

Premiers circuits

🏠 : A préparer avant de venir en TP ; $\rightsquigarrow$: manip à faire

Objectifs du TP : $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Découvrir l'oscilloscope et le GBF (Générateur Basses Fréquences)} ; \\ - \text{Comprendre les modes d'affichage et les principes de synchronisation de l'oscilloscope} ; \\ - \text{Savoir régler les appareils, effectuer facilement les mesures désirées (tensions, intensités, temps, déphasages...)}. \end{array} \right.$

Compétences exigibles : $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Reconnaître une avance ou un retard.} \\ - \text{Passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.} \\ - \text{Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou } \pi \text{ en mode XY.} \\ - \text{Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données.} \end{array} \right.$

I. Préliminaires

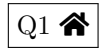
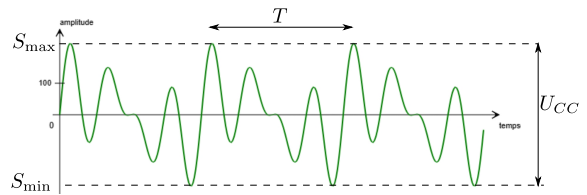
1. Signal périodique

Un signal périodique se répète identique à lui-même après une période T ; pour tout t : $s(t+T) = s(t)$:

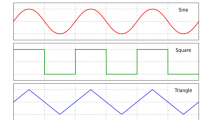
- **valeur crête à crête** $U_{CC} = S_{\max} - S_{\min}$

- **valeur moyenne** $\langle s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$. Souvent les signaux seront de moyenne nulle.

- **valeur efficace** $S_{\text{eff}} = \sqrt{\langle s^2 \rangle} = \left(\frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt \right)^{1/2}$



Montrer que pour un signal symétrique d'amplitude A , $\left\{ \begin{array}{l} S_{\text{eff}} = A/\sqrt{2} \text{ (signal sinusoïdal)} \\ S_{\text{eff}} = A \text{ (signal carré)} \\ S_{\text{eff}} = A/\sqrt{3} \text{ (signal triangulaire)} \end{array} \right.$



Conseil : remarquer qu'il suffit de calculer la valeur efficace sur une moitié ou un quart de période, cela simplifie beaucoup les calculs !

2. Masse et Terre

La masse est un potentiel électrique de référence par rapport auquel on mesure les autres potentiels du circuit. Dans les appareils électriques, ce potentiel de référence est relié à la Terre (le sol) choisie comme origine des potentiels (soit 0 V). Les entrées et sorties des appareils reliés à la masse sont donc au potentiel nul et repérées par une borne noire en général portant le symbole $\perp$.

Remarques : 1) Les masses des appareils sont en principe reliées entre elles par l'intermédiaire du neutre des fils d'alimentation. Cependant, dans un montage, on les reliera quand même entre elles pour plus de clarté.

2) Cela peut poser des problèmes de court-circuit, il existe donc des appareils, dits à masse flottante, dont la masse n'est pas reliée à la Terre.

II. Le Générateur Basse Fréquence (G.B.F.) : délivre le signal

$\rightsquigarrow$ Repérer (et essayer) sur le G.B.F. la ou les borne(s) de sortie(s). (OUTPUT in english), les boutons qui permettent

- de mettre l'appareil sous tension (en fonctionnement)
- de choisir la forme de la tension délivrée
- de changer la fréquence de la tension
- de changer l'amplitude (ou niveau de sortie) de la tension.
- d'ajouter une tension continue (offset) au signal périodique

III. L'oscilloscope : observe le signal

L'oscilloscope est un appareil de mesure permettant d'observer simultanément deux signaux (entrées X,Y ci-contre) connectés par câbles BNC ou avec un adaptateur (signal sur la borne rouge, masse sur la borne noire).

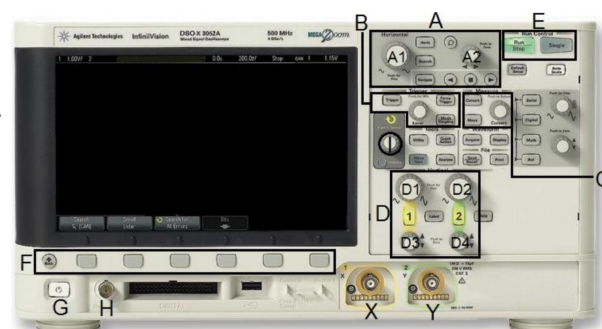
Comme tout voltmètre, il se branche en parallèle sur la branche du circuit à étudier et n'apporte, en général, aucune perturbation sensible au signal (voir résistance d'entrée).

Le signal électrique est appliqué entre l'une des entrées et la masse, celle-ci étant imposée par l'oscilloscope.

⚠ L'oscilloscope n'est pas le seul appareil à imposer la masse du circuit ; il faut donc **toujours** faire un schéma du circuit et placer les masses au même nœud, pour ne pas créer de court-circuit.

Pour les réglages de base (zones A et D), on trouve une paire de boutons qui peuvent à la fois être tournés ou appuyés :

- le gros règle le calibre (par exemple, 1 ms/div) ; en appuyant dessus, on peut passer d'un réglage grossier à un fin



- le petit règle l'origine de l'affichage (par exemple la position de $t = 0$ sur l'axe horizontal) ; en appuyant dessus, on ramène cette origine au centre de l'écran.

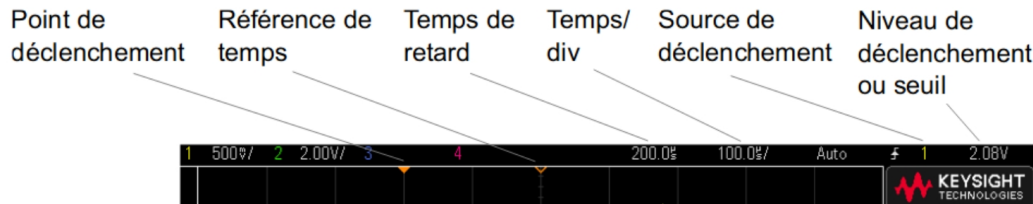
Dans les menus, le bouton I sert à changer les réglages.

1. Base de temps (zone A)

A1 règle le « nombre de secondes » par division horizontale de l'écran. A2 déplace l'origine des temps sur l'axe horizontal.

On peut choisir en appuyant sur le bouton horiz (zone A) : $\left\{ \begin{array}{l} \text{le mode normal, qui trace les courbes acquises en fonction du temps} \\ \text{le mode XY, qui trace la voie 2 en fonction de la voie 1.} \end{array} \right.$

Les informations suivantes sont affichées en haut de l'écran :



2. Calibre vertical de l'oscilloscope (zone D)

On peut régler l'échelle verticale de chaque voie d'entrée, avec $\left\{ \begin{array}{l} \text{D1 et D2 pour les calibres} \\ \text{D3 et D4 pour les origines} \end{array} \right.$

Pour activer ou désactiver une voie, on appuie sur le bouton correspondant dans la zone D ; appuyer sur ce bouton permet également de faire apparaître le menu du choix de couplage :

- Mode DC (direct current) : le signal est directement affiché. On le choisira presque tout le temps.
- Mode AC (alternative current) : le signal est filtré (filtre passe-haut) pour éliminer sa composante continue. La tension observée sera alors de moyenne nulle. Sauf dans des cas particuliers, on n'utilisera JAMAIS l'entrée AC.
- Mode GND (ground) : permet d'ajuster le signal de la masse et repérer facilement la position du zéro sur l'écran.

↪ Réglages élémentaires : Brancher le GBF sur la voie 1 de l'oscilloscope. Choisir une tension sinusoïdale (sans décalage continu) de fréquence $f = 1\text{kHz}$ et d'amplitude 2V . Dilater la sinusoïde de façon à observer 2 ou 3 périodes couvrant pleinement l'écran (utiliser pour cela les boutons de réglages des voies verticale et horizontale).

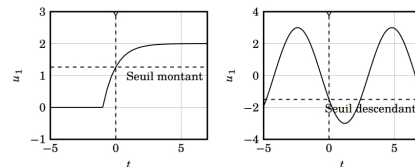
↪ Pour visualiser le rôle des différents modes, ajoutez une composante continue au signal du GBF (offset).

3. Modes d'acquisition (zone E)

Le bouton Run/Stop permet de faire défiler le signal ou de le "geler" à un moment précis.

Si le signal défile, il est effacé à chaque nouveau passage ; cependant, il n'est souvent pas synchronisé et l'affichage n'est pas stable. On règle de ce problème à l'aide du déclenchement : le principe consiste à fixer un seuil et un type d'évolution ; lorsque le signal correspond au signalement, l'oscilloscope considère cet instant comme l'instant $t = 0$.

Très souvent, la condition proposée est du type "le signal atteint une certaine valeur en montant".



Règlage de la synchronisation : fenêtre TRIGGER

Dans le mode relaxé, les balayages se succèdent sans temps mort ; dans le mode déclenché chaque balayage attend l'ordre donné par la synchronisation. La plupart du temps, on utilise le mode déclenché afin que le signal observé soit stable.

Le réglage de la synchronisation nécessite trois choix dans la fenêtre TRIGGER :

- Source : permet de choisir sur quel signal l'oscilloscope va essayer de se synchroniser. Il faut choisir un signal bien stable pour que la visualisation soit possible. La plupart du temps, on utilise comme source le GBF, il faut donc relier le GBF à la voie 1 de l'oscilloscope et cliquer sur voie 1 dans source.
- Level : permet de choisir le niveau de synchronisation. Chaque fois que le signal de source atteint le même niveau que le niveau LEVEL, il y a déclenchement. La valeur de ce Level peut se régler et apparaît grâce à un curseur sur l'écran, semblable à ceux donnant le zéro de chacune des chaînes. Trouver le bouton « level » et regarder son influence.

↪ Sur le signal sinusoïdal précédent, sélectionner une synchronisation automatique sur front montant puis sur front descendant. Noter vos observations.

↪ Faites varier le niveau de déclenchement. Noter vos observations.

↪ Pour différentes sensibilités de la voie d'entrée, faites varier le niveau de déclenchement. Noter vos observations. Conclusion ?

↪ Toujours sur le signal sinusoïdal précédent, sélectionner une synchronisation sur la voie 2 puis EXT. Noter vos observations. Injecter maintenant sur la borne EXT le signal issu du GBF en utilisant un second câble coaxial et un T, noter vos observations. Interpréter.

IV. Application à la mesure électrique

1. Mesure de la période d'un signal périodique

Mesure avec les curseurs

Sélectionner le menu CURSORS et se mettre en mode Manuel.
Choisir le Type, X pour avoir une mesure de temps et la Source, ici CH1. Deux curseurs (Curs X1 et Curs X2) peuvent être déplacés, après avoir été sélectionnés, par le bouton CURSORS qu'on fait tourner. On lit la position des deux curseurs, l'intervalle entre les deux (ΔX) et l'inverse ($1/\Delta X$). En ayant convenablement positionné les deux curseurs, on peut ainsi mesurer la période T et la fréquence f . Noter les résultats et vérifier qu'ils sont en accord avec la valeur affichée par le GBF. Remarquez que pour que les mesures soient précises, les courbes doivent être suffisamment dilatées verticalement.
La méthode est la même pour une mesure de tension, mais avec le Type Y.

Mesure en automatique

Sélectionner le menu MEAS. Choisir Temps, puis Période et Fréquence. Les valeurs s'affichent dans l'ordre choisi. Noter les valeurs et comparer à celles obtenues au 1. Si des étoiles apparaissent, cela signifie que l'appareil ne réussit pas à faire la mesure (par exemple, mauvais choix de la base de temps. Remarquer aussi que les valeurs affichées fluctuent légèrement au cours du temps.

REMARQUE IMPORTANTE pour les mesures automatiques

Il faut avoir quelques périodes au minimum d'un signal pour effectuer des mesures automatiques fiables $\Rightarrow$ ne pas zoomer trop !.

↪ Noter les résultats principaux pour le signal étudié :

	tension crête à crête V_{pp}	valeur moyenne V_{moy}	valeur efficace $V_{eff} = V_{rms}$
Mesures avec les curseurs			
Mesures en automatique			

Méthode : Réalisation d'un circuit électrique

AVANT de réaliser un circuit :

1. Représenter le schéma du circuit électrique étudié.
2. Placer les masses du GBF et de l'oscilloscope (voir prochain TP).
3. Puis placer les appareils de mesure nécessaires (voltmètre, ampèremètre, oscilloscope).

PUIS le réaliser :

4. Réaliser le circuit étudié (SANS les appareils de mesure) avec une disposition spatiale des composants identique à celle sur le schéma.

Utiliser les fils noirs toujours et uniquement pour ce qui arrive à la masse (qui ne doit correspondre qu'à un seul point du circuit, donc tous les fils noirs doivent arriver au même point) et utiliser toujours et uniquement les autres couleurs pour tout le reste.

5. Placer les appareils de mesure.

APRÈS, faire quelques vérifications :

6. Vérifier que le circuit est fermé.
7. Vérifier que tous les fils noirs (liés aux masses des appareils) arrivent au même point.

2. Mesure de déphasages

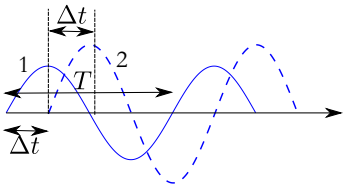
Soient $y_1(t) = a \cos(\omega t)$ et $y_2(t) = b \cos(\omega t + \varphi)$ deux signaux sinusoïdaux de même fréquence. On souhaite mesurer le déphasage φ entre ces deux signaux.

Q2 φ est-il l'avance ou le retard de phase de 2 sur 1 ?

Méthode bicourbe

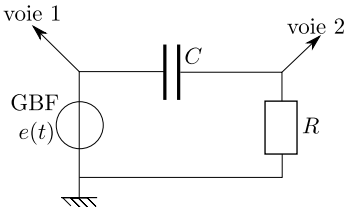
La méthode consiste à observer les deux signaux simultanément et à mesurer le plus petit retard Δt de la voie 2 (y_2) par rapport à la voie 1 (y_1) pour deux points homologues des courbes (par exemple le maximum, mais ce sera plus précis en prenant les passages par zéro, si les signaux sont symétriques (en mode AC exceptionnellement !)). On a alors

$$\varphi = \pm 2\pi \frac{\Delta t}{T} \text{ (rad)} = \pm 2\pi f \Delta t$$



↪ Réaliser le montage ci-contre où l'on prendra $R = 100\Omega$ et $C = 1\mu\text{ F}$. Le GBF délivre une tension sinusoïdale de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2 V .

Q3 Reproduire les deux oscillogrammes obtenus, mesurer φ



Méthode de Lissajous

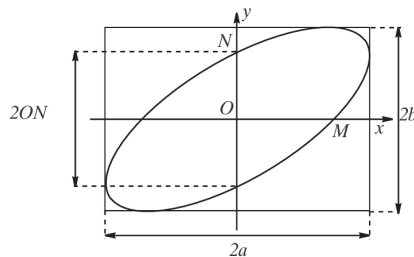
On se place en mode XY : Menu «Horizontal», touche «Horiz», mode XY.

Pour $y_1(t) = a \cos(\omega t)$ et $y_2(t) = b \cos(\omega t + \varphi)$, la courbe que l'on observe est une ellipse inscrite dans un rectangle de côtés $2a$ et $2b$.

Le point N a une abscisse nulle : $y_1(t) = 0$, soit $\omega t = \pi/2 + 2k\pi$ (k entier) ; l'ordonnée de ces points est donc $y_2(t) = b \cos(\pi/2 + 2k\pi + \varphi) = b \sin \varphi$. Ainsi $2ON = 2b \sin \varphi$, on en déduit donc le déphasage φ par

$$|\sin(\varphi)| = \sin \phi = \frac{2ON}{2b}$$

On détermine le signe en revenant en bicourbe.



Q4 Représenter les courbes XY correspondant aux cas particuliers suivants : $\varphi = 0$, $\varphi = \pi/2$, $\varphi = \pi$ et $\varphi = 3\pi/2$. Que donne le cas $a = b$ pour les courbes précédentes ?

Q5 Dans le montage envisagé précédemment, mesurer le déphasage entre les deux voies en précisant le signe et en utilisant chacune des méthodes précédentes. Comparer les résultats à la valeur théorique : $|\tan(\varphi)| = 1/RC\omega$. Commenter (on pourra discuter de la précision des mesures).

V. Le multimètre

Le multimètre est un appareil numérique (i.e. qui affiche un nombre). Cet appareil permet la mesure de tensions ou de courants, en continu ou en alternatif, de résistance ou de fréquence mais il peut encore être utilisé en testeur de diodes ou pour la mesure de température en y connectant une sonde. Le multimètre possède plusieurs bornes d'accès, suivant la mesure à effectuer, mais une borne commune pour toutes celles-ci : la borne COM (noire). On veillera à utiliser la borne d'entrée en liaison avec la sélection effectuée (voltmètre, ampèremètre, etc.) et la grandeur à mesurer.

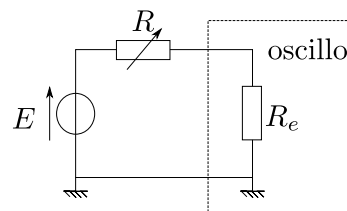
Remarque IMPORTANTE en position ampèremètre :

- On se placera **toujours d'abord** sur le plus grand calibre pour éviter de griller les fusibles et on le diminuera éventuellement après la première mesure.
- Si vous ne mesurez aucun courant, c'est probablement que votre fusible est grillé. N'hésitez pas à demander si vous avez un doute !

1. Résistance d'entrée de l'oscilloscope

a. Méthode de la tension moitié

En mode DC, une voie d'entrée de l'oscilloscope se comporte comme une résistance R_e dite résistance d'entrée. On se propose de déterminer R_e . On envisage le montage ci-contre pour lequel on montre que la tension mesurée est donnée par : $y_1 = \frac{R_e}{R_e + R} E$ (E tension aux bornes du générateur, tenant donc compte de sa résistance interne). On a donc $y_1 = E/2$ pour $R = R_e$, ce qui constitue une méthode de mesure de R_e .



b. Application

Q6 Réaliser le montage du paragraphe précédent en prenant pour E une tension continue de 2 V et pour R une boîte de résistances variables. Changer alors la valeur de R jusqu'à obtenir $E/2$ et en déduire une valeur de R_e . Comparer celle-ci à la valeur fournie dans la documentation.

2. Résistance de sortie d'un GBF

ATTENTION ! On ne branchera jamais un ohmmètre directement aux bornes du GBF :

- ça risque de griller le fusible ;
- ça ne sert à rien, car on ne mesurera pas pour autant la résistance interne.

En effet, pour mesurer une résistance, un ohmmètre envoie un courant d'intensité connue dans le dipôle, il mesure la tension à ses bornes. En faisant le rapport de cette tension sur l'intensité injectée, il en déduit la résistance. Mais si la résistance est traversée par un courant généré par autre chose en plus de celui envoyé par l'ohmmètre, la mesure affichée sur l'écran ne correspondra en rien à la résistance du dipôle.

Q7 Proposez un montage simple, utilisant une résistance variable (entre 0 et 200Ω) et un multimètre en mode voltmètre, basé sur la méthode de la tension moitié du paragraphe précédent pour déterminer la résistance de sortie d'un GBF en basse fréquence. On modélisera simplement le GBF vu de la sortie par son générateur de Thévenin équivalent.