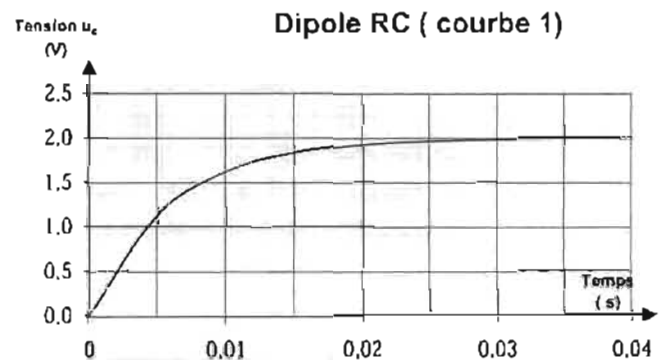
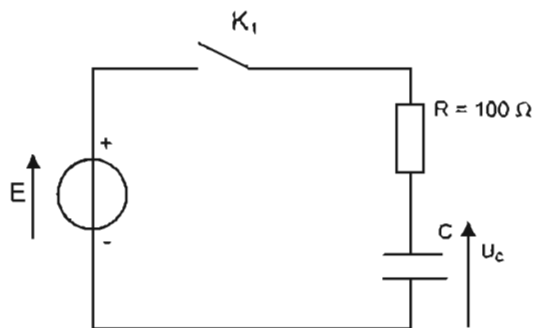


EXERCICE 2 : LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES (5,5 points)

1. LE DIPÔLE RC :

On réalise le circuit correspondant au schéma ci-après. Un dispositif d'acquisition de données relié à un ordinateur permet de suivre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps t .

On déclenche les acquisitions à la fermeture de l'interrupteur K_1 , le condensateur étant préalablement déchargé. L'ordinateur nous donne alors $u_c = f(t)$, **courbe 1** ci-après.

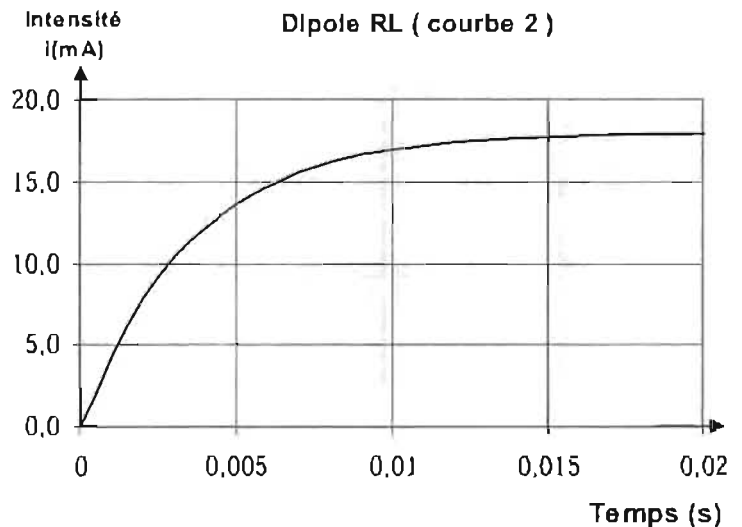
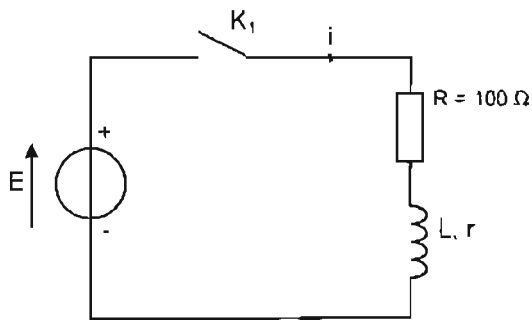


L'étude théorique conduit à une expression de la forme : $u_c = E.(1 - e^{-t/\tau})$ où τ est la constante de temps du circuit.

- 1.1. Reproduire le schéma du montage sur la copie et indiquer où doivent être branchées la masse M et la voie d'entrée de la carte d'acquisition pour étudier les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement ?
- 1.2. À partir de la courbe, indiquer la valeur E de la tension aux bornes du générateur. Justifier.
- 1.3. La constante de temps τ de ce circuit a pour expression $\tau = RC$.
 - 1.3.1. Montrer que la tension u_c atteint 63% de sa valeur maximale au bout du temps caractéristique égal à τ .
 - 1.3.2. Déterminer la valeur de τ et déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

2. LE DIPÔLE RL :

On remplace le condensateur par une bobine d'inductance L et de résistance r selon le schéma ci-après. L'ordinateur nous permet de suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps, **courbe 2** ci-après.



La loi d'additivité des tensions appliquée à ce circuit série conduit à l'équation différentielle suivante :

$$E = (R + r)i + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

- 2.1. Quel est le phénomène physique mis en évidence sur l'enregistrement et quel est l'élément du circuit responsable de ce phénomène ?
- 2.2. Soit I l'intensité du courant électrique qui traverse le circuit, en régime permanent. Établir son expression littérale à partir de l'équation (1) en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit. Donner sa valeur numérique et déduire la résistance de la bobine.
- 2.3. Quelle est la valeur du courant à la date $t = 0$ s ? Comment s'écrit alors l'équation différentielle (1) donnée précédemment ?

Montrer qu'à $t = 0$ s, on a $\frac{di}{dt} = \frac{I}{\tau}$ avec $\tau' = \frac{L}{R+r}$ constante de temps du dipôle RL.

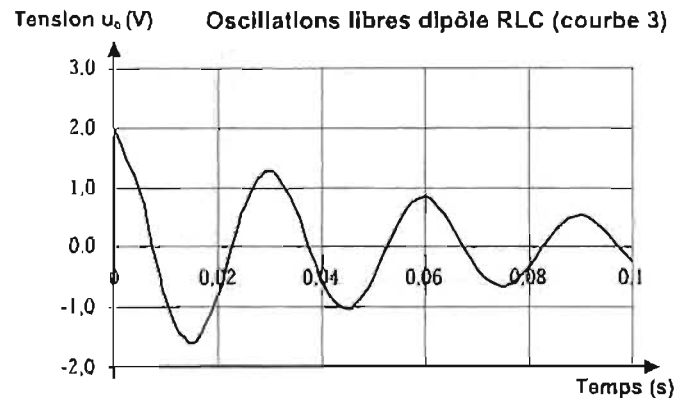
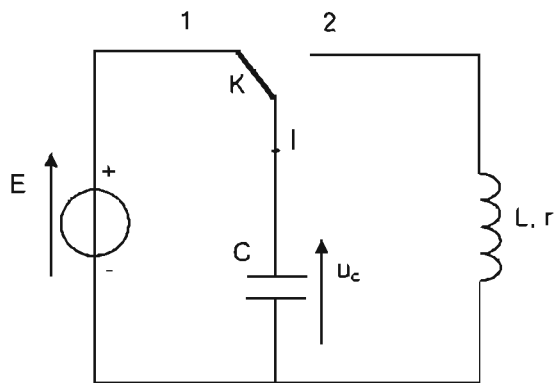
- 2.4. Vérifier que $\frac{L}{R+r}$ est homogène à un temps.

Déterminer graphiquement la valeur numérique de τ' et déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

3. LE DIPÔLE RLC EN OSCILLATIONS LIBRES :

On associe un condensateur de capacité $C = 60 \mu\text{F}$ avec la bobine précédente, comme le montre le schéma ci-dessous.

Le condensateur est préalablement chargé (interrupteur en position 1). L'enregistrement des variations de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps commence quand on bascule K en position 2, **courbe 3** ci-après.



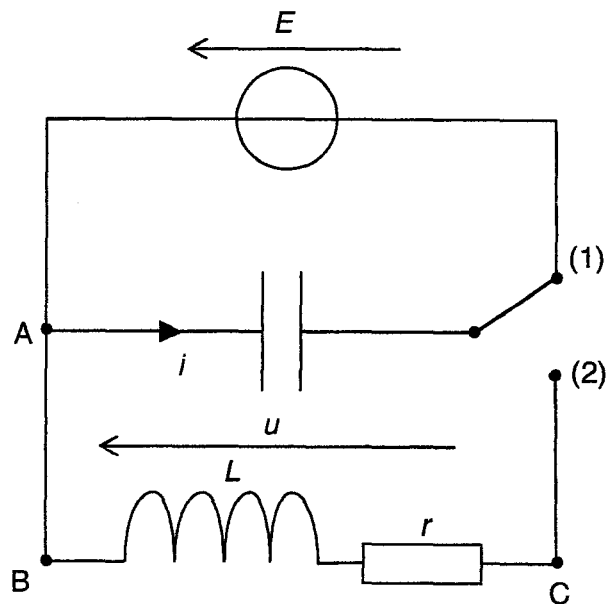
- 3.1. Caractériser du point de vue énergétique l'enregistrement obtenu. Les oscillations observées sont-elles périodiques ? Pourquoi les qualifie-t-on d'oscillations libres ?
- 3.2. Mesurer la pseudo période T des oscillations électriques.
 En assimilant la pseudo période à la période propre, déterminer la valeur de l'inductance de la bobine. La comparer à celle trouvée précédemment.
 On rappelle l'expression de la période propre $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$
- 3.3. L'association bobine-condensateur est à la base de la constitution d'oscillateurs qui génèrent une tension sinusoïdale constante en fréquence et en amplitude. Ces oscillateurs sont présents dans de nombreux appareils électriques utilisés dans le domaine des télécommunications.
 Comment maintient-on constante l'énergie totale d'un oscillateur électrique ?

Exercice II : ETUDE D'UNE BOBINE PAR DIFFÉRENTES METHODES (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de déterminer l'inductance d'une bobine par différentes méthodes. On dispose pour cela d'un dispositif d'acquisition et d'un logiciel adapté. Dans la première partie de l'exercice la résistance du circuit sera non nulle. Dans les deuxième et troisième parties, un dispositif adapté (non représenté sur les circuits) permettra d'annuler la résistance de l'ensemble.

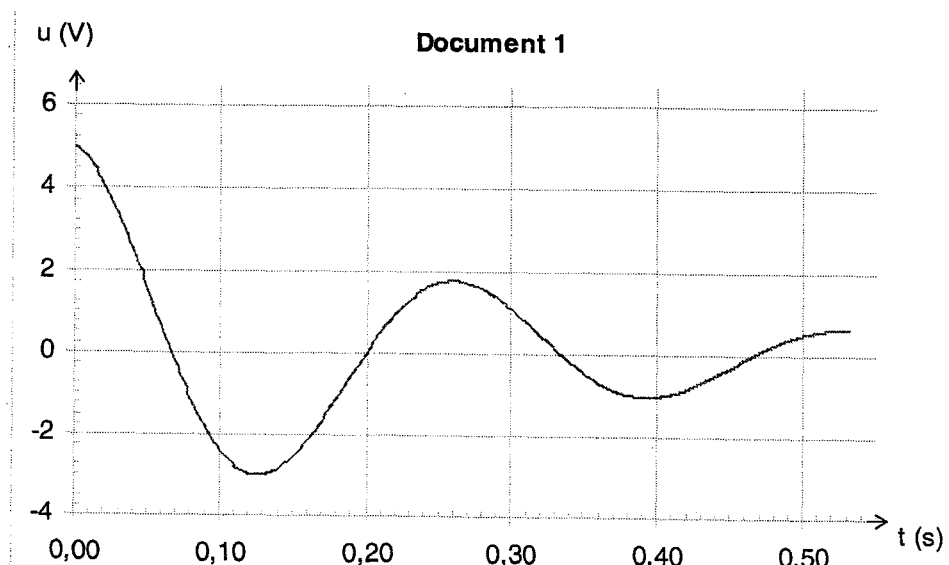
On considère le montage suivant composé :

- d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$;
- d'un condensateur de capacité $C = 2200 \mu\text{F}$;
- d'une bobine d'inductance L à déterminer, comprise entre 600 et 900 mH, de résistance $r = 15 \Omega$;
- d'un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur.



1. Détermination de l'inductance par une méthode temporelle

Le condensateur étant initialement chargé, à la date $t = 0$, on bascule l'interrupteur de la position (1) vers la position (2). Le système d'acquisition relié à l'ordinateur permet d'enregistrer la courbe d'évolution de la tension u aux bornes du condensateur en fonction du temps. La courbe obtenue est représentée sur le **document 1** ci-dessous.

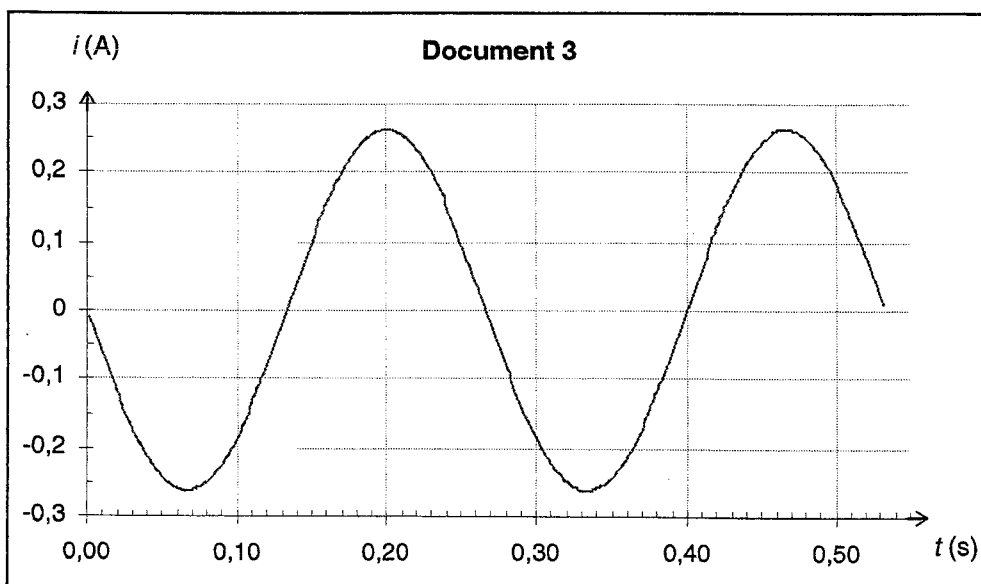
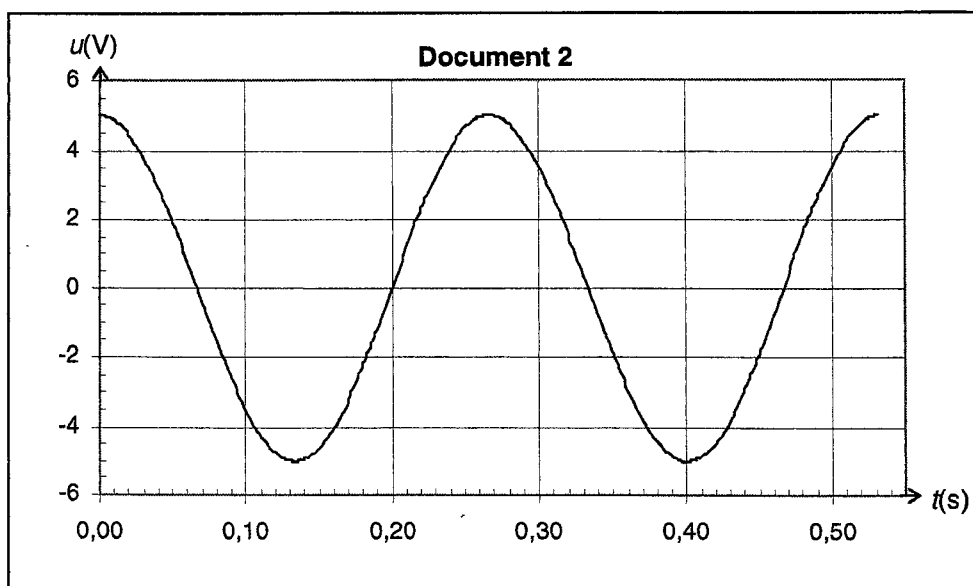


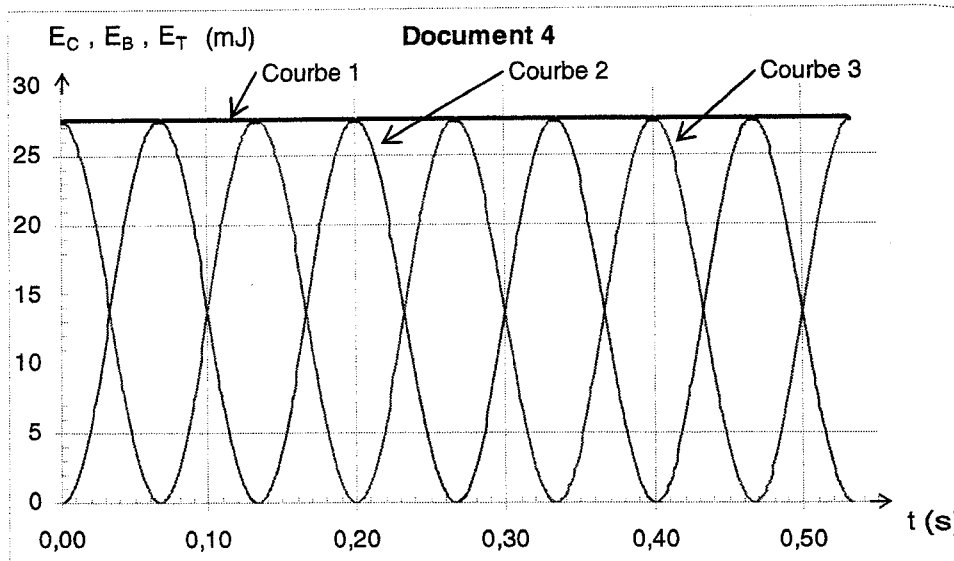
- 1.1. Quel est le phénomène observé ?
- 1.2. Déterminer graphiquement la pseudo-période T de la tension.
- 1.3. En assimilant la pseudo-période à la période propre T_0 , calculer la valeur L de l'inductance de la bobine.

2. Détermination de l'inductance par une méthode énergétique

L'objectif de cette partie est de déterminer la valeur de l'inductance de la même bobine par une méthode énergétique. On notera par la suite E_C l'énergie emmagasinée dans le condensateur, E_B l'énergie emmagasinée dans la bobine et E_T l'énergie totale du circuit. On ajoute au circuit précédent un dispositif qui permet d'annuler la résistance de la bobine sans modifier son inductance. On considérera pour la suite de l'exercice que le nouveau circuit ainsi obtenu est composé uniquement d'un condensateur et d'une bobine idéale (*résistance nulle*).

On charge à nouveau le condensateur avant de basculer l'interrupteur en position (2) à la date $t = 0$ s. Le logiciel permet de tracer les courbes donnant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, (document 2), de l'intensité (document 3) et des différentes formes d'énergie en fonction du temps (document 4).

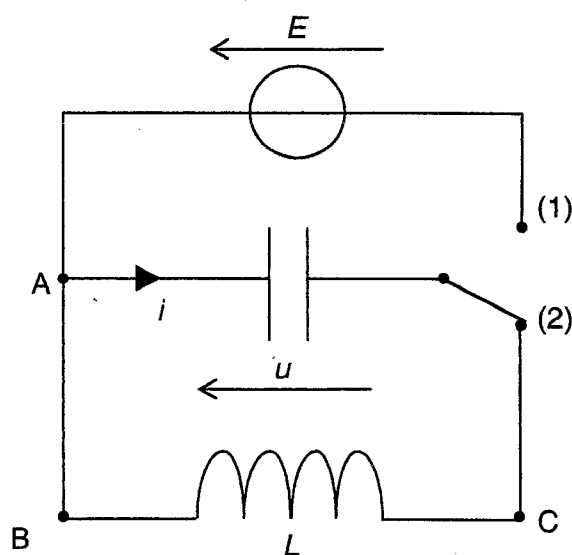




- 2.1. Rappeler les expressions littérales des énergies E_C et E_B en fonction de L , C , u et i .
- 2.2. En déduire l'expression de l'énergie E_T du circuit, en fonction de L , C , u et i .
- 2.3. Identifier sur le document 4, les courbes donnant l'évolution de E_B , E_C et de E_T . Justifier votre réponse.
- 2.4. Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie E_T du circuit.
- 2.5. Dans quel dipôle est emmagasinée l'énergie à la date $t = 0,20$ s? Justifier votre réponse.
- 2.6. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine. L'exploitation d'un document peut s'avérer nécessaire pour répondre à cette question.

3. Modélisation de la tension et de l'intensité

On souhaite établir l'expression de la tension en fonction du temps et celle de l'intensité en fonction du temps. Comme pour la partie 2, on considèrera comme nulle la résistance totale du circuit.



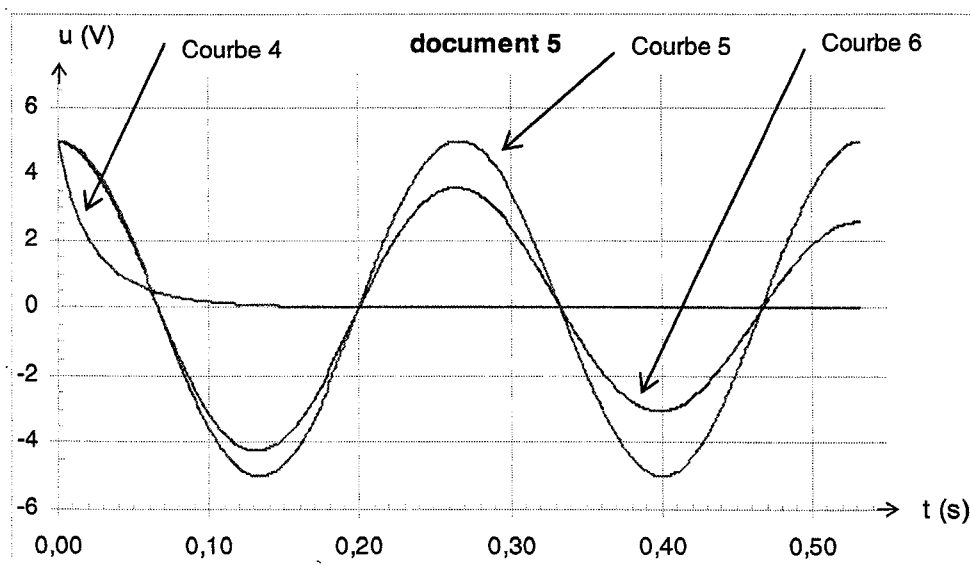
- 3.1. En tenant compte des conventions d'orientation figurant sur le schéma du circuit, donner l'expression de la tension u aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité i du courant qui la traverse et de son inductance L .

- 3.2. Donner l'expression de l'intensité i du courant qui parcourt le circuit, lorsque l'interrupteur est en position (2), en fonction de la tension u et de la capacité C du condensateur.
- 3.3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par le circuit sous la forme $\ddot{u} + A^2u = 0$ dans laquelle A représente une constante à déterminer littéralement en fonction de L et C .
- 3.4. La solution de l'équation différentielle est de la forme $u(t) = u_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Dans cette expression u_{\max} représente l'amplitude ($u_{\max} > 0$), T_0 représente la période propre et φ la phase à l'origine.
- 3.4.1. À partir de l'enregistrement de l'évolution de la tension (document 2) déterminer les valeurs des constantes u_{\max} et φ puis écrire $u(t)$ sous forme numérique.
- 3.4.2. En déduire l'expression numérique de $i(t)$.

4. Comparaison de différents régimes de fonctionnement

Le dispositif destiné à annuler la résistance de la bobine peut être réglé de façon que la résistance totale du circuit soit plus ou moins importante. On réalise des acquisitions en déchargeant le condensateur dans la bobine et en testant successivement différents réglages du dispositif de compensation de la résistance de la bobine.

On réalise 4 expériences et, pour chacune d'entre elles, on mesure la résistance totale du circuit de décharge, comportant le condensateur, la bobine et le dispositif de compensation de résistance. On enregistre à chaque fois la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps (courbes du document 5).



- 4.1. Compléter le tableau donné en annexe page 13 à rendre avec la copie.
- 4.2. Justifier l'aspect de la courbe 6 par des considérations énergétiques.

ANNEXE DE L'EXERCICE II**Question 4.1.**

Résistance totale du circuit de décharge (Ω)	N° de la courbe correspondante	Nom du régime associé	Justification
0			
2,0			
80			

EXERCICE 1 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE DIPÔLES ÉLECTRIQUES (6 points)

Les trois parties sont indépendantes.

1. Dipôle « résistance et condensateur en série »

Pour étudier ce dipôle, on réalise le circuit représenté sur la figure 1. Ce circuit est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E , d'un interrupteur K , d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C .

Données : $E = 4,0 \text{ V}$; $C = 1,0 \mu\text{F}$

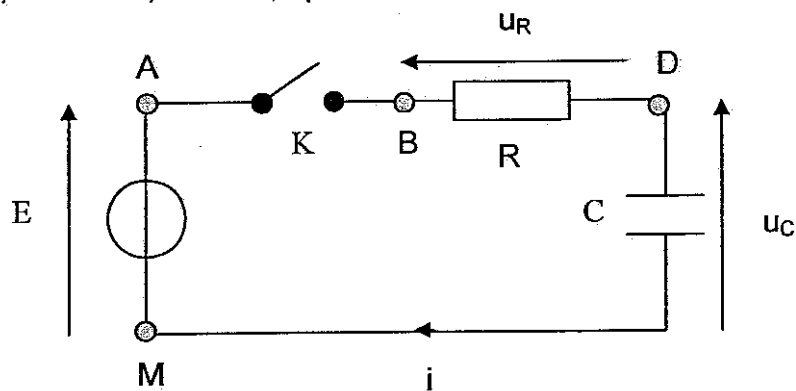


Figure 1

1.1. On utilise une interface d'acquisition reliée à un ordinateur pour observer les tensions u_C et E en fonction du temps.

1.1.1. À quels points A, B, D ou M du circuit doit-on relier les voies 1 et 2 et la masse de l'interface pour visualiser u_C sur la voie 1 et E sur la voie 2 ?

1.1.2. À $t = 0$, on déclenche l'acquisition en fermant l'interrupteur K . Les courbes $u_C = f(t)$ et $E = f(t)$ sont données en **annexe 1, document 1 à rendre avec la copie**.

Qualifier les deux régimes de fonctionnement du circuit en choisissant parmi les adjectifs suivants : périodique, permanent, pseudo-périodique, transitoire.

Préciser les dates limitant chacun de ces régimes.

1.1.3. Quel phénomène physique se produit pendant le premier régime ?

1.2. La constante de temps τ est une caractéristique de ce premier régime.

1.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de τ en expliquant la méthode employée.

1.2.2. Donner l'expression littérale de τ en fonction des caractéristiques des éléments du circuit. En déduire la valeur de la résistance R .

- 1.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, donner la relation littérale liant E , u_R et u_C .
 Exprimer u_R en fonction de i et en déduire une expression littérale de l'intensité du courant i en fonction de E , u_C et R .
 À l'aide du **document 1** de l'**annexe 1**, calculer i pour $t_1 = 0$ ms et $t_2 = 9$ ms.
- 1.4. Sans considération d'échelle, représenter sur la copie l'allure de la courbe $i = f(t)$.

2. Dipôle « résistance et bobine en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 2, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E , d'un interrupteur K , d'une bobine de résistance r et d'inductance L et d'un conducteur ohmique de résistance R' .

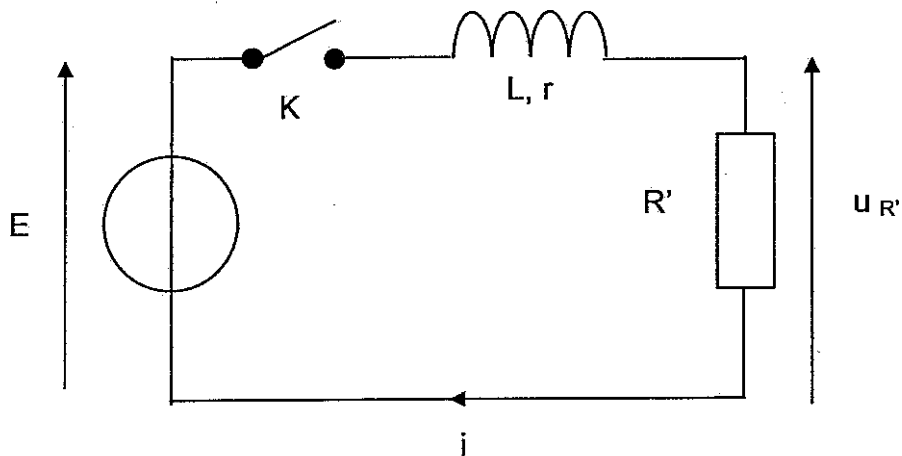


Figure 2

Données : $E = 4,0$ V ; $L = 11$ mH ; $R' = 10$ Ω

- 2.1. À partir de la fermeture de l'interrupteur K , on observe la tension $u_{R'}$ à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur.
 Quel est l'intérêt de faire le relevé de cette tension $u_{R'}$?
- 2.2. Le tableur du logiciel d'acquisition nous permet de calculer les valeurs de i et de tracer la courbe $i = f(t)$ donnée en **annexe 1, document 2 à rendre avec la copie**.
 Quel est le phénomène physique mis en évidence dans ce cas ? Quel élément du circuit est la cause de ce phénomène ?
- 2.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant dans le circuit en fonction du temps.
- 2.4. Lorsqu'on est en régime permanent, i vaut alors I_p . Que devient l'équation différentielle ?

2.5. En déduire l'expression littérale de la résistance r de la bobine puis déterminer sa valeur en utilisant le **document 2** de l'**annexe 1**.

3. Dipôle « bobine et condensateur en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 3, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E' , d'un interrupteur K à deux positions, d'un condensateur de capacité C et d'une bobine de résistance r et d'inductance L .

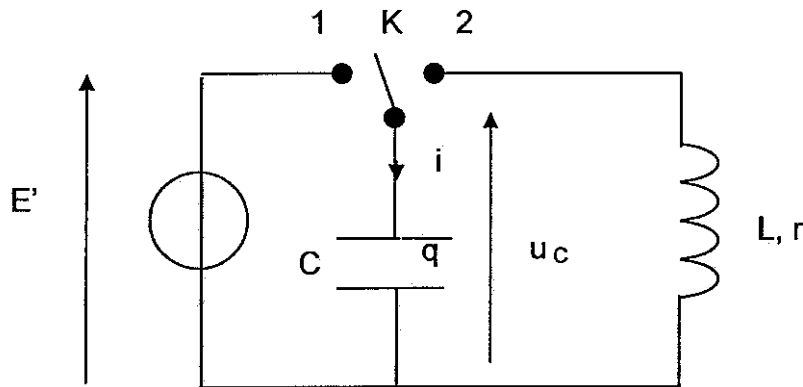
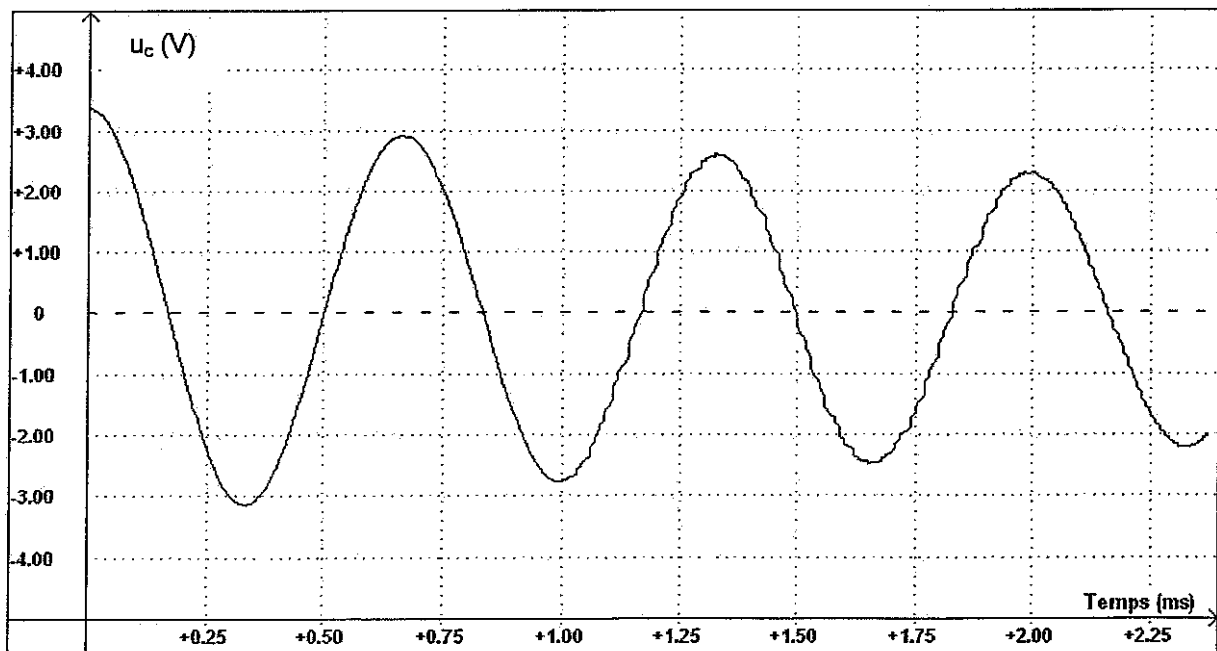


Figure 3

- 3.1. Quel est le phénomène physique se produisant lorsque l'interrupteur est placé en position 1 ? Est-il lent ou instantané ? Justifier.
- 3.2. On bascule alors l'interrupteur en position 2 et, à partir de cet instant choisi comme origine des dates, on relève la tension u_c en fonction du temps à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur. On obtient le graphique ci-dessous.



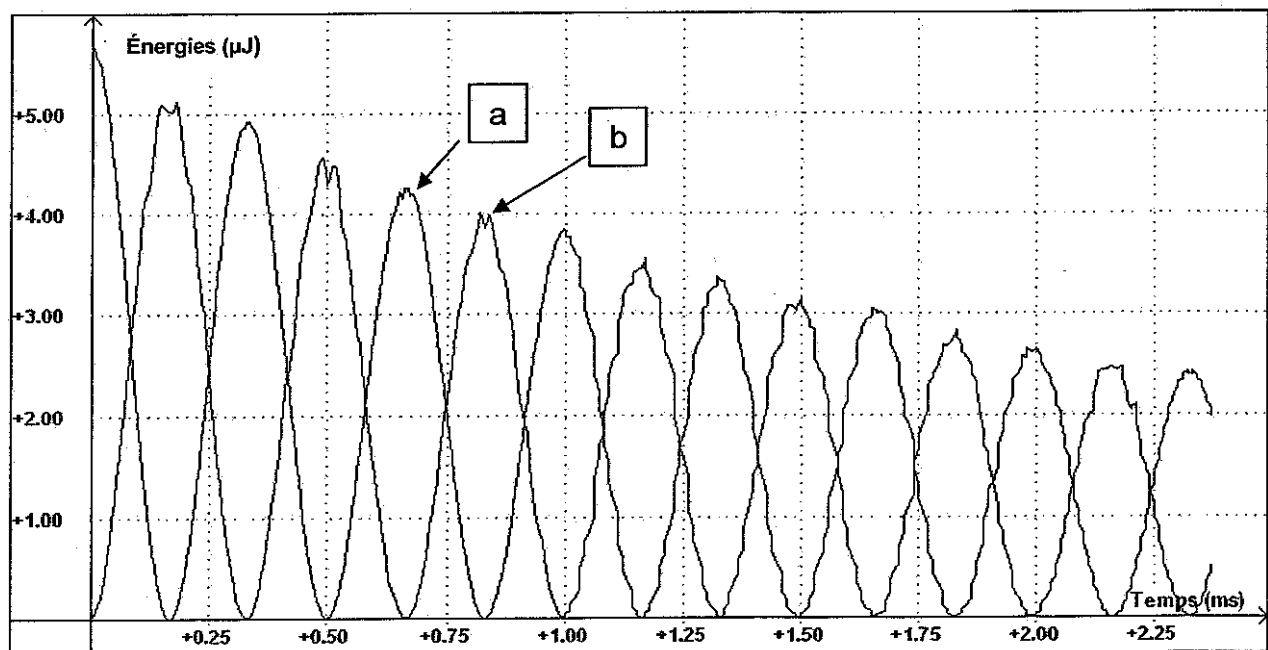
En puisant dans le vocabulaire suivant, décrire le phénomène physique qui se produit dans le circuit : apériodique, annulation, électrique, forcée, mécanique, libre, non amortie, installation, amortie, oscillation.

3.3. On souhaite suivre l'évolution énergétique du circuit rLC en fonction du temps. Pour cela il faut calculer, à l'aide d'un tableur, l'énergie électrique E_e accumulée dans le condensateur et l'énergie magnétique E_m accumulée dans la bobine.

3.3.1. Donner les expressions littérales de E_e et E_m .

3.3.2. En respectant les conventions du schéma, exprimer i en fonction de la dérivée de u_C par rapport au temps.

3.4. Les courbes $E_e(t)$ et $E_m(t)$ sont données ci-dessous.



3.4.1. En justifiant chaque réponse, attribuer les grandeurs E_e ou E_m aux courbes a et b.

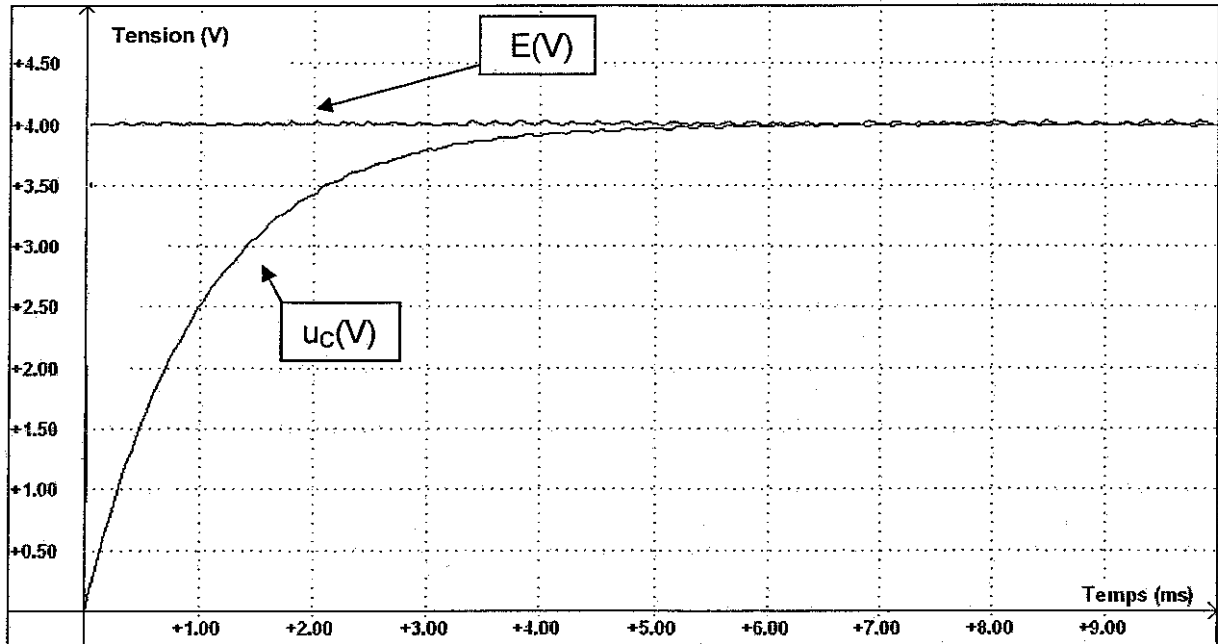
3.4.2. En utilisant ces courbes, donner les valeurs des deux énergies E_e et E_m aux instants de dates $t_1 = 0,5$ ms et $t_2 = 2,0$ ms.

Comparer les variations simultanées des énergies emmagasinées par le condensateur et la bobine entre ces deux dates.

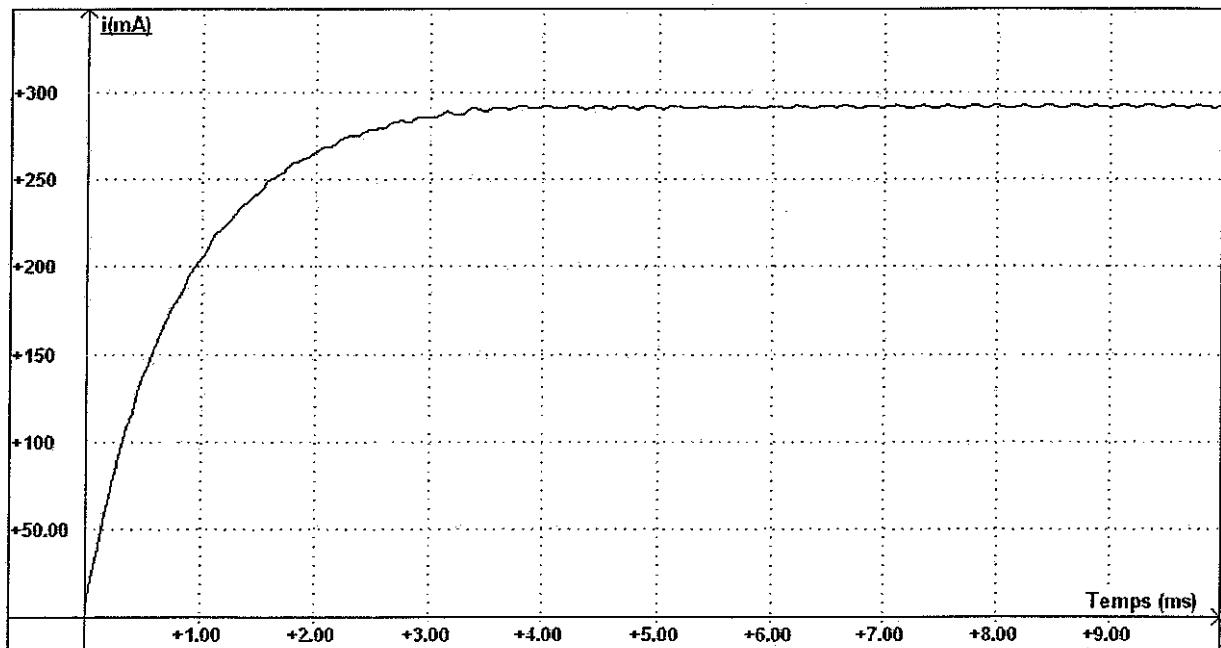
3.4.3. Comment évolue l'énergie totale du circuit entre les instants de dates t_1 et t_2 ? À quoi cette évolution est-elle due ?

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 :



Document 1



Document 2