

# TP « DIPOLE (R, L) SOUMIS A UN ECHELON DE TENSION »

## Matériel

Pour les élèves (chaque binôme) :

- un « petit générateur noir » (générateur de tension continue réglable sur 4,5 V)
- un ordinateur avec un module d'acquisition Orphy
- Bobine
- une résistance à décades (variable)
- fils
- une diode simple

# TP « DIPOLE (R, L) SOUMIS A UN ECHELON DE TENSION »

## Objectifs

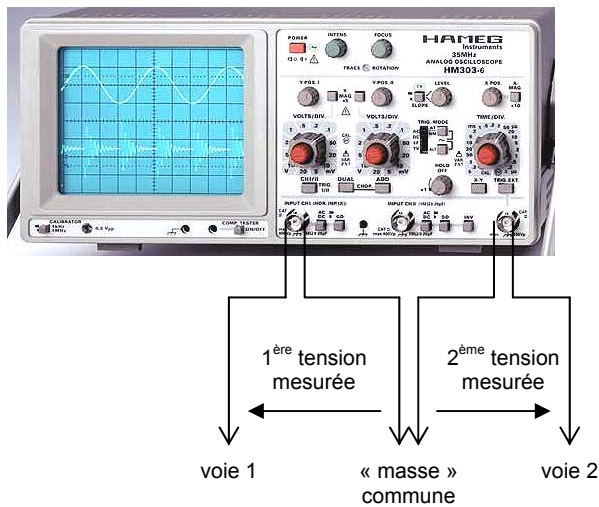
- Observer la variation de l'intensité du courant à l'établissement du courant dans une bobine.
- Rechercher l'influence des paramètres R (résistance du circuit) et L (inductance de la bobine).
- Exploiter qualitativement et quantitativement les graphes obtenus

## I. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

### 1) Module d'acquisition

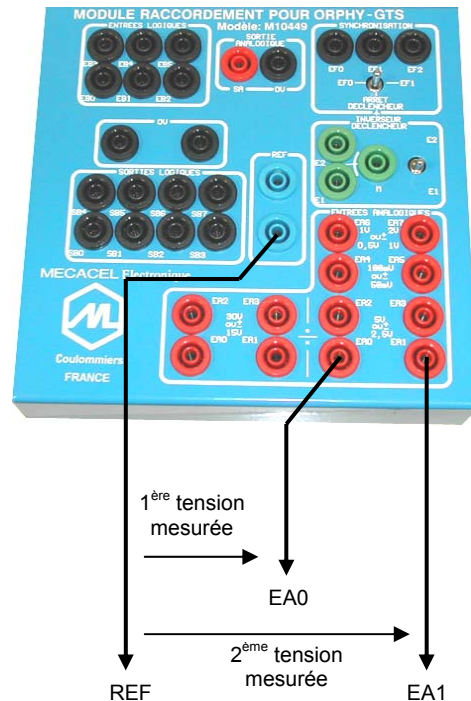
Il existe différents dispositifs d'acquisition de tensions électriques :

**Oscilloscope à mémoire**  
(et nombreuses cartes d'acquisition)



Dans cette séance, nous utiliserons le module Orphy.

**Module Orphy**



### 2) Circuit électrique

**Très important : Bien vérifier que le générateur de tension est réglé sur 4,5 V !**

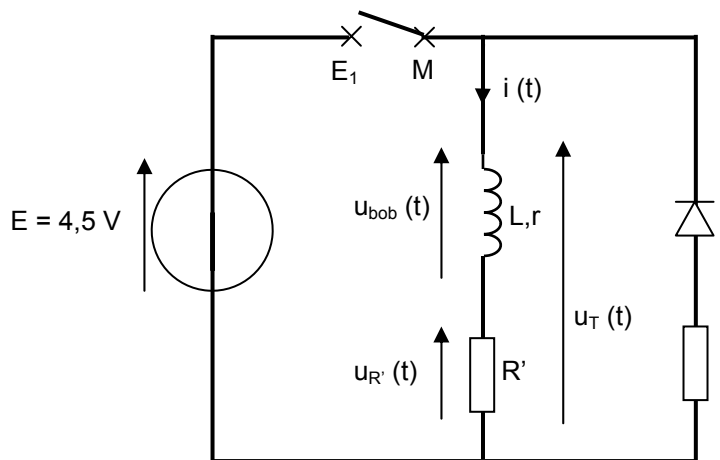
Parfois, le bouton de réglage est décalé : il faut le tourner complètement à gauche (correspond à 3 V), puis avancer d'un cran : la tension sera alors égale à 4,5 V.

La résistance  $R'$  du conducteur ohmique sera fixée à  $10 \Omega$ , l'inductance de la bobine à  $1,4 \text{ H}$ .

On mesurera à l'ohmmètre la valeur de la résistance  $r$  de la bobine.

On appelle  $u_{R'}$  la tension aux bornes du conducteur ohmique, et  $u_T$  la tension « totale » aux bornes de l'ensemble {bobine, conducteur ohmique} (voir ci-contre).

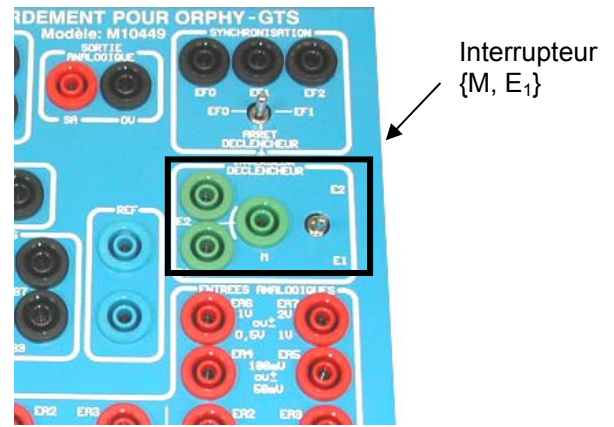
L'interrupteur  $\{M, E_1\}$  permet d'amorcer le régime transitoire : lorsqu'on le ferme, le courant s'engouffre dans la bobine.



Indiquer, sur le schéma, comment connecter les voies REF, EA0 et EA1 au circuit électrique afin que le module Orphy enregistre l'évolution des tensions  $u_{R'}(t)$  et  $u_T(t)$ .

L'interrupteur {M, E<sub>1</sub>} est « fourni » par le module Orphy (voir ci-contre).

Lorsque l'on ouvre ou l'on ferme cet interrupteur, le module déclenchera automatiquement l'acquisition des valeurs des tensions électriques.



### 3) Réglages préliminaires

- Réaliser le montage, en commençant par le circuit principal.
- Brancher les bornes EA0, EA1 et REF du module dans le circuit.
- Basculer l'interrupteur du boîtier Orphy fixant la référence, sur la position « 0 V », qui restreint l'acquisition aux tensions positives (voir photo ci-contre).



- Régler la synchronisation sur EF1 (voir ci-contre) en basculant l'interrupteur à **droite**. C'est cela qui permettra le déclenchement automatique de l'acquisition lors du basculement de l'interrupteur {M, E<sub>1</sub>}.

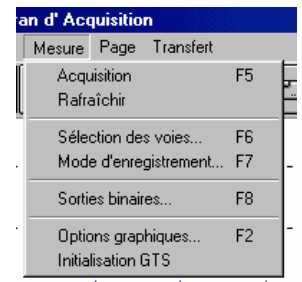


### 4) Lancement et réglage du logiciel

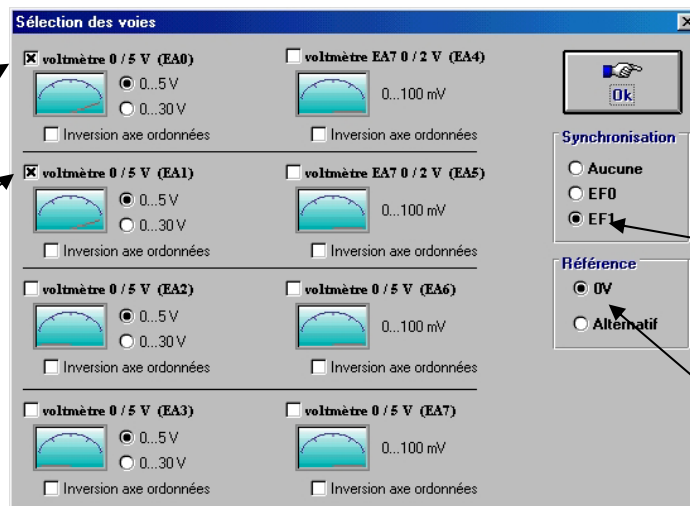
- Lancer le logiciel « Win GTS » dans le menu [Démarrer/Programmes/Exao], disponible sous Windows. Cliquez sur « Test GTS ».



- Cliquer sur « Mesure/Sélection des voies », puis effectuer les réglages suivants (attention à l'ordre) :



- 3 - Sélectionner les voies EA0 et EA1 en réglant l'étendue des mesures sur 0 – 5 V



- 1 - Choisir EF1 comme signal de synchronisation

- 2 - Cliquer sur « 0V »

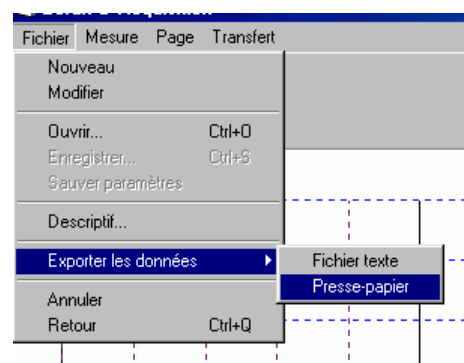
- Cliquer sur « Mesure/Mode d'enregistrement ». Effectuer les réglages suivants :



## II. ACQUISITION

### 1) Enregistrement, exportation des données dans un tableur

- Lancer l'acquisition en cliquant sur Mesure/Acquisition (ou appuyant sur la touche F5). Le logiciel attend maintenant la fermeture de l'interrupteur {M, E<sub>1</sub>}.
- Fermer {M, E<sub>1</sub>}. L'enregistrement a lieu et dure 800 millisecondes.
- Exporter les données dans Excel :
  - cliquer sur Fichier/Exporter les données/Presse-papier (voir ci-contre),
  - ouvrir Excel , et effectuer un Edition/Coller dans une feuille de calcul
  - tracer un graphe représentant l'évolution de  $u_R(t)$  et de  $u_T(t)$  au cours du temps.



### 2) Exploitation du graphe obtenu

- Rappeler à quoi correspond l'instant initial  $t = 0$ .
- Vers quelle valeur tend la tension  $u_R(t)$  ? Etait-ce prévisible ? Justifier proprement.
- On définit la constante de temps  $\tau$  du circuit (R, L) comme étant la durée nécessaire pour que la tension  $u_R(t)$  atteigne 63 % de sa valeur finale. Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ .
- L'étude théorique montre que  $\tau$  correspond également à l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe  $u_R(t)$  en  $t = 0$  avec l'asymptote de  $u_R(t)$  quand  $t$  tend vers  $+\infty$ . Vérifier cette propriété.
- Déterminer la valeur de  $u_R(t)$  pour  $t = 5\tau$ . Que peut-on en conclure ?
- Tracer la courbe  $u_{bob}(t)$ , tension aux bornes de la bobine, sur le graphique précédent.
- Expliquez ce qu'il advient lorsque l'on ouvre l'interrupteur {M, E<sub>1</sub>}. A quoi sert la partie droite du circuit (diode et résistance) ?

### III. INFLUENCE DES PARAMETRES R, L ET E

#### 1) Influence de la résistance $R = R' + r$

##### a) Enregistrements

- Reprendre l'enregistrement de l'établissement du courant en conservant  $E = 4,5 \text{ V}$  et  $L = 1,4 \text{ H}$ , mais en réglant  $R'$  de façon à obtenir les valeurs de  $R$  indiquées dans le tableau (que vous complèterez).

Remarque : sélectionner si nécessaire, un mode d'enregistrement mieux adapté.

|                       |    |    |    |     |
|-----------------------|----|----|----|-----|
| $R = R' + r (\Omega)$ | 30 | 40 | 50 | 100 |
| $\tau (\text{s})$     |    |    |    |     |

##### b) Exploitation

- Commenter l'influence de la valeur de la résistance  $R$  sur l'établissement du courant.

#### 2) Influence de l'inductance $L$

##### a) Enregistrements

- Reprendre l'enregistrement de l'établissement du courant en conservant  $E = 4,5 \text{ V}$  et  $R' = 10 \Omega$ , mais avec des inductances différentes (modifier la position du curseur à l'aide de la manivelle)

|                   |     |     |      |      |
|-------------------|-----|-----|------|------|
| $L (\text{H})$    | 1,4 | 1,0 | 0,50 | 0,15 |
| $\tau (\text{s})$ |     |     |      |      |

##### b) Exploitation

- Commenter l'influence de la valeur de l'inductance  $L$  sur l'établissement du courant.

#### 3) Influence de la valeur du rapport $\frac{L}{R} = \frac{L}{R' + r}$ :

Compléter le tableau suivant récapitulant les valeurs précédentes :

|                                  |     |     |      |      |     |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $R = R' + r (\Omega)$            |     |     |      |      | 30  | 40  | 50  | 100 |
| $L (\text{H})$                   | 1,4 | 1,0 | 0,50 | 0,15 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| $\frac{L}{R} = \frac{L}{R' + r}$ |     |     |      |      |     |     |     |     |
| $\tau (\text{s})$                |     |     |      |      |     |     |     |     |

- De façon générale, compte tenu des résultats précédents, que peut-on dire de l'influence du quotient  $\frac{L}{R}$  sur l'évolution de l'intensité du courant ?
- Comparer la valeur de  $\tau$  avec le rapport  $\frac{L}{R}$ . Montrer que  $\frac{L}{R}$  est homogène à une durée.

#### 4) Influence de la valeur $E$ du générateur

- Régler la résistance sur  $R' = 10 \Omega$ , l'inductance sur  $L = 1,4 \text{ H}$  et la valeur  $E$  de la tension délivrée par le générateur sur  $3,0 \text{ V}$ . Lancer l'acquisition.
- Déterminer la valeur de  $\tau$ . Quelle semble être l'influence de  $E$  sur  $\tau$  ?

# TP « DIPOLE (R, L) SOUMIS A UN ECHELON DE TENSION » CORRECTION

## Objectifs

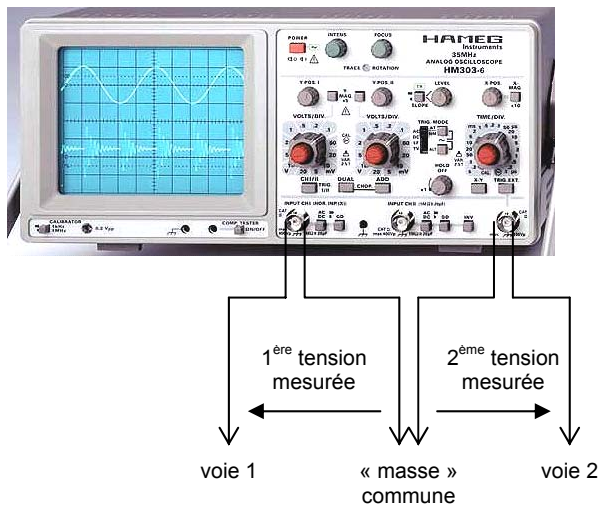
- Observer la variation de l'intensité du courant à l'établissement du courant dans une bobine.
- Rechercher l'influence des paramètres R (résistance du circuit) et L (inductance de la bobine).
- Exploiter qualitativement et quantitativement les graphes obtenus

## I. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

### 1) Module d'acquisition

Il existe différents dispositifs d'acquisition de tensions électriques :

**Oscilloscope à mémoire**  
(et nombreuses cartes d'acquisition)



Dans cette séance, nous utiliserons le module Orphy.

### 2) Circuit électrique

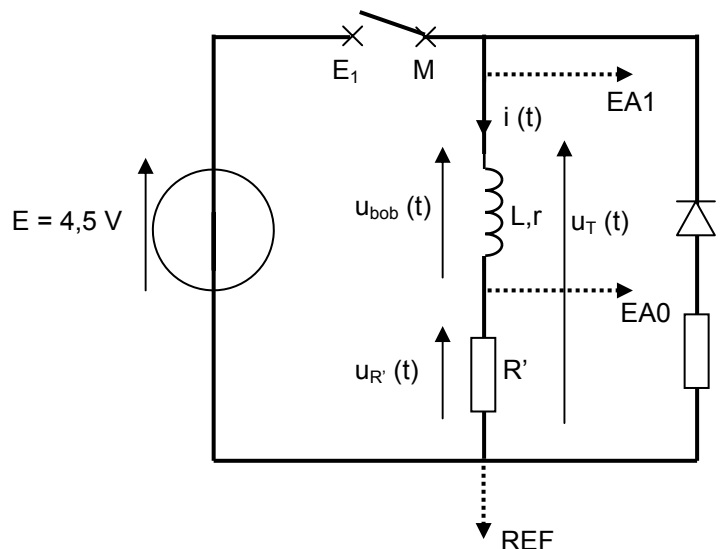
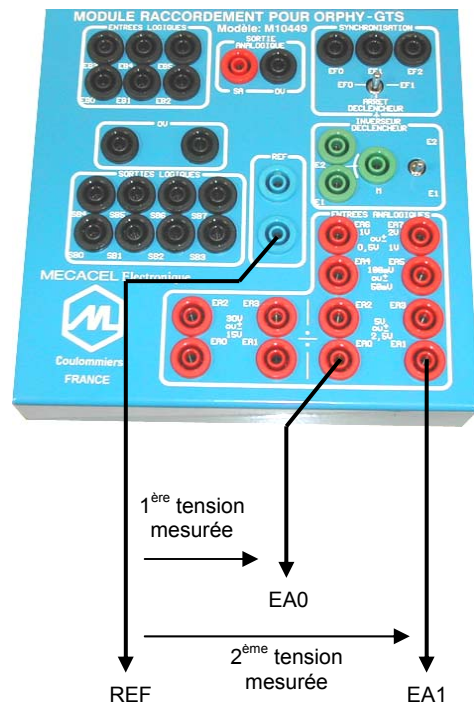
Le générateur de tension est réglé sur 4,5 V .  
La résistance  $R'$  du conducteur ohmique est fixée à  $10 \Omega$ , l'inductance de la bobine à 1,4 H. On mesure (à l'aide d'un ohmmètre) la valeur de la résistance  $r$  de la bobine :  $r = 12 \Omega$ .

On appelle  $u_{R'}$  la tension aux bornes du conducteur ohmique, et  $u_T$  la tension « totale » aux bornes de l'ensemble {bobine, conducteur ohmique} (voir ci-contre).

L'interrupteur {M,  $E_1$ } permet d'amorcer le régime transitoire : lorsqu'on le ferme, le courant s'engouffre dans la bobine.

Les voies REF, EA0 et EA1 sont connectées au circuit électrique afin que le module Orphy enregistre l'évolution des tensions  $u_{R'}(t)$  et  $u_T(t)$ .

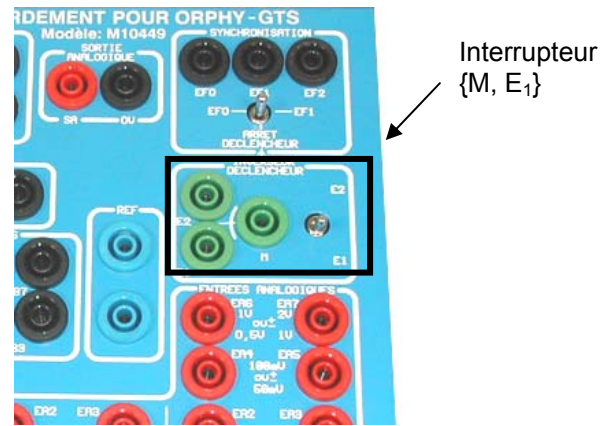
**Module Orphy**





L'interrupteur {M, E<sub>1</sub>} est « fourni » par le module Orphy (voir ci-contre).

Lorsque l'on ouvre ou l'on ferme cet interrupteur, le module déclenchera automatiquement l'acquisition des valeurs des tensions électriques.



### 3) Réglages préliminaires

- On bascule l'interrupteur du boîtier Orphy fixant la référence, sur la position « 0 V », qui restreint l'acquisition aux tensions positives (voir photo ci-contre).
- On règle la synchronisation sur EF1 (voir ci-contre) en basculant l'interrupteur **à droite**. C'est cela qui permettra le déclenchement automatique de l'acquisition lors du basculement de l'interrupteur {M, E<sub>1</sub>}.



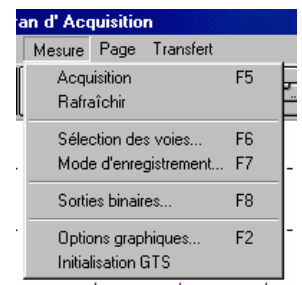
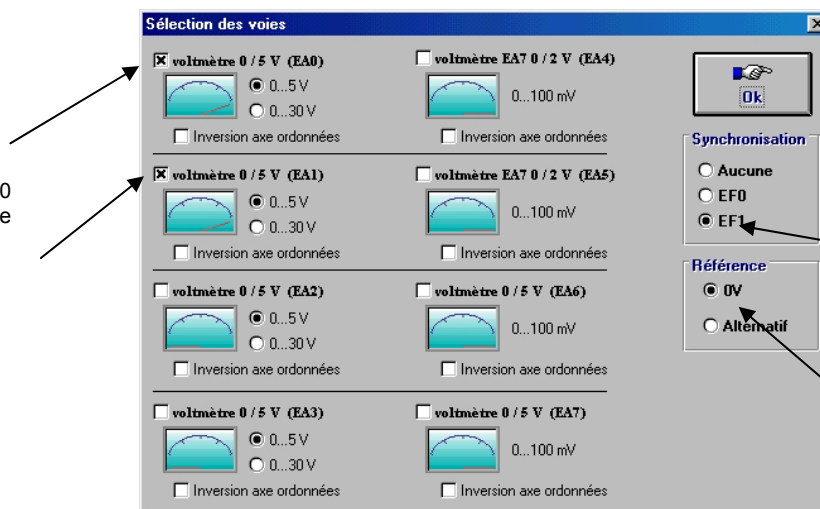
### 4) Lancement et réglage du logiciel

- On lance le logiciel « Win GTS » dans le menu [Démarrer/Programmes/Exao], disponible sous Windows.



- On effectue les réglages suivants :

3 - Sélectionner les voies EA0 et EA1 en réglant l'étendue des mesures sur 0 – 5 V



1 - Choisir EF1 comme signal de synchronisation

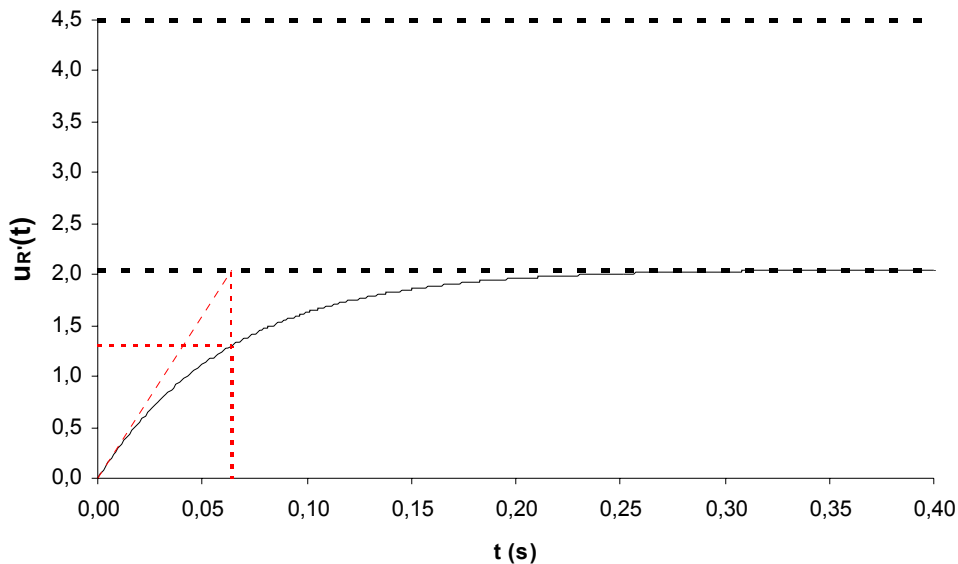
2 - Cliquer sur « 0V »



## II. ACQUISITION

### 1) Enregistrement, exportation des données dans un tableur

- On lance l'acquisition en cliquant sur Mesure/Acquisition (ou en appuyant sur la touche F5). Le logiciel attend la fermeture de l'interrupteur  $\{M, E_1\}$ .
- On ferme  $\{M, E_1\}$ . L'enregistrement a lieu et dure 800 millisecondes.
- On exporte les données dans Excel, et l'on trace la courbe :



### 2) Exploitation du graphe obtenu

- L'instant initial ( $t = 0$ ) correspond à la fermeture de l'interrupteur  $\{M, E_1\}$ .
- On sait que  $u_{\text{bob}}(t) = L \frac{di}{dt}(t) + r i(t)$ . Lorsque le régime permanent est atteint,  $u_{R'}(t)$  atteint sa valeur finale.

Alors, on a  $i(t) = \text{cste}$ , d'où  $\frac{di}{dt}(t) = 0$  et donc  $u_{\text{bob}}(t) = r i(t)$ . Par suite,  $E = r i(t) + R' i(t) = (r + R') i(t) = R i(t)$ .

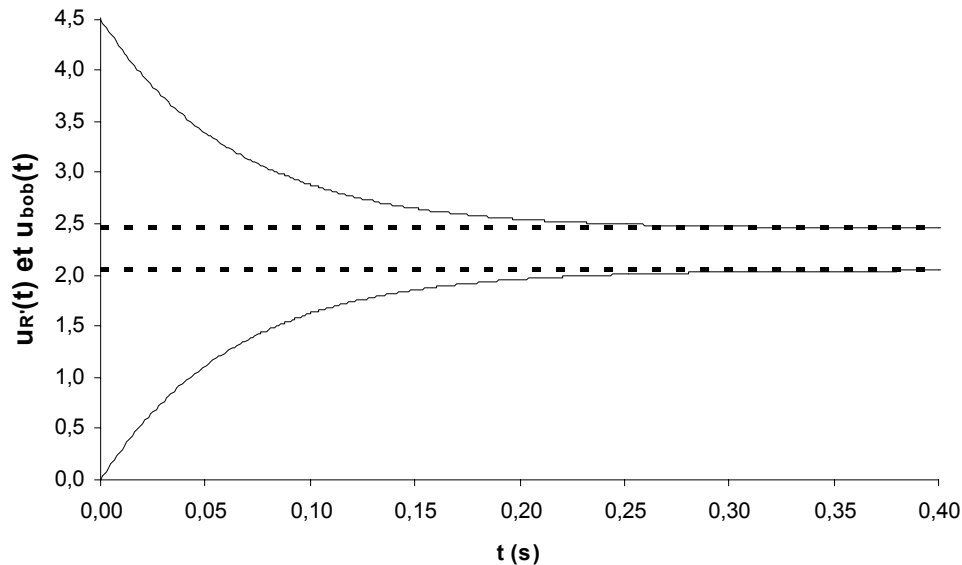
Ainsi,  $i(t) = \frac{E}{R}$ . Puisque  $u_{R'}(t) = R' i(t)$ , il vient  $u_{R'}(t) = R' \frac{E}{R} = E \times \frac{R'}{R' + r}$ .

Si  $r$  était négligeable devant  $R'$ , on aurait  $u_{R'}(t) \approx E \times \frac{R'}{R'} \approx E$ , c'est-à-dire que  $u_{R'}(t)$  tendrait vers la tension du générateur. Mais puisque  $r$  n'est pas négligeable devant  $R'$ ,  $u_{R'}(t)$  tend vers une valeur inférieure à  $E$ . C'est ce que l'on observe sur la courbe.

Ici, on a  $r = 12 \, \Omega$ , donc  $u_{R'}(t)$  tend vers  $E \times \frac{R'}{R' + r} = 4,5 \times \frac{10}{10 + 12} = 2,0 \, \text{V}$ . C'est bien la valeur de l'asymptote de notre enregistrement.

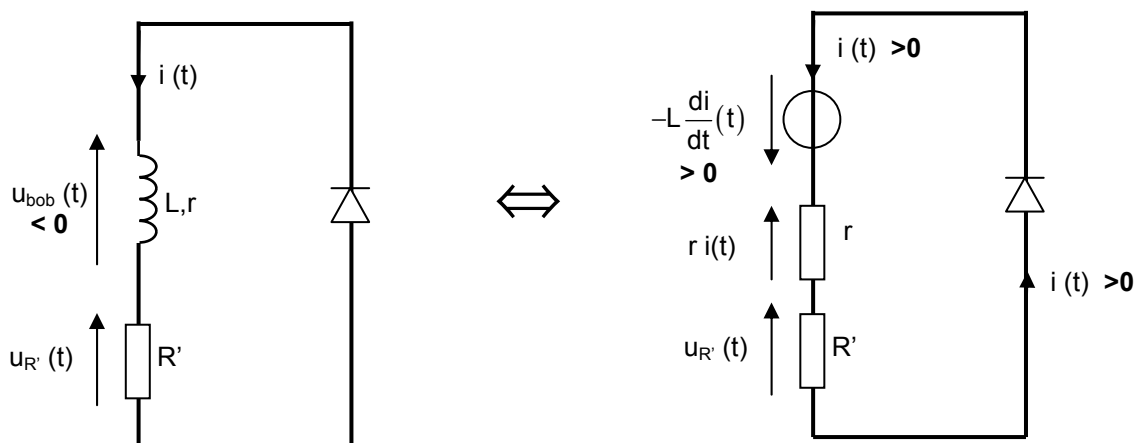


- On définit la constante de temps  $\tau$  du circuit ( $R, L$ ) comme étant la durée nécessaire pour que la tension  $u_{R'}(t)$  atteigne 63 % de sa valeur finale. Graphiquement, on mesure  $\tau = 0,065$  s. On remarque que  $\tau$  correspond aussi à l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe  $u_{R'}(t)$  en  $t = 0$  avec l'asymptote de  $u_{R'}(t)$  quand  $t$  tend vers  $+\infty$ .
- Pour  $t = 5\tau$ , on peut considérer (voir graphique) que  $u_{R'}(t)$  a rejoint son asymptote. Le régime permanent est atteint. On a  $u_{R'}(t) = E \times \frac{R'}{R' + r}$ .
- On trace la courbe  $u_{bob}(t)$ , tension aux bornes de la bobine, sur le graphique précédent, en calculant  $u_{bob}(t) = E - u_{R'}(t) = 4,50 - u_{R'}(t)$ .



$u_{bob}(t)$  semble bien tendre vers  $r i(t) = r \frac{E}{R} = E \times \frac{r}{R' + r}$ . (valeur numérique : 2,5 V).

- Lorsque l'on ouvre l'interrupteur  $\{M, E_1\}$ ,  $i$  chute brutalement,  $\frac{di}{dt}(t)$  prend donc des valeurs négatives relativement importantes. La tension  $L \frac{di}{dt}(t)$  prend donc des valeurs négatives importantes, et  $u_{bob}(t) = L \frac{di}{dt}(t) + r i(t)$  est négative. La bobine se comporte comme un générateur essayant de faire passer un courant dans le sens positif (elle essaye d'empêcher le courant de disparaître) :



Le courant s'engouffre donc dans la partie droite du circuit... ce qui évite des **étincelles** (cela évite que le courant, n'ayant pas de conducteur pour passer, ne franchisse l'air entre les bornes de l'interrupteur, ouvert). La diode est là pour éviter que le courant ne passe dans la partie droite du circuit **lorsque l'interrupteur est fermé**, ce qui aurait pour effet de court-circuiter la bobine et d'empêcher qu'elle soit alimentée par le générateur de tension. La résistance rajoutée permet que le courant ne soit pas trop important et ne détériore la diode.

### III. INFLUENCE DES PARAMETRES R, L ET E

#### 1) Influence de la résistance $R = R' + r$

##### a) Enregistrements

- On reprend l'enregistrement de l'établissement du courant en conservant  $E = 4,5 \text{ V}$  et  $L = 1,4 \text{ H}$ , mais en réglant  $R'$  de façon à obtenir les valeurs de  $R$  indiquées dans le tableau (que vous complèterez).

Remarque : sélectionner si nécessaire, un mode d'enregistrement mieux adapté.

|                       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| $R = R' + r (\Omega)$ | 30    | 40    | 50    | 100   |
| $\tau (\text{s})$     | 0,050 | 0,035 | 0,030 | 0,015 |

##### b) Exploitation

- Commenter l'influence de la valeur de la résistance  $R$  sur l'établissement du courant.

#### 2) Influence de l'inductance $L$

##### a) Enregistrements

- Reprendre l'enregistrement de l'établissement du courant en conservant  $E = 4,5 \text{ V}$  et  $R' = 10 \Omega$ , mais avec des inductances différentes (modifier la position du curseur à l'aide de la manivelle)

|                   |       |       |       |        |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|
| $L (\text{H})$    | 1,4   | 1,0   | 0,50  | 0,15   |
| $\tau (\text{s})$ | 0,065 | 0,045 | 0,025 | 0,0080 |

##### b) Exploitation

- Commenter l'influence de la valeur de l'inductance  $L$  sur l'établissement du courant.

#### 3) Influence de la valeur du rapport $\frac{L}{R} = \frac{L}{R' + r}$ :

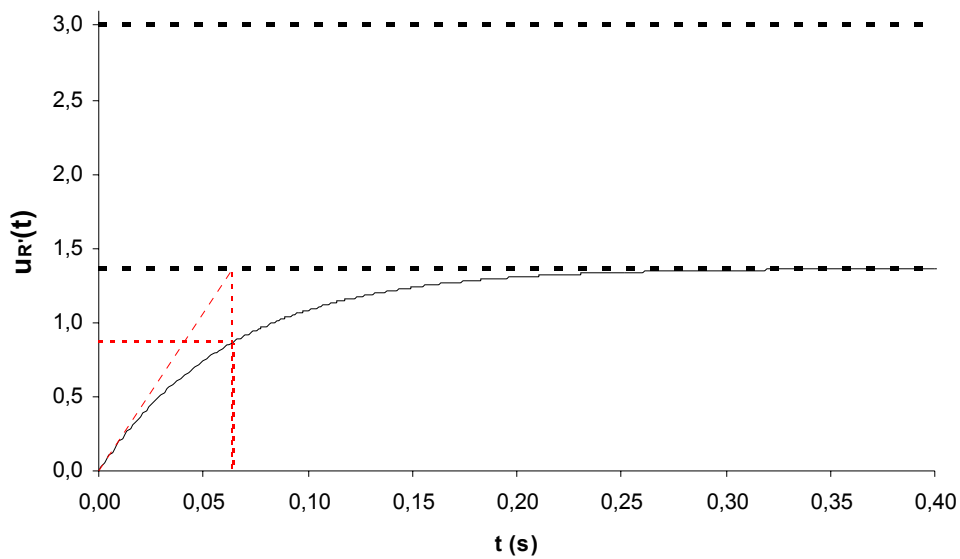
Compléter le tableau suivant récapitulant les valeurs précédentes :

|                                  |       |       |       |        |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $R = R' + r (\Omega)$            | 22    | 22    | 22    | 22     | 30    | 40    | 50    | 100   |
| $L (\text{H})$                   | 1,4   | 1,0   | 0,50  | 0,15   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   |
| $\frac{L}{R} = \frac{L}{R' + r}$ | 0,065 | 0,045 | 0,023 | 0,0070 | 0,047 | 0,035 | 0,028 | 0,015 |
| $\tau (\text{s})$                | 0,065 | 0,045 | 0,025 | 0,0080 | 0,050 | 0,035 | 0,030 | 0,015 |

- De façon générale, on peut dire que plus le quotient  $\frac{L}{R}$  est grand, plus le retard de courant est important (et plus la durée du régime transitoire est grande).
- $\tau$  semble très proche du rapport  $\frac{L}{R}$ . De plus,  $\frac{L}{R}$  est homogène à une durée. En effet :  
 $L$  s'exprime en  $\text{H}$ , c'est à dire en  $\text{V.s.A}^{-1}$  (car  $-L \frac{di}{dt}$  s'exprime en  $\text{V}$ ), donc en  $\text{V.s}^2.\text{C}^{-1}$ .  
 $R$  s'exprime en  $\Omega$ , c'est à dire en  $\text{V.A}^{-1}$ , donc en  $\text{V.s.C}^{-1}$ .  
 $\frac{L}{R}$  s'exprime donc bien en  $\text{s}$ .
- Il semble donc que  $\tau = \frac{L}{R}$ .

#### 4) Influence de la valeur E du générateur

- On règle la résistance  $R'$  sur  $10\ \Omega$ , l'inductance  $L$  sur  $1,4\ \text{H}$  et la valeur  $E$  de la tension délivrée par le générateur sur  $3,0\ \text{V}$ . On lance l'acquisition. Voici la courbe obtenue :



La valeur de  $\tau$  n'a pas changé : elle est toujours voisine de  $0,065\ \text{s}$ . la tension du générateur  $E$  ne semble donc pas avoir d'influence sur la valeur de  $\tau$ . Cela était prévisible, puisque l'on suppose que  $\tau = \frac{L}{R}$ .

**Remarque** : pour démontrer que  $\tau$  est effectivement égal à  $\frac{L}{R}$ , il faut résoudre l'équation différentielle (voir cours). Ici, on s'est contenté d'une approche purement expérimentale.