



# TP11/12 – OSCILLOSCOPE

- **Pour tout T.P. d'électricité :**

On commencera par réaliser le circuit et on n'intégrera qu'ensuite les appareils de mesure qui se placent en parallèle (type voltmètre et oscilloscope).

La majorité des appareils utilisés (voltmètre, générateur, oscilloscope) possèdent une borne appelée

masse représentée par le symbole . Ces masses sont reliées à la prise de terre (  ) lorsque la prise de l'appareil en comporte une (et sont donc toutes reliées entre elles par l'intermédiaire de la prise de terre). Il faudra y faire attention dans les montages !

- **Il est demandé d'utiliser toujours des fils noirs pour reconnaître les fils de masse.**

Lorsqu'aucune fréquence particulière n'est signalée on choisit  $f \sim 1 kHz$ .

- L'oscilloscope (cathodique ou numérique) est un des appareils fondamentaux de l'électricité et de l'étude des signaux électriques. Il permet de visualiser soit deux tensions en fonction du temps (utilisation des voies  $Y_I$  et  $Y_{II}$ ), soit d'étudier une tension en fonction d'une autre (utilisation  $XY$ ).

- **Objectif des TPs :** se familiariser avec l'oscilloscope et le matériel disponible.

## I MULTIMÈTRE NUMÉRIQUE

Il permet de mesurer

- en **mode DC** : des tensions et des courants continus,

- en **mode AC** : la valeur efficace de tensions et de courants sinusoïdaux, voire la valeur efficace de signaux alternatifs quelconques si l'appareil est un **TRMS**.

- Pour un signal alternatif le **mode DC** donnera la valeur moyenne.

La notice permet de connaître l'impédance suivant le calibre et la précision des mesures.

## II GÉNÉRATEUR DE TENSION BASSE FRÉQUENCE (G.B.F.)

- Cet appareil <sup>a</sup> délivre des signaux électriques périodiques dans une gamme étendue de fréquences, avec possibilité de superposition d'un signal continu.

- On peut ainsi régler :

- **la fréquence** : sa gamme (**FREQUENCY**) 10 Hz, 100 Hz, 1000 Hz etc... comme sa valeur (bouton rotatif 0.2 → 2.0) ;

- **la forme du signal** : carré, triangulaire, sinusoïdal ;

- **l'amplitude** : bouton « niveau », « amplitude » ou LEVEL.

- Deux fonctions supplémentaires sont utiles :

- **atténuation** -20 dB : permet de diviser par 10 l'amplitude du signal de sortie ;

- décalage **OFFSET** : ajoute une composante continue au signal.

- Repérer les commandes correspondant à ces fonctions ainsi que celles des autres fonctions particulières. Certaines sont à enfoncer d'autres à tirer (**PULL**) d'autres à tourner après avoir décliqueté. Vérifier qu'elles sont toutes hors fonction.

---

a. Mise sous tension à l'arrière pour le GX240 Metrix ; avec le bouton rotatif « Arrêt-Amplitude » pour le modèle 960 de Gentrad.

### III CONNEXIONS

La plupart des appareils et composants sont des dipôles. Ils comportent deux bornes qui doivent être reliées par des connexions. Outre les bornes simples et les cordons unifilaires, on utilisera les bornes et les cordons **BNC** (Binary Normalized Connector) dont sont équipés les oscilloscopes. Un cordon **BNC** comporte deux conducteurs : le conducteur central relié au point chaud de la borne, et la gaine, reliée à la partie extérieure de la borne et qui correspond à la masse commune des appareils du montage (référence des potentiels) [→ Cf Cours d'Électromagnétisme].

### IV RÉGLAGES PRÉLIMINAIRES DE L'OSCILLOSCOPE

→ Cf Doc / Description de l'appareil.

Avant de mettre l'appareil sous tension :

- les boutons poussoirs doivent être sortis,
- les commutateurs en butée haute (**TV SEP = OFF** et **TRIG.=AC**)
- et les boutons rotatifs calibrés (calibration '▷' encliquetée en butée à droite).

Après les réglages de la luminosité et de la finesse de la trace (commande **INTENS** [2] et **FOCUS** [3]) et avant toute utilisation il convient de définir les trois fonctions principales qui sont :  
**(1)** le mode vertical ; **(2)** le mode horizontal ; **(3)** le mode de déclenchement (synchronisation).

#### IV.1 Mode vertical

On effectue successivement le choix

**a)** de la **voie** (Channel) :  $Y_I$ ,  $Y_{II}$ ,  $Y_I$  et  $Y_{II}$  simultanément,  $Y_I$  et  $Y_{II}$  ajoutés (ou soustraits).

**b)** du mode du **couplage d'entrée** par la touche [22] (**GND - DC - AC**) :

- **GND** : Ground ou terre

→ la tension appliquée est supprimée sans court-circuit.

- **DC** ou couplage direct : touche poussoir **AC/DC** enfoncée

→ on visualise le signal complet (composante continue + composante alternative).

- **AC** : touche poussoir **AC/DC** sortie

→ la composante continue du signal est éliminée : utile pour observer la partie alternative d'un signal. → Cf Doc

→ Choisir **DC**.

Sauf nécessité impérieuse (observer des petits signaux alternatifs), on utilise les amplificateurs d'entrée  $Y_I/Y_{II}$  en fonction **DC**.

→ Cf Doc : Nécessité du balayage : allumer l'oscillo : se placer en mode **XY**, envoyer une tension sinusoïdale de 1  $kHz$  sur  $Y_I$  et visualiser la trace verticale. Imposer une amplitude de 4  $V$  « crête à crête ».

#### IV.2 Mode horizontal

Effectuer successivement :

**(a)** la sélection de la **tension de balayage**  $V_X$  qui peut être :

- celle délivrée par la base de temps ;

- celle appliquée sur la voie  $Y_{II}$  en mode **XY** (touche [5] enfoncée).

→ Choisir le balayage horizontal déclenché par la base de temps en quittant le mode **XY**.

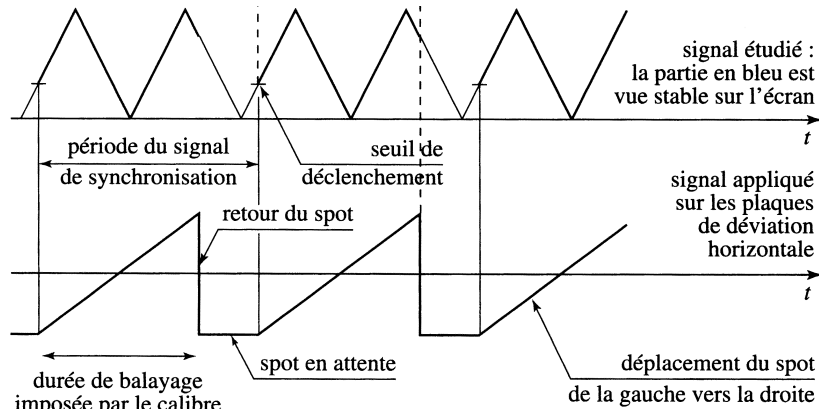
→ Cf Doc : Schéma sur la base de temps.

(b) Les réglages de la **vitesse de balayage** par les commandes **TIME/DIV** et **CAL.** (appelé encore VAR ou réglage fin continu).

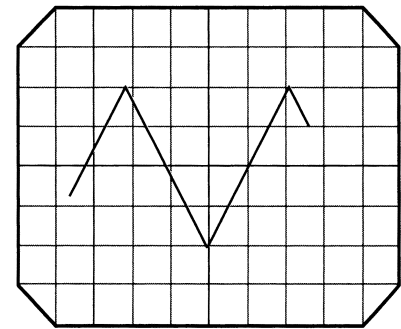
**Attention** : Pour les mesures de temps la commande **VAR (CAL.)** doit être encliquetée (le faire).

### IV.3 Mode de déclenchement de la base de temps

La représentation d'un signal fonction du temps n'est possible que lorsque la déviation de temps (base de temps  $V_X$ ) sera **déclenchée**. Afin qu'il en résulte une image fixe, le déclenchement doit s'effectuer de manière **synchrone** avec le signal de mesure visualisé. → Cf Cours Doc.



**Doc. a.** Synchronisation de la base de temps.



**Doc. b.** Aspect du signal observé sur l'écran.

On devra encore effectuer les choix successifs suivants :

#### a) sélection du **mode de déclenchement** :

On utilise la touche **AT/NORM** [16] de synchronisation AuTomatique ou manuelle.

En synchronisation manuelle, on règle le seuil de déclenchement à l'aide de **LEVEL** [17].

Mais si le niveau choisi est en dehors de la plage du signal d'entrée, la trace du signal disparaît de l'écran.

→ À la mise sous tension, toujours choisir le mode AuTomatique (touche [16] sortie).

#### b) Sélection de la **source de déclenchement** :

- voie 1 **CHI** : touche **CHI/II = TRIG I/II** [27] sortie ;

- voie 2 **CHII** : touche **CHI/II = TRIG I/II** [27] enfoncée ;

- déclenchement alterné : **DUAL+ALT** enfoncées ;

- signal extérieur (nécessairement synchrone avec le signal de mesure) envoyé sur l'entrée **TRIG.INP.** [15] (lorsque **EXT.** [14] est enfoncée).

→ Choisir **CHI**.

#### c) Sélection du **couplage de déclenchement** : commutateur **AC-DC-HF-LF-50Hz** lorsque **TV SEP.** se trouve sur **OFF**.

- En **mode DC** (direct current), le signal est prélevé puis directement mis en forme pour la synchronisation ;

- En **mode AC** (alternative current) : seule la composante variable du signal est conservée pour la synchronisation ;

- En **mode LF** (low frequency) ou basse fréquence : seule la composante basse fréquence du signal est conservée pour la synchronisation ;

- En **mode HF** (high frequency) ou haute fréquence : seule la composante haute fréquence du signal est conservée pour la synchronisation.

Les couplages le plus utilisés pour le déclenchement sont les couplages AC et LF.

**Rq** : en couplage de déclenchement **DC**, il faut toujours travailler avec le mode de déclenchement **NORMAL** et le réglage **LEVEL**.

→ Choisir le couplage de déclenchement **AC**.

## V MANIPULATION

### V.1 Visualisation d'un signal en fonction du temps.

- Brancher le **G.B.F.** sur la voie  $Y_I$  et visualiser un signal de fréquence  $1000\text{ Hz}$  en synchronisation automatique (**AT**).

Sur quel signal doit-on synchroniser la base de temps? Modifier la synchro **TRIG.I/II** (touche **CHII** de la voie  $Y_{II}$  enfoncée ou non), **EXT**. Que se passe-t-il?

- Se placer en fonctionnement déclenché (ou encore « triggering » ; **NORM**). Déplacer alors avec la commande **X-POS** le signal vers la droite de façon à observer le tout début du signal et jouer sur le seuil de synchronisation (bouton marqué niveau **LEVEL**) (demander au professeur si vous n'arrivez pas à réaliser cela).

Observer que le signal disparaît dès que le seuil de synchronisation est supérieur à la valeur crête du signal. (accessoirement, remarquer que la touche **GND** ne permet pas de récupérer une trace.) Changer alors la sensibilité (**VOLT/DIV**) de façon à ce que la taille de la trace soit plus importante sur l'écran et observer que le signal est visible à nouveau.

Jouer sur le choix de la pente du signal (+/-) au moment du déclenchement de la base de temps.

**Conclusion** : Lorsqu'on utilise un oscilloscope on commence par s'assurer que le balayage est sur **AUTO (AT)** (sinon on prend le risque de ne pas voir de trace sur l'écran).

On n'utilisera le fonctionnement déclenché qu'en cas de signaux particulièrement difficiles à synchroniser (signaux de faible amplitude en particulier).

- Profiter de ce montage pour voir la différence entre le couplage direct **DC** et le couplage **AC** sur la voie A ( $Y_I$ ). Pour cela, superposer au signal sinusoïdal alternatif un signal continu à l'aide de la commande **OFFSET** du **G.B.F.** (attention, si cette composante est trop importante on observe un phénomène d'écrêtage correspondant à une saturation des composants électroniques).

Observer alors que le couplage **AC** a pour effet de supprimer la composante continue du signal.

- Revenir au couplage direct **DC**; supprimer la composante continue **OFFSET** délivrée par le **G.B.F.**, et choisir un signal rectangulaire basse fréquence (environ  $50\text{ Hz}$ ).

Observer ce signal en couplage **AC** : les parties horizontales des créneaux s'inclinent; il y a donc déformation du signal.

**Conclusion** :

On observera systématiquement un signal en couplage direct **DC**.

On n'utilisera le couplage **AC** que dans le cas où l'on voudra observer une composante alternative de faible amplitude par rapport à la composante continue.

- Exemple d'utilisation du couplage **AC** :

Travaillant en couplage **DC**, centrer l'origine des tensions. Superposer à une composante continue  $1\text{ V}$  une composante alternative sinusoïdale  $1\text{ kHz}$  d'amplitude très faible possible (au besoin utiliser l'atténuation  $-20\text{ dB}$ ). Si l'on souhaite étudier le faible signal variable, on est amené à augmenter la sensibilité, ce qui a pour effet de faire sortir la courbe de l'écran (faire l'expérience). Dans ce cas, le couplage **AC** permet l'analyse du signal alternatif que l'on peut ensuite amplifier.

## V.2 Mesure d'amplitude

- Pour une fréquence d'environ  $1000\text{ Hz}$ , régler l'amplitude du signal sinusoïdal alternatif délivré par le **G.B.F.** à quelques volts ( $U_{\max} = 6\text{ V}$  par exemple) et mesurer cette amplitude : on mesurera la valeur « crête à crête » ( $12\text{ V}$  sur l'exemple).
- Pour faire ces mesures, dilater la courbe de façon à faire des mesures sur des dimensions maximales et « jouer » avec le bouton **X-POS** pour lire toujours la valeur sur l'axe gradué (à la demi division). Demander au professeur de contrôler.
- Tester le rôle des boutons amplitude et atténuation du **G.B.F.** : par exemple, partant du calibre  $2\text{ V/DIV}$  et provoquant une atténuation de  $-20\text{ dB}$ , vérifiez qu'on a bien divisé l'amplitude du signal par 10 (on doit avoir un signal de taille identique au signal initial en passant sur  $0,2\text{ V/DIV}$ !).
- Tester le bouton rotatif (« ▷ ») de réglage fin du calibre de la voie  $Y_I$  sur l'oscilloscope : observer qu'il correspond à une variation continue du calibre affiché et du calibre supérieur : il doit être encliqueté pour toute mesure.
- Observer le rôle du bouton **Y MAG.x5** [26].
- Effectuer la mesure à l'aide d'un voltmètre numérique de grande impédance sur la position tension alternative (**V-AC**). Comparer les résultats sachant que le voltmètre donne la valeur efficace.
- Vérifier ces mesures en établissant la relation littérale liant l'amplitude et la valeur efficace d'un signal sinusoïdal. **Rép** :  $U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$ .
- Augmenter la fréquence du **G.B.F.** en changeant de gamme ( $10\text{ k}$ ,  $100\text{ k}$ ). Observer que la valeur lue à l'oscilloscope ne varie pas alors que celle lue au multimètre diminue. Justifier cela en lisant la bande passante de l'oscilloscope sur sa façade. Noter sa valeur sur le compte rendu.

## V.3 Mesure directe de fréquence

- Observer une tension alternative sinusoïdale. Bien centrer le signal puis l'agrandir au maximum jusqu'à observer une seule période ( $T$ ) ou même une demi-période. Jouer sur le bouton **X-POS** pour faire la mesure la plus précise possible ( $f = \frac{1}{T}$ ). Comparer à la valeur affichée au **G.B.F.**.
- Jouer sur le bouton de réglage fin de la base de temps **VAR** [13] : observer son effet. Observer aussi le rôle du bouton **X-MAG.x10** [18].

**Conclusion** : Lorsqu'on mesure une fréquence, faire très attention à ce que le bouton de la base de temps soit sur la position étalonnage ou calibrage (**CAL.**) : bouton encliqueté.

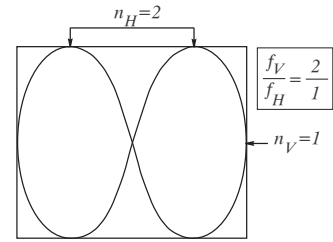
- Envoyer sur la voie  $Y_{II}$  le signal délivré par le générateur  $6\text{ V}$ .
- Modifier la voie de synchronisation du signal afin de le stabiliser. Mesurer sa fréquence.
- Profiter de ce montage pour visualiser les deux signaux en même temps et observer l'effet de la synchronisation sur **CHI** ( $Y_I$  stable  $Y_{II}$  défile) ou sur **CHII** ( $Y_{II}$  stable  $Y_I$  défile).
- Choisir  $500\text{ Hz}$  et  $6\text{ V}$  environ pour le premier **G.B.F.** et visualiser la somme  $Y_I + Y_{II}$ . Synchroniser sur **CHI** puis sur **CHII**.

## V.4 Mesure de fréquence par comparaison : courbes de Lissajous.

- Garder le montage précédent et envoyer le signal de la voie  $Y_I$  en  $X$  (mode  $XY$ ).
- Jouer sur la fréquence du **G.B.F.**, on observe pour certaines valeurs de la fréquence, des courbes caractéristiques appelées **courbes de Lissajous**.

Ex :  $\triangleright f_Y = 2f_X$  qu'on peut écrire :  $f_V = 2f_H$  .

Sur cet exemple, le signal vertical fait deux oscillations pendant que le signal horizontal n'en fait qu'une : il suffit de comparer le nombre points de tangence à côté vertical  $n_V$  et à côté horizontal  $n_H$ . La fréquence du signal vertical est donc le double de celle du signal horizontal.

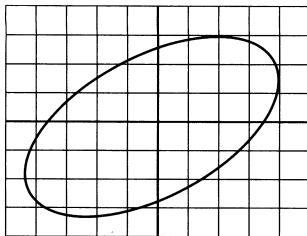


De façon générale, s'il y a  $n_V$  points de tangence avec le côté vertical et  $n_H$  points de tangence avec le côté horizontal, les fréquences sont dans le rapport :

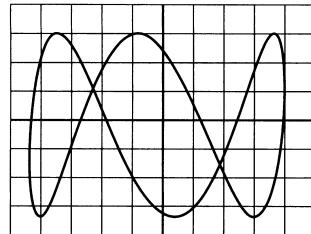
$$\frac{f_V}{f_H} = \frac{n_H}{n_V}$$

Réaliser un rapport 3/2, 3 ,etc...

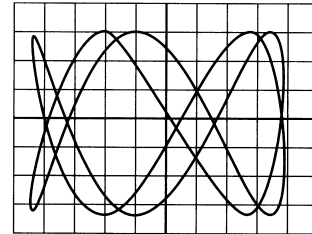
Quelle est la figure observée pour un rapport 1 ?



signaux de même fréquence



signal Y de fréquence triple du signal X



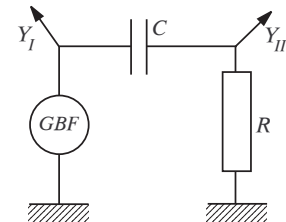
rapport de fréquence signal Y/signal X 5/2

### V.5 Mesure directe de déphasage

- Réaliser un circuit RC alimenté par le GBF.

Faire une construction de Fresnel et calculer la valeur à donner à la fréquence pour que le courant et la tension aux bornes de l'ensemble soient déphasés de 30° environ.

Représenter le montage et le réaliser. Relier à l'oscilloscope après avoir réalisé le circuit.



Il est demandé de toujours envoyer le signal d'entrée sur la voie  $Y_I$ <sup>b</sup> et le signal de sortie sur la voie  $Y_{II}$ <sup>c</sup>.

- Bien centrer les deux signaux par rapport à l'axe horizontal. (On pourra exceptionnellement utiliser le couplage **AC**.)

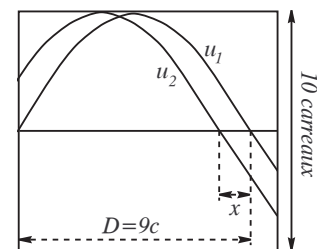
Agrandir au maximum et rendre les 2 sinusoïdes tangentes aux bords du cadre en décalibrant et enjouant sur le réglage fin.

**Ajuster la demi-période à 9 carreaux** en décalibrant la base de temps et enjouant sur le réglage fin.

On doit obtenir l'écran ci-contre.

Expliquer alors pourquoi **chaque carreau de décalage correspond à 20° de déphasage**.

Mesurer le déphasage. Conclusion ?



Ici,  $u_2$  est en avance de phase sur  $u_1$

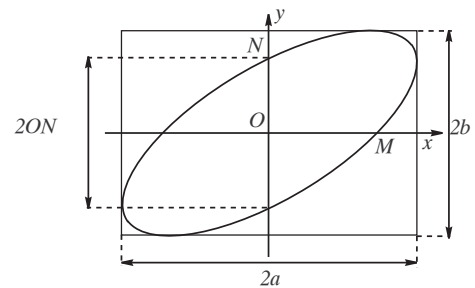
- Sachant que la courbe qui passe par la crête la première (à l'instant  $t$  le plus petit) est en avance de phase par rapport à l'autre , déterminer le signe du déphasage de  $i$  par rapport a  $u$ . Entre quelles valeurs ce déphasage varie-t-il lorsque la fréquence varie de zéro à l'infini. Comment peut-on, sans modifier le montage, visualiser  $u_C$  ?

Méthode des 9 carreaux

### V.6 Mesure de déphasage par la méthode de Lissajous

- Se placer en mode XY et observer l'ellipse. Bien la centrer (mettre successivement chaque voie à zéro avec la position GND).

L'agrandir au maximum de telle façon qu'elle soit tangente aux bords de l'écran. (décalibrer et jouer sur les réglages fins).



Mesurer  $\phi$  à partir de la relation :  $\sin \phi = \frac{2ON}{2b}$ . Conclusion.

Quelle courbe obtient-on pour  $\phi = 0$  ou  $\phi = \pi$  ?

Cette méthode sera surtout utilisée dans ces cas particuliers. On remarquera que la méthode de LISSAJOUS ne permet pas de déterminer le signe du déphasage... Sauf à très basse fréquence lorsqu'on voit tourner le spot !

• **Complément :**

On utilise la représentation paramétrique  $\{x(t), y(t)\}$  :

$$x = a \cos \omega t \quad \text{et} \quad y = b \cos(\omega t + \phi)$$

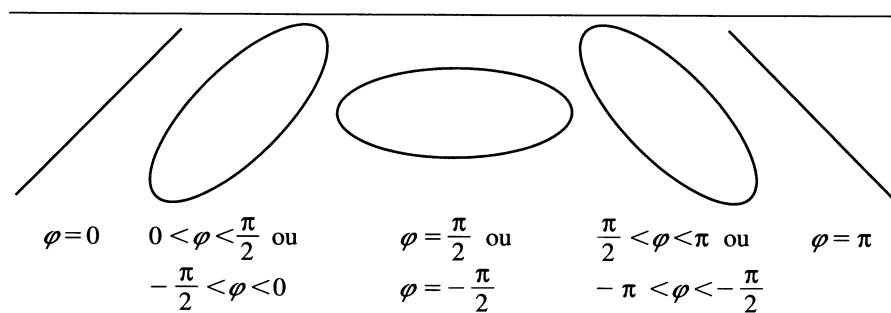
avec 3 carreaux pour  $a$  et 2 carreaux pour  $b$ .

Quelles sont les courbes de **Lissajous** dans les cas particuliers suivants :

$$\phi = 0; \quad 0 < \phi < \frac{\pi}{2}; \quad \phi = \frac{\pi}{2}; \quad \frac{\pi}{2} < \phi < \pi; \quad \phi = \pi; \quad \pi < \phi < \frac{3\pi}{2}; \quad \frac{3\pi}{2} < \phi < 2\pi.$$

On pourra déterminer les coordonnées des points particuliers correspondant à :  $\omega t = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, 2\pi$ .

Vérifier la justesse du document suivant.



Déphasage en fonction de l'orientation de l'ellipse pour

$$u_x = u_{x_m} \cos(\omega t) \quad \text{et} \quad u_y = u_{y_m} \cos(\omega t + \phi).$$

**Ce qu'il faut retenir :** Le déphasage  $\varphi$  mesuré avec la méthode de LISSAJOUS n'est connu qu'au signe près (puisqu'il ne repose que le rapport de deux longueurs).