




TPC – Instrumentation électrique

Objectifs : se familiariser avec le matériel disponible, en particulier l'oscilloscope.

I Masse des appareils et terre du secteur

I.1 Masse, terre et fils

- 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 !
- **Cette liaison masse/terre est obligatoire pour les appareils à coffret métallique.** Ce n'est pas le cas des appareils présentant une double isolation qui ont pour symbole : 
- ♦ **NB :** On utilisera toujours des fils noirs pour reconnaître les fils reliés à une masse.

I.2 Comment tracer la caractéristique $i = i(u)$ d'un dipôle à l'oscilloscope ?

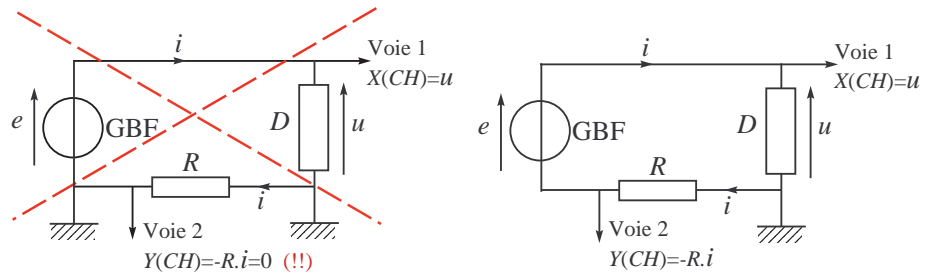
Ex : on cherche à visualiser à l'oscilloscope la caractéristique intensité-tension d'un dipôle D .

Pour pouvoir observer à la fois $u_R = Ri$ (afin d'observer une grandeur proportionnelle à i) et $u = u_D$ (tension aux bornes du dipôle) en même temps, il faut placer la « masse » de l'oscilloscope (borne commune aux voies 1 et 2) entre la résistance R et le dipôle D .

Or la masse d'un oscilloscope est une masse « carcasse », donc reliée à la terre. Ce qui est le cas également de la masse de la plupart des GBF !
Si on ne fait pas attention on risque donc de court-circuiter la résistance (ou le dipôle) !

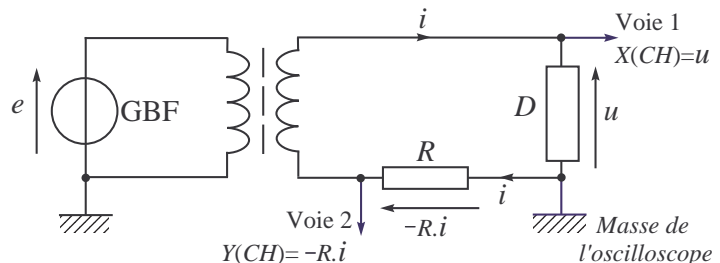
Pour que le montage fonctionne, il faut donc :

- soit utiliser un GBF sans prise de terre — encore appelé : générateur à « masse flottante » Cf. ci-contre.



- soit utiliser un transformateur d'isolement (ci-contre)

Attention : Pour visualiser i par l'intermédiaire de $u_R = R.i$ (et non pas $-i$) sur la Voie 2 il suffit d'**inverser** la Voie 2 de l'oscilloscope ; sinon, la caractéristique est à l'envers !



II Le multimètre

C'est un appareil qui, selon la position d'un commutateur, peut jouer le rôle d'un voltmètre, d'un ampèremètre ou d'un ohmmètre. On étudie ici les fonctions voltmètre et ampèremètre.

Question : Comment place-t-on un voltmètre dans un circuit (en série ou en dérivation) ? Et un ampèremètre ?

II.1 Impédance d'entrée

Le fait d'insérer le voltmètre ou l'ampèremètre perturbe le montage. On peut le modéliser par son **impédance d'entrée**.

a Voltmètre

Le voltmètre a une **très** grande impédance d'entrée qu'on pourra considérer comme infinie dans la plupart des cas, elle dépend très peu du calibre. On a $Z_e = 10\text{ M}\Omega$

Rq : La masse du voltmètre est flottante. On peut donc mesurer la différence de potentiel entre n'importe quel point du circuit sans se soucier du problème de masse.

b Ampèremètre

L'impédance d'entrée est donnée par la chute de tension aux bornes à pleine échelle (environ 0,6 V). La résistance dépend donc du calibre. Exemples pour deux calibres différents :

gamme	chute de tension	impédance d'entrée
400 μA	0,6 V	$R_e = \frac{0,6}{400 \cdot 10^{-6}} = 1\,500\ \Omega$
40 mA	0,6 V	$R_e = \frac{0,6}{40 \cdot 10^{-3}} = 15\ \Omega$

On peut retenir que pour des faibles intensités, l'impédance d'entrée d'un ampèremètre est grande.

II.2 Utilisation du multimètre

a En régime continu (DC)

Il n'existe qu'un mode de fonctionnement pour chaque fonction (voltmètre ou ampèremètre). On effectue ici uniquement une mesure de tension continue (aux bornes d'une pile).

◆ **Manipulation :**

- Choisir le mode **DC**.
- Appuyer sur la touche **AUTO/MAN** pour choisir le calibre manuel¹. Choisir le calibre le plus élevé.
- Les deux bornes de connexion sont **V** et **COM** : relier le générateur au voltmètre *en faisant attention aux branchements*.
- Diminuer le calibre jusqu'au calibre le plus petit afin d'avoir une meilleure précision.
- Appuyer sur la touche **AUTO/MAN** pour sélectionner le calibre automatique.
- Inverser les bornes de la pile.

Exemple : Le voltmètre indique $L = 398,4\text{ mV}$ avec le calibre 400 mV.

Q : Comment déterminer l'incertitude ΔU sur la mesure ?

Rép : la notice (Cf. p. XX) du multimètre indique que, pour le calibre 400 mV, l'incertitude absolue est : $\Delta U = 0,7\% \cdot L + 2 \cdot UR$ où L est la lecture donnée par l'appareil et UR représente une unité du chiffre de poids le plus faible — ici : $1\ UR = 000,1\text{ mV}$.

On a donc $\Delta U = 398,4 \times \frac{0,7}{100} + 2 \times 0,1 = 2,8 + 0,2 = 3,0\text{ mV}$; d'où $U = 398,4 \pm 3,0\text{ mV}$.

◆ **Quelques précisions pour la mesure de courants** (Cf. Manip. §III.1.2, réglage de l'alimentation stabilisée) :

- Relier le cordon noir à la borne **COM** et le cordon rouge soit à la borne **mA** pour mesurer des courants $< 4\text{ A}$, soit à la borne **10 A** pour mesurer des courants jusqu'à 10 A.
- Choisir le calibre le plus élevé possible.
- Ne relier le multimètre en série dans le circuit qu'au dernier moment et mettre en service le circuit à mesurer.
- **Ne pas changer de calibre en cours de mesure, couper d'abord l'alimentation.**

1. Le mode « calibre automatique » est automatiquement mis en service à l'allumage de l'appareil

b En régime variable**α) Valeur moyenne et valeur efficace d'un signal périodique**

◇ **Définition** : Soit $s(t)$ un signal périodique de période T .

Sa **valeur moyenne** $\langle s \rangle$ est : $\langle s \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) dt$

Sa **valeur (moyenne) efficace** S_{eff} est : $S_{\text{eff}} = \sqrt{\langle s^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s^2(t) dt}$

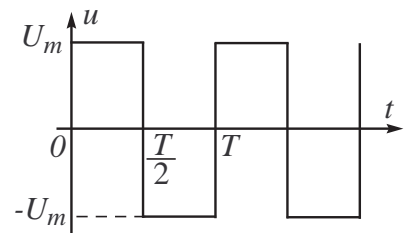
Rq : Dans le cas du multimètre, $(t)s$ désigne soit une tension soit une intensité.

Q : Calculer les valeurs moyenne et efficace lorsque :

(1) $u(t)$ est un signal continu : $u(t) = U_m$

(2) $u(t)$ est un signal sinusoïdal : $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

(3) $u(t)$ est un signal créneau : $\begin{cases} u(t) = U_m & \text{pour } t \in]0, \frac{T}{2}[\\ u(t) = -U_m & \text{pour } t \in]\frac{T}{2}, T[\end{cases}$



Rép : (1) $\langle u \rangle = U_{\text{eff}} = U_m$; (2) $\langle u \rangle = 0$; $U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$; (3) $\langle u \rangle = 0$; $U_{\text{eff}} = U_m$.

β) Fonctions DC et AC

Le multimètre donne des indications correctes uniquement pour des fréquences comprises dans la bande passante de l'appareil : $[40 \text{ Hz}, 1 \text{ kHz}]$. Cet appareil est donc destiné à la mesure de signaux de fréquence faible. Pour des signaux de fréquence élevée, on utilisera un oscilloscope.

• **Le mode DC mesure la valeur moyenne du signal** (cette valeur moyenne s'identifie bien avec la valeur d'un signal continu).

• **Le mode AC mesure** des grandeurs différentes selon les appareils :

- des multimètres mesurent **la valeur efficace** du signal ou valeur efficace TRMS (True Root Mean Square). Cette mesure, quand elle est possible, s'effectue en **mode AC + DC**.

Les appareils qui permettent cette mesure sont qualifiés d'**appareils TRMS**.

- des multimètres mesurent la valeur efficace *de la partie variable* du signal aussi appelée valeur efficace RMS (Root Mean Square). Cette valeur correspond à $\sqrt{\langle (s - \langle s \rangle)^2 \rangle}$.

Cette mesure, quand elle est possible, s'effectue en **mode AC seul**.

- des multimètres (les plus basiques, mais aussi les moins chers) ne mesurent la valeur efficace *dans le seul cas d'un signal rigoureusement sinusoïdal*.

Pour $s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$, ils renvoient la valeur $S_{\text{eff}} = \frac{S_m}{\sqrt{2}}$. Pour des signaux quelconques, la valeur affichée ne correspond pas à la valeur efficace.

Le multimètre MX40 n'est pas un multimètre RMS, il donnera donc des indications erronées de valeur efficace pour des signaux non sinusoïdaux. En TP, on utilisera donc le MX40 pour mesurer des valeurs efficaces de signaux sinusoïdaux de fréquence ne dépassant 1 kHz , sinon on utilisera évidemment un oscilloscope.

Manipulation :

→ Brancher la sortie du GBF sur l'oscilloscope, un voltmètre TRMS, un voltmètre RMS et un voltmètre non-RMS.

→ Comparer les résultats donnés par le GBF, le voltmètre TRMS, le voltmètre RMS et le voltmètre non-RMS pour des signaux sinusoïdaux et triangulaires.

III Générateurs de courant et de tension

III.1 Alimentation stabilisée

a Présentation

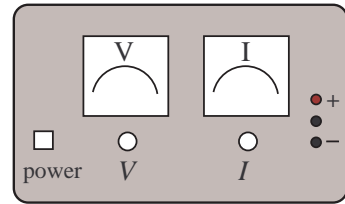
La face avant a un bouton tension **V** gradué de 0 à 30 V et un bouton intensité **A** gradué de 0 à 12 A.

C'est un **dipôle polarisé** : ses bornes sont distinguées par les signes + et -.

Il peut fonctionner en :

- **générateur de tension** : la tension U_0 est constante sur une certaine plage d'intensité (générateur parfait : *f.é.m*)
- **générateur de courant** (l'intensité I_0 est constante sur une certaine plage de tension (générateur parfait : *c.é.m*)).

CI : Il faut donc avant tout régler U_0 et I_0 .



b Réglages préliminaires

Le réglage de U_0 et de I_0 se fait grâce aux boutons de commande **V** et **A**.

Q : Comment choisir I_0 et U_0 ?

Dans les circuits, on utilise des dipôles qui sont limités en puissance. On doit donc toujours vérifier que la puissance électrique reçue par le dipôle vérifie $\mathcal{P} \leq \mathcal{P}_{\max}$, sous peine de détériorer le dipôle de manière irréversible. Cette limitation de puissance se traduit par une limitation du courant qui la traverse et de la tension à ses bornes.

Ex : Pour un conducteur ohmique de résistance R , on a (en convention récepteur)

$$\mathcal{P} = U.I = R.I^2 = \frac{U^2}{R} \quad \text{on a donc : } \begin{cases} U_{\max} = \sqrt{R \cdot \mathcal{P}_{\max}} \\ I_{\max} = \sqrt{\frac{\mathcal{P}_{\max}}{R}} \end{cases}$$

Ex : pour le rhéostat $\{33 \Omega; 3,1 A\}$ utilisé dans ce TP : $I_{\max} = 3,1 A$; $U_{\max} = R.I_{\max} = 33 \times 3,1 \simeq 100 V$ et $\mathcal{P}_{\max} = R.I_{\max}^2 = 317,1 W$

Dans la suite de ce TP, on prendra $U_0 = 5 V$ et $I_0 = 0,5 A$.

• Réglage de U_0

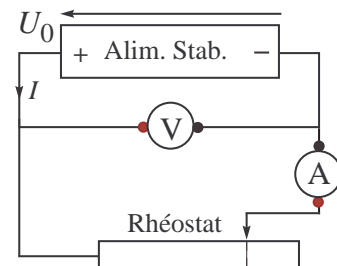
- Tourner le bouton intensité sur la graduation 1 A environ².
- Mettre un voltmètre en parallèle aux bornes + et -.
- Régler U_0 grâce au bouton tension **V** jusqu'à la valeur voulue : on prendra $U_0 = 5 V$.
- **NE PLUS TOUCHER À CE BOUTON.**

• Réglage de I_0

- Mettre un ampèremètre à la sortie, entre les bornes + et -.
- Régler I_0 grâce au bouton intensité jusqu'à la valeur voulue $I_0 < I_{\max}$: on prendra $I_0 = 0,5 A$.

c Caractéristique courant-tension de l'alimentation

- Réaliser le montage ci-contre. **Attention** à brancher correctement les différentes bornes entre elles.
- Partir d'une résistance du rhéostat $R = 0 \Omega$ puis augmenter progressivement la résistance.
- Conclusion.
- **Aspect qualitatif** : observer la variation des 2 multimètres. On est amené à distinguer 2 zones. Lesquelles ?
- **Aspect quantitatif** : mesurer une dizaine de couples (U, I) (5 dans chaque zone) et tracer la courbe $I = f(U)$.



2. Cette valeur n'a aucune importance. Il ne faut cependant pas la mettre à 0 sinon la tension reste toujours à 0 V.

Q : (1) À propos de cette alimentation, pensez-vous que l'on puisse parfois parler de source de tension et parfois de source de courant ? (2) Quelle valeur de I_0 doit-on choisir pour avoir un fonctionnement en source de tension le plus large possible ? (3) Quelle valeur de U_0 doit-on choisir pour avoir un fonctionnement en source de courant le plus large possible ?

III.2 Générateur de fonction (GBF)

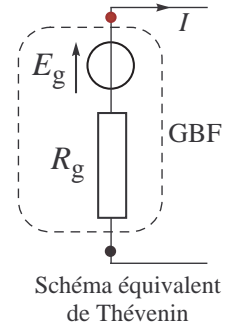
◇ **Définition :** Le G.B.F. peut fournir différentes formes de signaux : sinusoïdal, triangulaire, rectangulaire (ou créneaux), continu avec ou sans signal alternatif. On peut régler la fréquence et l'amplitude du signal émis. Il s'agit d'un générateur de tension.

a Sorties du signal

α) Sortie principale

Elle se fait par la prise BNC (repère [5] marqué « OUTPUT 50 Ω »). On peut modéliser un générateur de tension par le schéma équivalent de Thévenin. R_g est appelée la **résistance interne du générateur** (ou encore résistance de sortie) : c'est la résistance vue depuis la sortie du générateur.

On retiendra la valeur $R_g = 50 \Omega$.



β) Sortie TTL

Elle délivre un signal créneau de niveau logique (utilisé pour alimenter des circuits intégrés fonctionnant en logique TTL) : la tension vaut 0 V ou 5 V seulement (on associe à ces deux tensions deux niveaux logiques 0 ou 1). On utilisera cette sortie *uniquement* quand on aura un besoin particulier (circuits logiques, synchronisation de l'oscilloscope).

b Manipulations

→ Brancher le GBF sur l'oscilloscope et visualiser les différents signaux (repère [3] : rectangulaire, triangulaire, sinusoïdal) sur la voie CH1. L'oscilloscope est réglé comme suit³ : AUTO, PP-LEVEL, Source : CH1, Coupling : DC, CH1, CH1(X) : DC.

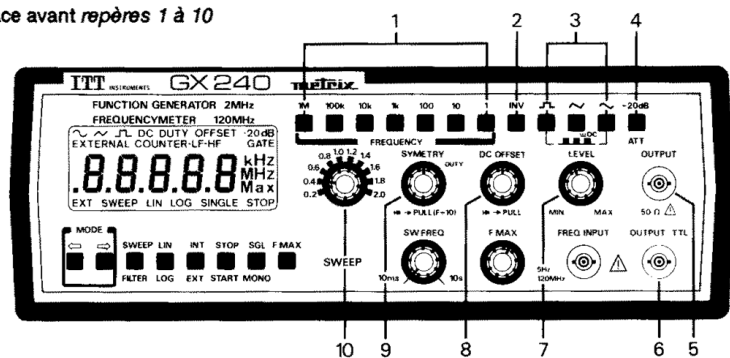
→ Sélectionner un signal de forme rectangulaire. Faire varier :

- la fréquence : repère [1] pour le choix de la gamme et repère [10] pour régler la fréquence dans un rapport de 0,2 à 2

- et l'amplitude : repère [7] LEVEL. Comparer la réponse des 2 voies.

→ Introduire une composante continue en tirant le bouton [8] (on a alors une indication OFFSET sur le LCD).

Face avant repères 1 à 10



→ Appuyer sur le repère [3] pour qu'aucun des boutons du repère [3] ne soit enfoncé. On doit alors observer un signal continu. Faire varier l'amplitude.

→ Choisir un signal rectangulaire puis triangulaire et observer l'effet du bouton [9] (il fait varier le rapport cyclique). → Même série de manipulations en envoyant sur la Voie 1 de l'oscilloscope le signal TTL (repère [6]) – utiliser pour cela un câble BNC-BNC. Conclusion ?

Rq : Le repère [4] atténue le signal de -20 dB (i.e. le divise par 10) à la sortie du générateur.

3. On verra en détail par la suite l'explication des différents réglages qui seront à faire systématiquement avant d'utiliser l'oscilloscope.

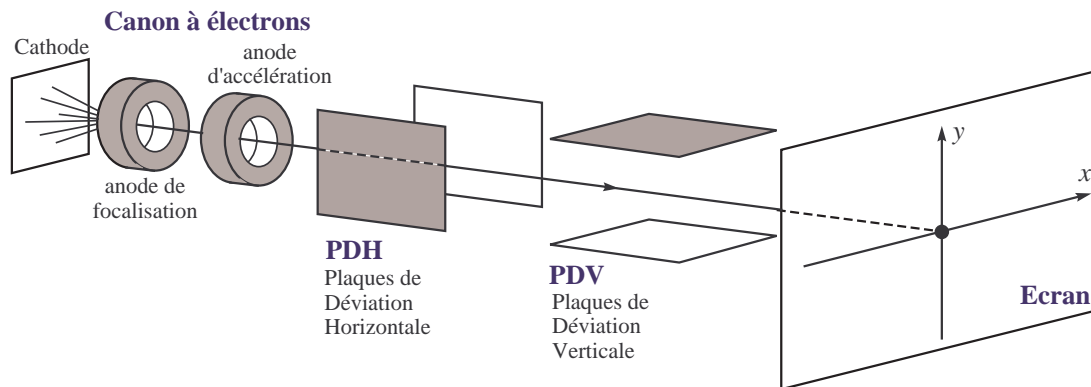
IV L'oscilloscope

IV.1 Description

a Principe de fonctionnement

On distingue 3 parties principales :

- le **canon à électrons** qui produit, focalise et accélère (cathode et anodes) les électrons de façon à obtenir un faisceau d'électrons homocinétiques.
- le **système de déviation** constitué de deux paires de plaques (PDV et PDH) entre lesquelles on établit des tensions.
- l'**écran fluorescent** sur lequel l'impact des électrons fait apparaître une petite tâche lumineuse : le spot.



b Face avant de l'oscilloscope

Un oscilloscope a deux axes : X (horizontal) et Y (vertical).

Il comporte beaucoup de boutons que le constructeur a regroupés en 3 sections verticales, séparées par des lignes continues :

- une plage pour la **visualisation de la trace** (luminosité, focalisation...)
- une plage pour la **déviatiion verticale** (2 voies CH1 et CH2)
- une plage pour le réglage et la synchronisation de la **base de temps**.

→ Allumer l'oscilloscope

→ Se placer sur la Voie 2 ; pour ce faire, régler l'appareil sur AUTO [18] , PP-LEVEL [14], Source : CH2 [24], Coupling : DC [26], CH2 [9].

IV.2 Réglage de la trace

Le réglage horizontal de la trace s'effectue sans signal appliqué (générateur éteint).

Le bouton de réglage de synchronisation [18] est sur AUTO (s'il est sur le mode non-AUTO, la trace n'apparaît pas).

→ Effectuer le réglage de la luminosité : INTENSITY [4] → Sur certains oscilloscopes (pas sur le 8050) : Effectuer le réglage de la trace : FOCUS.

Rq : Il faut avoir un signal le plus fin possible pour effectuer une mesure correcte mais attention à ne jamais laisser un spot trop lumineux ou trop concentré car il pourrait endommager le revêtement de l'écran.

La trace peut être déplacée verticalement ou horizontalement (grâce à une tension continue réglable).

→ Effectuer le cadrage de la voie CH2 ([8] et [10]).

Ce réglage de la trace sera nécessairement fait avant toute utilisation de l'oscilloscope.

IV.3 Déviation verticale : voie Y

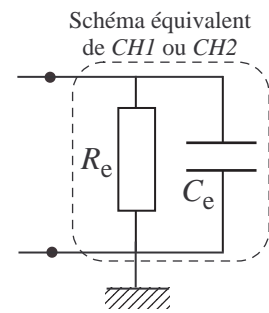
a Entrée du signal

Elle se fait par les voies CH1 et CH2 en utilisant des prises BNC. Toutes les masses électriques des différents appareils doivent être réunies ensemble et au boîtier métallique de l'appareil : **la terre**.

→ **Faire très attention dans les montages à ne pas faire de court-circuit.**

b Impédance d'entrée et bande passante

L'oscilloscope est fait de composants qui vont parfois avoir une influence sur le circuit. Ils peuvent être modélisés par une association parallèle (R_e, C_e) : on parle alors d'**impédance d'entrée** de l'oscilloscope (plutôt que de résistance d'entrée).



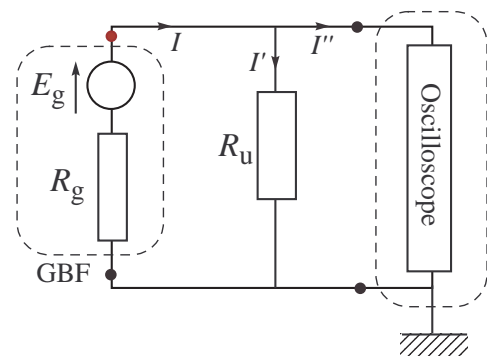
Lorsqu'on branche un oscilloscope aux bornes d'une résistance de charge R_u , on réalise le montage suivant :

On veut évidemment $I = I'$, donc I'' doit être très faible ; il faut donc que la résistance de l'oscilloscope R_e soit très grande (idéalement infinie).

On a pour les oscilloscopes utilisés

$$R_e = 1 \text{ M}\Omega \text{ et } C_e = 25 \text{ pF}$$

Rq : Ces valeurs figurent sur la face avant à côté des bornes d'entrée CH1(X) et CH2(Y).



Pour que la mesure soit correcte, il faut donc que $R_u \ll 1 \text{ M}\Omega$.

◇ **Définition :** La bande passante correspond au domaine de fréquence pour ne pas avoir des signaux déformés (en amplitude et en phase).

Les signaux correctement visualisés par l'oscilloscope sont ceux dont la fréquence est comprise entre 0 et 40 MHz .

Cl : L'oscilloscope est donc beaucoup plus performant que le multimètre en terme de bande passante.

c Réglage des voies Y

α) Calibres

- Une déviation verticale donnée correspond à une différence de potentiel appliquée unique. Pour que la même déviation permette de mesurer des signaux d'amplitudes très différentes, un dispositif doit faire varier le rapport existant entre l'amplitude du signal à mesurer et l'amplitude de la différence de potentiel appliquée entre les plaques de déviation verticale : c'est le dispositif d'amplification également appelé calibre, ou sensibilité verticale.

→ Le curseur correspondant [33] est directement gradué en volts par division, une division correspondant à une graduation principale de la voie Y, ce qui permet de faire des mesures de tension dans une large gamme.

- Certaines options sont possibles : inversion du signal sur une voie (-CH2 [11]), addition ou soustraction ([9]) des amplitudes des signaux des 2 voies (attention : il fait la somme « point par point », on doit donc avoir les mêmes sensibilités verticales sur [33] et [38]).

β) Filtres d'entrée

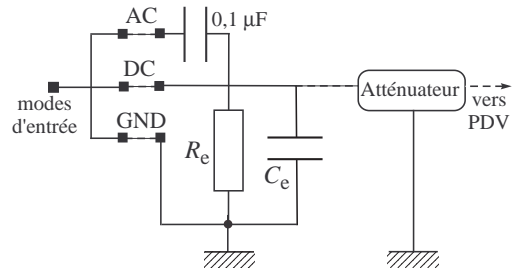
→ Envoyer un signal du GBF sur la Voie 2, avec un signal continu (DÉCALAGE). L'oscilloscope est toujours réglé avec AUTO, PP-LEVEL, Source : CH2, Coupling : DC, CH2.

→ À l'aide du bouton [30], se placer en DC, puis en AC puis GND (bouton au-dessus de CH2(Y)).

→ Conclusion.

Il existe donc 3 couplages différents du signal d'entrée :

- **position DC** (« Direct Coupling » ou couplage direct) : le signal d'entrée est directement appliqué à l'atténuateur, tout le signal passe (composantes variable et continue).
- **position AC** (« Alternative Coupling » ou couplage alternatif) : la composante continue est supprimée ; seule passe la composante alternative. Ceci se fait grâce à une capacité supplémentaire d'environ $0,1 \mu F$ qui peut être la cause de déformation dans certains cas.
- **position GND** (« Ground ») : le signal d'entrée est connecté à la masse. On peut visualiser le potentiel de la masse et placer ainsi la ligne de base à hauteur sur l'écran, pour servir de référence.



Ce réglage de la ligne de base est à faire systématiquement.

IV.4 Déviation horizontale : Voie X

Sur le système de déviation horizontale (PDH), on peut appliquer :

- soit une tension proportionnelle à la tension d'entrée sur la voie CH1. On visualise alors $Y_2 = f(X_1)$, *i.e.* $Y = f(X)$. C'est le **mode de Lissajous**, ou mode XY.
- soit une tension interne variant linéairement avec le temps. On visualise alors $Y_1(t)$ et $Y_2(t)$. C'est le **mode temporel**.

a Mode temporel

α) Base de temps

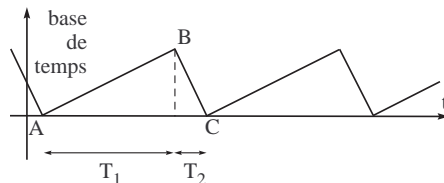
◇ **Définition** : La **base de temps** est un générateur qui a pour rôle de provoquer un balayage horizontal du spot

- Envoyer un signal triangulaire sur l'oscilloscope (CH1), puis se placer en XY ([9]).
- Se mettre sur la fréquence la plus faible ($0,3 \text{ Hz}$). Observations.

CI : La tension appliquée aux plaques de déviation verticale (PDV) ne permet au spot que de décrire un segment lumineux d'amplitude variable, vertical, si le déplacement horizontal de ce spot n'est pas assuré.

Le générateur appelé « **base de temps** », assurant ce balayage horizontal, délivre une tension en dents de scie (ou **rampe**) sur les plaques de déviation horizontale (PDH) :

- de A à B :
la différence de potentiel entre les plaques croît, de sorte que le faisceau d'électrons est de plus en plus dévié vers la droite, le spot se déplace de la gauche vers la droite de l'écran. Soit T_1 la durée du balayage.



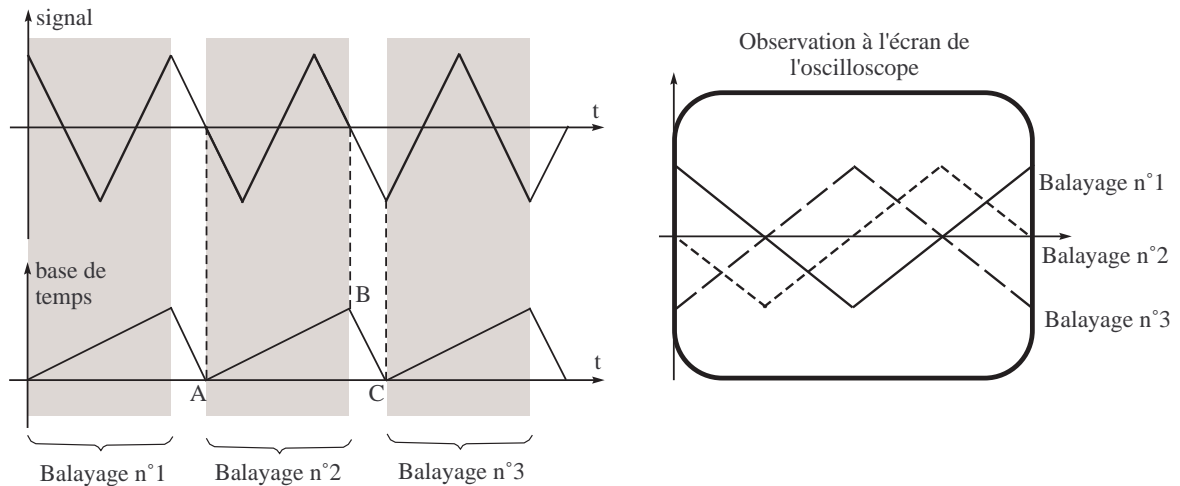
- de B à C :
la tension chute très rapidement, le spot revient très rapidement à sa position initiale à gauche de l'écran. Pendant ce retour, pour éviter l'apparition d'une trace parasite, l'émission électronique est bloquée. Soit T_2 la durée du retour.
- La **vitesse de balayage** (vitesse avec laquelle le spot se déplace de gauche à droite sur l'écran) peut être modifiée par bonds calibrés (en ms/div ou $\mu s/div$) grâce au bouton rotatif [21].

β) Synchronisation ou déclenchement de la base de temps

- Supprimer XY, PP-LEVEL, mettre le bouton LEVEL [15] au maximum et rester sur AUTO [18].
- Choisir une fréquence délivrée par le GBF de 500 Hz . Observations.

Commentaire : Si la période de la base de temps est indépendante de celle du signal à visualiser (pas de rapport entier), on observe sur l'écran plusieurs images superposées ou un défilement de l'image (correspondant aux balayages successifs).

On est en mode « relaxé » : la base de temps est réglée sur une période déterminée, fonctionne de manière autonome ; la vitesse de balayage (AB) ainsi que la période de la base de temps (AC) sont indépendantes du signal à observer.

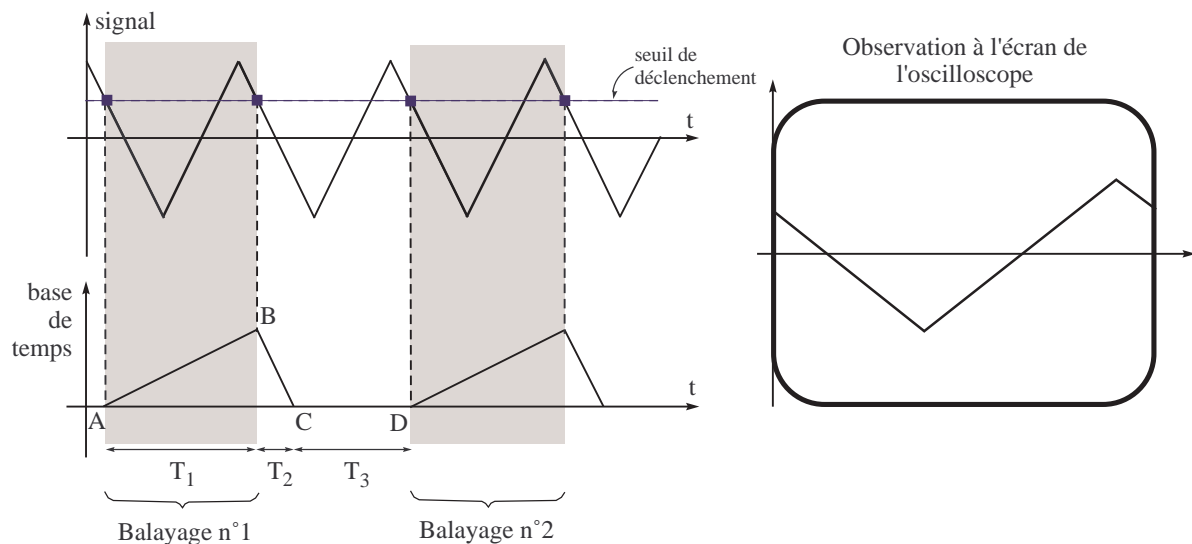


Q : Comment obtenir une image « correcte » ?

Rép : il faut que la période (AC) soit un multiple entier de la période du signal à analyser. Il faut donc pouvoir commander le départ du balayage : la dent de scie ne démarrera qu'à chaque fois que la tension du signal atteint une valeur donnée par front montant ou descendant, appelée **seuil de déclenchement (TRIGGER LEVEL)**.

Dans ce cas, la base de temps fonctionne en mode déclenché.

On dit qu'il y a **synchronisation** de la base de temps sur le signal à visualiser.



Soit T_1 la durée de balayage, T_2 la durée de retour du spot et T_3 le temps d'inhibition : le spot attend un nouveau déclenchement en D (de B à D , le spot est éteint).

Q : Comment procéder à la synchronisation de la base de temps ?

Rép : Cette synchronisation comporte plusieurs étapes ((1) à (4)) :

(1) *Choix de la source de déclenchement* [24]

- **source interne** : le signal de déclenchement est celui appliqué sur CH1 ou CH2
- **source externe** : le signal de déclenchement est extérieur à l'oscilloscope. Il doit être synchrone

du signal à analyser. On l'utilise lorsque le signal à observer est complexe ou perturbé et que l'on dispose d'un signal non perturbé et synchrone du signal à observer. On l'envoie sur la borne EXT [28].

- **réseau LINE** : le signal de déclenchement est le secteur ; le signal à observer doit être synchrone du réseau ($f = 50 \text{ Hz}$).

→ Se remettre AUTO, PP-LEVEL et sur Source : CH1.

→ Se placer sur source EXT. Observations.

→ À l'aide d'un « T » de dérivation, prélever le signal et l'envoyer sur la borne EXT. Observations.

La réglage de la synchronisation n'est pas terminé, car comme pour le système vertical, il faut relier la source de déclenchement au circuit de déclenchement :

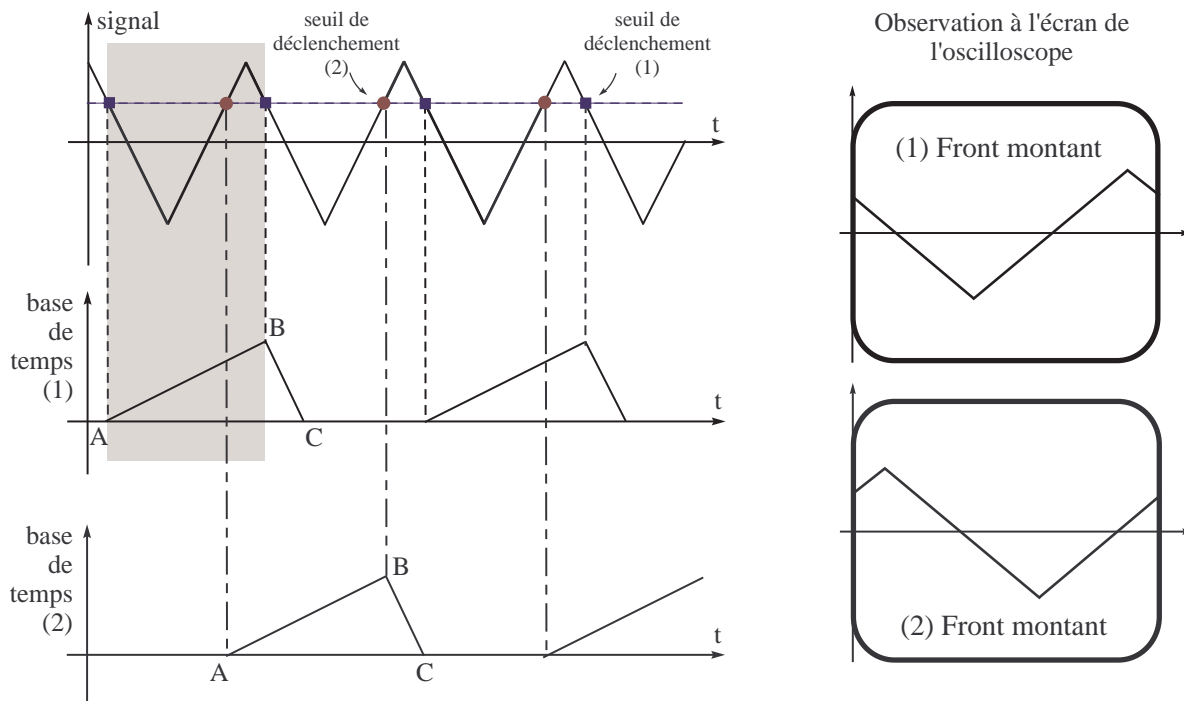
(2) *Choix du mode de couplage* [26]

- « **DC Coupling** » : **couplage le plus utilisé**. La totalité du signal de déclenchement passe. La bande passante du circuit de couplage s'étend de la fréquence nulle (ou continu) à la limite supérieure de la bande passante des amplificateurs verticaux.

- « **AC Coupling** » : on introduit un filtre passe-haut qui élimine les fréquences très basses (ronflements perturbateurs par exemple) au dessous de 10 à 20 Hz ; il coupe donc le continu.

- **LF** : il introduit un filtre qui rejette les hautes fréquences. Si le signal contenait des signaux parasites Hautes Fréquences, le circuit de déclenchement les confondrait avec le signal correct, ce qui provoquerait des déclenchements intempestifs. Il coupe les fréquences parasites supérieurs à 10 kHz. Il facilite donc l'observation des signaux présentant une composante continue et/ou présentant un phénomène de « bruit HF ».

- **HF** : il introduit un filtre qui rejette les basses fréquences. Il élimine donc les signaux parasites BF (tels que les ronflements secteur). Il coupe les fréquences parasites inférieures à 10 kHz. Il facilite donc l'observation des signaux présentant un bruit HF.



(3) *Choix du niveau et pente du déclenchement*

- **pente** [16] : déclenchement sur le **front montant** (courbe (2) ci-dessous) du signal ou sur le **front descendant** (courbe (1) ci-dessous) du signal.

- **niveau (LEVEL)** [15] : la tension de déclenchement U_0 est réglable ; on peut ainsi choisir le point de déclenchement. La comparaison du signal avec ce seuil déclenche la base de temps.

Attention toutefois : si le seuil $|U_0|$ est supérieur à la valeur maximale U_{max} du signal, la synchronisation ne peut pas être effectuée.

PP-LEVEL [14] : l'appareil fixe lui-même la valeur maximale permise par le seuil. L'utilisateur peut alors régler la valeur du seuil entre les deux valeurs extrémales permises mais on aura toujours coïncidence du signal et du seuil, donc déclenchement.

◆ Il faut donc toujours se placer en mode « PP-LEVEL »

Rq : On peut donc « déplacer » le point de départ de la courbe.

Conseil : Il faut de préférence placer ce point sur l'axe horizontal (à l'intersection avec l'axe vertical) car cela facilite les mesures : le niveau de déclenchement doit alors être sur l'axe horizontal.

(4) *Choix du mode de déclenchement (doit être fait en premier)*

- **mode normal NORM** [18] : il est nécessaire d'avoir un signal de déclenchement pour allumer le tube cathodique. En l'absence de signal de déclenchement l'écran reste noir : on n'observe aucune trace lumineuse. Si on veut obtenir une trace en l'absence de signal (pour cadrer le spot par exemple), on passe en mode automatique.

- **mode automatique AUTO** [18] : il y a déclenchement de la base de temps en l'absence de signal de synchronisation. Le seuil est alors réglé à zéro et on observe une trace horizontale (à zéro si le spot est cadré). Mais quand il y a présence d'un signal de synchronisation, la commande précédente est inhibée, et le déclenchement se produit au seuil fixé par l'utilisateur.

→ Envoyer un signal ($f = 500 \text{ Hz}$) sur l'oscilloscope réglé sur Source (interne) CH2 et en mode manuel de déclenchement (NORM).

→ Augmenter le niveau de déclenchement (LEVEL) : sans PP-LEVEL et avec PP-LEVEL. Observations.

→ Débrancher le câble reliant le GBF à l'oscilloscope. Observations.

→ Mettre alors l'oscilloscope sur AUTO. Observations.

→ Envoyer le signal, PP-LEVEL enclenché : vérifier que le signal apparaît.

→ Enlever PP-LEVEL et augmenter progressivement le niveau.

→ Atteindre le maximum du signal : la synchronisation n'est plus effectuée : on a un défilement.

→ Enfoncer alors PP-LEVEL : la synchronisation est à nouveau effectuée.

- **blocage HOLDOFF** [12] : après chaque balayage, le circuit de balayage empêche un nouveau déclenchement pendant un temps réglable pouvant excéder la durée correspondante à la longueur d'écran. **En utilisation normale, le bouton doit être en butée gauche.**

- **mode DELAY** [23] : balayage retardé ; à partir du mode de déclenchement normal, il est possible de retarder d'une durée réglable le départ du balayage. Ce mode permet de façon détaillée (à vitesse de balayage élevée) d'examiner une portion de signal postérieure à l'événement de déclenchement choisi : en faisant démarrer la dent de scie au début « de ce détail », il est possible de l'observer en multipliant la sensibilité horizontale par 5 ou par 10. En mode automatique, ce mode est éteint.

Conclusion :

Pour la majorité des signaux, l'observation en mode temporel sera facilitée en utilisant les réglages suivants :

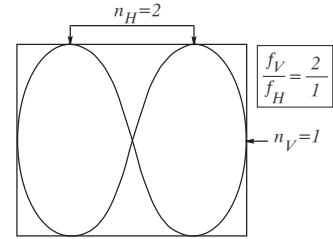
AUTO, PP-LEVEL, Source : CH1, Coupling : DC, CH1, DC

b Mode de Lissajous ou Mode XY

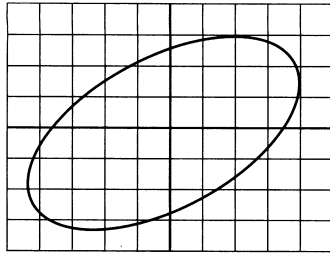
La base de temps est déconnectée. On envoie un signal sur la voie X (CH1) dont la structure est identique à celle de l'entrée Y.

Ex : supposons qu'on envoie sur les deux voies X et Y deux signaux sinusoïdaux tels que $f_Y = 2f_X$ — qu'on peut écrire : $f_V = 2f_H$.

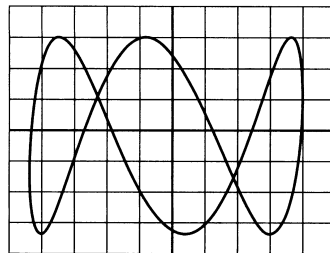
Sur cet exemple, le signal vertical fait deux oscillations pendant que le signal horizontal n'en fait qu'une : il suffit de comparer le nombre points de tangence à côté vertical n_V et à côté horizontal n_H . La fréquence du signal vertical est donc le double de celle du signal horizontal.



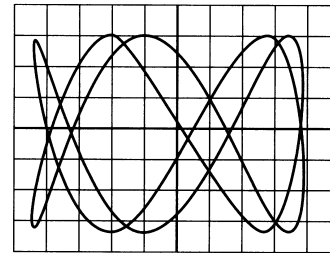
De façon générale, s'il y a n_V points de tangence avec le côté vertical et n_H points de tangence avec le côté horizontal, les fréquences sont dans le rapport : $\frac{f_V}{f_H} = \frac{n_H}{n_V}$



signaux de même fréquence



signal Y de fréquence triple du signal X



rapport de fréquence signal Y/signal X 5/2

IV.5 Affichage simultané de deux signaux (mode temporel)

Pour comparer deux signaux, il est utile de les visualiser simultanément.

Or, la plupart des oscilloscopes ne produisent qu'un seul faisceau d'électrons qui sert à la description des deux signaux.

Pour contourner le problème, on fonctionne soit en **mode alterné**, soit en **mode découpé** ([9]) et on met à profit les défauts de l'œil (persistance rétinienne).

a Mode alterné ALT

Pendant toute la durée d'un balayage de la base de temps, les plaques de déviation verticale sont reliées à la première voie d'entrée CH1, pendant toute la durée du balayage suivant, elles le sont à la deuxième voie (CH2) et ainsi de suite, alternativement. Les images se succèdent donc rapidement mais l'observateur voit en même temps les deux traces du fait de la persistance rétinienne.

Dans ce mode, la Source de déclenchement ([24]) doit être sur ALT (elle est CH1 lorsque la déviation verticale est liée à CH1 et passe sur CH2 quand la déviation verticale est liée à CH2, etc.).

Ce mode s'utilise surtout pour des signaux de fréquence assez grande.

L'avantage du mode ALT est de pouvoir observer 2 signaux incohérents (relation de phase non constante en cours du temps).

b Mode découpé CHOP

Pendant un même balayage de la base de temps, les plaques de déviation verticale sont alternativement, et un très grand nombre de fois, reliées à CH1 et à CH2. Pendant chaque transition entre les 2 voies, il y a extinction de la trace. La fréquence de découpage est ici de 200 kHz (sur d'autres oscilloscopes, elle peut varier de 100 kHz à 8 MHz).

Les deux images, si elles sont formées de petits segments assez rapprochés, sont vues au contraire du fait de la taille du spot et du pouvoir de résolution de l'œil.

Dans ce mode, la Source de déclenchement doit être sur CH1.

Ce mode s'utilise surtout pour des signaux de basse fréquence.

V Utilisation de l'oscilloscope

V.1 Mesure des temps

a Mesure de périodes

La mesure est d'autant meilleure que le calibre de la base de temps est choisi pour avoir une période occupant la plus grande largeur possible.

On pourra utiliser plusieurs méthodes de mesure :

- Lecture grossière du nombre de carreaux
- Utilisation des curseurs
- Utilisation des mesures automatiques

→ Envoyer sur l'oscilloscope plusieurs sortes de signaux (sinusoïdaux, triangulaires, créneaux) et mesurer les périodes. En déduire les fréquences et comparer aux indications données par le GBF.

→ Augmenter la fréquence du GBF pour des signaux carrés. Observations.

b Temps de montée

On peut mesurer directement le temps de montée grâce à la présence de pointillés aux niveaux $\frac{1}{10}$ et $\frac{9}{10}$. Il faut pour cela régler correctement la dimension de la trace.

V.2 Mesure d'amplitudes

On observe sur la voie CH1 une tension sinusoïdale :

$$e = E_m \cos(\omega t + \varphi).$$

La tension lue sur l'axe vertical est la **tension maximale** E_m (et non pas la tension efficace $E_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$).

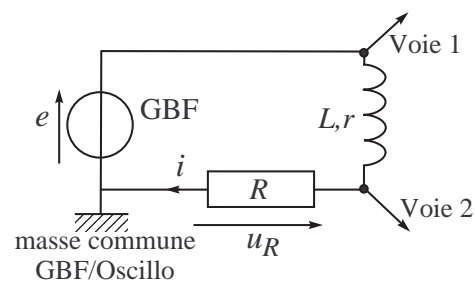
On pourra également utiliser plusieurs méthodes de mesure :

- Lecture grossière du nombre de carreaux
- Utilisation des curseurs
- Utilisation des mesures automatiques

Rq : Pour les mesures automatiques, on pourra remarquer la possibilité de mesurer la **tension moyenne**, la **tension efficace** et la **tension maximale**.

→ Réaliser le montage en prenant $E_m = 2 \text{ V}$; $L = 1,4 \text{ H}$; $R = 1 \text{ k}\Omega$ et une fréquence proche de 50 Hz pour que l'étalonnage de la bobine soit valable.

→ Mesurer, pour e et u_R , toutes les tensions possibles.



V.3 Mesure de déphasages

a Méthode de la double trace

Retenir : Le signal en avance est celui passant le premier par un maximum (ici Voie 1) ^a.

La longueur T correspond à 2π . La longueur t_1 correspond à φ , donc $\varphi = 2\pi \frac{t_1}{T}$.

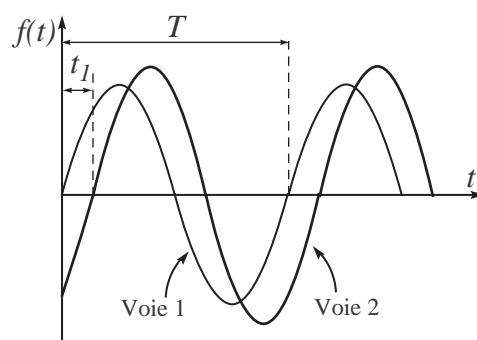
→ Mesurer T , t_1 .

→ Calculer φ .

→ Donner l'incertitude de la mesure.

→ Justifier par un diagramme de Fresnel que la tension d'entrée est en avance sur le courant.

^a. Attention, beaucoup d'erreurs pour savoir quel signal est en avance sur l'autre...



La Voie 1 est en avance de phase p/r à la Voie 2 car elle passe par un maximum en premier

variante : Méthode des 9 carreaux :

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

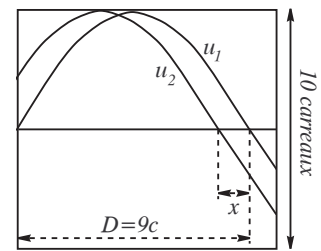
Agrandir verticalement les deux 2 sinusoïdes.

Ajuster la demi-période à 9 carreaux en décalibrant la base de temps et en jouant 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

b Autres méthodes

- Refaire les mêmes mesures en utilisant soit les curseurs, soit les mesures automatiques.
- Comparer les mesures effectuées.