Devoir du mardi 19 Janvier 2010

On utilisera les notations de l'énoncé. On présentera les grandeurs non nommées. On donnera une expression littérale avant tout calcul numérique. On fera attention à la précision des résultats. Les réponses doivent être précises, complètes mais succinctes. La rédaction, l'orthographe et la présentation de la copie interviendront pour une part importante dans la note finale.

Problème de chimie : solution commerciale d'ammoniac (45 minutes, 8,5 points)

I Solution commerciale S_0

Une solution commerciale d'ammoniac NH_3 peut être utilisée, après dilution, comme produit nettoyant (éviers, lavabos…) ou comme produit détachant (moquette, tapis…). La solution aqueuse utilisée contient p = 20% en masse d'ammoniac et sa densité vaut 0,92.

Calculer la concentration molaire C_0 de la solution commerciale S_0.

II Dilution de la solution commerciale

On se propose de vérifier par titrage acido-basique la concentration molaire de la solution commerciale. Celle-ci étant très concentrée, une dilution par 1000 est nécessaire. On dispose de la verrerie suivante :

- béchers : 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- fioles jaugées : 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1,000 L ;
- éprouvettes graduées : 10 mL, 25 mL, 50 mL ;
- erlenmeyers : 125 mL, 250 mL ;
- pipettes jaugées : 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- burettes graduées : 25 mL, 50 mL, 100 mL.

Préciser le protocole à suivre en précisant le matériel utilisé pour diluer 100 fois puis encore 10 fois la solution commerciale, afin d'obtenir la solution à titrer notée S sans justifier.

III Titrage de la solution diluée S

La solution S est titrée par une solution A d'acide chlorhydrique de concentration c = 0,015 $mol.L^{-1}$. Dans V_p = 20,0 mL de la solution S, on verse progressivement la solution A et on mesure après chaque ajout le pH de la solution.

1) Ecrire l'équation de la réaction de titrage et calculer sa constante d'équilibre.

2) Qu'appelle-t-on « équivalence » ? A partir des courbes tracées données en annexe, déterminer le volume équivalent V_E en expliquant et en déduire la concentration C de la solution S puis celle de la solution S_0. Comparer à la valeur obtenue au I.

3) Parmi les indicateurs colorés proposés en bas de page, choisir celui qui serait le mieux adapté pour réaliser ce titrage colorimétrique. Justifier. Comment évoluerait la teinte de cet indicateur lors du titrage ?

IV Demi équivalence

On nomme « solution à la demi-équivalence » la solution obtenue lorsqu' un volume de réactif titrant noté $V_{1/2\,E}$ et égale à la moitié du volume équivalent V_E est ajouté à la solution à titrer.

1) Que vaut $V_{1/2\,E}$ dans le cas de ce titrage ?

2) On note, pour simplifier, N = $C*V_p$. On rappelle alors que N a aussi pour expression N = $c*V_E$ d'après l'équivalence. Construire le tableau d'avancement de la demi équivalence en utilisant que N pour les conditions initiales.

3) Déterminer le réactif limitant pour cette situation et x_{max}.en fonction de N. Pourquoi a-t-on $x_{max} = x_f$?

4) En déduire les expressions des concentrations finales en NH_3 et NH_4^+ et montrer qu'elles sont égales pour cette situation.

5) Qui prédomine alors parmi NH_3 et NH_4^+ ? En déduire une valeur du pH utilisant le pK_A du couple en justifiant. Est-ce vérifié sur le graphique pH = f(Va) ? Le mélange est-il alors acide, basique ou neutre ? Justifier.

6) Quel nouvel avantage possède ainsi un dosage par suivi pHmétrique ?

Données : Les réactions se font toutes à 25°C.
pK_A (NH_4^+/NH_3) = 9,2 à 25°C. pKe = 14,0 à 25°C
M(H) = 1,0 $g.mol^{-1}$; M(N) = 14,0 $g.mol^{-1}$.
Zones de virage de quelques indicateurs colorés :

nom	Forme acide	Zone de virage	Forme basique
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 – 5,4	Bleu
Rouge de bromophénol	Jaune	5,2 – 6,8	Rouge
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge
phénolphtaléine	incolore	8,2 - 10	Rouge violacé

Problème de physique : trois bobines à caractériser (11,5 points)

Partie 1 : première bobine (20 minutes)

On réalise le circuit électrique représenté en figure 1 de l'annexe comprenant un GBF, une bobine de résistance *r* et d'inductance *L* et une résistance $R = 1{,}0\times10^4\ \Omega$ montés en série. Un système d'acquisition de données relié à un ordinateur permet d'afficher à l'écran les variations en fonction du temps de la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine et de l'intensité *i(t)* du courant qui circule dans le circuit (figure 2).

1) Quelle est la fréquence des signaux ?

2) On veut suivre l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps. La mesure de quelle tension permet ce suivi le plus simplement et quelle opération doit-on demander au logiciel pour réaliser cette observation ? Justifier la réponse.

3) Exprimer la tension u_L aux bornes de la bobine en fonction des caractéristiques de la bobine, de *i* et de sa dérivée $\frac{di}{dt}$.

4) Sur la figure 2, 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. Justifier.

5) En mesurant u_L sur la figure 2 quand l'intensité du courant est extrémale, à $t = 1{,}6$ ms par exemple, montrer que $r << R$.

6) On néglige dans la suite le terme faisant intervenir *r* dans l'expression de u_L ainsi que les arrondis des crêtes de l'intensité. À partir de la demi-période comprise entre les points C et D de la figure 2, mesurer u_L , calculer $\frac{di}{dt}$ et en déduire la valeur de L.

Partie 2 : deuxième bobine (15 minutes)

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 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 donné sur la figure 3 de l'annexe.

1) On réalise une première expérience pour laquelle les réglages sont les suivants : L = ? ; R = 1,0 kΩ ; E = 6,0 V. À l'instant de date t = 0 s, on ferme l'interrupteur K. On obtient le graphe 4 (la tangente à la courbe au point origine est tracée)

a) Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i(t).

b) En déduire l'expression théorique de l'intensité I du courant en régime permanent. Calculer sa valeur. Déterminer graphiquement la valeur I de l'intensité du courant en régime permanent en explicitant la démarche. Est-ce cohérent ?

c) Rappeler l'expression de la constante de temps τ du dipôle RL étudié. Déterminer sa valeur expérimentale en expliquant. En déduire L.

2) Afin d'étudier l'influence de différents paramètres, on réalise trois autres expériences en modifiant chaque fois l'un de ces paramètres. Le tableau 5 en annexe récapitule les valeurs données à E, R et L lors des quatre acquisitions.

Associer chacun des graphes (6), (7), (8) à une expérience en justifiant précisément chaque choix.

Partie 3 : troisième bobine (30 minutes)

On considère le montage du document 9 composé d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 5{,}0$ V, d'un condensateur de capacité $C = 2200$ µF, 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 10.

a) Qualifiez le régime observé. Justifier.

b) Déterminer graphiquement la pseudo-période *T* de la tension.

c) Pourquoi peut-on assimiler la pseudo-période à la période propre T_0 du circuit LC correspondant ? En déduire la valeur *L* de l'inductance de la bobine.

2) Détermination de l'inductance par une méthode énergétique

On notera 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 considèrera 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 = 0s. Le logiciel permet de tracer les courbes donnant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, de l'intensité (document 11) et des différentes formes d'énergie en fonction du temps (document 12).

a) Sur le document 10, dessiner la nouvelle allure de u en vert en l'absence de résistance. Quel régime est observé alors ? Justifier.

b) Rappeler les expressions littérales des énergies E_C *et* E_B en fonction de L, C, u, et i. En déduire l'expression de l'énergie E_T du circuit, en fonction de L, C, u et i.

c) Identifier sur le document 12, les courbes donnant l'évolution de E_B, E_C et de E_T. Justifier votre réponse.

d) Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie E_T du circuit.

e) Dans quel dipôle est emmagasinée l'énergie à la date t = 0,20 s ? Justifier votre réponse. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine en exploitant les documents fournis.

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 lors de la décharge. On prend comme origine des temps l'instant où on bascule K sur 2

a) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par u dans le cas général. La mettre sous la forme :

$$\frac{d^2u}{dt^2} + a \times \frac{du}{dt} + b \times u = 0$$

en explicitant les grandeurs a et b.

b) Montrer que a est l'inverse d'un temps et que b est l'inverse d'un temps au carré.

On considère dans la suite le cas idéal où a = 0. La solution de l'équation différentielle est de la forme

$$u(t) = u_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

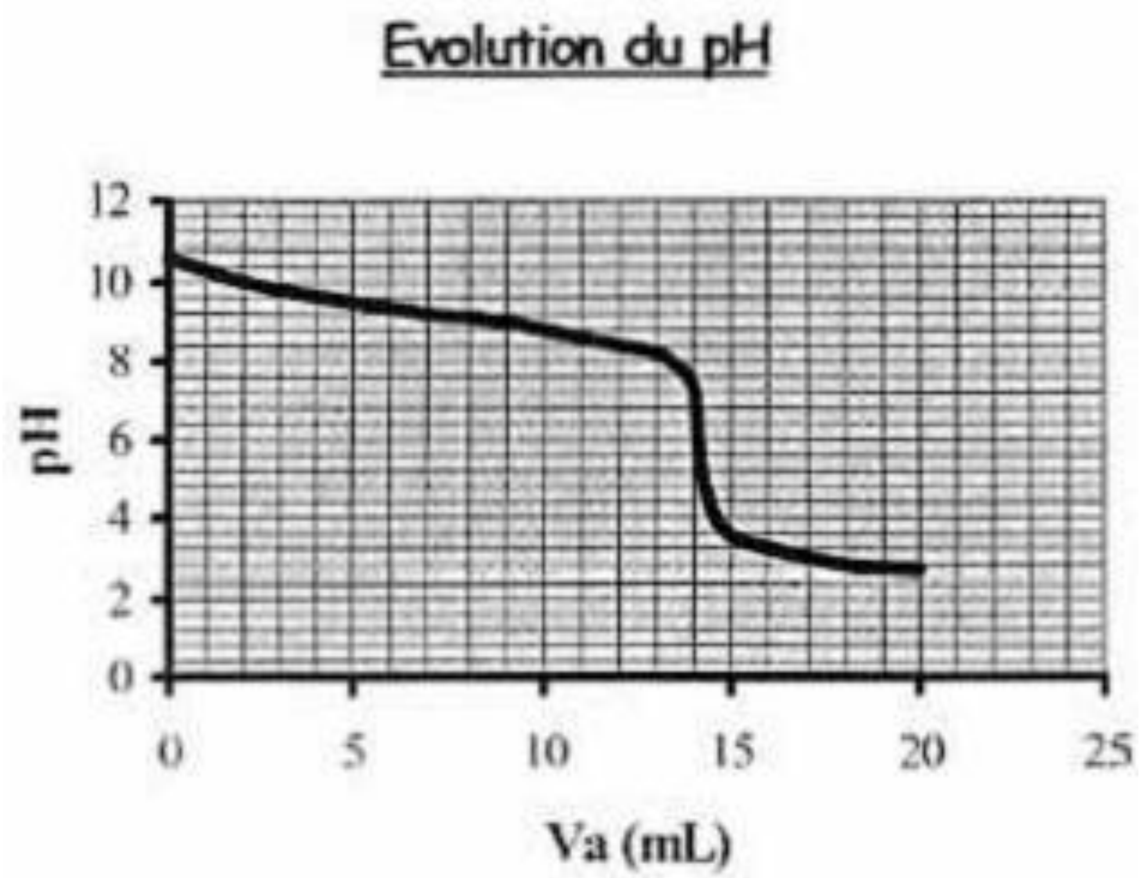
c) Retrouver l'expression de T_0 en utilisant l'équation différentielle simplifiée.

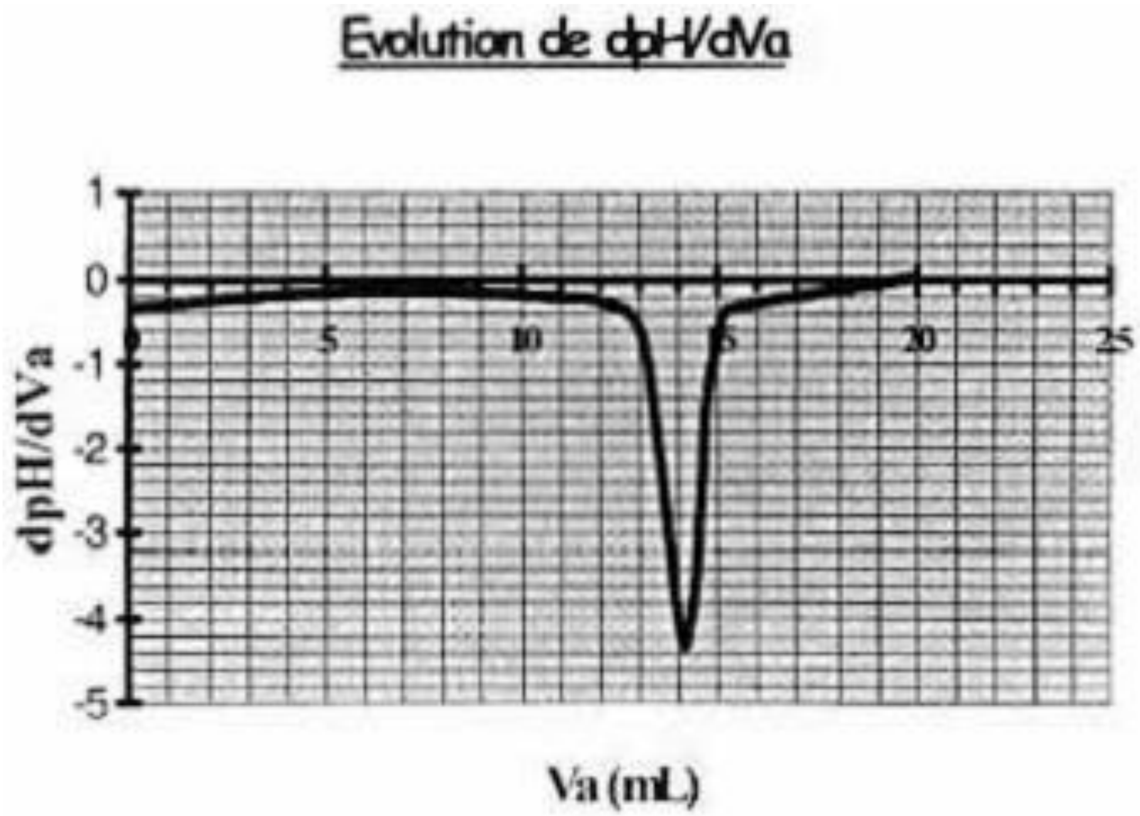
d) Quelles sont les deux conditions initiales de ce régime de décharge ? En déduire les expressions de $u_{\max}$ et φ .

Comment nomme-t-on φ ?

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE **NOM :**

Problème de chimie





Problème de physique

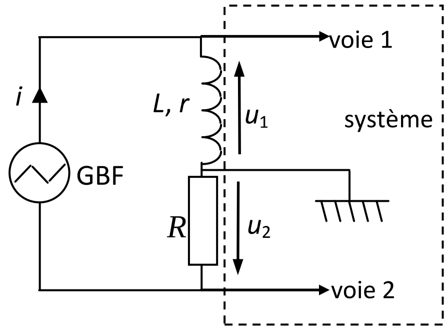


Figure 1

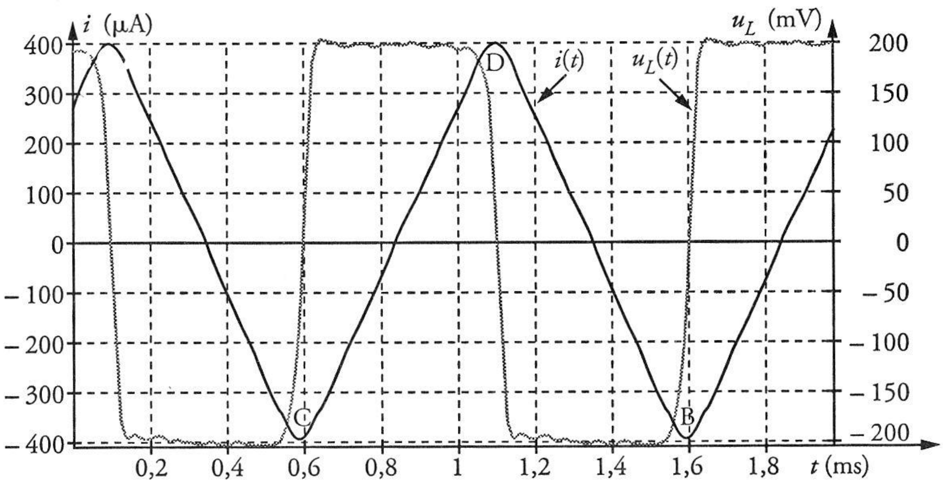
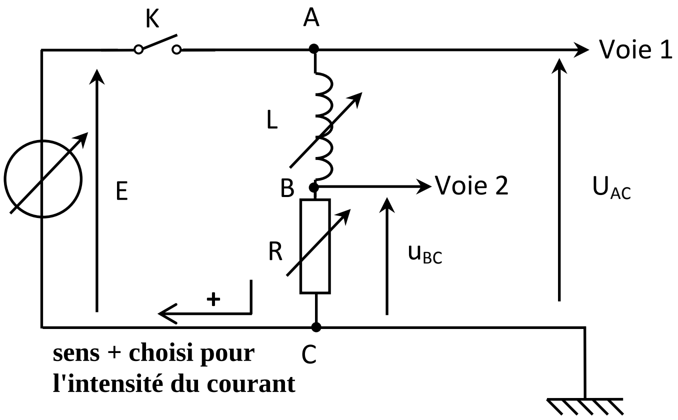
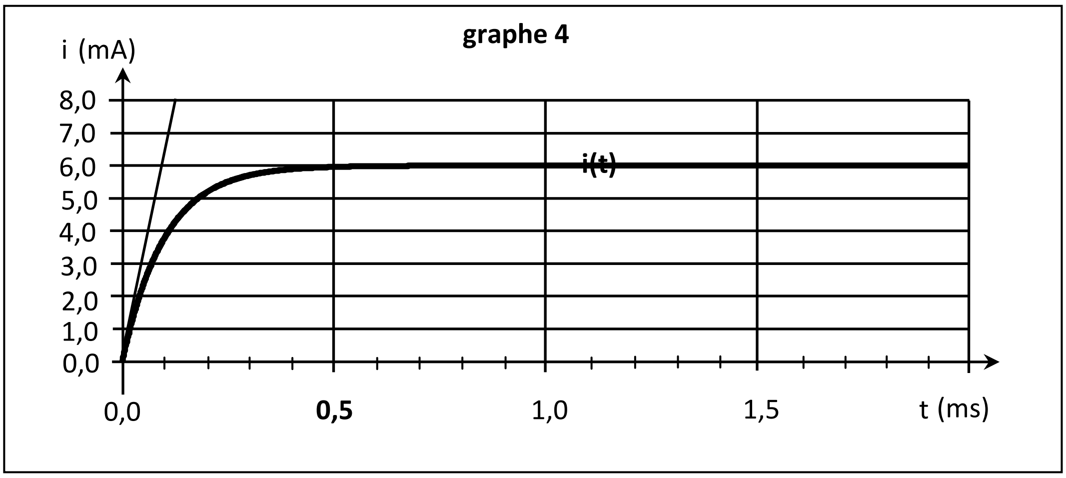


Figure 2

Figure 3

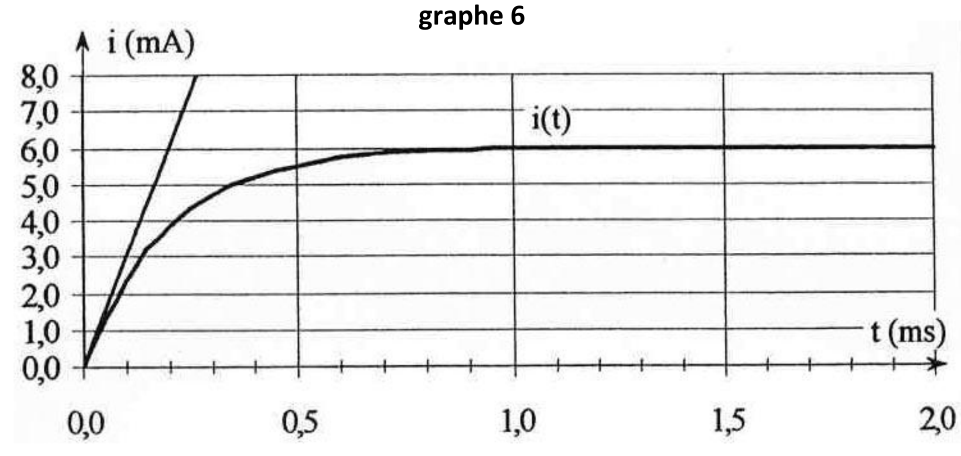




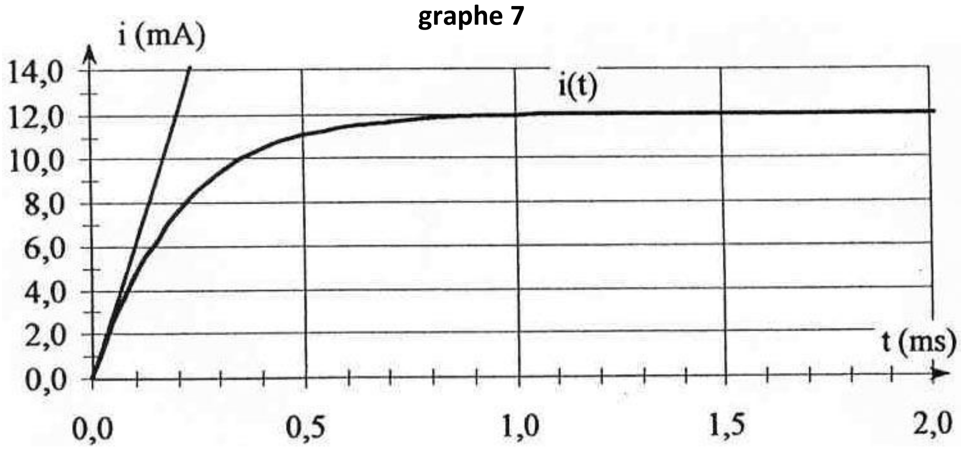
	E (V)	R (kΩ)	L (H)
Expérience A	6,0	1,0	0,10
Expérience B	12,0	1,0	0,10
Expérience C	6,0	0,50	0,10
Expérience D	6,0	1,0	0,20

Tableau 5

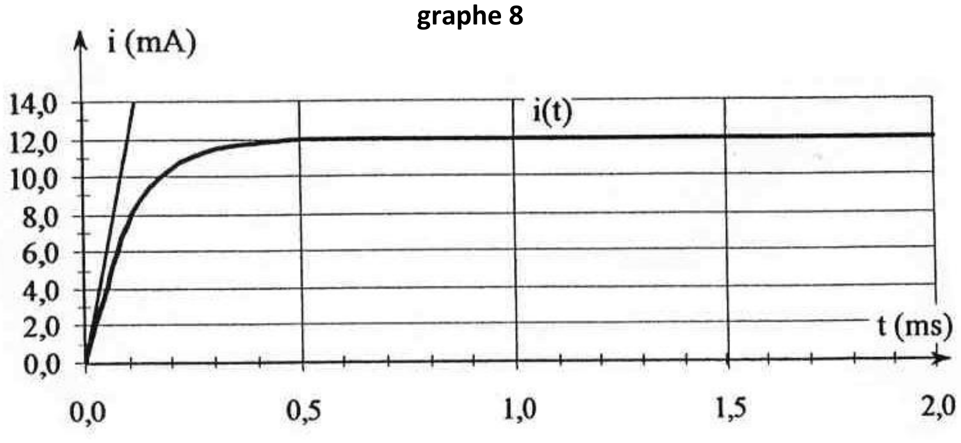
graphe 6



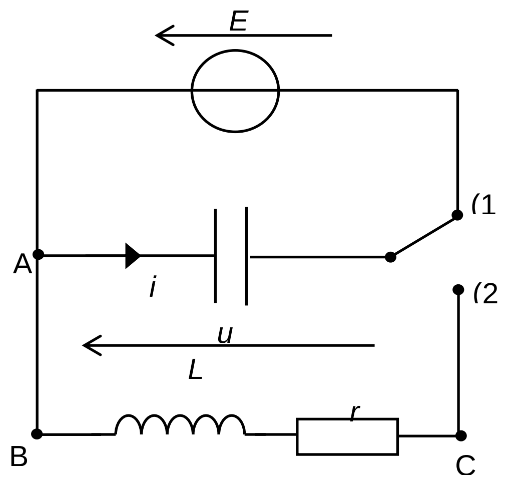
graphe 7

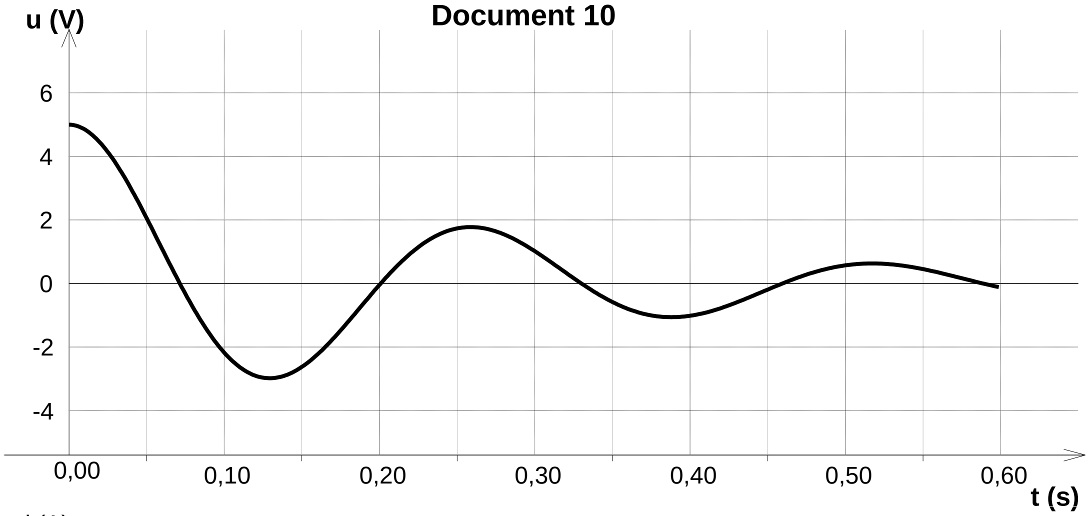


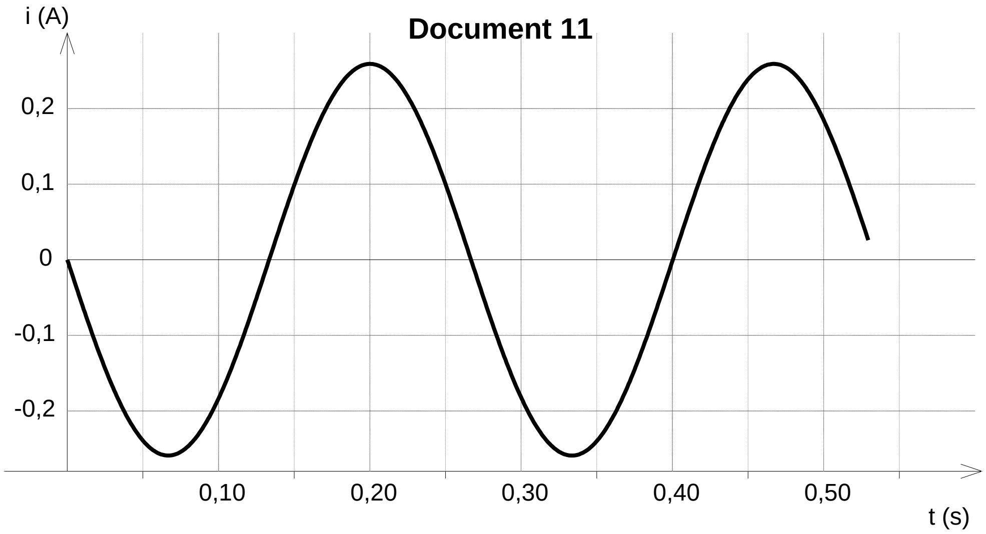
graphe 8

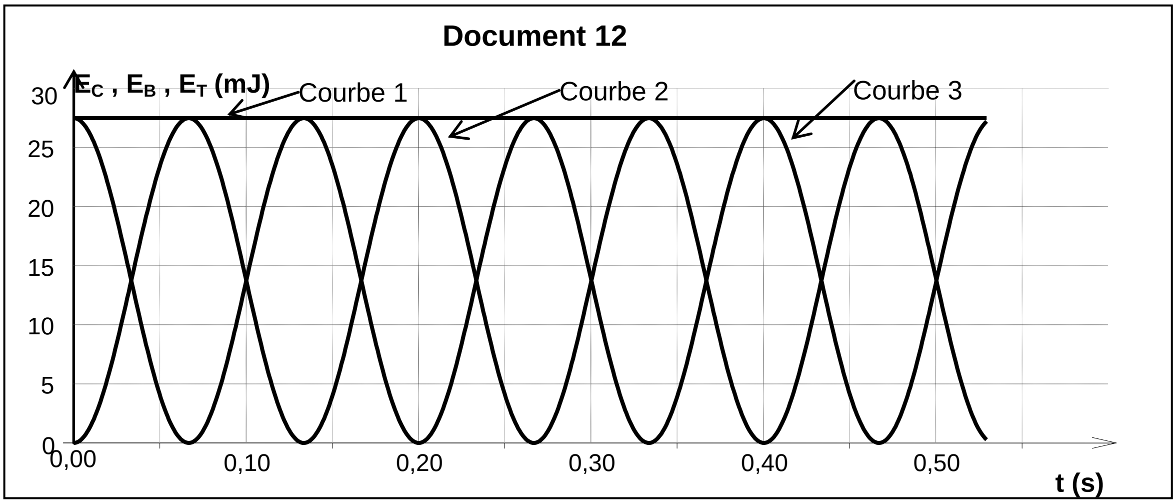


Document 9


E
(1
A
i
(2
u
L
r
B
C


u (V)
Document 10
6
4
2
0
-2
-4
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
t (s)


i (A)
Document 11
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
t (s)


Document 12
Ec , EB , ET (mJ)
Courbe 1
Courbe 2
Courbe 3
30
25
20
15
10
5
0
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
t (s)