

TP N° 2 : OSCILLOSCOPE

I. Description.

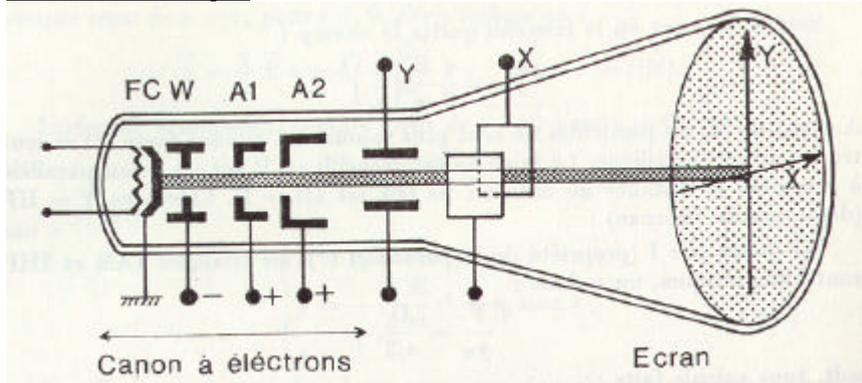
Ses fonctions sont multiples : observation, mesure et comparaison de tensions, mesures de déphasage, de fréquences, de temps ...

Le branchement de l'oscilloscope pour mesurer une tension peut perturber le circuit de la même façon qu'un voltmètre : son impédance d'entrée est grande (environ $1\text{ M}\Omega$).

Sa bande passante, que nous pouvons provisoirement définir comme étant la bande de fréquences f pour laquelle il donne une réponse fiable, est large : $f \in [0 ; 20\text{ MHz}]$.

L'appareil comprend un tube cathodique et des dispositifs d'amplification, de balayage et de synchronisation.

1. Le tube cathodique.



a) Le canon à électrons est constitué par différentes électrodes :

- la cathode C à chauffage indirect par un filament F émet des électrons ;
- le wehnelt W , porté à un potentiel négatif réglable par rapport à la cathode, permet de faire varier le débit des électrons ;
- les anodes A_1 et A_2 permettent d'accélérer les électrons et de régler la concentration du faisceau.

b) Le système de déviation comprend :

- les plaques verticales ou plaques de déviation horizontale ou plaques X ;
- les plaques horizontales ou plaques de déviation verticale ou plaques Y .

c) L'enceinte de verre.

Les différents éléments décrits précédemment sont placés dans une enceinte de verre dans laquelle règne un vide de l'ordre de 10^{-6} mm de mercure.

L'extrémité de l'enceinte recouverte d'une substance fluorescente constitue l'écran.

Cet ensemble est entouré d'un blindage métallique.

2. Les amplificateurs.

Pour obtenir des déviations convenables, les tensions appliquées sur les plaques déflectrices doivent être amplifiées ou atténuées. Un oscilloscope comprend donc un amplificateur horizontal et un amplificateur vertical.

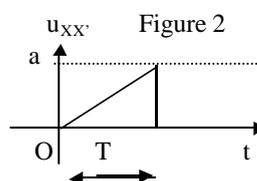
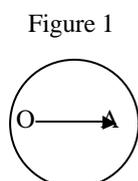
Les amplificateurs sont étalonnés en V.div^{-1} ou en mV.div^{-1} . Par exemple sur la position 2 V.div^{-1} , une déviation de 4 divisions correspond à une tension d'entrée de 8 V .

3. Le dispositif de balayage, la synchronisation.

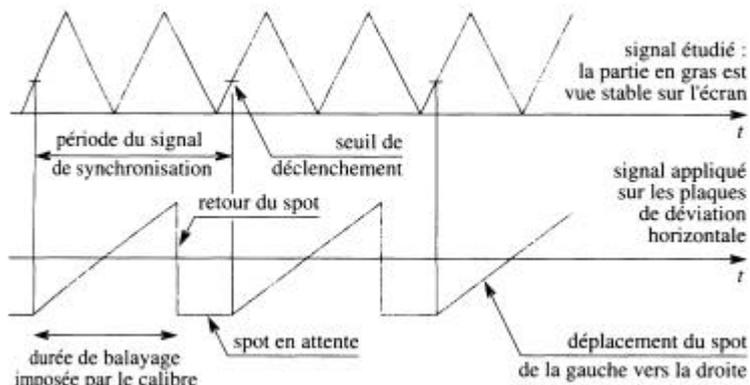
Supposons le spot en un point O sur l'écran, à un instant donné (figure 1).

Si on applique aux plaques de déviation horizontale une tension $u_{XX'}$ proportionnelle au temps, le déplacement du spot de O en A est aussi proportionnel au temps. Lorsque la tension $u_{XX'}$ s'annule, le spot revient en O (figure 2).

Notons T la durée de balayage imposée par le calibre.

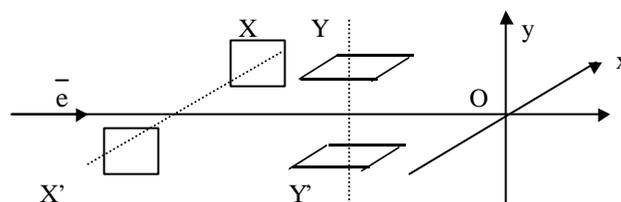


La période de la dent de scie doit être asservie à celle du signal : il s'agit de faire démarrer la rampe de la base de temps toujours au même instant du signal $u_{YY'}$ appliqué aux plaques YY' pour que les traces successives sur l'écran se superposent, donnant l'impression d'une trace unique.



Une étude de la déviation électrostatique montre que :

- la déviation verticale est : $y = k u_{YY'}$ ($k > 0$)
 - la déviation horizontale est : $x = k' u_{XX'}$ ($k' > 0$)
- avec, pour $t \in [0; T]$, $u_{XX'} = (a/T)t \Rightarrow x = (k' a/T)t = k''t$



a) Visualisation d'une tension u en voie 1 (CH1) ou en voie 2 (CH2) (CH pour Channel).

On visualise $y = f(x)$, soit $k u_{YY'} = f(k''t)$ ou $u_{YY'} = g(t)$, soit la tension u appliquée aux plaques YY' en fonction du temps.

Le départ de la « dent de scie » est déclenché par le signal que l'on veut observer ou par un autre. Il faut donc dire à l'oscilloscope :

- où il doit prendre ce signal (CH1 ou CH2, LINE (pour le 50 Hz du secteur), EXT pour un signal extérieur) ;
- s'il prend la totalité du signal (mode DC) ou s'il en élimine la composante continue (mode AC) (voir II.1. pour l'étude de ces deux modes) ;
- quels sont la pente et le niveau de déclenchement (par exemple on déclenche chaque fois qu'arrive un signal alternatif croissant supérieur à 2 V) (le seuil de déclenchement est à rechercher en tournant le bouton LEVEL), à moins que l'on fonctionne en AUTO (bouton LEVEL relâché, voyant jaune allumé pour OX 800 et 803B ; bouton AUTO relâché pour OX 725).

b) Visualisation d'une tension u_1 en voie 1 et d'une tension u_2 voie 2 en mode DUAL.

Puisque l'oscilloscope ne dispose que d'une paire de plaques YY' , pour visualiser simultanément deux tensions u_1 et u_2 en fonction du temps, il faut utiliser les modes CHOP ou ALT pour OX 800 et 803B ; BOTH pour OX 725 :

- ALT : le spot parcourt tout l'écran selon u_1 , il revient instantanément à gauche puis parcourt tout l'écran selon u_2 ,
- CHOP : le spot oscille continuellement de u_1 à u_2 .

Si u_1 et u_2 sont deux signaux sinusoïdaux de même fréquence (comme c'est le cas pour la visualisation simultanée de u et i pour le circuit R, L, C série en oscillation forcée), la synchronisation se fait comme précédemment sur CH1 ou CH2.

Sinon se rapporter au II.3.

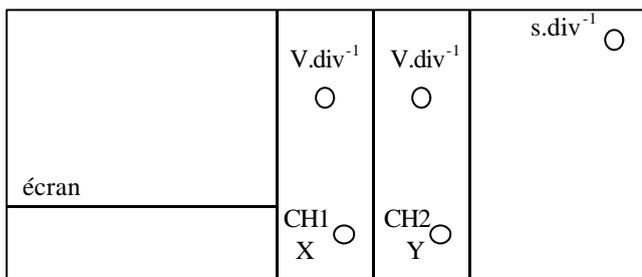
c) En mode XY on visualise u_2 en fonction de u_1 (CH1 joue le rôle de X, CH2 celui de Y), la « dent de scie » n'est donc plus appliquée (pour les oscilloscopes OX 803B le mode XY est en butée du bouton time.div⁻¹).

II. Manipulations.

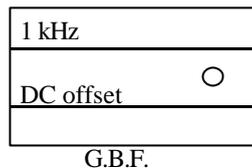
1. Visualisation de signaux continus ou variables.

a) Brancher directement la sortie du G.B.F. (bouton OFFSET poussé) sur l'entrée 1 de l'oscilloscope, émettre un signal sinusoïdal d'environ 1 kHz, régler le zéro de l'oscilloscope (mode GND (Ground=Terre)), puis passer en mode DC (direct current) : dessiner ci-dessous l'aspect de l'écran (balayage : source CH1, en DC).

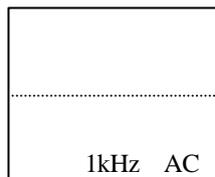
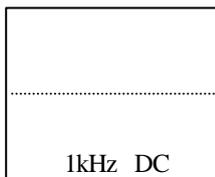
Régler à l'aide de l'oscilloscope la fréquence du signal sur 1 kHz précisément (on peut choisir un balayage de 0.2 ms.div⁻¹) : le vernier du G.B.F. était-il correctement étalonné ?



oscilloscope

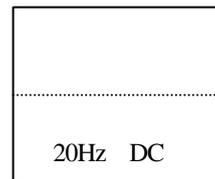
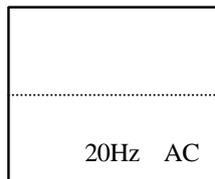
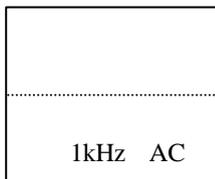


b) Tirer le bouton OFFSET du G.B.F. et le tourner, observer . Passer alors en mode AC(alternative current), observer.
 Porter ci-après vos observations :



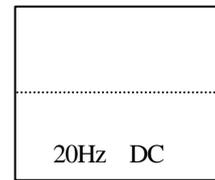
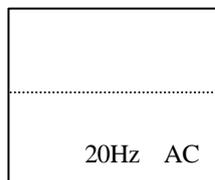
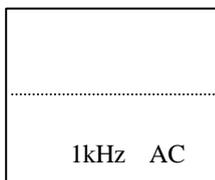
c) Toujours dans le mode offset AC, générez des signaux rectangulaires et faites baisser la fréquence du générateur au voisinage de 20 Hz , adapter le balayage, observer. Passer en mode DC, observer.

Porter ci-après vos observations :



Recommencer les opérations avec un signal triangulaire.

Porter ci-après vos observations :



Tenter une interprétation. Nous retiendrons qu'il faut éviter d'utiliser le mode AC qui peut déformer le signal (nous ne l'utiliserons que si nécessaire, par exemple pour éliminer une composante continue gênante comme la tension de décalage ramenée à l'entrée d'un A.O. (dans un TP ultérieur)).

2. Valeurs efficaces.

$x(t)$ étant une fonction du temps de période T , sa valeur efficace est par définition :

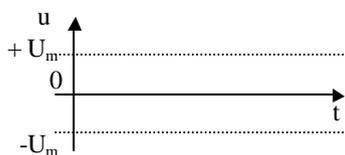
$$X_{\text{eff}} \text{ telle que } X_{\text{eff}}^2 = \langle x(t)^2 \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)^2 dt$$

$\langle x(t)^2 \rangle$ se lit : moyenne dans le temps de la fonction $x(t)$ élevée au carré.

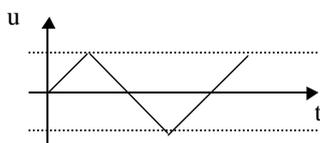
a) Préambule.

Calculer les valeurs efficaces des signaux périodiques d'amplitude U_m suivants :

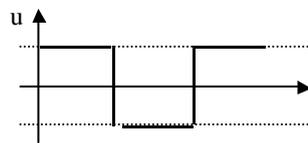
signal sinusoïdal



signal triangulaire



signal carré



b) Mesures.

- Visualiser le signal fourni par le G.B.F. vers 1 kHz à l'oscilloscope (en mode DC) : fixer l'amplitude à 4 V (sans OFFSET) et mesurer simultanément la tension lue à l'aide d'un voltmètre numérique dans les trois cas ci-dessus. En déduire que les multimètres numériques sont des appareils de valeur efficace vraie.
- Comparer les résultats à ceux donnés par un voltmètre analogique : ce dernier ne fournit la valeur efficace que dans le cas du signal sinusoïdal (ceci provient du fait que la déviation de l'aiguille est proportionnelle à $\langle |i(t)| \rangle \neq (\langle i(t)^2 \rangle)^{1/2}$ et le constructeur fait la conversion pour le signal sinusoïdal seulement).

3. Comparaison de deux fréquences.

Brancher maintenant un deuxième G.B.F. sur la voie 2 de l'oscilloscope et émettre un signal sinusoïdal vers 100 Hz, le premier G.B.F. émettant un signal sinusoïdal vers 1 kHz restant branché en voie 1.

a) Synchronisation.

Synchroniser l'oscilloscope sur la voie 1.

En mode automatique, voies 1 et 2 sur GND qu'observez-vous ?

En mode non automatique (bouton AUTO enfoncé) qu'observez-vous ?

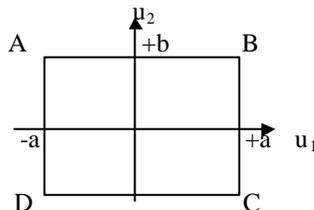
Choisir le mode automatique. Passer en mode DC sur CH1 et CH2. A l'aide des boutons d'OFFSET des deux G.B.F. et des boutons de sensibilité verticale des voies 1 et 2, décaler les deux signaux de façon à les rendre distincts et synchroniser successivement sur CH1, puis sur CH2, puis sur Vert. Mode (mode vertical) pour l'oscilloscope OX 725 ou ALT pour l'oscilloscope OX 800 et 803B. Conclure.

b) Une fois les deux signaux correctement visualisés, les recentrer (couper l'offset), passer en mode XY, le signal de fréquence $f_2 = 100$ Hz sert de référence en voie 2 (Y), celui de fréquence f_1 variable est en voie 1 (X), soit :

$$\begin{cases} u_1 = a \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \\ u_2 = b \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \end{cases}$$

Si $\omega_1 / \omega_2 = f_1 / f_2 = T_2 / T_1 = k_1 / k_2$ avec $k_1 \in \mathbb{N}^*$ et $k_2 \in \mathbb{N}^*$ alors $k_1 T_1 = k_2 T_2 = \tau$.

Montrer qu'alors, lorsque t varie de 0 à τ , u_1 passe k_1 fois par son maximum a , de même u_2 passe k_2 fois par son maximum b , c'est à dire que u_1 est k_1 fois tangent à BC et que u_2 est k_2 fois tangent à AB (voir la figure).



Dessiner les figures de Lissajous dans les cas suivants :

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2}$$



$$\frac{f_1}{f_2} = 1$$



$$\frac{f_1}{f_2} = 2$$



Attention : dans le cas où $f_1 / f_2 = 1$

$$\begin{cases} u_1 = a \cos(\omega t) \\ u_2 = b \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

mais, bien que la figure de Lissajous permette de calculer la phase φ de u_2 par rapport à u_1 , cette phase est sans signification en Vert.Mode ou ALT.