

TP4 : Étude de l'Oscilloscope

Tutoriel

FPST 1^{ère} Année - Sections A, B, C et D - AU 2019/2020

1. Objectifs de la manipulation :

- Description et principe de fonctionnement d'un oscilloscope.
- Mise en évidence de l'importance de l'oscilloscope en tant qu'instrument de mesure généralisé.
- Etude théorique et expérimentale du « mode opératoire » d'un oscilloscope.
- Application à l'étude de circuits électriques.

2. Rappel théorique :

2.1. Définition :

Un oscilloscope est un appareil de mesure généralisé ; il est utilisé pour étudier, mesurer et visualiser plusieurs signaux ou grandeurs dans les circuits électriques des plus simples aux plus compliquées. Au niveau du polycopié, vous trouverez en détails le principe de fonctionnement de l'oscilloscope. **On vous conseille aussi de voir les nombreuses ressources et liens sur l'oscilloscope, et de puiser dans la documentation Internet.**

2.2. Description d'un oscilloscope

Les principaux boutons de contrôle et les prises de connexion sont énumérés pour décrire un oscilloscope analogique à **deux voies** appelé souvent **X-Y** (ou parfois **A-B**, ou encore **Canal I-II**) ; le reste des boutons intervient dans le cadre d'une future formation en électronique.

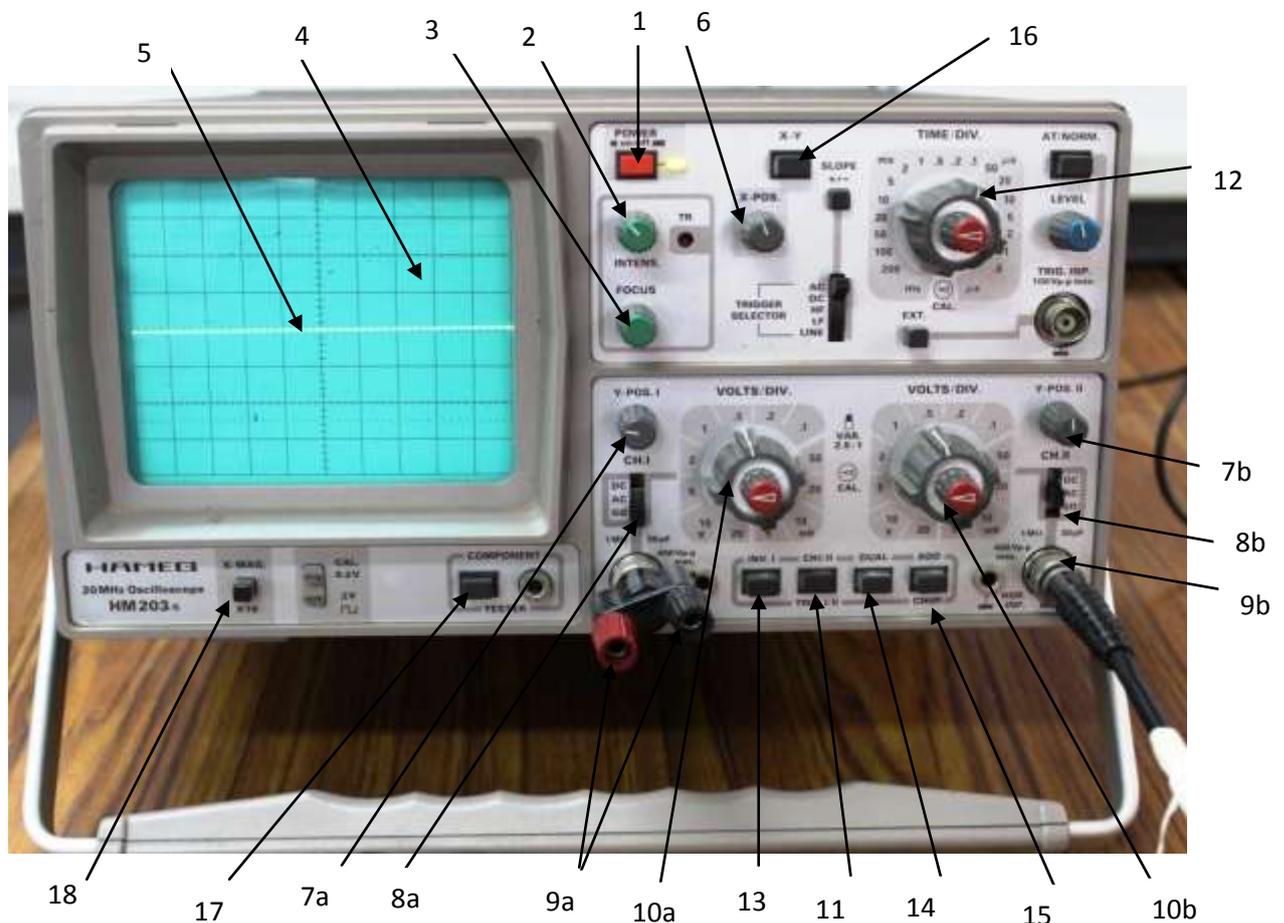


Fig.1 Fonctionnalités des boutons d'un oscilloscope

Légende et explication :

- 1.** *Mise en marche (ON/OFF) : évitez d'éteindre l'oscilloscope au bout de 10 mn de fonctionnement ; cet appareil, muni du principe de la TV doit fonctionner au moins ½ h. Ce n'est pas une simple alimentation où on peut l'allumer, travailler à peine une minute et l'éteindre par la suite sans problèmes.*
- 2.** *Contrôle de l'intensité de la trace (ou signal sur l'écran): réglage en fonction de la lumière ambiante, et de l'opérateur. Evitez un réglage excessif pour une meilleure lecture et, surtout pour ne pas endommager le tube cathodique de l'oscilloscope.*
- 3.** *Contrôle de la netteté ou mise au point de la trace du signal; il est conseillé d'avoir un signal fin pour une meilleure précision de la lecture.*
- 4.** *Écran de l'oscilloscope avec quadrillage horizontal (période) et vertical (tension) en divisions (DIV.) ou carreaux subdivisés chacun en 5 petites divisions. Il y a 10 DIVisions en horizontal, et 8 en vertical. Attention, l'écran n'est pas symétrique.*
- 5.** *Trace du signal électrique : au début (mettre l'oscilloscope sur le sélecteur 8 en mode GND), tournez la bague de réglage 12 de la base de temps jusqu'à obtenir un trait complet horizontal. Evitez l'inverse... et si le trait n'apparaît pas, alors toujours en GND, il faut changer soit le canal (bouton 11), soit agir sur le bouton de position 7.*
- 6.** *Bouton commun de position X-POS et déplacement horizontal sur l'écran (axe des périodes) pour les canaux 1 et 2*
- 7a.** *Bouton de position Y-POS1 et déplacement vertical sur l'écran (axe des tensions) pour le canal 1 : au début, il permet en continu de le positionner à l'origine et en alternatif de centrer le signal (symétrie).*
- 7b.** *Bouton de position Y-POS2 et déplacement vertical sur l'écran (axe des tensions) pour la voie 2*
- 8a.** *Sélecteur du mode de travail : en continu (DC) ou alternatif (AC) pour le canal 1 (ou X) ; GND (ou masse) permet de bloquer tout signal qui passe par le canal et c'est un moyen pour mettre en pause l'oscilloscope au lieu de l'éteindre et de le rallumer juste après, et ce qui est déconseillé ! (le même conseil est donné pour la TV et l'ordinateur).*
- 8b.** *Sélecteur : en continu (DC) ou alternatif (AC) pour le canal 2 (ou Y)*
- 9a.** *Fiche de connexion avec 2 bornes: le rouge traduit le positif en continu; en alternatif il devient le signal et le noir la masse. On peut permuter et fixer la fiche au niveau du canal 2. Même fonction que le câble.*
- 9b.** *Câble pour n'importe quel canal : là, il est fixé sur le canal 2 et possède lui aussi 2 sorties.*
- 10a.** *Calibres de tension qui se lit sur l'axe vertical en Volts/DIV pour le canal 1 (ou X) : tensions positives au dessus de l'axe horizontal passant par l'origine.*
- 10b.** *Calibres de tension qui se lit sur l'axe vertical en Volts/DIV pour le canal 2 (ou Y)*
- 11.** *Sélecteur du canal : position normale équivaut au canal 1 ; si on presse le bouton, on choisit le canal 2.*
- 12.** *Base de temps (périodes/fréquences) qui se lit sur l'axe horizontal en temps/DIV*
- 13.** *Bouton d'inversion du signal*
- 14.** *DUAL : permet de visualiser les 2 traces (continu) ou signaux (alternatif) : utile pour le calcul du déphasage par la méthode bi-trace*
- 15.** *ADD : bouton permettant de faire la somme (résultante) des 2 signaux*
- 16.** *Sélection du mode X-Y d'affichage des 2 voies X et Y sur l'écran : le bouton XY est utile pour obtenir les courbes de Lissajous (calcul du déphasage).*
- 17.** *Testeur de composants actifs tels que diode ou jonction NP ou PN d'un transistor*
- 18.** *Amplification du signal x10*

Rmq : l'oscilloscope de la photo ci-dessus est réglé avec une base de temps de 0,1 ms/DIV, et en tensions 0,5V/DIV pour les 2 canaux X (voie 1) et Y (voie 2) et sans aucune source branchée.

3. Mode opératoire :

Nous allons décrire dans ce paragraphe quel usage peut être fait de l'oscilloscope pour l'étude des circuits électriques du point de vue théorique et expérimental :

a- Mesure de tensions

L'oscilloscope peut être utilisé comme un voltmètre à très haute impédance d'entrée ($Z = \infty$) pour mesurer les tensions d'un circuit. Il suffit de mettre l'oscilloscope en parallèle au générateur à l'aide de la fiche ou du câble BNC à l'entrée du canal 1 ou 2. Pour mesurer au niveau des photos, on vous conseille de faire au minimum un **zoom de 200%**. L'exemple ci-dessous montre un cas de mesure :

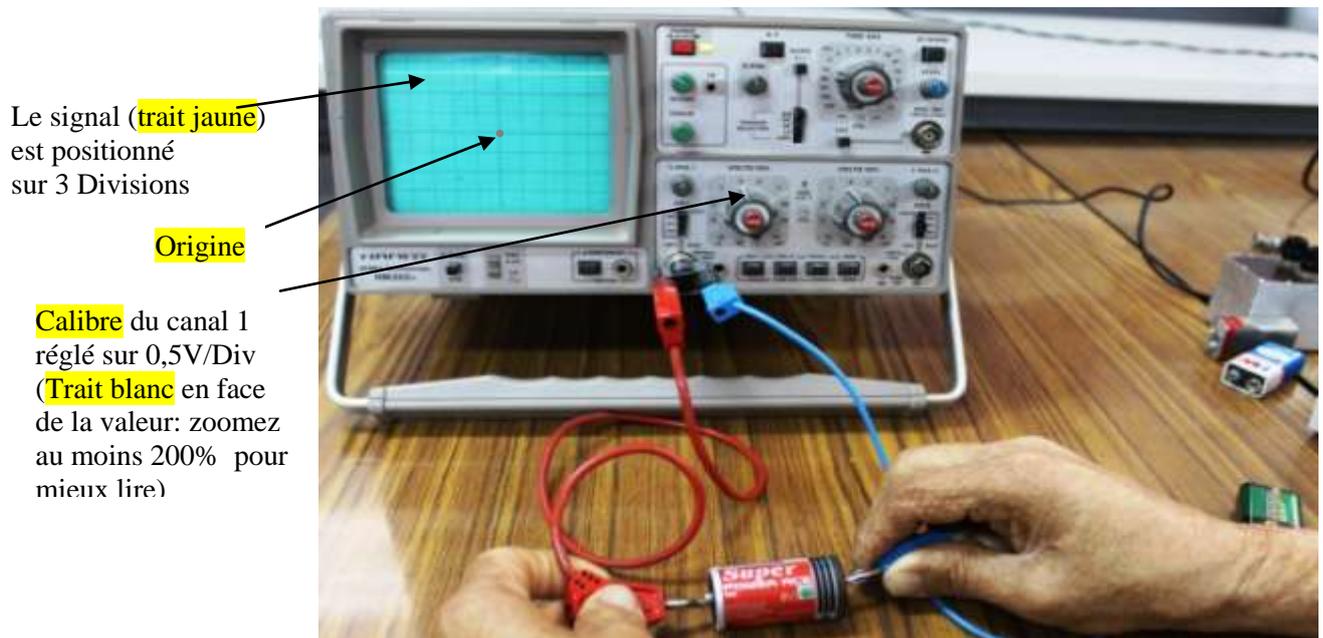


Fig.2 La tension continue de la pile mesurée donne $U = 3 \text{ DIV} \times 0,5\text{V}$, soit :
 $U=1,5\text{V}$

On mesure donc une tension continue d'une pile (**réglage sur DC**) et une tension alternative (réglage sur AC). Le GND (masse), c'est pour bloquer tout signal et mettre l'oscilloscope en pause momentanément et éviter de l'éteindre et de le rallumer.

Un générateur de basses fréquences GBF fournit une **tension alternative** et d'autres signaux:

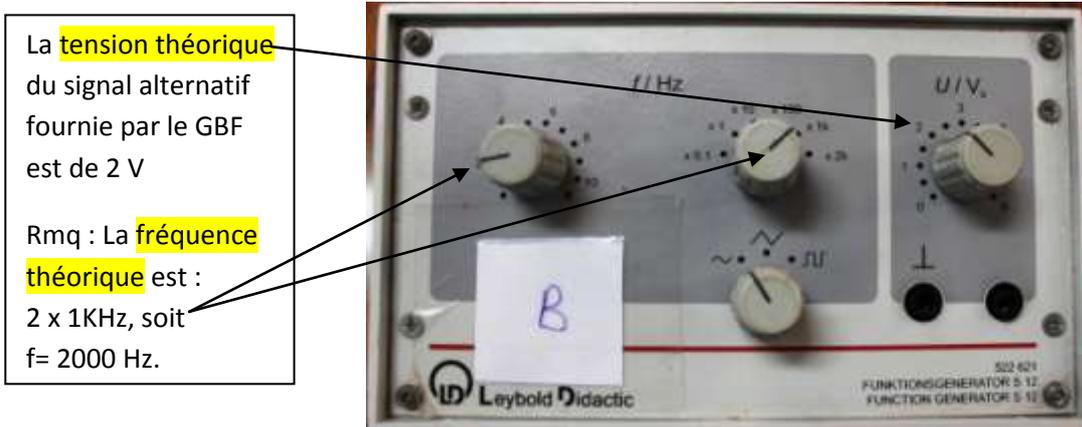


Fig.3 GBF

Voici un exemple de mesure de tension alternative avec l'oscilloscope :

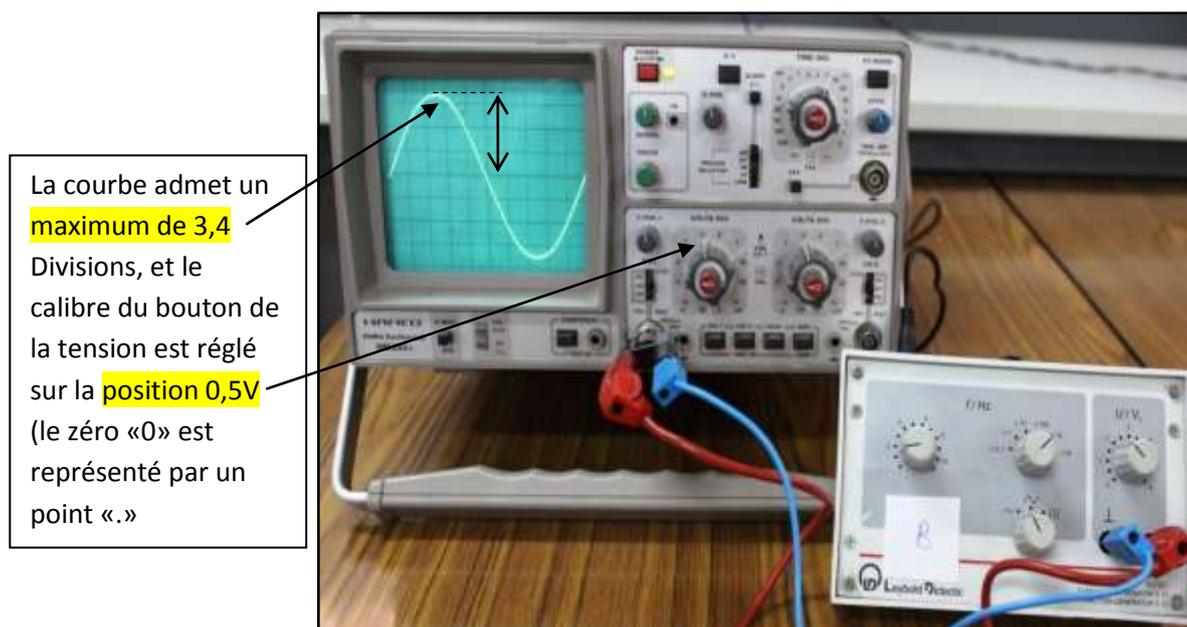


Fig.4 Mesure tension alternative

La tension U_{max} est $3,4 \times 0,5V$, soit $1,7 V$. A partir de cette mesure, il est demandé d'en déduire la tension efficace U_{eff} que mesure le voltmètre.

b- Mesure de fréquences

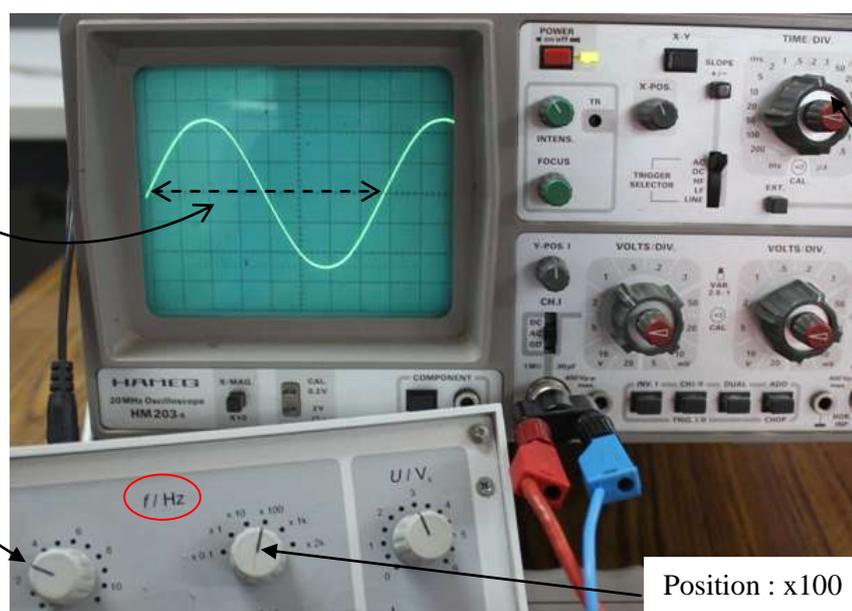
La fréquence d'un signal périodique envoyé par un GBF peut être mesurée indirectement sur l'écran par l'intermédiaire de la **base de temps (Time/div.)**. Faire attention aux calibres lus au niveau de la base de temps en ms ou μs . L'exemple ci-dessous donne une période mesurée $T : 7,8 \text{ Div} \times 0,5 \text{ ms}$, soit $T = 3,9 \text{ ms}$

La figure 3 montre comment on peut lire la fréquence théorique d'un signal fournie par le GBF : cette fréquence sera vérifiée expérimentalement selon la **figure 5 ci-dessous**:

Période $T = 7,8 \text{ Div} \times$
Calibre Base de temps, soit
 $T = 7,8 \times 0,5 \text{ ms} = 3,9 \text{ ms}$
On peut donc en déduire
 $f_{exp} = 1/T$ et la comparer
avec la valeur f_{th} du GBF

Position : 3

La fréquence f_{th} du
GBF est : $3 \times 100 \text{ Hz}$,
soit $f_{th} = 300 \text{ Hz}$



Remarque : malgré le conseil du zoom de la figure pour mieux voir les détails, il arrive parfois de se tromper sur la bonne valeur du calibre et cela donne un résultat trop éloigné du théorique. Dans ce cas, il est conseillé de prendre la valeur voisine et de refaire les calculs.

c- **Mesure de phase**

Le circuit à étudier est représenté par la figure 6a :



Fig.6a Schéma à réaliser et à étudier pour les circuits RL et RC

Si deux signaux sinusoïdaux de même fréquence, mais de phases différentes, sont visualisés sur l'écran de l'oscilloscope on pourra alors déterminer leur différence de phase suivant deux (2) méthodes décrites ci-dessous :

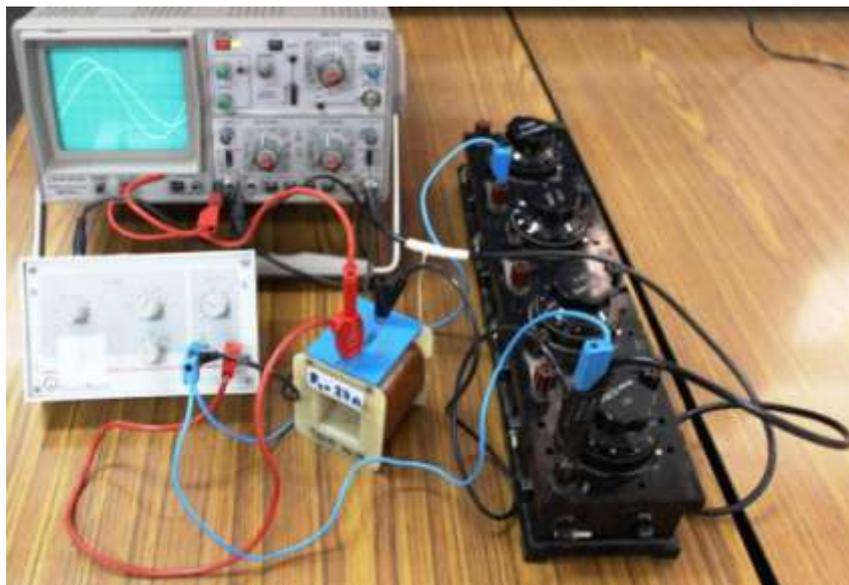


Fig.6b Montage du circuit RL avec l'oscilloscope et méthode DUAL

1)- **Figure bi-trace**

Le signal de référence (**phase 0** :) doit être connecté à la voie X (canal 1 ou encore **CH 1** ou parfois **voie A**) ; appuyer sur le **bouton DUAL** (N°14 dans la figure 1) et fixer le gain des deux entrées de telle sorte que l'amplitude des signaux soit égale à environ **5 divisions**. Obtenir à l'aide de la base de temps seulement un cycle de l'onde du signal, et déplacer horizontalement avec le bouton X-POS les deux signaux suivant la figure 7 :

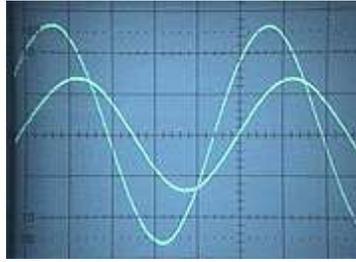


Fig. 7a Écran montrant des courbes de deux signaux déphasés

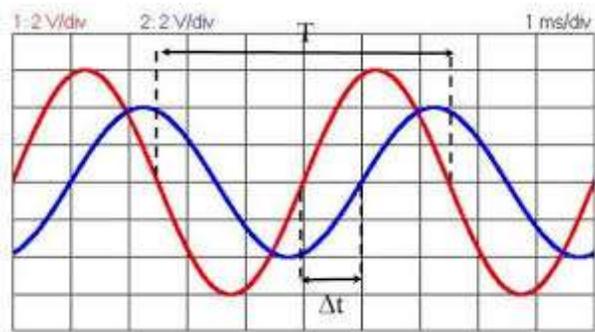


Fig. 7b Schéma de deux courbes déphasées affichées sur un écran d'oscilloscope

Les courbes affichées sur la figure 7-b avec la base de temps de 1 ms/div . ; pour la courbe rouge de la voie **CH 1 (signal X)** chaque division (1cm) vaut 2V et la courbe bleue de la voie **CH 2 (signal Y)** chaque division vaut elle aussi 2V. Pour déterminer le déphasage, il faut lire sur l'axe des abscisses :

T : distance horizontale pour 1 période (en cm) ; $T = 5 \text{ ms}$

Δt : distance horizontale à partir de l'origine/zéro (en cm) ; $\Delta t = 1 \text{ ms}$

Avec cet exemple, on obtient : $\varphi = \left(\frac{\Delta t}{T}\right) \cdot 360^\circ = \frac{1}{5} \cdot 360^\circ = 72^\circ$

où φ représente le déphasage entre les deux signaux.

2)- Figures de Lissajous

On relâche le bouton DUAL et on opère comme dans la méthode bi-trace, c'est-à-dire, on prend des signaux de même amplitude ; puis on presse sur le bouton **X-Y** (N°16 dans la figure 1). Dans ce mode, un des signaux sinusoïdaux assure une déviation horizontale (X) tandis que l'autre signal amène une déviation verticale (Y) dont les équations temporelles sont :

$$\begin{cases} x(t) = a \sin(\omega t + \varphi) \\ y(t) = b \sin(\omega t) \end{cases}$$

La figure obtenue est généralement une ellipse où l'on a : $\sin(\varphi) = \frac{a}{b}$

On peut donc en déduire le déphasage φ et le comparer avec celui calculé avec la méthode Dual.

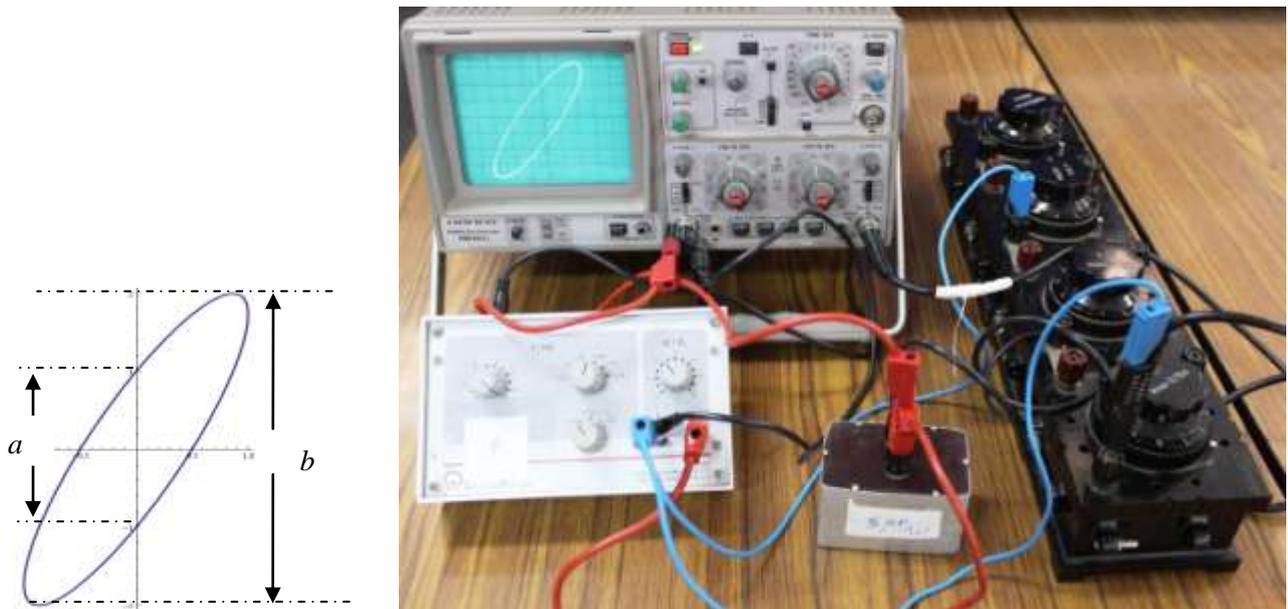


Fig.8 Montage Circuit RC et Courbe de Lissajous (paramètres a, b)

Partie C1a : Mesure de phase par la méthode bi-trace ou Dual (circuit RL)

- Réaliser le montage du circuit **RL** (résistance et self en série) ; et connecter-les aux voies X et Y de l'oscilloscope comme indiqué sur le schéma de la figure 6a.
- Ajuster le gain des deux voies pour obtenir deux traces identiques de la figure 7 (a-b) ; puis en déduire le déphasage φ .
- Rappelons que la résistance R doit être ajustée à une valeur comparable à la **réactance X_L** de l'inductance L à une certaine fréquence f constante émise par le générateur :

$$\begin{cases} f = 1\text{kHz} \\ X_L = 2\pi fL \end{cases}$$

Partie C1b : Mesure de phase par la méthode de Lissajous (circuit RL)

Le même circuit est étudié ; on appuie sur la touche XY (bouton N° 18) et on obtient une ellipse sur l'écran. La déviation horizontale X est proportionnelle à la d.d.p. appliquée, et la déviation verticale Y de la figure étant proportionnelle au courant (et en phase aussi) :

- Ajuster le même gain pour les deux voies, de l'ordre de **0.5 V/div**.
- Le déphasage φ est obtenu en mesurant directement les distance a et b de l'ellipse.
- Connaissant φ , en déduire la réactance X_L du circuit **RL** .
- On rappelle que $\tan \varphi = \frac{X_L}{R}$ avec $R' = R + R_L$ (R_L est la résistance de l'inductance L).

Parties C2a et C2b : Mesures de phase par la méthode bi-trace et Lissajous (circuit RC)

Procéder aux mêmes mesures que précédemment en suivant le schéma utilisé avec C à la place de L, et appliquez les 2 méthodes. Rappelons que la fréquence utilisée est toujours $f = 1\text{kHz}$ et la **capacité X_C du circuit à calculer** est : $X_C = 1/2\pi fC$; ne pas oublier de changer la valeur de la résistance R. Répondez aux mêmes questions.

