. Exprimer la tension u_L aux bornes de la bobine en fonction des caractéristiques de la bobine, de l'intensité du courant et de sa dérivée i'= di/dt.
d. La représentation graphique de la fonction i(t) montre qu'en réalité les crêtes de l'intensité sont arrondies. dans ces conditions la tangente au sommet est horizontale. En déduire une expression simplifiée de u_L quand l'intensité dans le circuit est extrémale.
e. Quand l'intensité est extrémale u_L vaut environ 10 mV. Montrer alors que r << R.
f. On néglige par la suite le terme faisant intervenir r dans l'expression de u_L ainsi que les arrondis des crêtes de l'intensité. En travaillant sur la durée [0,1 ; 0,6 ms] mesurer u_L, calculer di/dt et en déduire la valeur de L.

2. Constante de temps d'un circuit (R, L): la bobine est maintenant montée avec une résistance R'= 100 Ω aux bornes d'un générateur idéal de tension de fem E= 6,5 V. r= 12 Ω.

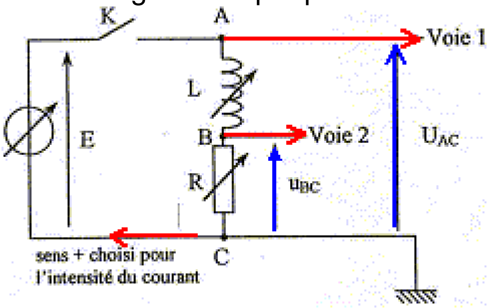




a. Etablir l'expression donnant l'intensité du courant en régime permanent en fonction des caractéristiques du circuit.
b. Vérifier que la valeur de l'intensité du courant en régime permanent lue sur le graphe est en accord avec les données de l'énoncé.
c. Rappeler l'expression de la constante de temps d'un dipôle (R L).
d. Déterminer graphiquement sa valeur. Vérifier que cette valeur est en accord avec celle de l'inductance de la bobine calculée précédemment.
e. La résistance R' étant réglable, on lui donne la valeur R'=150 Ω. Calculer la nouvelle intensité en régime permanent, la nouvelle constante de temps du dipôle (R L) et représenter avec soin la courbe représentant l'intensité du courant en fonction du temps sur la figure donnée.

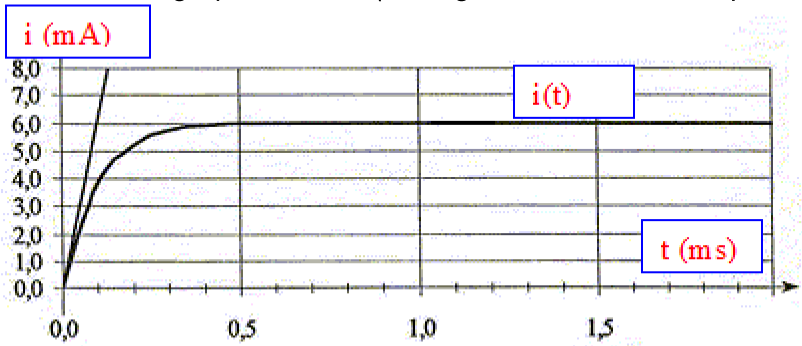
Exercice n°8:

On se propose d'étudier l'établissement du courant dans un dipôle comportant une bobine et un conducteur ohmique lorsque celui-ci est soumis à un échelon de tension de valeur E. Le conducteur ohmique a une résistance R. La bobine sans noyau de fer doux, a une inductance L ; sa résistance r est négligeable devant R. Les valeurs de E, R, L sont réglables. On dispose d'un système d'acquisition de données et d'un logiciel adapté pour le traitement des données.



On réalise le montage ci-contre :

1. On réalise une première expérience (expérience A) pour laquelle les réglages sont les suivants : L = 0,10 H ; R = 1,0 kΩ ; E = 6,0 V. À l'instant de date t = 0 s, on ferme l'interrupteur K. On veut suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps. Quelle tension doit-on enregistrer et quelle opération doit-on demander au logiciel pour réaliser cette observation ? Justifier la réponse.
2. On obtient le graphe suivant (la tangente à la courbe au point origine est tracée)

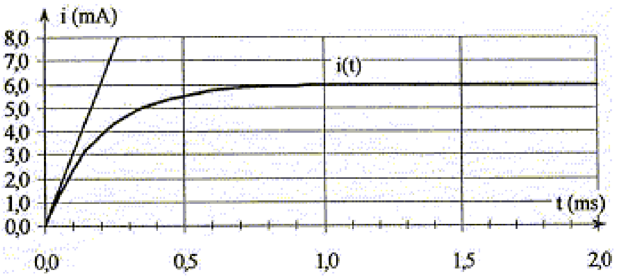


   Déterminer graphiquement la valeur I de l'intensité du courant en régime permanent en explicitant la démarche. Déterminer graphiquement la constante de temps du dipôle RL étudié en explicitant la démarche. Cette valeur correspond-elle à celle attendue théoriquement ? Justifier la réponse.
3. Étude analytique. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i(t). En déduire l'expression de l'intensité I du courant en régime permanent. Calculer sa valeur.
4. Influence de différents paramètres.
   Afin d'étudier l'influence de différents paramètres, on réalise trois autres expériences en modifiant chaque fois l'un de ces paramètres. Le tableau suivant récapitule les valeurs données à E, R et L lors des quatre acquisitions.

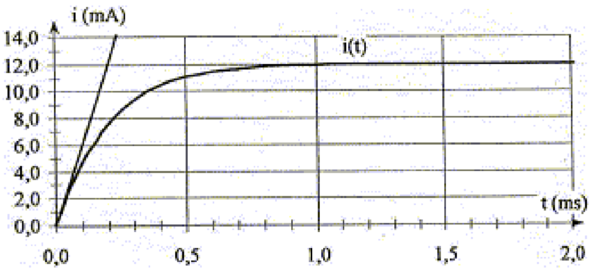
	E (V)	R (kΩ)	L (H)
Expérience A	6	1	0,1
Expérience B	12	1	0,1
Expérience C	6	0,5	0,1
Expérience D	6	1	0,2

Associer chacun des graphes (2), (3), (4) à une expérience en justifiant précisément chaque choix.

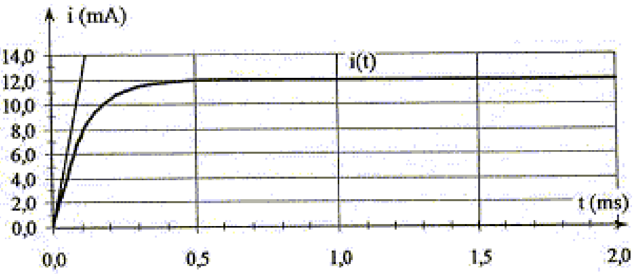
2


i (mA)
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
i(t)
t (ms)
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0

3


i (mA)
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
i(t)
t (ms)
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0

4


i (mA)
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
i(t)
t (ms)
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0

L'essentiel du cours

Chap : III : RLC. libre

I) Oscillations libres amorties

- Un circuit constituer d'un dipôle RL fermé sur un condensateur initialement chargé peut être le siège d'oscillations électrique amorties. Ces oscillations qui s'effectuent d'elle-même sans intervention de l'extérieur sont dites libres.
- Les oscillations libres amorties sont des oscillations pseudo-périodique de pseudo période T.(régime pseudo-périodique)
- Un circuit RLC fermé sur un condensateur initialement chargé ne peut oscille librement que lorsque l'amortissement est faible. Plus la résistance du circuit est grande, plus la pseudo période est grande. Avec des valeurs élevées de R, le régime n'est plus oscillatoire, **il est apériodique.**
- Le retour le plus rapide à l'état d'équilibre sans aucune oscillation est connu sous le nom régime critique (R=Rc)

Etude théorique

* **Equation différentielle régissant l'évolution d'un circuit RLC.Série en régime libre :**

$u_C+u_{R0}+u_b=0$ (Loi des mailles)

avec $R(R_0+r)$

* $E=E_L+E_C$ énergie électromagnétique. * $E_C =$; $E_L =$

*

Ri^2 : Puissance dissipé en chaleur dans la résistance total de circuit.

Au cours des oscillations l'énergie de circuit RLC diminue. Cette diminution apparaît sous forme de chaleur par effet Joule.

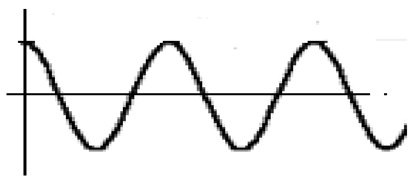
Il y a au cours des oscillations pseudo périodique des transformations mutuelles d'énergie électrostatique et magnétique. Mais a cause de la résistance R(de tout le circuit) les transformations ne sont pas intégrales(toujours il y a de diminution).

II) Oscillations libres non amorties R=0

* Equation différentielle :

$u_C+u_b = 0$

On pose .



* La solution de cette équation est : $q(t) = Q_0\sin($

Q_0 : l'amplitude des oscillations de q(t).

w_0 : pulsation propre (rad s^{-1})

: phase initiale (rad)

La nature des oscillations d'un circuit **LC** est sinusoïdale.

* $T_0=$: période propre (en s) $T_0=$

* N_0= : fréquence propre (en Hz) N_0=

* $E=E_C+E_L$ = Li . Donc , E=constante

On dit que l'énergie totale de l'oscillation LC se conserve. E= .

* $q(t)= Q_0 sin($

E_C= = $sin^2($

E_L = =

= $(Q_0\ w_0 \cos($ $)^2$

= ($\cos^2($

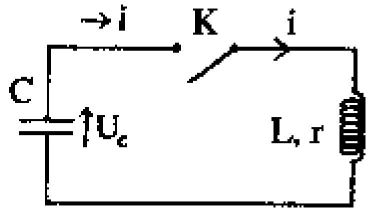
= ($\cos^2($

- Les oscillations libres d'un circuit RLC non amorties sont dues au transformation mutuelle et intégrale (sans perte) de ses énergies électrostatique et magnétique.

U(v)	U(v)	U(v)
t	t	t
R nulle régime périodique	R faible régime pseudo-périodique	R forte régime apériodique

Exercices à résoudre

Exercice n°1 :

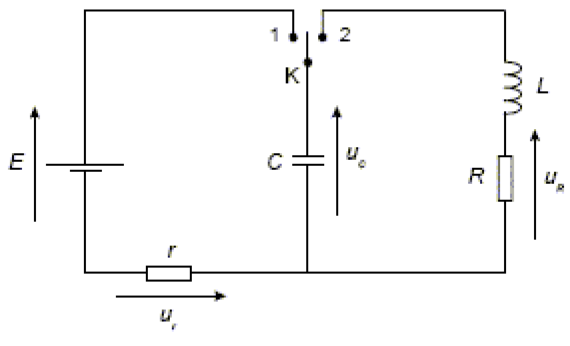


Le condensateur ci-dessus, de capacité C est initialement chargé sous une tension U_0
A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur K. A cet instant l'intensité i_0 du courant est nulle. L'intensité du courant i(t) est comptée positivement quand le courant circule dans le sens indiqué (courant de décharge du condensateur). On appelle **q** la charge de l'armature du condensateur.

1. Ecrire la relation entre i(t) et q(t) d'une part et q(t) et u_C(t) d'autre part.
2. Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la tension u_C aux bornes du condensateur.
3. On se limite au cas où la résistance **r** de la bobine est nulle.
   -Que devient dans ce cas l'équation différentielle ?
   - Donner l'expression de la pulsation propre $_0$ des oscillations, de leur fréquence propre et enfin de la période propre T_0.Montrer que la période a bien la dimension d'un temps, par une étude dimensionnelle.
   - Déterminer une solution de cette équation différentielle qui vérifie les conditions initiales.
   - Donner l'expression générale de l'énergie stockée dans le condensateur, et de celle stockée dans la bobine.
   - En déduire l'expression de l'intensité maximale I_{max} du courant circulant dans le circuit en fonction de C, L et U_0.

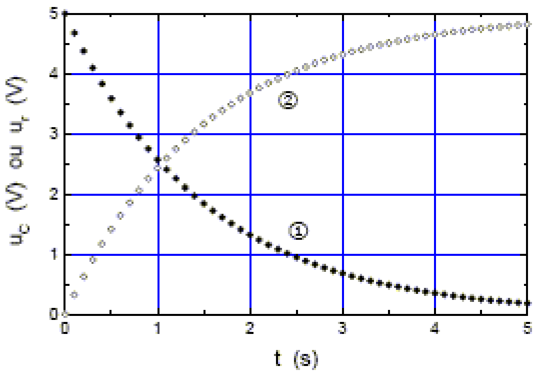
Exercice n°2 :

Charge d'un condensateur ; circuit oscillant



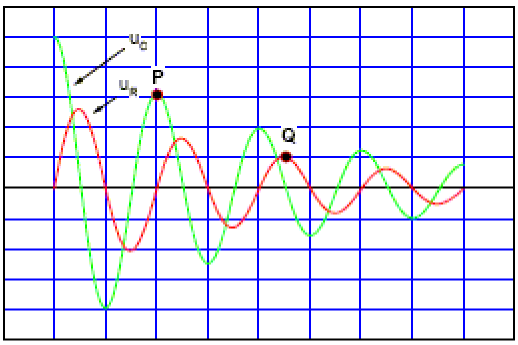
E= 5 V ; r = 30 kΩ ; R= 5 Ω ; C= 50 μF ; L= 50 mH.

Partie 1 : on s'intéresse à la charge du condensateur de capacité **C** par un générateur de tension de fem E. A l'instant **t=0** on place l'interrupteur en **position 1'**. L'évolution au cours du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur et de la tension $\mathbf{u_r}$ aux bornes du conducteur ohmique de résistance **r** est représentée sur la figure suivante :



1. Quelle est, des courbes 1 et 2, celle qui illustre l'évolution de u_C ? Justifier la réponse.
2. Quelle serait la charge **q** du condensateur à la fin du processus de charge ?
3. Sachant que l'on définit la constante de temps du circuit comme la durée au bout laquelle le condensateur a acquis 63 % de sa charge maximale, déterminer graphiquement la valeur de .
4. Déterminer la valeur de l'intensité à l'instant t =

<u>Partie 2</u> : on suppose maintenant que le condensateur a acquis sa charge maximale. On place alors l'interrupteur K en position '2'. On observe, à l'aide d'un oscilloscope, la tension u_C sur la voie A et la tension u_R sur la voie B.



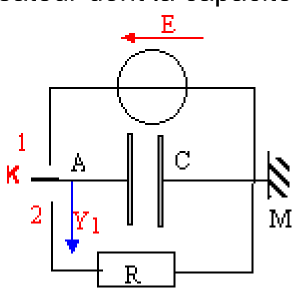
balayage horizontal : 5 ms/div ; voie A : 1 V/div ; voie B : 250 mV/div.

1. Rappeler les expressions littérales de l'énergie emmagasinée à tout instant par le condensateur et par la bobine. Calculer ces énergies aux instants correspondants aux points P et Q.
2. Comparer les énergies totales emmagasinées par le circuit en chacun des deux points P et Q. Interpréter ce résultat.
3. Tracer l'allure générale qu'aurait eu l'évolution de u_C si la résistance R avait été très grande.

<u>Exercice n°3 :</u>

<u>partie 1</u>

On réalise le montage suivant comportant un générateur de f.e.m E= 9V et de résistance interne négligeable, un condensateur dont la capacité varie entre 40 et 80 µF, un conducteur ohmique de

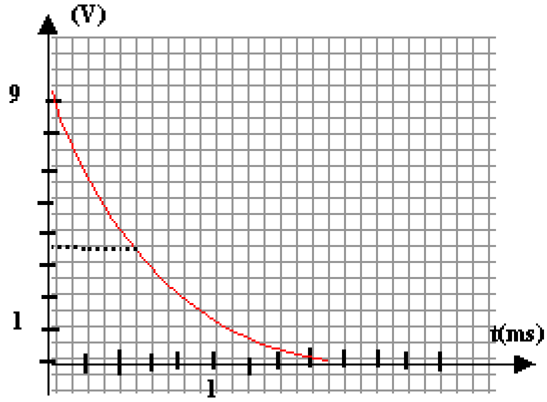


résistance R= 10 ohms.

I. Le condensateur est préalablement déchargé.

1. Quel est le phénomène physique mis en jeu quand on place l'interrupteur K en position (1) ?
2. Pourquoi ce phénomène est-il très rapide ?

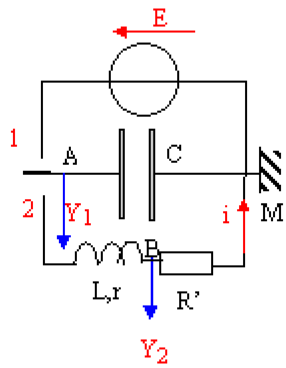
II. Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension u_{AM} entre les bornes du condensateur. L'acquisition des données commence lorsqu'on bascule l'interrupteur K de la position (1) à la position (2). La courbe obtenue est la suivante :



1. Quel est le phénomène physique mis en évidence ?
2. En utilisant la courbe donnée déterminer une valeur approchée de la capacité du condensateur.
3. On reprend la même expérience avec un condensateur de capacité 2 fois plus grande. Donner sur la figure précédente l'allure de la courbe obtenue . Justifier.

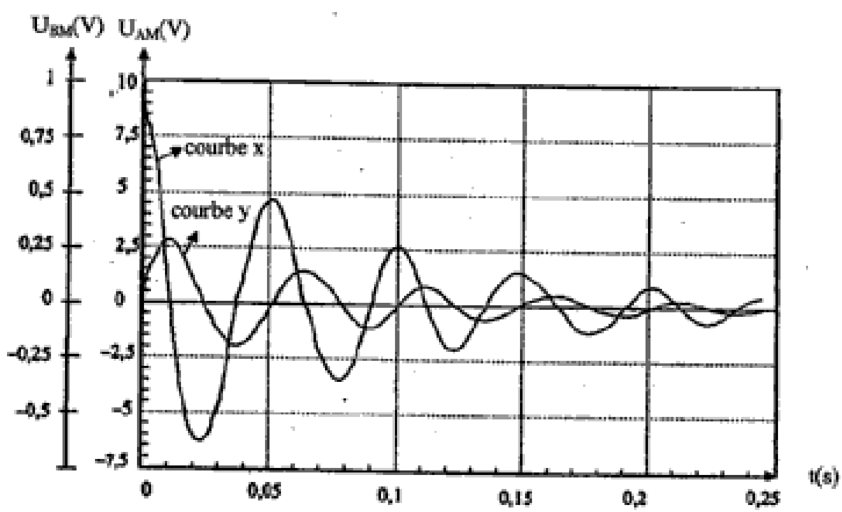
partie 2 :

On réalise le montage suivant comportant un générateur de f.e.m **E= 9V** et de résistance interne négligeable, un condensateur dont la capacité varie entre **40 et 80** **F**, un conducteur ohmique de résistance **R'= 5** , une bobine d'inductance **L= 1H** et de résistance **r = 10** .



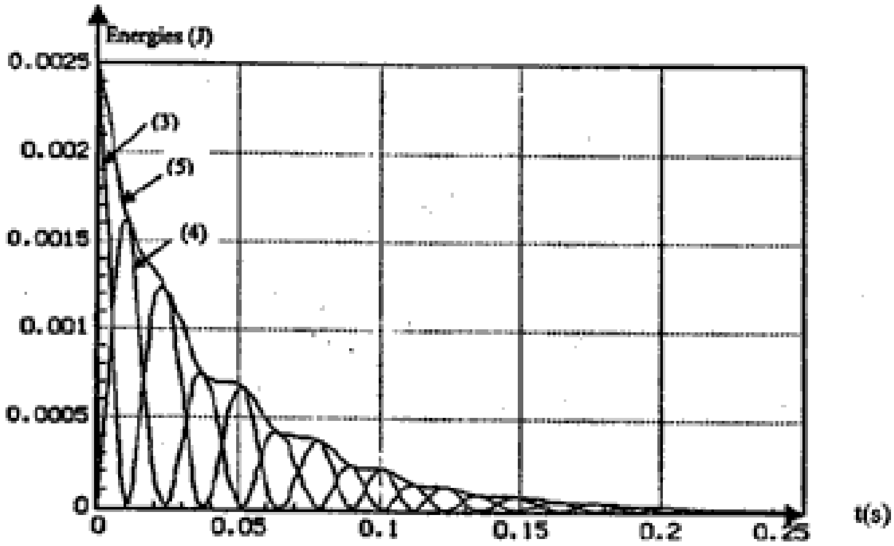
L'interrupteur K est placé en position (1) puis basculé en position (2). L'acquisition des données commence lorsqu'on bascule l'interrupteur K de la position (1) à la position (2).

1. Quelles sont les grandeurs visualisées en voies Y_1 et Y_2 ?
   - L'une de ces grandeurs permet de connaître les variations de l'intensité i du courant Laquelle ? Justifier.
2. Les grandeurs visualisées sont représentées sur la figure ci-dessous :



- Associer les courbes x et y aux voies Y_1 et Y_2 .
- Quel est le phénomène observé ? Pourquoi ne se produit-il pas dans l'expérience précédente ?

3. La figure (page suivante) représente les variations au cours du temps de l'énergie E_E emmagasinée par le condensateur, de l'énergie E_M emmagasinée par la bobine et leur somme E.



- Donner les expressions littérales des énergies E_E et E_M.
- Identifier les 3 courbes en justifiant.
- En comparant les courbes 3 et 4 donner une interprétation du phénomène étudié.
- Interpréter qualitativement l'évolution de l'énergie représentée par la courbe (5).
- Evaluer l'énergie dissipée pendant les 60 premières millisecondes.

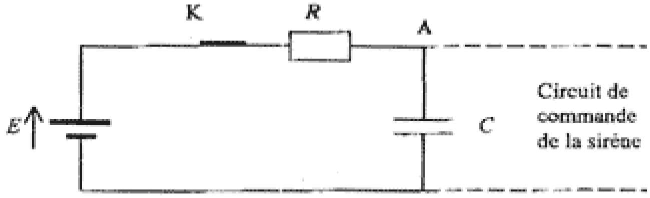
Exercice n°4 :

modélisation d'une alarme :

Un élève, dans le cadre de travaux personnels, souhaite étudier un système d'alarme. Après avoir modélisé la mise sous tension du circuit de commande de la sirène (première partie de l'exercice), il cherche à savoir si des phénomènes inductifs peuvent provoquer le déclenchement intempestif de la sirène (deuxième partie de l'exercice).

I. Première partie : fonctionnement simplifié d'une alarme d'appartement

Après avoir mis sous tension l'alarme d'un appartement, il faut pouvoir disposer d'une durée suffisante pour sortir sans la déclencher. Pour cela certains dispositifs utilisent la charge et la décharge d'un condensateur. Le circuit est alimenté par une batterie d'accumulateurs de force électromotrice (f.e.m.) E. Le schéma simplifié de l'alarme est le suivant.

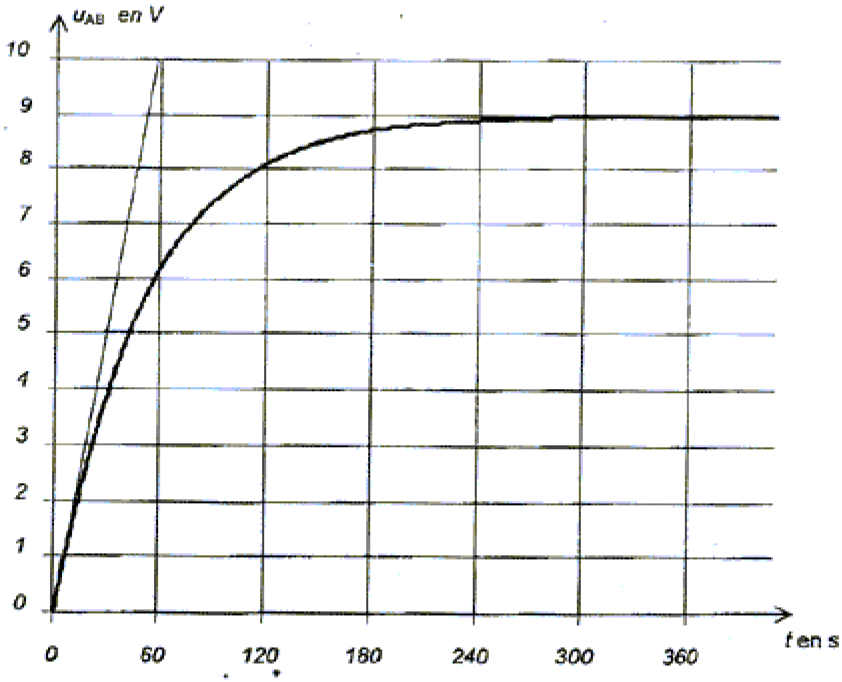


$R = 47\ k\Omega$; $C = 1,1 \times 10^3\ \mu F$; $E = 9,0\ V$

La mise sous tension de l'alarme correspond à la fermeture de l'interrupteur (K). Le circuit de commande de la sirène est **tel qu'à la fermeture de la porte de l'appartement, le condensateur est mis en court-circuit** (ses armatures sont alors reliées par un fil conducteur non représenté sur le schéma).

1. Étude de la charge du condensateur dans le circuit **RC**

Pour étudier la charge du condensateur de capacité **C**, l'élève visualise la tension **u_{AB} = f(t)** à ses bornes à l'aide d'une interface reliée à un ordinateur. Le circuit de commande de la sirène n 'est pas relié au condensateur lors de cette expérience. L'acquisition commence lors de la fermeture de l'interrupteur (**K),** le condensateur étant préalablement déchargé. L'élève obtient la courbe **u_{AB} = f(t)** suivante :



a. Indiquer sur le schéma du circuit les branchements de l'interface pour visualiser u_{AB} = f(t). L'entrée et la masse de l'interface sont respectivement équivalents à une voie **Y** et à la masse d'un oscilloscope.

b. En utilisant une méthode au choix, déterminer, à partir de la courbe u_{AB} = f(t), la constante de temps de ce circuit. La construction qui permet sa détermination doit figurer sur la courbe.

c. Donner l'expression de la constante de temps en fonction des caractéristiques du circuit et vérifier par le calcul la valeur trouvée à la question précédente.

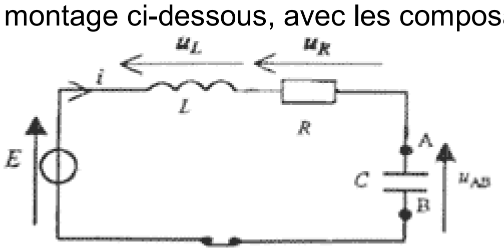
2. Déclenchement de l'alarme

Ce circuit commande une sirène qui se déclenche dès que la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur de **8 V.** À l'aide de la courbe **u_{AB} = f(t)** donnée, déterminer la durée t dont dispose l'habitant pour quitter l'appartement et fermer la porte, en indiquant clairement cette durée sur le graphe.

- Expliquer pourquoi le fait de fermer la porte empêche l'alarme de se déclencher.

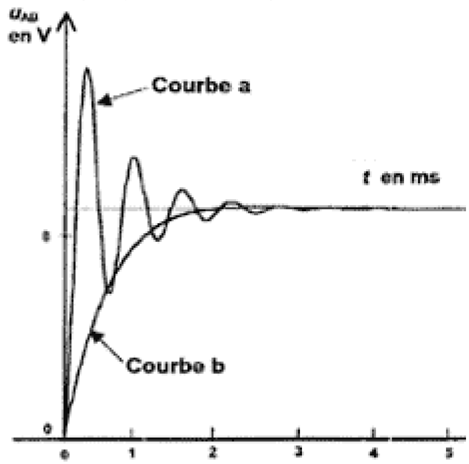
Deuxième partie : l'alarme peut-elle se déclencher de manière intempestive ?(malvenue)

Des phénomènes inductifs peuvent apparaître dans le circuit. Celui-ci est alors analogue à un circuit **RLC** série. Pour comprendre l'influence de l'inductance l'élève réalise, au laboratoire, le montage ci-dessous, avec les composants dont les caractéristiques sont données :



$E = 9{,}0$ V $L = 0{,}10$ H $C = 0{,}10$ µF

L'élève enregistre comme dans la première partie de l'exercice la tension u_{AB} = f(t) aux bornes du condensateur, pour deux valeurs de résistance **R_1 = 160 et R_2 = 2,4 k .** Il obtient les courbes a et b (page suivante).



1. Donner les noms des régimes associés aux courbes **a et b**. Indiquer pour chacun d'eux la valeur donnée à la résistance R, en précisant la raison de ce choix.

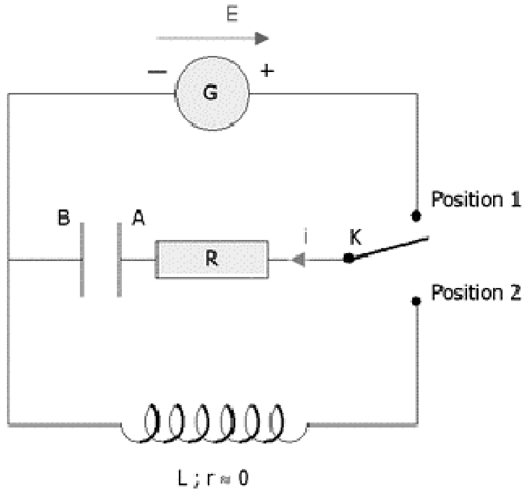
2. À partir de ces courbes, montrer que l'intensité du courant dans le circuit s'annule au bout d'une durée suffisamment longue.
3. En appliquant la loi des tensions, trouver la valeur finale de la tension u_{AB}.
4. Quel inconvénient présenterait le régime associé à la courbe (a) si cette modélisation correspondait au circuit de déclenchement de l'alarme précédente ?
5. Dans un circuit de capacité C, d'inductance L et de résistance R, on évite les oscillations si la condition suivante est vérifiée : $\frac{1}{2}R(C/L)^{1/2}$ 1. La valeur de l'inductance dans le circuit d'alarme est supposée inférieure à 1 mH. Dire, en justifiant la réponse, si des oscillations peuvent apparaître dans le circuit d'alarme étudié dans la première partie, immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K.

Exercice n°5 :

diapason électronique

Un groupe d'élèves musiciens souhaite réaliser un diapason électronique capable d'émettre des sons purs, en particulier la note la_3 (note la du troisième octave). Cette note sert de référence aux musiciens pour accorder leurs instruments. Un son pur est une onde acoustique sinusoïdale de fréquence donnée. Il peut être obtenu par excitation d'un haut-parleur à l'aide d'une tension électrique sinusoïdale de même fréquence.

Le circuit électrique qui permet d'obtenir une tension sinusoïdale est constitué d'une bobine, d'un condensateur et d'une résistance

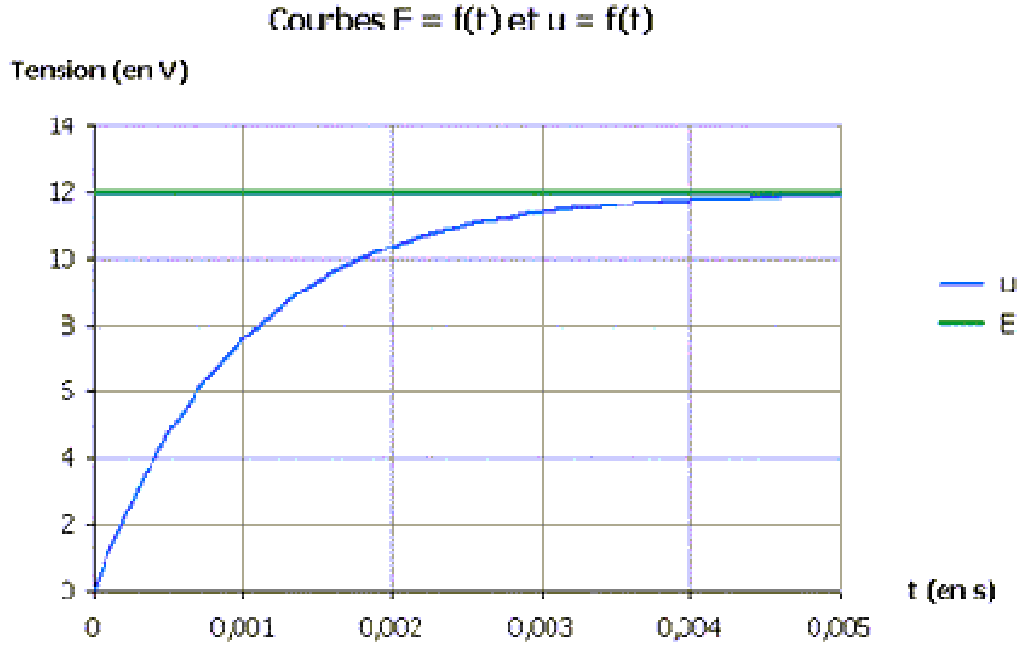


E= 12 V ; G générateur de tension constante
R= 1000 Ω.
C= 1 μ F
L inductance **L** réglable et **r** négligeable

Les élèves vont réaliser les différentes étapes du circuit oscillant permettant d'émettre les sons de la gamme tempérée (gamme musicale élaborée par J.S. Bach et couramment utilisée en Occident). Ils étudieront :
· dans un premier temps, la charge du condensateur.
· dans un deuxième temps, l'établissement des oscillations électriques.
· dans un troisième temps, l'influence des paramètres du circuit leur permettant d'obtenir la note souhaitée.

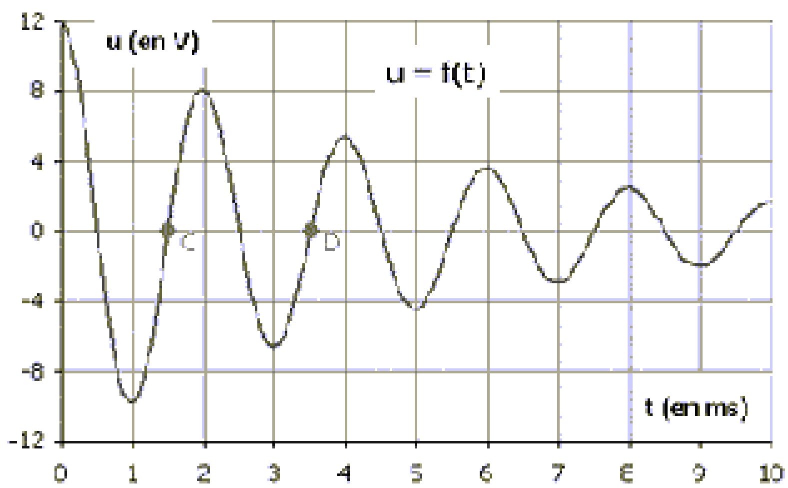
note	do	ré	mi	fa	sol	la	si
fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

1. Charge du condensateur :Le condensateur étant initialement déchargé, l'interrupteur K est basculé en position 1, à l'instant t = 0. Le sens positif de circulation du courant est indiqué sur le schéma. On visualise la charge du condensateur, à l'aide d'un oscilloscope à mémoire.
- Représenter, sur le schéma, la tension u aux bornes du condensateur par une flèche correctement orientée, en respectant la convention récepteur.
-Ajouter, sur le schéma précédent, les connexions à l'oscilloscope permettant de visualiser à la fois : sur la voie 1 : la tension E positive, aux bornes du générateur. sur la voie 2 : la tension u, en convention récepteur, aux bornes du condensateur.
- Soient A et B, les armatures du condensateur. Donner la relation entre la charge q_A de l'armature A, l'intensité i et le temps t.
- Donner la relation entre la charge q_A , la tension u et la capacité C.
- En vous aidant des réponses aux questions précédentes et en appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, lors de sa charge.
Vérifier que la solution suivante u= E(1-exp(-t/(RC)) est solution de l'équation différentielle établie précédemment.
- Rappeler l'expression de la constante de temps de ce circuit, en fonction de R et de C.
* Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps , en justifiant la méthode employée.



** Au bout de combien de temps, exprimé en fonction de , considère-t-on le condensateur totalement chargé ?

2. Réalisation d'oscillations électriques : Le condensateur C est à présent chargé sous la tension E du générateur ; on bascule l'interrupteur K en position 2. Cet instant est choisi comme nouvelle origine des temps. La tension u aux bornes du condensateur évolue en fonction du temps de la manière suivante.



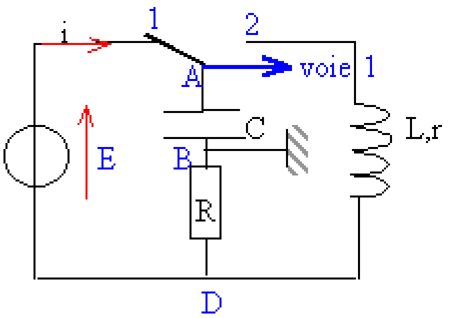
- Les oscillations électriques observées sont amorties. Quel est le dipôle responsable de cet amortissement ? Qualifier ce régime d'oscillations par un terme approprié.
-Sur la courbe u = f(t) présentée, sont notés deux points C et D. Comment appelle-t-on la durée

écoulée entre ces deux points ? Évaluer graphiquement cette valeur.
-Les élèves pensent que le circuit ainsi réalisé n'est pas utilisable. Indiquer la raison qui leur permet de faire cette constatation.
3. Est-il possible de rajouter au circuit précédent, un dispositif qui entretient les oscillations ?. Expliquer, en une phrase, le rôle de ce dispositif, d'un point de vue énergétique.
- Sachant que les paramètres du circuit précédent n'ont pas été modifiés, représenter,, la courbe u = f(t) obtenue après entretien des oscillations.
- Rappeler l'expression de la période propre T_0 du circuit oscillant. Calculer sa valeur, sachant que le condensateur a une capacité **C = 1,0 µF** et que l'inductance **L** de la bobine vaut ici **0,1 H.**
- En déduire la fréquence $\mathbf{f_0}$ de la tension obtenue.

-Le circuit oscillant est relié à un haut-parleur convertissant cette onde électrique en onde sonore de fréquence f_0. Les élèves souhaitent accorder leurs instruments en émettant la note la_3 à l'aide du circuit précédent. La fréquence précédemment obtenue est-elle un son de l'octave 3 de la gamme ?
* Quels paramètres peut-on changer pour modifier la valeur de la fréquence émise ?
* Sachant que les élèves ne disposent pas d'autre condensateur que celui du circuit initial, calculer la valeur de l'autre paramètre qui permettra d'obtenir la note la_3 .
* On règle à présent ce paramètre sur **232 mH** ; déterminer la nature de la note alors émise par le diapason.

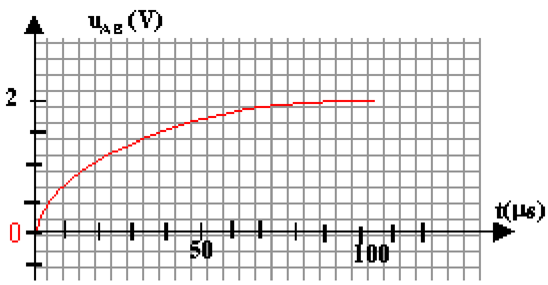
Exercice n°6 :

On considère le montage suivant : **R= 20 ohms; L= 0,35 H et r = 10 ohms**



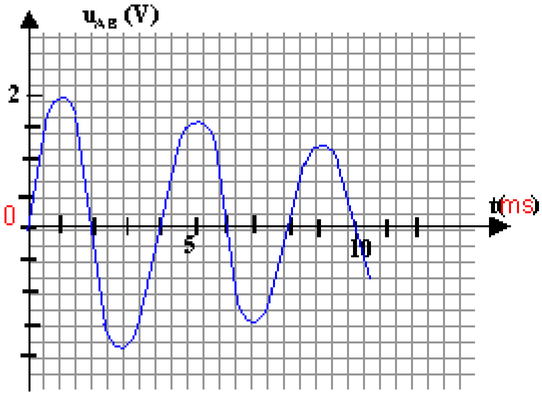
I. Charge du condensateur à l'aide d'un générateur de tension :
Le condensateur étant initialement déchargé, l'interrupteur est en position (1). Un dispositif (ordinateur ou oscilloscope à mémoire) permet d'enregistrer la tension u_{AB} aux bornes du condensateur en fonction du temps.

1. Expliquer le phénomène et commenter l'allure de la courbe obtenue.



2. Déterminer, en justifiant, les valeurs de l'intensité du courant au début et à la fin de la charge.
- Tracer l'allure de l'évolution de l'intensité en fonction du temps
3. Déterminer à partir du graphe , en expliquant la méthode, une valeur approchée de la constante de temps du dipôle (RC)
- En déduire une valeur approchée de la capacité du condensateur.

II. Circuit RLC :
Le condensateur étant chargé, l'interrupteur est basculé en position (2). On enregistre toujours la tension u_{AB} et on obtient la courbe suivante :



1. Identifier le phénomène observé.*
2. déterminer la pseudo-période de la tension.

- La période propre de ce circuit est donnée par l'une des relations suivantes :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{C}} \;;\; T = 2\pi\sqrt{\frac{C}{L}} \;;\; T = 2\pi\sqrt{LC} \;;\; T = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$$

Choisir la bonne relation en montrant que t est homogène à un temps.

- En assimilant la pseudo-période à la période propre, calculer la valeur de la capacité du condensateur .
- Si on admet un écart maximal de 10%, les deux valeurs trouvées pour C sont-elles compatibles ?

Calculer l'énergie emmagasinée dans le condensateur aux dates t= 1 ms et t =5 ms.

- Quelles sont aux mêmes instants l'énergie emmagasinée dans la bobine et l'énergie totale du circuit ?
- Cette dernière reste-t-elle constante ? Pourquoi ?

L'essentiel du cours

Chap IV : RLC. Forcée

I. Analyse et comparaison des phénomènes sinusoïdaux

y_1 (t)= a_1 sin (wt+ 1)

y_2 (t)= a_2 sin (wt+ 2)

- Le décalage horaire est la durée qui sépare deux zéro consécutif de même sens (t : décalage horaire)
- w = ,

: déphasage ,

Si =0 donc y_1 et y_2 sont en phase.

Si = alors y_1 et y_2 sont en opposition de phase (t=)

Si = alors y_2 est en quadrature avance de phase sur y_1; y_2 est en avance par rapport à y_1

(=), ( )

Si = - alors y_2 est en quadrature retard de phase sur y_1; y_2 est en retard de phase par rapport à y_1. ( )

- Si > 0 y_2 est en avance de phase par rapport à y_1.
- Si < 0 y_2 est en retard de phase par rapport à y_1.

Rque : y(t)=a sin (wt+) ,

Y'(t)=a w cos(wt+)=a w sin(wt+ +)

Y'(t) v'(t)= (aw, +)

- Y_p(t) = cos(wt+)= sin(wt+ -)
- Y_p(t) u_p(t) (, -)

Y'(t) est en quadrature avance de phase p
par rapport à y_1 (t)

La fonction primitive Y_p(t) est en quadrature retard de phase par rapport à y(t)

Somme de deux fonctions sinusoïdales :

Méthode trigonométrique :

y_1 (t)= a_1 sin (wt+ 1)

y_2 (t)= a_2 sin (wt+ 2)

Cette méthode est généralement utilisé lorsque $a_1=a_2=a$.
$y(t)=a[\sin(w_1t+ \quad _1)+\sin(wt+ \quad _2)]$

sinp+sinq=2cos

La somme de deux fonctions sinusoïdales est une fonction sinusoïdale de même pulsation w, d'amplitude

A=2a et de phase égale soit si cos

Soit + si cos

<u>Méthode de Fresnel</u> :
a_1 et a_2 quelconque.

A=

Remarque : si $a_1=a_2=a$

A= = 2a

tg =

Rque : Il existe deux valeurs possible de dans l'intervalle ayant la même tangente.

<u>II : Oscillateur électrique en régime forcé sinusoïdal.</u>

On excite le circuit RLC par une tension sinusoïdale u(t) =Um sin (2

* Lorsqu'on augmente N_e, I augmente elle passe par un maximum pour $N_e=N_0$ (fréquence propre) c'est le phénomène de Résonance d'intensité puis I diminue lorsque N_e augmente.

<u>1. Equation de différentielle :</u>

D'après la loi de maille :
$u_{R0}(t)+u_c(t)+u_b(t)=u(t)$

avec la variable q :

avec la variable i : L Avec $R=R_0+r$

<u>$1^{ère}$ cas :</u>

$w_e>w_0$ $N_e > N_0$ Lw>1/cw Circuit inductif , 0 <

I_{max}= , et **Z=**

Z : Impédance du circuit , Cos

<u>$2^{ème}$cas :</u>

> Lw_e $w_e < w_0$ $N_e< N_0$ Circuit capacitif , -

tg(= < 0

<u>$3^{ème}$cas : Circuit résistif</u> , Lw_e= $w_e = w_0$ $N_e = N_0$

$U_{max}=RI_{max}$ $I_{max}= U_{max}/R$

2. Impédance d'un dipôle électrique :

Par définition : Z= ( ) , Ou Z=

<u>$1^{ère}$ cas : Circuit RLC</u>
Avec $R=R_0+r$

Z=

<u>$2^{ème}$cas : Résistor</u>

$=R=Z_R$

<u>$3^{ème}$cas : une bobine (L,r=0)</u>

$=Lw_e=Z_L$

<u>$4^{ème}$cas : condensateur</u>

Z_c = = Z_c =

<u>$5^{ème}$cas : D : bobine (L,r)</u>

=

<u>$6^{ème}$cas : circuit (LC)</u>

Z_{LC}=

3. Résonance d'intensité :

I_{max}=

I_{max} est maximal pour est minimal. La résonance d'intensité est obtenue pour

$w_e = w_0$ quelque soit la valeur de R I_{max}= En plus, on a

4. **Remarques :**

- A La résonance d'intensité Lw=

  $Z_{LC}=0$ $u_{LC}=0$

- w U_{max} U_{R0max}

- w U_{max} U_{Lcmax}.
- u(t) est toujours en avance de phase par rapport a u_C(t). (voir construction de Fresnel).
- Résonance d'intensité :).
- u_L(t) est toujours en avance de phase par rapport a u(t). (voir construction de Fresnel).

, w

5. Phénomène de surtension à la résonance :

A la résonance d'intensité $w=w_0$, on peut avoir une tension efficace au bornes du condensateur U_C supérieure à la tension efficace U au borne du générateur.

On parle dans ce cas d'un phénomène de surtension mesuré par le coefficient ou facteur de surtension qui est égal à Q= ,

Q= = = = = . Q= . ($R = R_0+r$)

* si Q >1 , il y a surtension

6. Puissance d'un dipôle électrique

Puissance instantanée :

Par définition, la puissance instantanée d'un dipôle D est p(t)=ui

Puissance moyenne :

P_{moy} =

Dans le cas ou $i(t)=I_{max}\sin(wt+\ )$ Et $u(t)=U_{max}\sin(wt+\ )$. On montre que :

P_{moy}=UI cos(-)

Pa=UI : puissance apparente

Cos : facteur de puissance

* Cas d'un condensateur :

P_{moy}=UI cos(-)

=UI cos(-

*Cas d'un bobine purement inductive :

d'où $P_{moy}=0$

*Cas d'un résistor :

u = Ri et =

cos(-)=1

P_{moy}=UI cos = RI^2

*Cas d'un circuit RLC :

P_{moy}=UI cos , Or cos = et U = Z.I

P_{moy}= $Z.I^2$. =RI^2

En moyenne, un circuit RLC se comporte comme un résistor.

Remarques :

* A la résonance d'intensité, il y a aussi résonance de puissance .

$P=RI^2$, I maximal P est aussi maximal (cos =1) . P_{moy}=R. Si

$w=w_0$ P_{moy}=

* a la résonance d'intensité : E=constante, $w=w_0$, - =0 et Z=R

$u=U_{max}\sin(w_0t+\ )$

$=ZI_{max}\sin(w_0t+\ )$

$=RI_{max}\sin(w_0t+\ )$

= Ri u-Ri = 0 d'où E=cste

A la résonance d'intensité, l'oscillateur RLC, en régime forcé se comporte comme s'il était libre et non amortie.

Exercices à résoudre

Exercice n°1 :

Un oscillateur électrique comporte e série :

- Un resistor de résistance **R =20 .**
- Une bobine de résistance **r** et d'inductance **L** inconnues.
- Un condensateur de capacité **C = 2,5 10^{-4} F** .

L'oscillateur est excité par une tension sinusoïdale **u(t) = U sin (wt)** de valeur efficace **U** constante et de pulsation **w** réglable .

1. Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser les deux tensions :
   - $u_R(t)$ aux bornes du resistor (**Voie Y_1**).
   - u(t) aux bornes du générateur (**Voie Y_2**).

Représenter le schéma du montage en précisant les branchements avec l'oscilloscope .

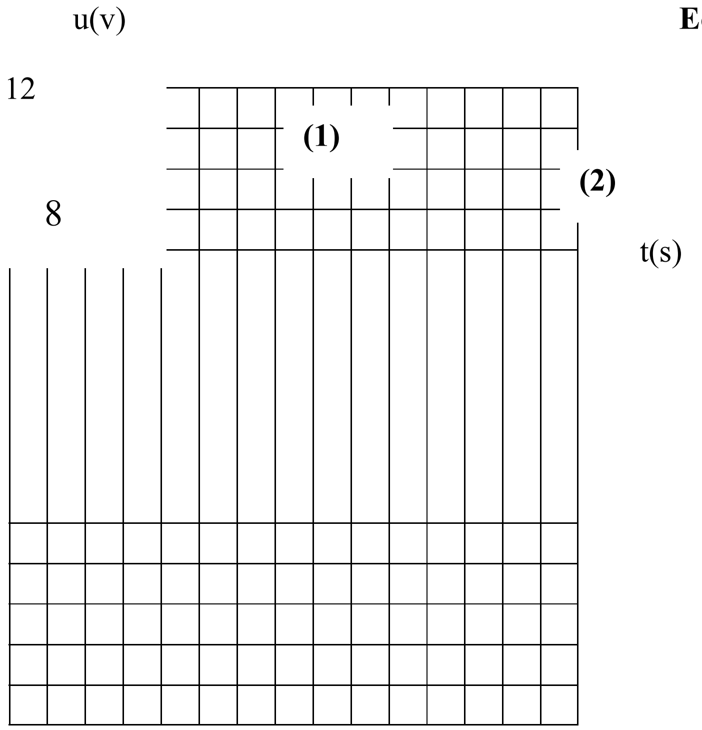
2. Pour **$w=w_1=400 rad.s^{-1}$** , on obtient l'oscillogramme ci-dessous .
   a. Identifier les tensions (**1**) et (**2**).
   b. Calculer l'impédance **Z** de l'oscillateur et le déphasage .
   c. Représenter sur la **figure** ci-dessous le diagramme de Fresnel relative aux impédances. Préciser le vecteur associé a **Z_b** (impédance de la bobine).
   d. Calculer les valeurs de **r** et **L**.
   e. Déterminer les expressions de l'intensité **i(t)** et de la tension **u_b(t)** aux bornes de la bobine
   f. Calculer la puissance moyenne consommée par l'oscillateur .

3.La même puissance peut être obtenue avec une autre pulsation **w_2 .**

   a. Calculer w_2.
   b. Déterminer alors **i(t).**

4. Pour $w=w_3$,la puissance moyenne absorbée par l'oscillateur, atteint sa valeur maximale P_0.
   a. Exprimer P_0 en fonction de **U** ,**R** et **r** .Calculer sa valeur .
   b. Calculer le facteur de surtension du circuit .
   c. Déterminer alors les expressions de **i(t)** et de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

Echelle :1cm 5



O

Exercice n°2 :

Un circuit électrique comporte en série

-un resistor de résistance **R=32** .

– une bobine d'inductance **L** et de résistance **r**.

– un condensateur de capacité **C** .

L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence délivrant une tension alternative sinusoïdale **u(t)=30 sin (2 Nt)** avec **N=50Hz .**

1. A l'aide d'un oscilloscope bicourbe on observe les tensions **u(t)** sur la **voie(1)** et $u_b(t)$ aux bornes de la bobine sur la **voie (2)**, on obtient les oscillogrammes ci-dessous .

u(v)			**u(t)**						
									t(s)
	$u_b(t)$								

a- Faire le schéma du circuit en précisant les branchement sur l'oscilloscope.

b- Déterminer le déphasage .

c- Exprimer $u_b(t)$ sachant que la sensibilité verticale est la même sur les deux voies .

2. Etablir l'équation différentielle vérifiée par i(t).

3. On donne dans la **figure** de la page suivante la représentation de Fresnel incomplète relative aux tensions efficaces.

a- A partir de cette représentation déterminer l'intensité efficace **I** et la résistance **r.**

b- Calculer le déphasage ( ) .En déduire l'inductance **L**.

c- Montrer que le circuit est capacitif , compléter la représentation et déduire la valeur de C.

4. Pour une fréquence N_1 ,la puissance moyenne consommée prend une valeur maximale P_1.

a- Calculer N_1 et P_1.

b- Etablir l'expression de $u_C(t)$.

c- Calculer le coefficient de surtension du circuit .

U_b

U_R

Echelle 1cm 2,5V

Exercice n°3 :

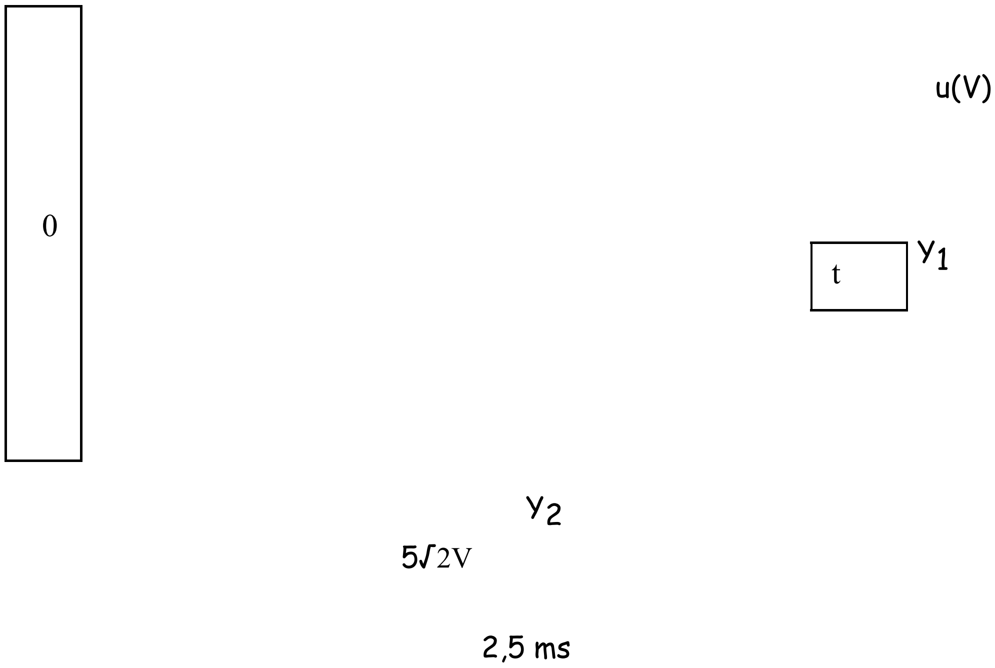
Un générateur de basse fréquence **G.B.F**, délivrant une tension sinusoïdale d'amplitude constante et de fréquence **N** variable, alimente un circuit électrique comportant en série :

- un condensateur de capacité **C**. Y_1 Y_2
- Une bobine d'inductance **L** et de résistance Interne négligeable. C M A R B
- Un conducteur ohmique **R**.
- Un milliampèremètre (**mA**).

mA

Un oscilloscope bi-courbe est branché aux points **M, A** et **B** du circuit. (Voir figure ci-contre). G.B.F

Lorsqu'on fixe la fréquence du G.B.F à la valeur $\mathbf{N_1}$, sur l'écran de l'oscilloscope apparaît l'oscillogramme ci-dessous.



1. Préciser la tension visualisée sur chacune des deux voies Y_1 et Y_2 de l'oscilloscope.
2. a. Déterminer le déphasage entre la tension excitatrice et la tension aux bornes du condensateur.
   b. Etablir les expressions de puis de en précisant à chaque fois la valeur de l'amplitude, la pulsation et la phase initiale.
   c. Préciser si le circuit est capacitif ou inductif. Justifier.
3. Le milliampèremètre indique pour cette fréquence $\mathbf{N_1}$ une valeur de l'intensité du courant $\mathbf{I_1}$ **= 3,14 mA**.
   a. Montrer que la capacité **C** du condensateur a pour expression :

   . : l'amplitude de la tension

   b. Calculer la valeur numérique de **C.**
4. On fait varier maintenant la fréquence **N du G.B.F**, on suit les variations de l'intensité I du courant indiquées par le milliampèremètre, ce qui a permis de tracer la courbe: I = f (N).

I (mA)

10

N(Hz)

0 **300**

a. Préciser l'état d'oscillation du circuit (R,L,C) pour $\mathbf{N_2 = 300\ Hz}$.

b. Pour la valeur de la fréquence $\mathbf{N_2 = 300\ Hz}$:

- Etablir l'expression de .
- Calculer la valeur de l'inductance **L**.
- Calculer la résistance **R.**
- Calculer le coefficient de surtension **Q**.
- Montrer que l'énergie **E** de l'oscillateur est constante et calculer sa valeur.

Exercice n°4 :

On dispose d'un dipôle **D** formé d'une bobine **B** d'inductance **L** et de résistance **r,** d'un condensateur de capacité **C = 31,25 μF** et d'un resistor de résistance **R = 25 Ω** montés en série .

On alimente le dipôle **D** par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale **u(t**) de valeur efficace **U** constante et de fréquence **N** variable .

A l'aide d'un oscilloscope bi-courbe on désire étudier simultanément la tension **u(t)** aux bornes du dipôle **D** et la tension aux bornes du resistor **R .**

1. a. Parmi les trois circuits suivants , choisir celui qui répond aux besoin de cette étude .

C R **B**

Circuit1

~ **Circuit2**

Circuit3

~ ~

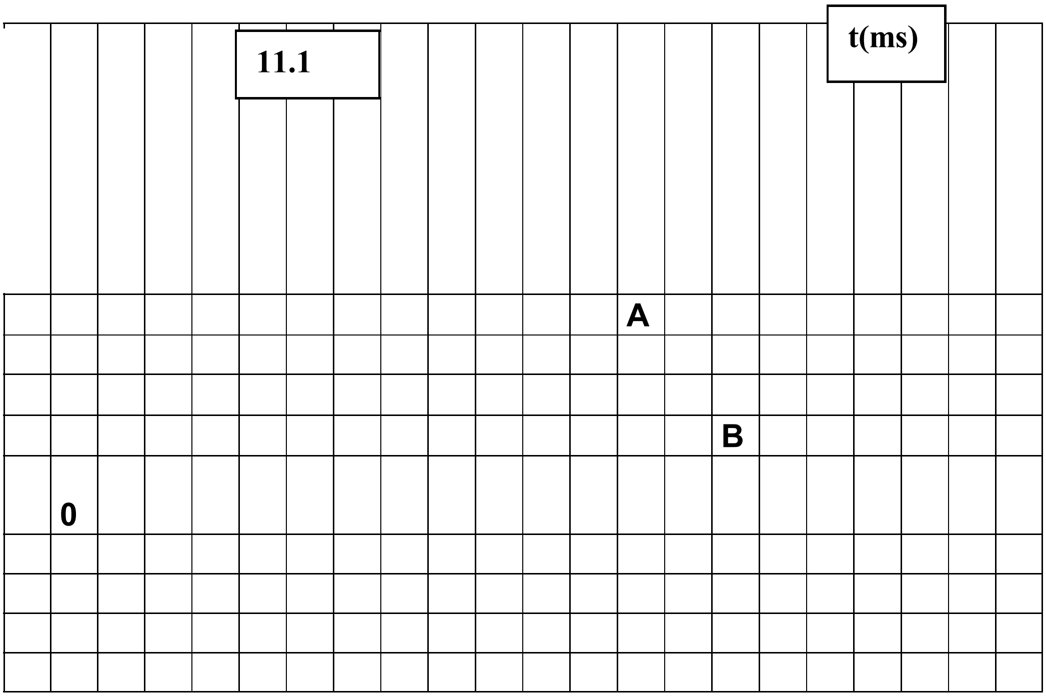
b. Après avoir choisi l'un des circuits répondants aux besoins de cette étude , reproduire le circuit sur votre copie et préciser les connections nécessaires entre l'oscilloscope et le circuit

2. Lorsqu'on fixe la fréquence **N** à la valeur $\mathbf{N_1}$ on obtient les oscillogrammes suivants :

U(V)

4

2,5



a. ◈Indiquer , en le justifiant , lequel des deux digrammes celui qui correspond à **u (t)** .
◈Pourquoi dit-on que l'autre oscillogramme visualise l'intensité **i (t)** du courant ?

b. ◈Préciser , en le justifiant l'état d'oscillation du circuit
0,5
◈Déterminer la valeur de $\mathbf{N_1}$.

c. Déterminer les valeurs de **L** et de **r .**
0,5

d**.** ◈Montrer que dans ces conditions , l'énergie électromagnétique du dipôle **D** est constante .
◈Calculer sa valeur .

e. On pose ou $\mathbf{U_C}$ représente la tension efficace aux bornes du condensateur

Montrer que , calculer sa valeur . Conclure .

3. On fixe la fréquence **N** à la valeur $\mathbf{N_2} < \mathbf{N_1}$, on constate que la tension **u (t)** aux bornes du dipôle **D** et l'intensité **i (t)** présentent un décalage horaire de période .

a. Déterminer le déphasage entre **u (t)** et **i (t)** et préciser si le circuit est inductif ou capacitif .

b.Le diagramme de la figure ci-contre représente la construction de Fresnel incomplète.

$(R + r)\,I_m$ $\quad Uc_{ma}$

Uc_{max} est l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur C.
Reproduire cette construction sur votre copie t respectant l'échelle fournie et déduire la valeur de l'amplitude de l'intensité **i (t)** et celle de la fréquence **N_2** .

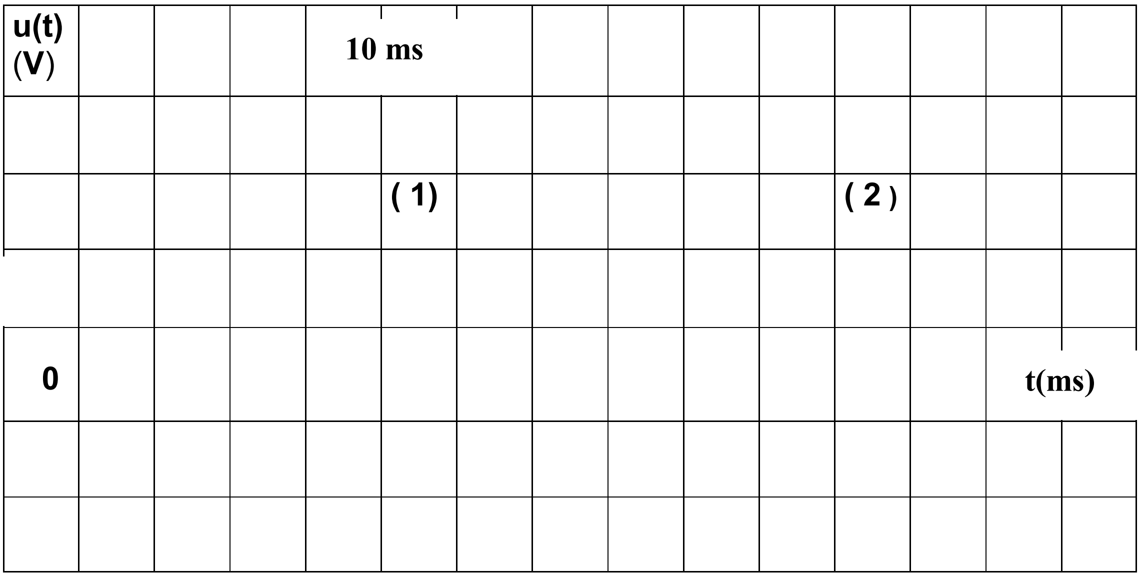
c. Compléter cette construction à l'échelle en représentant les vecteurs de Fresnel correspondant aux fonctions suivantes : et **u (t)** .

d. Quelle est la valeur de la puissance moyenne consommée par le dipôle **D .**

Echelle

Exercice n°5 :

Une portion de circuit **MN** contient associés en série ,un resistor **R**,une bobine d'inductance propre **$L=5.10^{-2}$ H** et de résistance négligeable et un condensateur de capacité **C** .
Entre **MN** on applique une tension alternative sinusoïdale **u(t)=U sin (2 Nt)** avec **U :constante**. A l'aide d'un oscilloscope bicourbe on visualise les tensions **$u_L(t)$** aux bornes de la bobine et **u(t)** entre **MN** , on obtient les oscillogrammes suivants .



1.Parmi les deux schémas ci-dessous ,préciser celui qui permet d'obtenir les courbes précédents En indiquant les connections nécessaires entre le circuit électrique choisi et l'oscilloscope .

L C R
M N

C L R
M N

2. .Préciser laquelle des deux courbes (**1**) ou (**2**) Correspond à **u(t)** en justifiant la réponse .
3. A partir des oscillogrammes ,déterminer :
   a. La fréquence **N** de la tension excitatrice .
   b. Les valeurs maximales de **u(t**) et de **u_L(t)** .Sachant que les sensibilités verticales sont :

Courbe (1) :10 V/div _ Courbe (2) :2 V/div .

En déduire les valeurs de :

- L'intensité I_{max}= .
- L'impédance électrique **Z .**

c- Le déphasage entre **u(t)** et **u_L(t)** .

1. a- Calculer le déphasage entre **i(t)** et **u_L(t)** est montrer que (.

b- En déduire le caractère du circuit : inductif, capacitif ou résistif.

c. Exprimer alors **Cos(** en fonction de **Z** et **R** et calculer la valeur de **R .**

d-En déduire la valeur de **C**.

5. On fait varier la fréquence **N** de la tension excitatrice jusqu a la résonance d'intensité .
   a. Quelle est la relation entre **N** est **N_0** la fréquence propre de l'oscillateur ?Calculer **N_0** .
   b. Montrer que dans ces conditions les tensions **u(t)** et **u_L(t)** deviennent en quadrature de phase.
   c. Quelle sont les indications d'un ampèremètre inséré en série dans le circuit et d'un voltmètre aux bornes de l'ensemble condensateur et bobine .
   d. Calculer le coefficient de surtension **Q** et la puissance électrique moyenne Consommé par le circuit .

L'essentiel du cours

Chap V : Pendule élastique

I) Oscillation libres non amorties :

* Les oscillations libres non amorties d'un pendule élastique sont rectiligne sinusoïdale.
$X(t)= X_{max}\ sin(w_0t+\quad)$

* La période T_0 des oscillations libres non amorties d'un pendule élastique est indépendante de leur amplitude.
* La période T_0 des oscillations libres non amorties d'un pendule élastique est proportionnelle à la racine carrée de la masse de solide.
* La période T_0 des oscillations libres non amorties d'un pendule élastique est inversement proportionnelle à la racine carrée de la raideur K de ressort.

* $T_0 =$

* Loi de Hooke :

: Déformation de ressort .

Rque : est toujours mesuré par rapport à l_0(longueur à vide)

Equation de différentielle :

;

* La solution de cette équation est :
$x = X_{max}sin(w_0t+\quad)$

- $w_0=$

- ;

* L'énergie mécanique d'un système matériel à un instante t est égale à la somme de son énergie potentielle E_p et cinétique Ec à cet instant $E=E_c+E_p$

* Un ressort lorsqu'il est déformé, il emmagasine de l'énergie, cette énergie est appelée potentielle élastique noté E_p. Cette énergie E_p augmente avec K et

$E=E_c+E_{pe} = \frac{1}{2}\ mv^2+\frac{1}{2}\ K$
$= \frac{1}{2}\ mv^2+\frac{1}{2}\ Kx^2$

Système conservatif : E =constante

- $E_p = \frac{1}{2}\ Kx^2$
  $E_c = \frac{1}{2}\ mv^2$
  $E= \frac{1}{2}\ K \quad = cste$
  $=\frac{1}{2}\ mV_m{}^2$

En absence de frottement le pendule élastique continue à osciller grâce au transformation mutuelle et intégrale de ses énergies potentielles et cinétiques.

II) Oscillation libres amorties :

Au cours des oscillations, le solide S est soumis à une force de frottement visqueux.

h : coefficient de frottement visqueux h s'exprime en $Nm^{-1}s$ ou $Kg.s^{-1}$ h>0
* si $h < h_C$ (h est faible)
on obtient le régime pseudo-périodique.
* si $h > h_C$
on obtient le régime apériodique, le retour le plus rapide à l'état d'équilibre sans aucune oscillation est appelé régime critique, il est obtenue pour **$h = h_C$**.(coefficient d'amortissement critique)

* *Equation différentielle*

Cette équation n'admet pas des solutions sinusoïdales , selon la valeur de h comparée à h_C, elle admet l'une de deux solutions :
* si $h < h_C$ Solution pseudo-périodique.
* si $h > h_C$ Solution apériodique.

La non conservation de E :

$E=E_C+E_P$
$= \frac{1}{2} mv^2+\frac{1}{2} Kx^2$

Au cours des oscillations, l'oscillateur mécanique perd de l'énergie. Cette perte apparaît sous forme de chaleur a cause des frottements.
(La perte d'énergie subit par l'oscillateur entre deux instants t_1 et t_2)

III : Les oscillations forcés d'un pendule élastique en régime sinusoïdal

Résultats expérimentaux :

$T_0=$; $N_0=$

- $x(t) = X_{max}$ sin(
- La pendule oscille avec la fréquence imposée par l'excitateur et pas avec sa fréquence propre N_0.
- Xmax dépend de h et de Ne et elle prend sa valeur max à la résonance d'élongation (Ne=Nr).
- Lorsque h augmente, N_r diminue tout en restant < N_0.

Etude théorique :

* Eq diff

*Détermination de X_{max} et :

D'après la construction de Fresnel

$F^2_{max} = (hw_eX_{max})^2+(KX_{max}-m \quad X_{max})^2$

$= X^2_{max}.[(hw_e)^2+(K-m \quad)^2]$

$X_{max}=$,

Rq :
Si w_e

Si $w_e = w_0$;

Si w_e

* quelque soit w_e ; $0 <$

* F(t) est toujours en avance de phase % à x(t).

$X_{max} =$

<u>*Résonance d'amplitude (ou d'élongation)</u>

X_{max} est maximale ssi, est minimale , soit D est minimale

D est minimale sig sig $2h^2w_e+2(K-m \quad)(-2mw_e)=0$ sig $2w_e[h^2-2m(K-m \quad)]=0$

Sig $w_e=0$ ou $h^2-2m(K-m \quad)=0$ sig $h^2=2m(K-m \quad)$ sig $K-m \quad =$ sig $=$ -

Sig $=$ - sig $w_r =$

* pour que w_r soit réel il faut que > soit **h<** **$m.w_0$. (**Condition de résonance)

* $D_r= (hw_r)^2+(K-m \quad)^2$

$= h^2$ -

$X_{mr}=$ or $w_r=$

=

=

$N_r=$ = -

$N_r=$

**Résonance de vitesse*

$V_{max}=$

Si $W_e = w_0$ alors $V_{max}=$ est maximale

* Energie de l'oscillateur

$E = E_p + E_c$,

Pour $w = w_0$

Car $V_{max}=$ et

$F(t) = F_{max} \sin(w_0t+ \quad)$

$=h\ V_{max} \sin(w_0t+ \quad)$

$=h.V(t)$

A la résonance de vitesse de vitesse, l'oscillateur en régime forcé se comporte comme s'il était libre et non amorti.

Tableau d'analogie

	Système mécanique	Système électrique
Grandeur excitatrice	**Force excitatrice :**	**Tension d'alimentation :**
Résonateur	**Pendule élastique amorti (solide de masse m relié à un ressort de raideur k)**	**Oscillateur (L,C) amorti ou (R,L,C)**
Equation différentielle (1)		
Equation différentielle (2)		
Solution de l' équation différentielle (1)		
Solution de l' équation différentielle (2)		
Résonance	*** D'amplitude (Xm maximale) pour**	*** De charge (Qm maximale) pour**

	* De vitesse ou de puissance	* D'intensité ou de puissance
Impédance	à la résonance de vitesse (et ;	à la résonance d'intensité (et ;
Puissance moyenne absorbée	cos( ) : facteur de puissance mécanique	cos( ) : facteur de puissance électrique
Facteur de qualité Ou Coefficient de surtension		
	toujours positif pour pour	toujours positif pour pour : circuit inductif ; : circuit capacitif ; : circuit résistif ; , (résonance d'intensité)

Exercices à résoudre

Exercice n°1 :

Un solide © de masse **m=100g** et de centre d'inertie **G** est attaché à l'une des extrémités d'un ressort ® vertical à spires non jointives ,de masse négligeable et de raideur **K = 10 Nm^{-1}** .

R S

Au cours du mouvement la position de G sera repérer par son x' O

x

abscisse x dans le repère (O,) ,dont l'origine O coïncide avec la position de G à l'équilibre .

A) Oscillations libres amorties .

On écarte © de sa position d'équilibre de **x_0 =5cm** puis on l'abandonne sans vitesse initiale à **t_0=0s** . Au cours de son mouvement © est soumis à une force de frottement visqueux

; **h** est une constante strictement positive et est la vitesse instantanée du centre de gravité **G** du solide.

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de ©.
2. Indiquer, selon l'importance du coefficient d'amortissement **h** ,les régimes possibles du mouvement de © . Donner à chaque cas l'allure de la courbe **x=f(t)**.
3. Soit E l'énergie de l'oscillateur à une date t quelconque . Montrer que 2 .

   Interpréter ce résultat.

B) Oscillations forcées .

Pour entretenir les oscillations ,l'oscillateur est excité par une force de fréquence variable de

La Forme **= F_mSin(ω_e t)**

2. Donner les expressions de :
   a- L'amplitude **X_m** en fonction de **F_m ,h ,K,m** et ω_e.
   b- Tg(en fonction de **h,** ω_e**,K** et **m** .

c- Montrer que F(t) est toujours en avance de phase par rapport à x(t) quelque soit la valeur de .

d- Peut –on obtenir la résonance d'élongation dans les conditions suivantes :
$<$ 10 rad.s^{-1} et **h $>$ Kg.s^{-1}**. Justifier votre réponse.

3. On se place dans les conditions ou **$x=x_m$ sin(**) , ou est la pulsation propre de l'oscillateur étudié .

a. Compléter la construction **(<u>Figure page suivante</u>)** en traçant dans l'ordre les vecteurs de Fresnel associés à Kx , m et h

b. Déduire de cette construction les valeur de **F_m** ,**X_m** et **h .**

c. Montrer que l'énergie mécanique **E** du système (solide ,ressort, terre) est constante pour une valeur précise de ω_e que l'on précisera .

d. Y -a-t-il résonance dans ce cas ,si oui de quelle résonance s'agit –t-il ?

Echelle 1cm N

Fm

Axe origine des Phases

O

Exercice n°2 :

Un solide © de masse **m** et de centre d'inertie **G** est attaché à l'une des extrémités d'un ressort ® horizontal à spires non jointives ,de masse négligeable et de raideur **K** .

© ®

x **O** x'

Au cours du mouvement la position de G sera repérer par son abscisse x dans le repère (O,) ,dont l'origine O coïncide avec la position de G à l'équilibre .

A. Oscillations libres amorties .

On écarte © de sa position d'équilibre de **x_0 =3cm** puis on l'abandonne sans vitesse initiale à **t_0=0s** . Au cours de son mouvement © est soumis à une force de frottement visqueux

; **h** est une constante strictement positive et est la vitesse instantanée du centre de gravité **G** du solide.

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de © .
2. Soit E l'énergie de l'oscillateur à une date t quelconque . Montrer que

   Interpréter ce résultat.

B. Oscillations forcées .

Pour entretenir les oscillations ,l'oscillateur est excité par une force de fréquence variable de La Forme **= F_mSin(t +)**

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de © avec la variable x.

2.La Solution de cette équation différentielle est x(t)= **X_mSin(t +) .**Déduire l'expression de la valeur algébrique T(t) de la tension du ressort .

4. On donne sur la figure ci-dessous les courbes **F(t) et T(t)**.

   a-Déduire du graphique les valeurs de ω et( ) .Montrer que (= .

   b-Déterminer les expressions de **F(t) et T(t).**(Préciser les valeurs de **F_m ,T_m, et)**

   c- Représenter sur la **figure (page suivante)** le diagramme de Fresnel relatif au forces .

   d- On donne **h = Kg.s^{-1}** et on prendra = **=**10 rad.s^{-1}.

   Calculer les valeurs de **X_m, K et m** .

   e- Montrer que l'oscillateur et en résonance d'élongation .

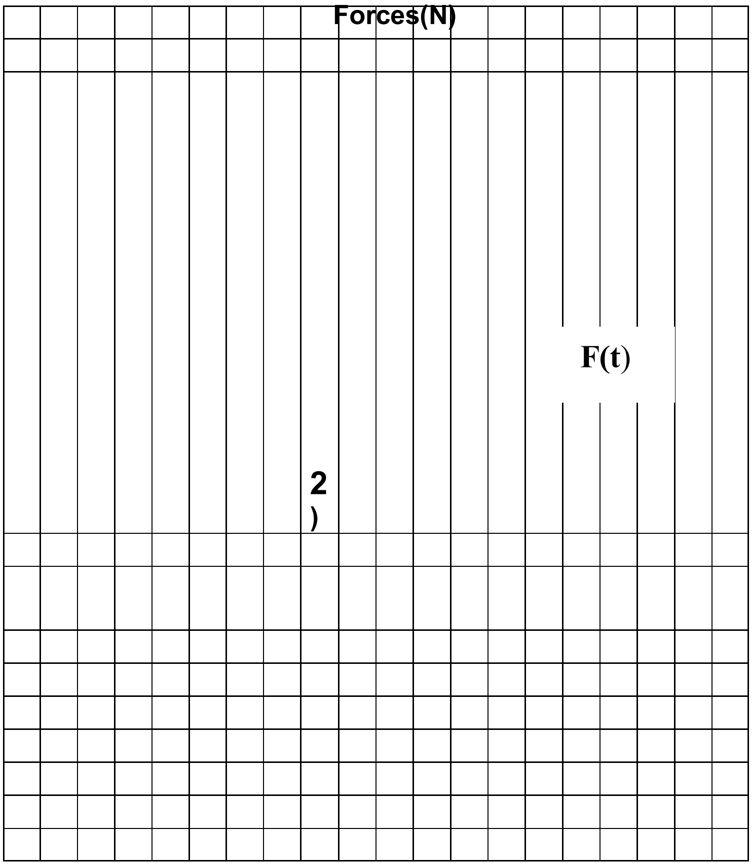
5. Pour une autre valeur de on obtient , **+**

   a-De quel phénomène s'agit-il ? .

   b. Déterminer, pour cette pulsation :

   – L'équation horaire du mouvement de ©.

– L’équation différentielle du mouvement .Conclure ?



t(s)

T(t)

0,6

0

-1,5

Echelle 1cm 0,15 N

0

Exercice n°3 :

Un solide **(S)** de masse **m** et de centre d'inertie **G** est attaché à l'une des extrémités d'un ressort ® horizontal à spires non jointives ,de masse négligeable et de raideur **K** . Au cours du mouvement la position de G sera repérer par son abscisse x dans le repère (O,) ,dont l'origine **O** coïncide avec la position de **G** à l'équilibre .

® S x' O

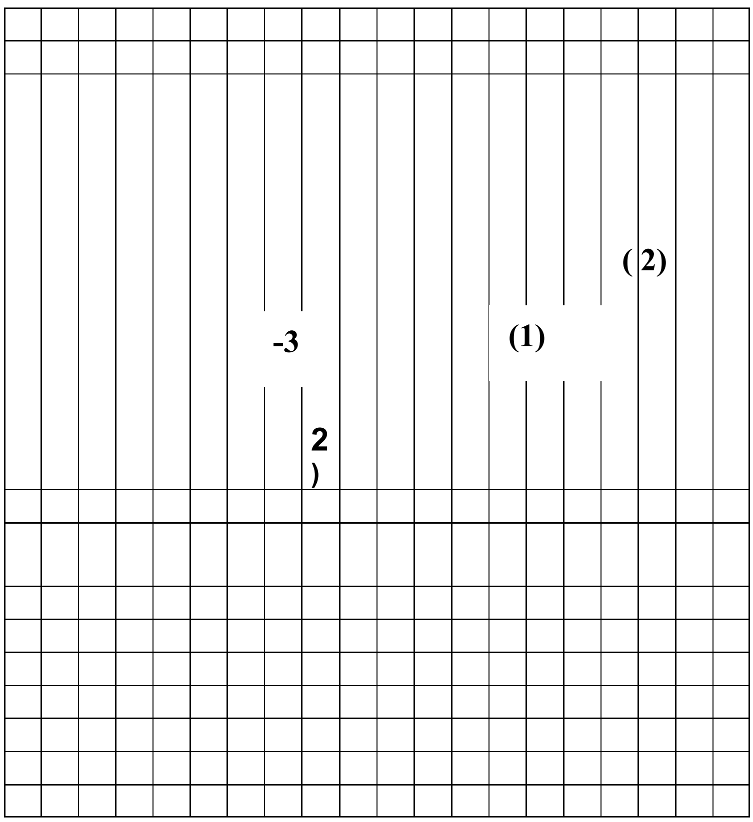
Au cours de son mouvement (S) est soumis à une force de frottement visqueux ; **h** est une constante strictement positive et est la vitesse instantanée du centre de gravité **G** du solide.

Pour entretenir les oscillations ,l'oscillateur est excité par une force de fréquence variable de La Forme $= F_m Sin(\quad t + \quad)$ *; (F_m et* sont des constantes)

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de (**S**) avec la variable x.
2. Pour une valeur = **,** on obtient les courbes de la **figure 1** représentant **F(t) et x(t).**
   a) Montrer que la courbe (1) correspond à **F(t)** .
   b) Exprimer alors **F(t) et x(t).**
   c) Sur la (**figure 2**) on a représenté les vecteurs de Fresnel associés à **F(t)** et **K.x** . Compléter cette construction en traçant dans l'ordre les vecteurs associés à m et .
3. Exprimer :
   a) X_m en fonction de F_m **,h , K , m** et .
   b) Sin (-) en fonction de F_m **,h ,** X_m et **.**
   c) tg (-) en fonction de **h ,m,** et **. (** pulsation propre de l'oscillateur **).**
   d) Calculer la valeur de **h**.
4. Pour une valeur de **,** les courbes qui représentent **F(t) et f(t)** sont données dans la **figure 3**.
   a) Montrer qu'a tout instant : m +Kx =0.
   b) En déduire que l'énergie mécanique **E** du système **{S,R }** est constante .
   c) Montrer que l'oscillateur est le siége d'une résonance de vitesse .
   d) Déterminer et **m** et déduire que **K= 40 N.m^{-1}.**

5. Pour une valeur de , la valeur de la tension du ressort est maximale **.**
   a) De quel phénomène physique s'agit-il ?
   b) Déterminer .
   c) Exprimer x en fonction du temps .

Forces(N)
Elongation (cm)



t(s)

1,04

0

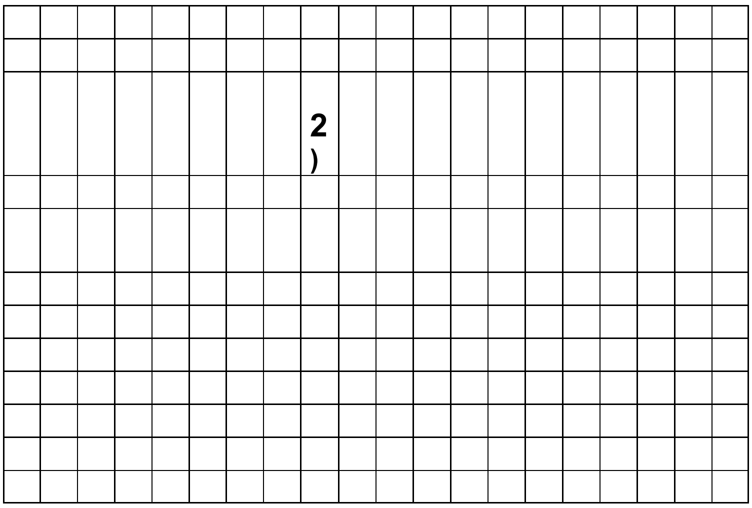
Figure 1

O

Axe origine
des phases

Figure 2

Forces(N)



t(s)

1,04

Figure 3

Exercice n°4 :

On considère un oscillateur mécanique disposé horizontalement , constitué d'un ressort à spires non jointives de constante de raideur **K =20 N.m^{-1}** et d'un solide (**S**) de masse **M =0,2 Kg** qui est soumis à une force de frottement visqueux de la forme .

Où **h** est une constante strictement positive.

Les oscillations de (**S**) sont entretenues à l'aide d'une force excitatrice

exercée à l'aide d'un dispositif approprié non représenté sur le schéma .
L'équation différentielle de cet oscillateur est :

+ + . **R** **S**

Dont la solution est : .

Le mouvement de (**S**) est rapporté au repère (**O,** **)** x' O x
Avec **O** étant la position d'équilibre de **(S).**

I/ Etude théorique .

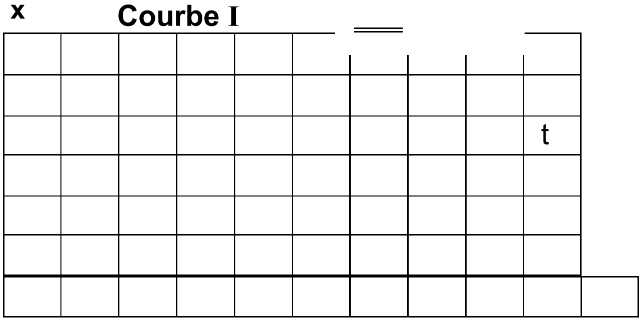
1. Rappeler sans démonstration les expressions de et .
2. Etablir l'expression de de la pulsation à la résonance d'élongation .
3. montrer que cette résonance ne peut se produire que si **h** ne dépasse pas une valeur **h_0** que l'on calculera .

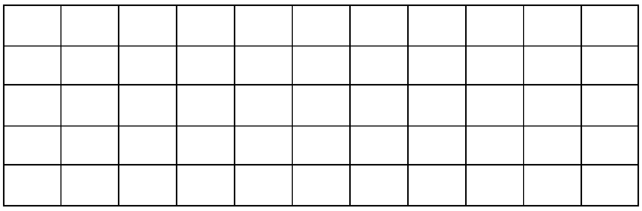
I/ Etude expérimentale .

Le moteur fait osciller la tige **T** qui exerce sur l'extrémité **A** du ressort la force excitatrice .
Sur le cylindre enregistreur ,on enregistre simultanément les diagrammes des mouvements de **(S**) et de l'extrémité **A** du ressort sur un papier calque . On superpose les deux diagrammes de manière à confondre les origines des axes de temps et d'espace.
On propose les deux enregistrements suivants :

0,4 s

x **Courbe I** x





Enregistrement(a) **Enregistrement(b)**

1. Montrer que seul l'enregistrement **(a)** convient à cette expérience et identifier les courbes **x(t)** du mouvement de (S) et **x_A(t)** de la force excitatrice.

0,1s

2. Sachant que =0 . Déterminer à partir de l'enregistrement la valeur de ainsi que la valeur de et la comparer à celle de (pulsation propre).

A

Tige **T**

R **S**

3.a. Sur la **figure (page suivante)** compléter la construction de Fresnel correspondante aux valeurs maximales des forces sachant que **X_m=10^{-2}m** .

b. Déduire les valeurs de de **.**

Moteur

Echelle : **1cm** **10^{-2}N**

O