

## 0-INTRODUCTION AUX TRAVAUX PRATIQUES

---

- THEMES:
- Oscilloscope double trace
  - Générateur de fonctions
  - Tracé de courbe
  - Déphasage

Cette séance d'introduction aux TP s'est avérée nécessaire du fait des grandes lacunes constatées chez les étudiants de deuxième année des tronc communs ST et SM. Elle doit être considérée comme un ensemble de rappels de notions, en principe, acquises durant les années précédentes (en particulier en première année). Ces notions concernent le fonctionnement et l'utilisation de l'oscilloscope à double trace et du générateur de fonctions à basses fréquences (GBF). Les appareils décrits sont des appareils types. La présentation et la complexité peuvent donc être différentes d'un appareil à un autre. Cette séance s'achèvera par une manipulation permettant aux étudiants de dépasser ces différences et de se familiariser avec tous les types d'appareils utilisés en travaux pratiques de Vibrations et Ondes.

### I. L'OSCILLOSCOPE

Un oscilloscope est un appareil d'observation et de mesure de bonne qualité qui permet de visualiser des signaux quelconques, en particulier, les signaux périodiques. On peut lui attribuer quatre fonctions essentielles:

- visualisation de la forme d'un ou deux signaux
- mesure d'amplitude (fonction voltmètre)
- mesure de temps (période, déphasage,...)
- composition de deux signaux (mode XY)

Comme tout appareil de mesure de bonne qualité, un oscilloscope ne modifie pas de façon sensible les caractéristiques du signal observé. La figure 0-1 présente un schéma simplifié de l'oscilloscope.

#### 1. Description de l'oscilloscope

La face avant de l'oscilloscope comporte généralement quatre parties que l'étudiant doit identifier avant l'utilisation (figure 0-2):

- l'écran
- les deux voies verticales
- la base de temps (voie horizontale)
- La synchronisation (déclenchement).

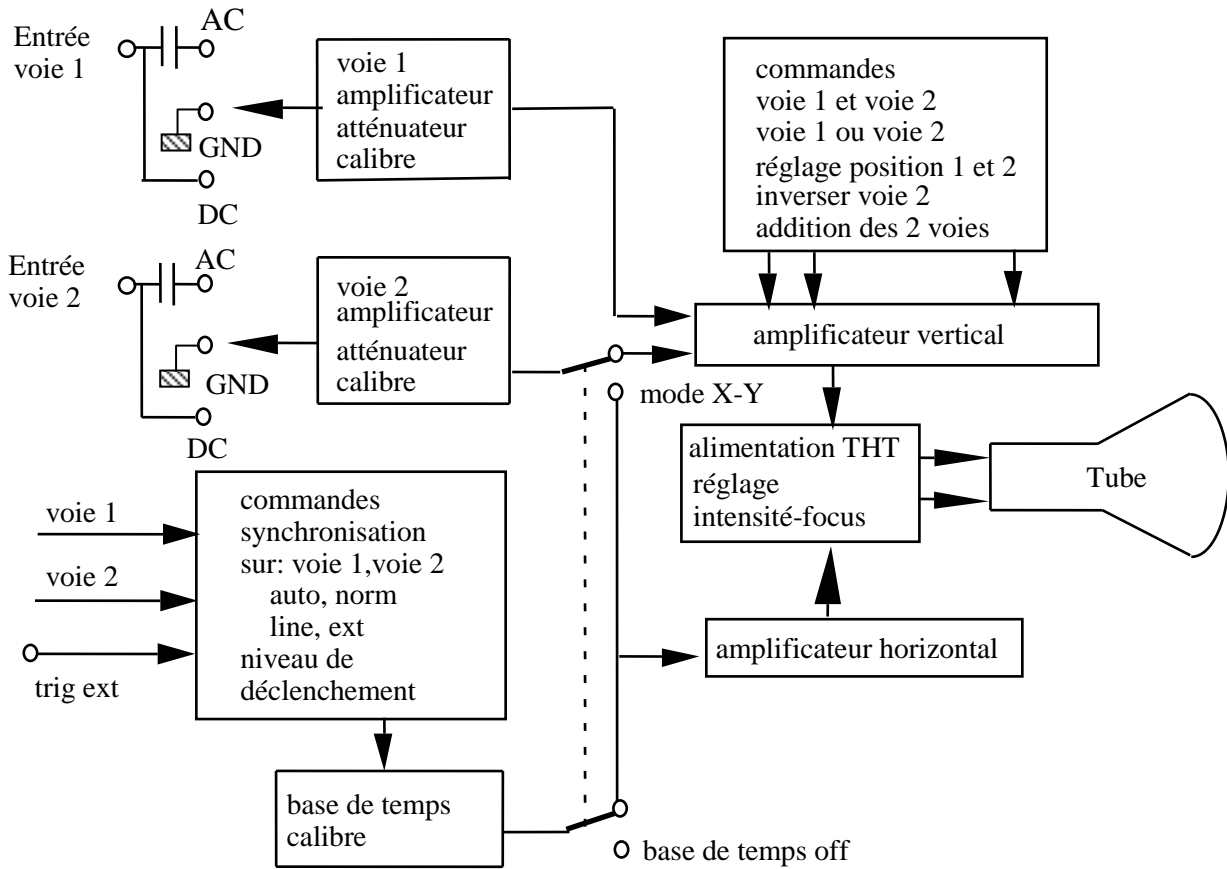


Figure 0-1: Schéma simplifié de l'oscilloscope

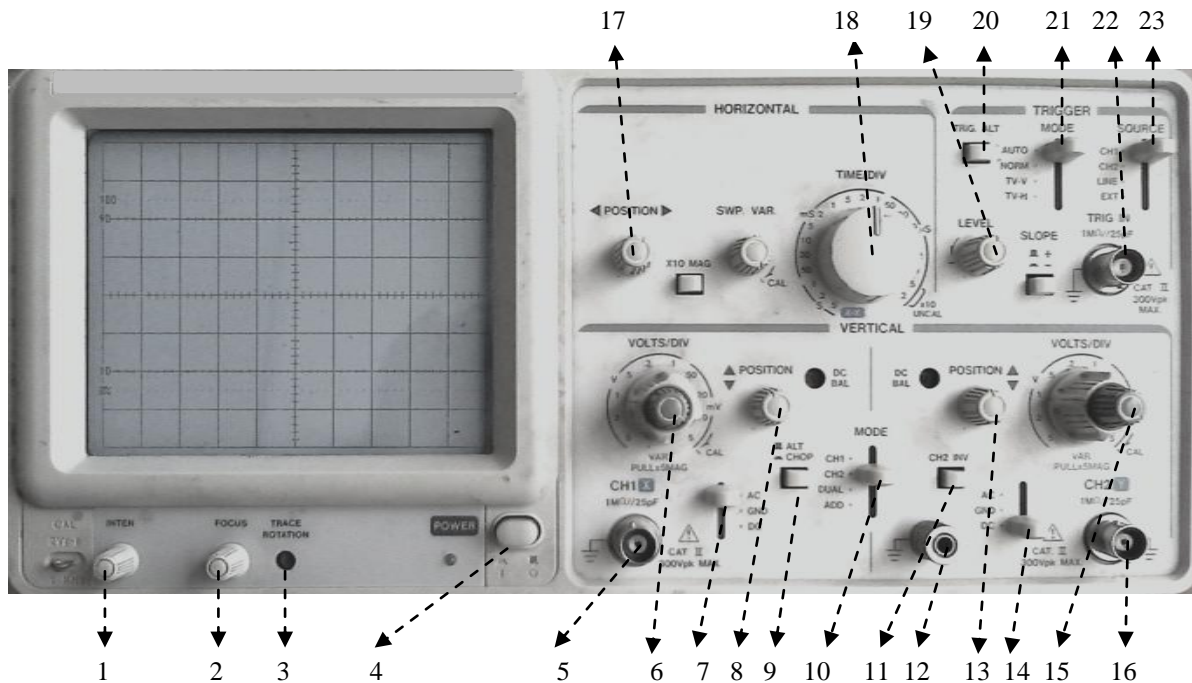


Figure 0-2 : Face avant d'un oscilloscope

<b>I/ Mise en marche et réglage de la qualité du spot</b>	
4	POWER, ON/OFF: mise en marche
1	INTENSITY: brillance
2	FOCUS: netteté
3	TRACE ROTATION: horizontalité de la trace
<b>II/ Entrées verticales Y1 et Y2; CH1 et CH2; A et B</b>	
<b>Fonctions identiques pour les deux voies</b>	
5 et 16	Entrées BNC ou Banane
6 et 15	Bouton de réglage de l'atténuation verticale VOLT/div
8 et 13	Position verticale
7 et 14	Couplage de l'entrée AC, DC, GND
12	Masse commune
<b>Sélection du mode de déflexion verticale</b>	
9	MODE ALT/CHOP/
10	CH1, CH2, DUAL et ADD: Fonction addition des 2 voies
11	INV ou -Y2: fonction inversion de la voie 2
<b>III/ Base de temps: TIME, SWEEP ou BALAYAGE</b>	
18	Bouton de réglage de la vitesse de balayage TIME/DIV
17	Réglage de la position horizontale
<b>IV/ Déclenchement du balayage TRIGGER</b>	
21	Mode de déclenchement: AUTO, NORMAL, TV-H, TV-V
23	Source de déclenchement: CH1/CH2/LINE/EXT
19	LEVEL: Niveau de déclenchement
22	EXT. TRIG: Entrée de déclenchement extérieur
20	TRIG ALT : Déclenchement alterné sur les deux voies

a. L'écran

Il est gradué horizontalement et verticalement en divisions (carreaux) et en cinquième de division sur les deux axes centraux. On lui associe deux boutons de réglage, l'un pour l'intensité lumineuse (INTENSITY), l'autre pour la netteté du tracé (FOCUS). Une vis permet de régler l'horizontalité du tracé (TRACE ROTATION).

b. Les voies verticales 1 (CH1, Y1, ou A) et 2 (CH2, Y2 ou B)

Elles sont identiques et donnent les variations du signal sur un axe vertical. Chacune comporte une entrée BNC, un bouton de réglage de la position verticale, un bouton de calibre (volt/division) et un commutateur de mode de couplage DC-AC-GND.

Pour visualiser de manière satisfaisante un signal, il faut, soit l'atténuer s'il sort du cadre de l'écran, soit l'amplifier s'il apparaît trop petit. C'est le commutateur de calibre qui assure cette fonction. Il faut noter que le calibre indiqué n'est correct que si on est en position « calibré » (CAL.).

Lorsque le commutateur de mode de couplage est sur GND, le signal est déconnecté et remplacé par la « masse » (zéro des potentiels). Sur DC, le signal est intégralement connecté à l'oscilloscope. Sur AC, le signal passe à travers un condensateur qui supprime ainsi une éventuelle composante continue. Cette dernière position est particulièrement utile lorsque le signal oscille avec une faible amplitude autour d'une composante continue assez élevée. Dans ce cas, en mode DC, on doit utiliser des calibres élevés (donc peu sensibles) sinon le signal disparaît hors de l'écran. La mesure devient difficile car les oscillations apparaissent alors trop petites. En utilisant le mode AC, on supprime la composante continue, ce qui permet de n'amplifier que la partie variable du signal.

#### c. La base de temps

La base de temps comporte un commutateur de calibre (TIME/DIV) et un potentiomètre de position horizontale ( $\leftrightarrow$ ). Elle fonctionne de la manière suivante: en l'absence de signal sur les voies 1 et 2 (ou en position GND) le spot lumineux se déplace de la gauche vers la droite à une vitesse constante dont la valeur dépend de la position du commutateur de base de temps. Plus le calibre est faible (vers les  $\mu$ s) et plus le spot se déplace rapidement. Lorsque le spot arrive à l'extrémité droite de l'écran, il revient très rapidement vers l'extrémité gauche (le déplacement de la droite vers la gauche s'effectuant sans lumière), puis le même processus se répète sans cesse. La distance parcourue horizontalement par le spot est proportionnelle au temps et peut donc le symboliser. Le facteur de proportionnalité est donné par l'indicateur du commutateur de base de temps (TIME/DIVISION). Si un signal est introduit sur une des deux voies verticales, on observera donc sur l'écran sa variation en fonction du temps.

En mode XY, la base de temps est déconnectée. Elle est remplacée par le signal présent sur la voie 1. On représente ainsi le signal 2 en fonction du signal 1 (composition des deux signaux).

#### d. Synchronisation

La synchronisation est étroitement liée à la base de temps, elle en améliore le fonctionnement.

Nous avons expliqué brièvement comment s'effectue le tracé dans la partie « base de temps ». En fait, on ne peut visualiser sur l'écran que des portions successives du signal. La durée de chaque portion est égale au temps que met le spot à parcourir la largeur de l'écran. Les portions successives ne démarrent pas toujours de manière identique. De ce fait, l'image n'est pas stable (figure 0-3).

Pour avoir un tracé stable, il est nécessaire que chaque portion de signal démarre à gauche de l'écran avec la même amplitude et dans le même sens que la précédente. De cette manière elles se superposent et donnent l'impression que le signal est fixe (il n'est question que des signaux périodiques).

Pour cela, à chacun de ses retours vers la gauche, le spot attend que le signal reprenne la même amplitude qu'au début de la portion précédente avant de repartir vers la droite (figure 0-4). Cette

amplitude est fixée à l'aide du bouton de niveau de déclenchement (LEVEL). Cette opération s'appelle la synchronisation. Le signal utilisé pour déclencher le balayage est la source de déclenchement. On peut ainsi choisir de déclencher le balayage avec le signal 1 ou 2, avec celui qui est visualisé sur l'écran indifféremment, avec les deux voies alternativement ou avec un signal extérieur connecté sur la borne EXT.

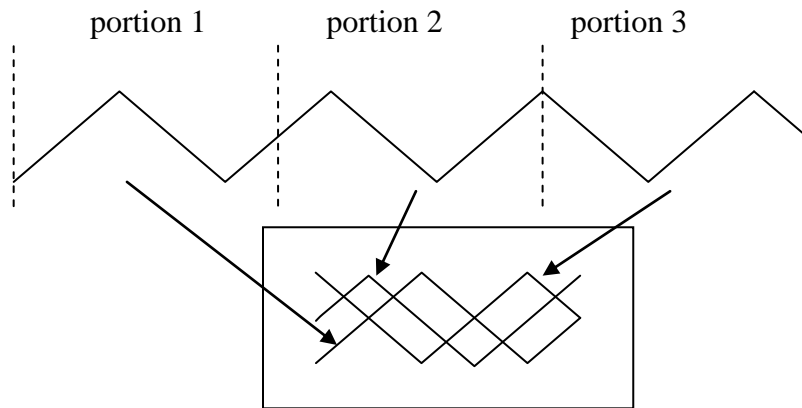


Figure 0-3 : Tracé d'un signal sans synchronisation

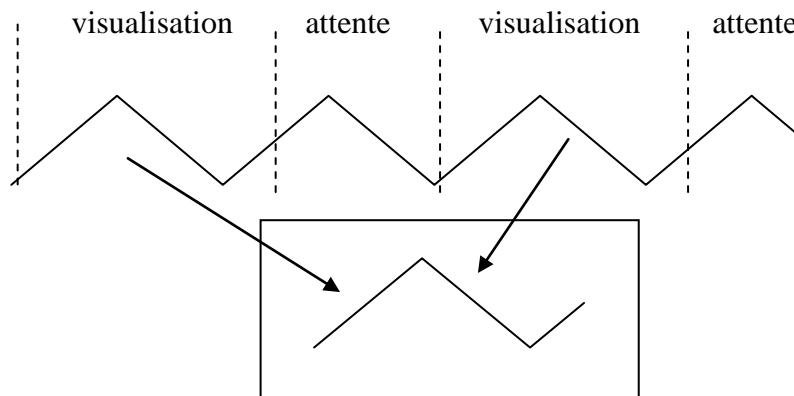


Figure 0-4 : Tracé d'un signal avec synchronisation

Il existe enfin deux fonctions associées au déclenchement :

- la fonction NORM pour laquelle il n'y a déclenchement que s'il existe un signal sur la voie choisie comme source. En l'absence de signal sur cette voie, il n'y a pas de trace à l'écran.
- la fonction AUTO pour laquelle le balayage est constamment assuré. Si le signal choisi comme source n'existe pas, le balayage est déclenché automatiquement par le système.

Remarque : Lorsque le déclenchement alterné (TRIG ALT) est activé, la mesure du déphasage entre les deux signaux n'est plus possible. Il sert essentiellement à synchroniser deux signaux de fréquences différentes.

## II. GENERATEUR DE FONCTIONS BASSES FREQUENCES

Le générateur de fonctions (GBF) est un appareil qui génère des signaux de différentes formes : sinusoïdale, carrée, triangulaire, TTL, parfois en dents de scie, rampe et impulsion. La fréquence du signal varie entre quelques Hz à quelques MHz. Sur certains générateurs, il existe un deuxième générateur qui délivre un signal en dent de scie qui module celui délivré par le premier générateur.

### 1. Description

Un schéma simplifié type et une « face avant » sont donnés respectivement par les figures 0-5 et 0-6. Les signaux sont délivrés sur la sortie  $50\Omega$  par la fiche BNC à l'exception du signal TTL disponible sur une sortie à part. L'indication « sortie  $50\Omega$  » signifie qu'il s'agit d'un générateur réel d'impédance interne égale à  $50\Omega$ , équivalent donc à une source de tension (générateur parfait) en série avec une impédance de  $50\Omega$ . Il faudra tenir compte de cette impédance dans les circuits alimentés par le GBF.

Le signal TTL est un signal carré dont l'amplitude commute d'une demi-période à l'autre de 0 à 5 Volts.

La fréquence de tous ces signaux peut être fixée par le bouton de réglage des fréquences. Certains générateurs contiennent un fréquencemètre et la fréquence est affichée.

L'amplitude est réglable (sauf pour le signal TTL) à l'aide du potentiomètre d'amplitude entre -V et +V (V dépend du générateur).

Il existe une fonction « OFFSET » ou « DECALAGE » qui permet d'ajouter ou de retrancher un signal continu de hauteur variable au signal délivré.

### 2. Le générateur de signaux modulés en fréquence

Contrairement au GBF, ce générateur délivre des signaux dont la fréquence varie avec le temps, évoluant entre deux valeurs: la plus petite,  $F_0$ , est celle qui est affichée par le premier générateur; la seconde,  $F_1$ , est fixée par le potentiomètre d'excursion (WIDTH). Le temps de passage de  $F_0$  à  $F_1$  est réglable à l'aide de bouton "vitesse de balayage" (RATE).

La modulation peut également être obtenue par un signal externe. Dans ce cas, le potentiomètre d'excursion doit être sur la position « 0 ».

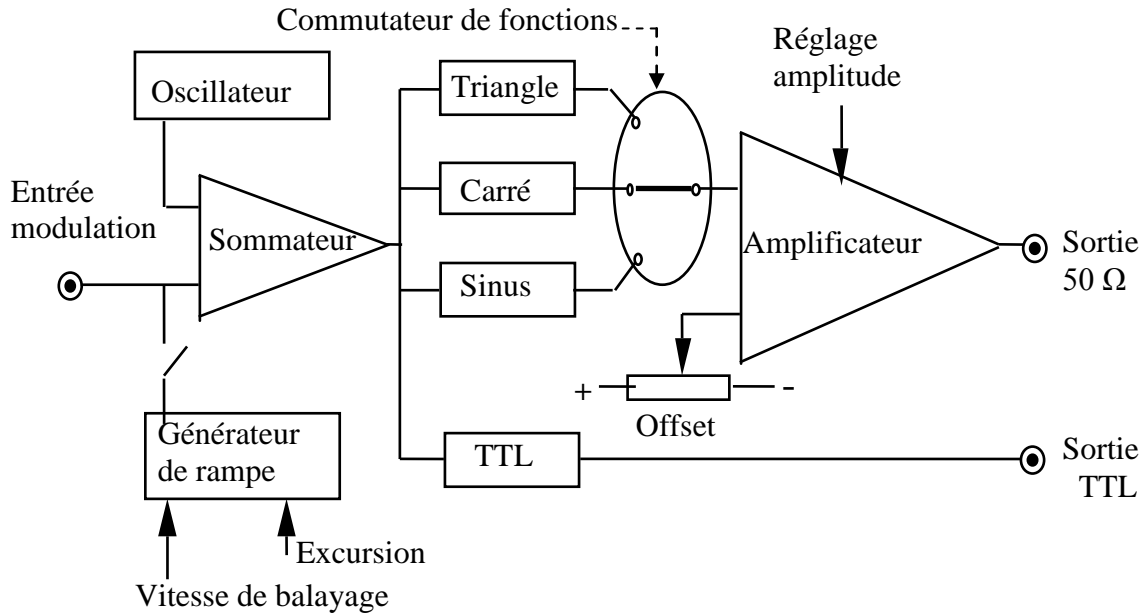


Figure 0-5 : Schéma simplifié du Générateur Basses Fréquences

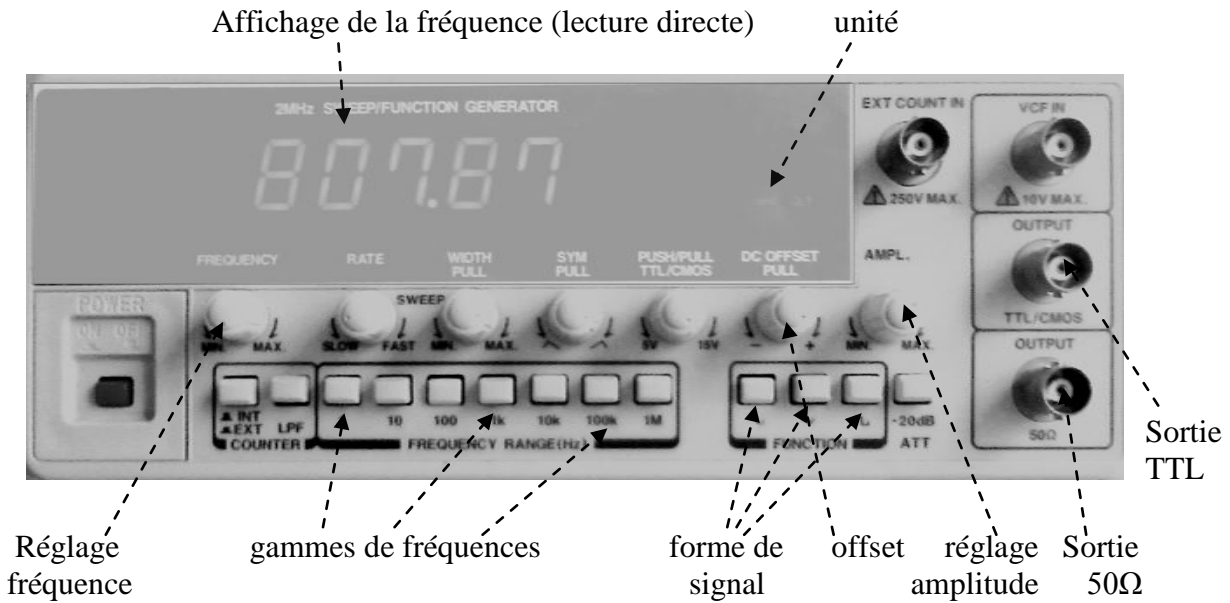


Figure 0-6 : Face avant d'un générateur de fonctions (GBF)

### III. MANIPULATION D'INTRODUCTION

Avant d'entamer les manipulations visant à mieux maîtriser les différents appareils il semble nécessaire de revenir sur la manière de tracer une courbe.

#### A. TRACE DE GRAPHE

Dans pratiquement chacune des manipulations, on est amené à représenter les résultats obtenus sous la forme d'un graphe. Il est donc important de savoir bien le tracer pour rendre son exploitation plus pertinente et plus aisée. Les quelques recommandations suivantes aident à atteindre cet objectif.

1/ Le tableau de mesures doit figurer dans le compte-rendu de l'étudiant.

2/ Tracer les axes et les identifier (grandeur représentée sur chaque axe et son unité)

3/ Choix de l'échelle

a/ Elle doit être choisie de sorte que :

- n'importe quel point sur la courbe soit lisible facilement,
- elle ne nécessite pas de règle de trois systématique pour lire une donnée sur le graphe: par exemple 1, 2, 5, 10 cm pour 1 Volt. **Les échelles** du type 20cm → 16,5Volt (d'où 1,21 cm → 1Volt)

**sont à proscrire**

- elle permette des mesures les plus précises possibles,
- elle permette une bonne occupation de la feuille,

b/ Une fois l'échelle choisie, graduer les axes grâce à cette échelle.

c/ Eviter de représenter l'échelle par des petites flèches dans un coin de la feuille.

4/ Tracé du graphe

- Reporter les points expérimentaux sur le graphe par l'intermédiaire d'un « + », (la barre verticale symbolise l'erreur sur la variable en ordonnée et l'horizontale celle de la variable en abscisse).

- Ne pas porter les valeurs expérimentales sur les axes, cela surcharge les axes, les rend illisibles.

- Faire passer une courbe lisse le plus près possible d'un maximum de points mais pas forcément par tous les points (il peut apparaître des points erronés dont on doit refaire les mesures).

- Une fois la courbe tracée, les calculs, les interprétations doivent être faits sur la courbe.

Les points expérimentaux ne doivent plus être utilisés. (Une autre raison de pas les porter sur les axes).



### 5/ Application au tracé d'un graphe

En respectant les consignes ci-dessus, tracer le graphe de V(F) dont les variations sont données dans le tableau ci-dessous.

F(kHz)	0,1	0,6	1	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	2,9
V(volt)	1,2	1,2	1,3	1,4	1,8	2,4	2,9	3,6	5	6,5	7,7
F(kHz)	2,95	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4	4,3	4,7
V(volt)	8,5	8,9	8	6,4	4,9	4,25	2,6	1,9	1,6	1,1	0,9

## B. EXPERIMENTATION

On dispose d'un oscilloscope, d'un générateur basses fréquences et d'une série de boîtes de résistances à décades  $\times 10\Omega$ ,  $\times 100\Omega$ ,  $\times 1000\Omega$  et/ou d'une résistance de  $100\Omega$ .

### 1. Observations de tensions sans balayage.

Mettre l'oscilloscope sur le mode X-Y, (X: axe horizontal et Y: axe vertical)

Les entrées étant sur DC, connecter la sortie  $50\Omega$  du générateur basses fréquences à la voie 1, puis à la voie 2. Identifier la voie qui correspond à l'axe verticale Y. Par la suite, le signal sera connecté sur cette voie.

#### a. Mesure de tension continue.

Sur le GBF, déclencher l'offset (décalage) et pour certains générateurs désélectionner toutes les formes de signaux (tous les commutateurs de fonctions sortis), pour d'autres mettre l'amplitude du signal au minimum, dans ce cas il subsistera une légère oscillation autour de la tension continue.

Mettre le calibre de la voie Y de l'oscilloscope sur 1V/div puis régler l'amplitude de l'offset de façon à obtenir une déviation de 4 divisions sur l'écran de l'oscilloscope.

En déduire la valeur de cette tension.

Modifier le calibre à 2V/div, puis à 5V/div

Mesurer à chaque fois, la valeur de la tension. Ces valeurs sont-elles cohérentes?

Trouver le meilleur calibre pour effectuer la mesure. Justifier.

#### b. Mesure d'une tension variable.

L'offset du GBF étant à zéro, mettre le commutateur de fonction sur "signal triangulaire".

Régler la fréquence du générateur à 1Hz. Expliquer le phénomène observé.

Augmenter lentement la fréquence du GBF et expliquer ce qui se passe à l'écran.

Effectuer la même manipulation avec les signaux carré et sinusoïdal.

### 2. Le balayage

On mettra l'oscilloscope dans la configuration suivante: voie 1 sur DC, déclenchement sur AUTO, source voie 1, base de temps en service. Que signifie cette configuration ?

a. Observation du balayage,

Déconnecter le GBF de l'oscilloscope. En partant de la plus grande valeur, diminuer le calibre de la base de temps. Observer et expliquer.

Reconnecter le GBF à l'oscilloscope (voie 1)

b. Tension continue,

On effectuera la même manipulation qu'en 1-a

c. Etude d'une tension variable,

Régler la fréquence du GBF sur 1kHz. Choisir une vitesse de balayage de 0.2ms/div. Centrer la courbe à l'aide du potentiomètre de position. Si la courbe n'est pas stable agir sur le niveau de déclenchement (LEVEL). Effectuer une mesure d'amplitude de la même manière qu'en 1-a et répondre aux mêmes questions.

d. Mesure de fréquences

La fréquence du GBF étant toujours fixée à 1kHz, mesurer la période du signal observé en choisissant successivement le calibre 0.2ms/div, 0.5ms/div, 1ms/div. Quel est le calibre le plus approprié? Pourquoi?

3. La synchronisation

Le déclenchement étant sur AUTO, choisir la voie 2 comme source de déclenchement.

Modifier le niveau de déclenchement "Level". Expliquer le phénomène observé.

Prendre la voie 1 comme source. Modifier le niveau de déclenchement. Observer le comportement du signal, particulièrement à l'extrémité gauche de l'écran. Expliquer

Effectuer la même manipulation, avec trigger sur NORM. Expliquer.

4. Application: Mesure de la résistance interne du GBF.

Connecter le GBF à l'oscilloscope. Mettre l'amplitude du signal au maximum. Mesurer cette amplitude.

Déconnecter le GBF de l'oscilloscope puis appliquer (sans le modifier) le signal qu'il délivre à la résistance de 100  $\Omega$ . Mesurer l'amplitude de la tension aux bornes de cette résistance.

En déduire la résistance interne du GBF.

5. Mesure de déphasage

Le système ci-contre (Figure 0-7) est constitué d'un condensateur de capacité C et d'une résistance R en série alimenté par un générateur qui délivre une tension sinusoïdale  $e(t)$  de fréquence  $f$ .  $v_c(t)$  est la tension aux bornes de C.

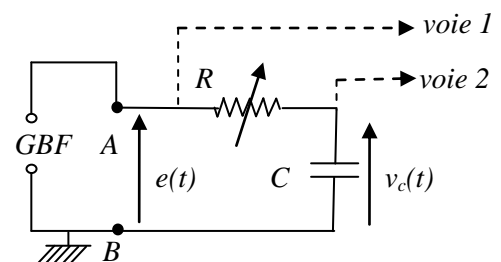


Figure 0-7

On peut écrire  $e(t) = E \sin \omega t$  et  $v_c(t) = V_c \sin(\omega(t - \Delta t))$  ou  $v_c(t) = V_c \sin(\omega t + \varphi)$ .  
 $\Delta t$  est le décalage temporel de  $v_c(t)$  par rapport à  $e(t)$ .  $\varphi$  est le déphasage angulaire.

On en déduit que :  $\varphi = -\omega \Delta t = -2\pi f \Delta t = -\frac{2\pi}{T} \Delta t$

$\varphi$  et  $\Delta t$  ont une valeur algébrique, si  $\varphi$  est négatif  $v_c(t)$  est en retard sur  $e(t)$  sinon  $v_c(t)$  est en avance sur  $e(t)$ .

Réaliser le montage correspondant au schéma ci-dessus. Le générateur doit délivrer une tension sinusoïdale de fréquence d'environ 1kHz.

Régler la résistance variable à 0, 2000, 3000, 10000  $\Omega$ . Mesurer les décalages  $\Delta t$  entre  $e(t)$  et  $v_c(t)$ . En déduire les déphasages angulaires correspondant entre  $e(t)$  et  $v_c(t)$  (voir ci-après figures 0-8 et 0-9). La tension  $v_c(t)$  est-elle en retard ou en avance par rapport à  $e(t)$  ?

Méthodes de mesure du déphasage :

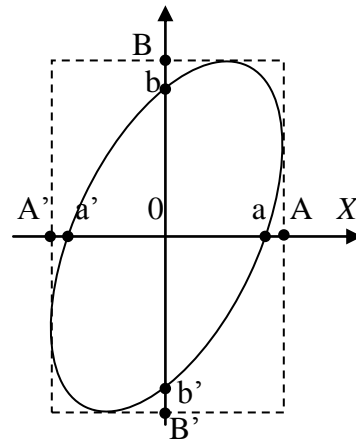


Figure 0-8

- En mode XY (méthode de l'ellipse) :  

$$\sin \varphi = \frac{Oa}{OA} = \frac{Ob}{OB} = \frac{aa'}{AA'} = \frac{bb'}{BB'}$$

- En mode balayage :  $\varphi = -\frac{2\pi \Delta t}{T}$  radians

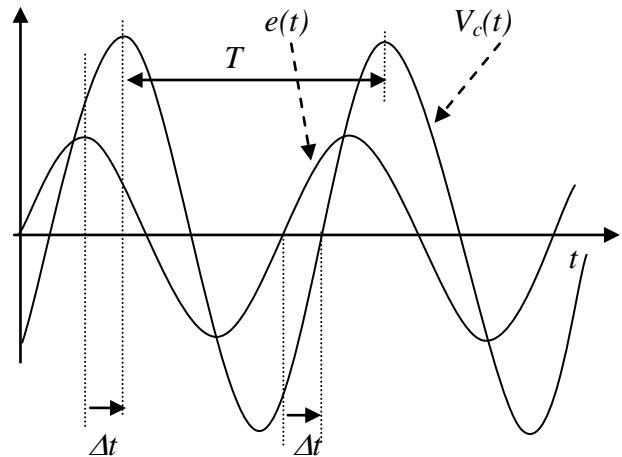


Figure 0-9

