

Laboratoires d'électronique de 2^{ème} candidature en informatique

Manipulation 1 : Les instruments de mesure

1 But de la manipulation

Se familiariser avec les appareils dont vous aurez besoin pour réaliser vos travaux pratiques d'électronique : multimètre, oscilloscope, générateur de fonction ainsi qu'avec le matériel du laboratoire : protoboards, sondes, éléments de circuits.

2 A étudier et/ou à lire avant de commencer :

- Revoir les notions fondamentales telles que tension, courant, résistance, inductance, capacité, fréquence, période, impédance, déphasage, voltmètre, ampèremètre, oscilloscope (matière de 1^{ère} candidature).
- Lire attentivement la présentation du matériel qui se trouve au point 5.

3 Travail préparatoire à faire à domicile :

Répondre aux questions suivantes sur la feuille fournie à cet effet à la fin des notes. La fixer dans le cahier de laboratoire, vous aurez besoin de ces réponses pour effectuer votre travail. Dans la mesure du possible, justifier les réponses.

- a) Sachant que le voltmètre inclu dans le multimètre mis à votre disposition a une sensibilité de 200 mV, déduire la valeur de la résistance de shunt qui conduit à une utilisation en ampèremètre avec une sensibilité de 2 mA. Sachant que la résistance interne du voltmètre est de $10\text{ M}\Omega$ que vaut alors la résistance interne de l'ampèremètre? Justifier par un raisonnement simple.
- b) A quelle atténuation de puissance, en pour-cent, correspond une atténuation de 5 dB d'un signal? Quelle est l'atténuation correspondante de la tension, exprimée en pour-cent?
- c) Pourquoi faut-il toujours sortir une résistance du circuit où elle se trouve pour la mesurer à l'ohmmètre?
- d) Pourquoi ne peut-on mesurer l'impédance de sortie ou d'entrée d'un appareil à l'aide d'un ohmmètre?
- e) Pourquoi endommage-t-on un multimètre lorsqu'on tente de mesurer une différence de potentiel en laissant par mégarde l'appareil en position \bar{A} ou \bar{A} (ampèremètre)?
- f) Pourquoi ne peut-on jamais brancher directement un ampèremètre aux bornes d'un générateur?

¹Notes du 30 septembre 2003

- g) Dans un circuit RC série alimenté par une source de tension sinusoïdale de fréquence angulaire ω :
- donner une expression qui permette de calculer le déphasage φ entre la tension de la source et le courant dans le circuit (voir cours de première),
 - que vaut le déphasage entre la tension aux bornes du condensateur et le courant (voir cours de première),
 - donner l'expression du déphasage φ' entre la tension de la source et celle aux bornes du condensateur, en fonction de φ ; illustrer par un schéma (phaseurs ou Fresnel).

4 Travail à effectuer au laboratoire:

Toutes les mesures doivent être consignées dans le cahier de laboratoire avec une brève indication de ce qu'elles représentent, par exemple: symbole de la variable, méthode de mesure, identification de l'objet mesuré. Ne pas oublier de préciser les unités, de comparer les résultats obtenus à une prédétermination ou à une autre mesure et de commenter.

4.1 Observer un signal à l'oscilloscope, en mode de balayage :

- Mettre l'oscilloscope sous tension.
- A l'aide du générateur de fonction, générer un signal sinusoïdal de 500 Hz, d'amplitude maximum. Veiller à annuler tout offset *DC* (voir mode d'emploi de votre générateur : 5.2.1 ou 5.2.2). Si votre générateur le permet, sélectionnez la résistance de sortie à 50Ω . Présenter le signal à l'entrée 1 (CH1) de l'oscilloscope.
- Se mettre en position AUTOSET afin d'observer le signal en régime de balayage. Modifier éventuellement l'échelle de temps horizontale (SEC/DIV) et l'échelle de tension verticale (VOLTS/DIV).
- Sélectionner le menu TRIGGER pour étudier l'effet du choix de la pente et tourner le bouton LEVEL fixant le niveau de déclenchement : observer ce qui se passe au centre du réticule (faites un dessin). Si vous ne comprenez pas le rôle du trigger demandez à l'assistant.

D'une manière générale vous êtes invités à essayer les différentes fonctions de l'oscilloscope et à observer ce qui se passe. Si vous n'arrivez plus à voir les signaux suite à une manipulation inadéquate, enfoncez la touche AUTOSET pour vous remettre dans l'état initial. Si ça ne suffit pas, éteignez et rallumez l'oscilloscope (pas trop souvent). Le seul menu qu'il vous est recommandé de ne pas utiliser est le menu SAVE/RECALL.

4.2 Quelques mesures simples :

4.2.1 Mesure de tension :

Mesurer l'amplitude du signal utilisé en (4.1) sur l'écran de l'oscilloscope. Compter le nombre de divisions correspondant à l'amplitude dans la direction verticale, utiliser la valeur VOLTS/DIV correspondante. Vérifier cette première estimation approximative en vous servant des deux curseurs horizontaux (menu CURSOR) et en lisant le résultat affiché sur l'écran. Faites de même en vous servant cette fois du menu MEASURE. Comparer les différentes valeurs.

Attention, l'amplitude d'un signal sinusoïdal vaut la moitié de la tension pic à pic ! A l'aide du multimètre en position \tilde{V} , mesurer la tension du même signal que ci-dessus. Comparer et

discuter.

ATTENTION :

- UN VOLTMETRE SE PLACE EN PARALLELE!
- NE JAMAIS TENTER UNE MESURE DE TENSION AVEC LE MULTIMETRE EN POSITION \bar{A} ou \tilde{A} (AMPEREMETRE)!

Répéter les deux mesures ci-dessus pour un signal rectangulaire d'amplitude maximum. Les comparer entre elles et discuter. Cette dernière mesure doit être effectuée avec un multimètre de type "TRUE RMS". Si ce n'est pas le cas du vôtre, en emprunter un à une table voisine, le temps de cette mesure.

4.2.2 Mesure de période et de fréquence :

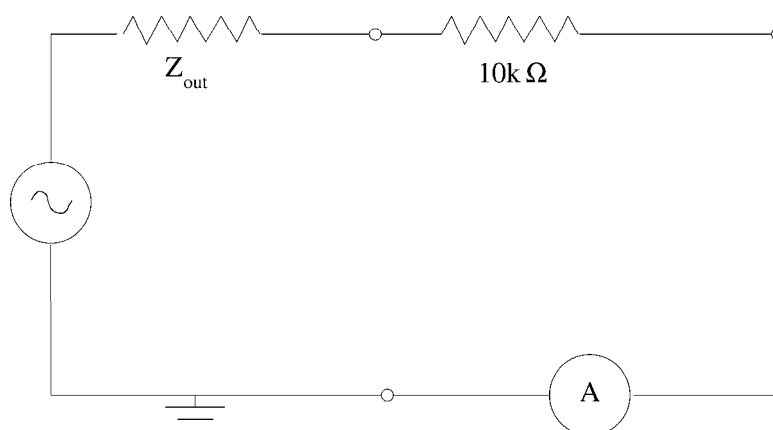
Mesurer la période du signal observé en (4.1) sur l'écran de l'oscilloscope. Compter le nombre de divisions correspondant à une période, dans la direction horizontale, utiliser la valeur SEC/DIV sélectionnée. Quelle fréquence déduisez-vous de votre mesure de période? Vérifier cette première estimation à l'aide des curseurs verticaux d'une part (menu CURSOR), et à l'aide du menu MEASURE d'autre part. Comparer vos mesures entre elles ainsi qu'avec la valeur annoncée par le générateur de tension.

4.2.3 Mesure de résistance :

En utilisant le code de couleur (voir 5.7) sélectionner une résistance de $10\text{ k}\Omega$ dont vous aurez besoin plus tard. Mesurer sa valeur à l'ohmmètre et comparer . La différence observée est-elle en accord avec la tolérance annoncée?

4.2.4 Mesure de courant :

A l'aide du signal observé en (4.2.1), du protoboard, de la résistance de $10\text{ k}\Omega$ sélectionnée en (4.2.3) et du multimètre, mesurer le courant qui passe dans la résistance en réalisant le circuit suivant:



Comparer la valeur mesurée à celle que vous pouvez estimer à partir des valeurs concernant les différents éléments du circuit (si $Z_{out} = 50\Omega$, cette résistance peut être négligée).

REMARQUE : L'AMPEREMETRE SE MET EN SERIE DANS LE CIRCUIT.

ATTENTION : NE JAMAIS BRANCHER L'AMPEREMETRE DIRECTEMENT AUX BORNES D'UN GENERATEUR.

4.3 Etude du générateur de fonction :

- Varier et observer à l'oscilloscope les différentes formes de signaux délivrées par l'appareil (faites quelques dessins).
- Mesurer l'amplitude minimum à l'oscilloscope. Choisir une amplitude intermédiaire.
- Faire varier la fréquence de la plus petite valeur possible à la plus grande en utilisant à la fois le réglage fin et la sélection des décades. Quelles sont ces fréquences minimale et maximale? Pendant que vous variez la fréquence, observer l'amplitude du signal. Celle-ci varie-t-elle? Si oui, pour quelle plage de fréquence est-elle constante?

4.4 Mesure de la fréquence de coupure du voltmètre :

Le voltmètre est capable de mesurer les tensions avec une erreur minimum de quelques pourcents, seulement jusqu'à une certaine fréquence. Au-delà de cette fréquence le signal est modifié et la tension est mal estimée de manière importante. Mesurer la fréquence à laquelle le voltmètre sous-estime ou surestime la tension de 3 dB, en faisant l'hypothèse que l'amplitude du signal délivré par le générateur reste constante lorsqu'on varie la fréquence (voir point 4.3). Cette fréquence est appelée fréquence de coupure.

4.5 Etude du couplage d'entrée de l'oscilloscope :

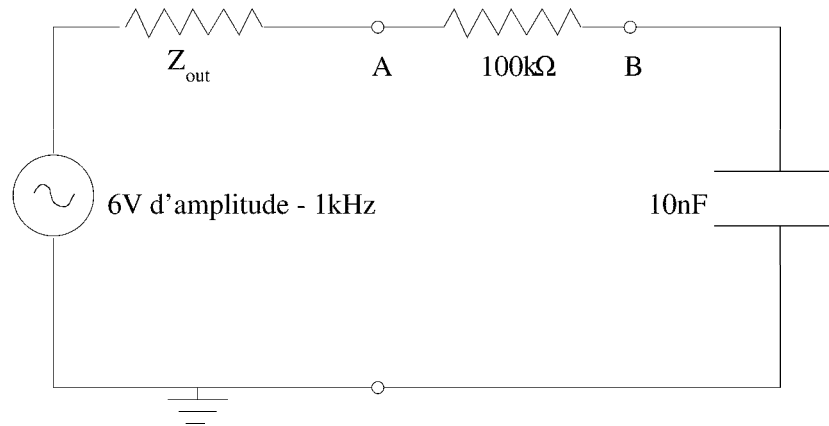
- A l'aide du générateur de fréquence, fournir un signal sinusoïdal de 1 kHz et de 4 V de tension efficace (la mesurer au voltmètre \tilde{V}). Y ajouter une composante continue de 2 V (la mesurer au voltmètre \bar{V}). Pour cela, consulter le mode d'emploi du générateur de fréquence qui se trouve sur votre table.
- Appliquer ce signal au canal 1 de l'oscilloscope et observer la différence entre le couplage d'entrée *AC* et *DC* : faire un dessin et l'annoter.
- Mesurer la composante continue et l'amplitude du signal à l'oscilloscope. Comparer avec la mesure faite au multimètre. Quelle est la différence entre le signal effectivement pris en compte par le multimètre et par l'oscilloscope en couplage *AC* et en couplage *DC*?
- En mode *AC*, un condensateur interne placé en série avec l'impédance d'entrée de l'oscilloscope, réalise un filtre passe-haut, c'est-à-dire qui laisse passer les hautes fréquences et arrête la composante continue; mesurer la fréquence de coupure de ce filtre à l'aide d'une onde sinusoïdale dont on fait décroître la fréquence.

4.6 Utilisation de la sonde :

Au cours de ces travaux pratiques, vous utiliserez la sonde uniquement pour vous faciliter l'accès au signal, c'est-à-dire en position X 1. Toutefois, placer la sonde en position X 10. Observer le signal utilisé en (4.5) au travers de la sonde en position X 10. La composante continue est-elle affectée? Comment? La composante alternative est-elle affectée? Comment? Revenir en position X 1.

4.7 Utilisation de l'oscilloscope en double trace et en mode X-Y; mesure de déphasage:

- Câbler le montage suivant



NB: le condensateur est rouge et plat et porte le chiffre 0,01 (μF).

- Observer simultanément, en mode de balayage double trace, les tensions aux bornes du générateur et aux bornes du condensateur (canal 1 et canal 2).

ATTENTION : LES DEUX CABLES DE MASSE DE L'OSCILLOSCOPE DOIVENT SE TROUVER AU MEME POINT DU CIRCUIT.

- Comparer les deux signaux. Dessiner les sur un même graphique montrant la tension en fonction du temps. Observer le déphasage entre ces deux signaux, c'est à dire le décalage entre les passages aux maxima, aux minima, aux zéros. Estimer ce déphasage. Il s'exprime par un angle qui est une fraction de 2π . Cette fraction s'obtient en faisant le rapport du temps de décalage à la période du signal. Comparer cette mesure du déphasage à la prédétermination que vous pouvez faire à l'aide des relations obtenues dans la préparation (g), des valeurs des composants de votre circuit et de la fréquence de la source (voir préparation).
- Prédire le comportement du déphasage observé à l'oscilloscope lorsqu'on varie la fréquence de la source. Est-ce bien ce que vous observez expérimentalement (varier la fréquence)? Commenter.
- Observer la somme des deux signaux (faites un dessin aligné sur celui fait précédemment pour les deux signaux séparés).
- Observer la différence des deux signaux (faites un dessin aligné sur les précédents).
- Observer l'effet d'une modification de la source de déclenchement (CH1, CH2, SECTEUR, EXT), de SLOPE et de LEVEL.
- Visualiser les deux signaux en mode X-Y. Modifier la fréquence et expliquer ce que vous observez.

ATTENTION NE JAMAIS LAISSER PLUS DE QUELQUES INSTANTS L'OSCILLOSCOPE SANS SIGNAL EN MODE X-Y. LE SPOT FIXE ABIMERAIT RAPIDEMENT L'ECRAN.

5 Présentation du matériel utilisé au laboratoire :

5.1 Le multimètre

Le multimètre est un instrument qui permet d'effectuer diverses mesures courantes en électricité :

- mesure de tension : fonction voltmètre *AC* (courant alternatif) ou *DC* (courant continu)
- mesure de courant : fonction ampèremètre *AC* ou *DC*
- mesure de résistance : fonction ohmmètre.

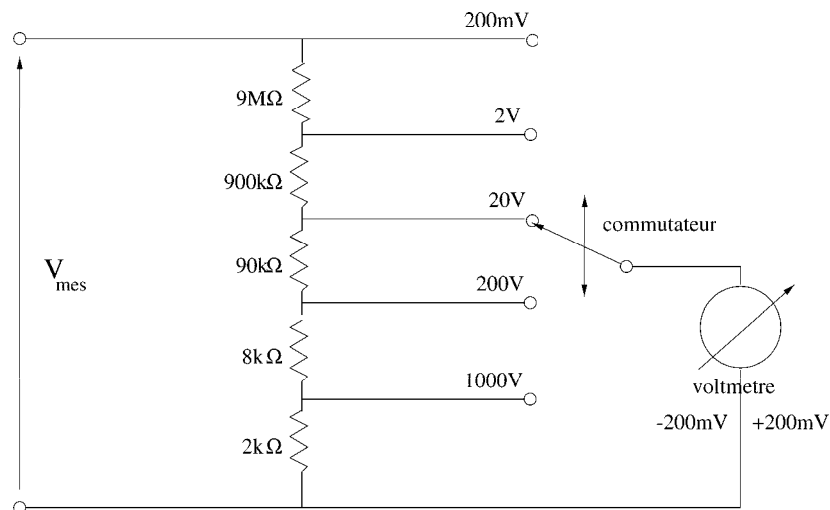
En mode *AC*, la tension ou le courant affichés sont les valeurs efficaces de ces derniers et non l'amplitude maximum. La valeur efficace d'un signal alternatif $s(t)$, de période T , est définie par :

$$s_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt},$$

quelle que soit la forme de l'onde. Les différentes fonctions du multimètre sont sélectionnées à l'aide d'un commutateur (voir figure). Celui-ci vient placer différentes résistances en parallèle et/ou en série avec l'appareil de mesure de base qui se trouve dans le multimètre. Dans celui que vous aurez à votre disposition, l'appareil de mesure de base est un voltmètre permettant la mesure des tensions entre -200 mV et $+200 \text{ mV}$.

5.1.1 Utilisation en voltmètre pour différentes plages de sensibilité :

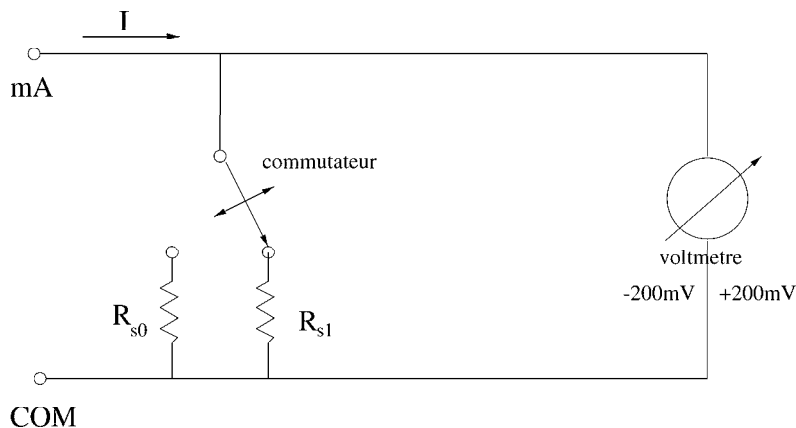
Lorsque la tension à mesurer est supérieure à 200 mV le commutateur placé dans l'une des positions 2 V , 20 V , 200 V ou 1 kV , fait en sorte que seule une fraction du signal à mesurer est présentée à l'entrée du voltmètre. Ceci est réalisé grâce à un diviseur de tension dont le principe est schématisé sur la figure qui suit :



L'impédance d'entrée de ce voltmètre est toujours de $Z_{in} = 10 \text{ M}\Omega$. Lorsqu'utilisé en **VOLTMETRE**, le multimètre se place toujours en **PARALLELE** avec l'élément aux bornes duquel on désire mesurer la tension.

5.1.2 Utilisation en ampèremètre :

Le courant à mesurer circule dans une résistance de shunt sélectionnée par le commutateur (R_{s0}, R_{s1}, \dots). Le voltmètre mesure la tension aux bornes du shunt et affiche le courant correspondant ($I = V_{Volt}/R_s$). On a typiquement le dispositif suivant :



Vu l'impédance d'entrée élevée du voltmètre, la fraction du courant I qui y est déviée est généralement négligeable. Alors que l'impédance d'entrée est élevée pour un voltmètre, elle est faible pour un ampèremètre :

$$Z_{in}^A \simeq R_s \ll Z_{in} \quad (q.q.\Omega < R_s < q.q.100\Omega)$$

Lorsqu'utilisé en **AMPEREMETRE**, le multimètre se place **EN SERIE** dans le circuit de telle sorte que le courant à mesurer le traverse.

ATTENTION : ne jamais brancher directement l'ampèremètre aux bornes d'un générateur. Vu sa faible résistance interne, le courant qui le parcourrait serait trop important et le détruirait.

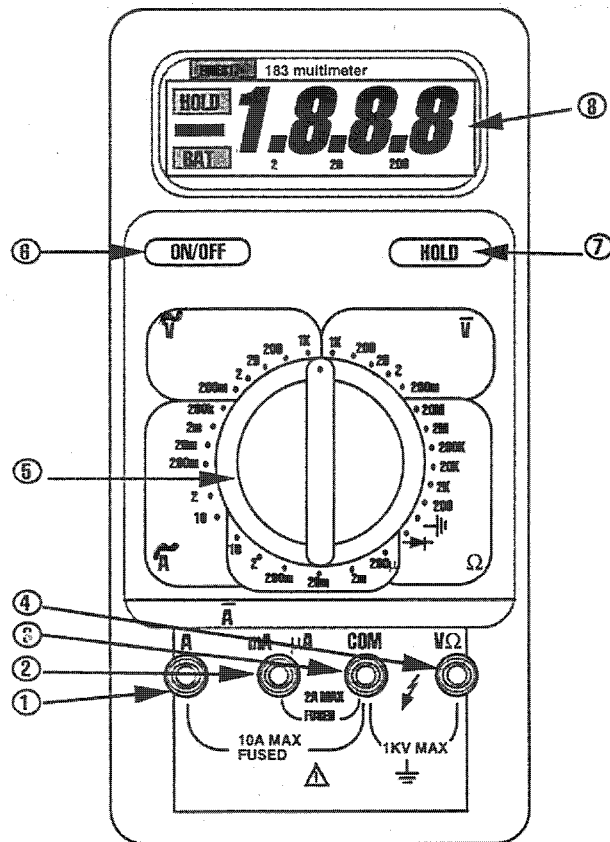
5.1.3 Utilisation en Ohmmètre :

Une source de courant continu, I_{connu} , située à l'intérieur du multimètre parcourt la résistance à mesurer, placée en **PARALLELE** aux bornes de l'ohmmètre. Le voltmètre mesure la tension à ses bornes et affiche la valeur de la résistance correspondante ($R = V_{Volt}/I_{connu}$).

REMARQUE : UNE IMPEDANCE D'ENTREE OU DE SORTIE NE SE MESURE PAS A L'OHMMETRE (sauf si elle est purement résistive, comme pour un ampèremètre, par exemple).

5.1.4 Mode d'emploi du multimètre Finest 183 :

Celui que vous aurez à votre disposition pourrait être légèrement différent. S'il permet de mesurer correctement les valeurs efficaces même pour des signaux non sinusoïdaux il porte la mention "TRUE RMS" dans le coin supérieur gauche.



Les symboles utilisés sont ceux apparaissant dans le schéma ci-dessus.

1. Bornes d'entrées

COM (3): borne de référence commune à toutes les fonctions.

VΩ (4): borne d'entrée pour les fonctions voltmètre et ohmmètre.

mAμA (2): borne d'entrée pour les fonctions ampèremètre, pour la mesure de courants jusqu'à 200 mA lorsque le sélecteur est sur l'une des positions mA ou μA.

A (1): borne d'entrée pour les fonctions ampèremètre, pour la mesure de courants jusqu'à 10 A lorsque le sélecteur est sur la position 2 A ou 10 A.

2. Sélecteur rotatif de fonction (5).

Fonctions sélectionnées par la position du sélecteur rotatif:

\tilde{V} : fonction voltmètre pour tension AC

\bar{V} : fonction voltmètre pour tension DC

Ω : fonction ohmmètre

\tilde{A} : fonction ampèremètre pour courant AC

\bar{A} : fonction ampèremètre pour courant DC

3. Touches de sélection

ON/OFF (6): pour mettre le multimètre sous tension.

HOLD (7): pour maintenir l'affichage.

4. Affichage numérique (8)

Les valeurs numériques sont visualisées sur un affichage de 2.000 unités doté d'un indicateur de polarité (-). L'affichage est mis à jour toutes les 3 secondes.

1,.. : Indication de surcharge : apparaît sur l'affichage numérique lorsque la valeur d'entrée est trop grande pour l'affichage.

HOLD : apparaît lorsque le multimètre est en mode de maintien de l'affichage.

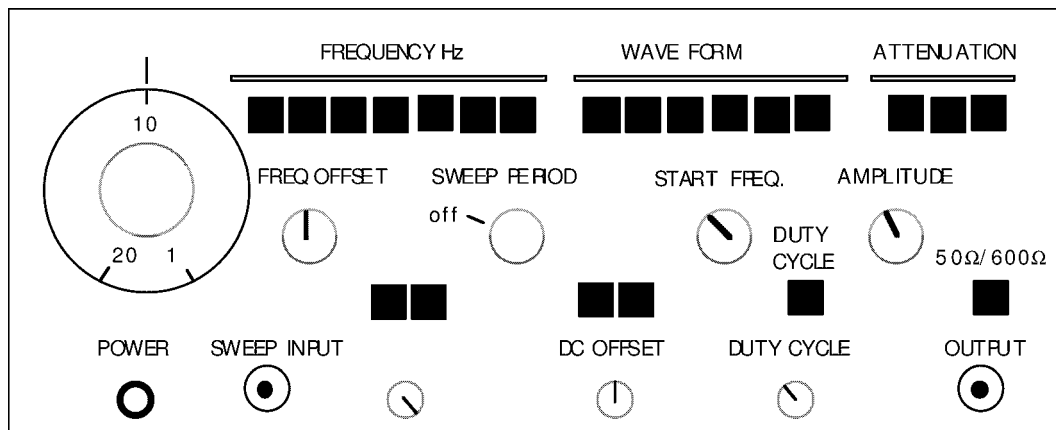
5.2 Les générateurs de fonctions

Ils permettent d'obtenir des signaux alternatifs périodiques de formes différentes :

- sinusoïdale
- carrée
- triangulaire

d'amplitude et de fréquence réglable. Différents modèles seront à votre disposition :

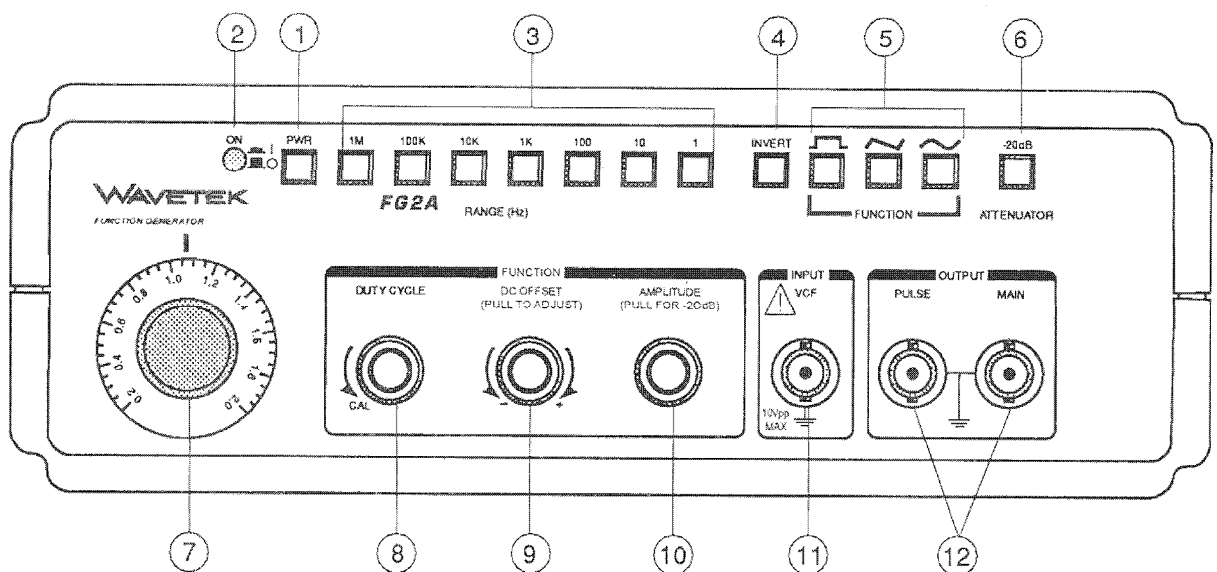
5.2.1 Générateurs de fonctions PM5132



1. Mise en route/Arrêt : bouton-poussoir **POWER**.
2. Signal de sortie : **OUTPUT** (prise BNC).
3. Choix de l'impédance de sortie Z_{out} du générateur : $50 \Omega / 600 \Omega$.
4. La forme du signal, rectangulaire, triangulaire, sinusoïdale est sélectionnée par l'une des touches **WAVE FORM**. L'asymétrie des signaux est contrôlée par le bouton **DUTY CYCLE**. Pour avoir un signal symétrique, la touche **DUTY CYCLE** doit être relâchée.

5. Ajustement de l'amplitude : le bouton AMPLITUDE permet d'ajuster la tension du signal de sortie de manière continue (seule une valeur indicative de la tension pic à pic est indiquée sur l'appareil; pour obtenir une valeur plus précise, celle-ci doit être mesurée). Le signal de sortie peut être atténué par pas, de 10 à 60 dB en enfonçant une ou plusieurs touches de ATTENUATION.
6. Lorsque le bouton OFFSET est tiré, une tension continue réglable est présentée à la sortie OUTPUT. Si la touche DC, dans WAVE FORM, est relâchée, la tension continue est ajoutée au signal alternatif sélectionné, sinon la composante continue est présentée seule à la sortie.
7. Ajustement de la fréquence : le cadran circulaire permet un réglage fin de la fréquence. La fréquence choisie est donnée par le nombre de 1 à 20 sélectionné sur ce cadran, multiplié par le facteur indiqué sur le bouton poussoir FREQUENCY, pour autant que le bouton FREQ. OFFSET soit en position centrée. Le bouton FREQ. OFFSET permet de modifier finement la fréquence.
8. Balayage en fréquence : (NON UTILISE). Concerne tous les boutons avec mentions de couleur bleue. Précaution : mettre **SWEEP PERIOD** sur OFF.

5.2.2 Générateur de fonctions Wavetek FG2A



Impédance de sortie : $Z_{out} = 50 \Omega$.

1. Mise en route/arrêt : commutateur PWR (1), avec lampe témoin (2).
2. signal de sortie OUTPUT (MAIN) - connecteur BNC (12).
3. La forme du signal, rectangulaire, triangulaire ou sinusoïdale est sélectionnée par l'une des touches FUNCTION (5). L'asymétrie des signaux est contrôlée par le bouton DUTY CYCLE. Pour avoir un signal symétrique, il doit être tourné à fond en position CAL.
4. Ajustement de l'amplitude : le bouton AMPLITUDE (10) permet d'ajuster la tension de manière continue (pas d'affichage de la valeur choisie qui doit être mesurée); lorsque ce

bouton est tiré une atténuation de 20 dB de l'output se produit, de même, la touche ATTENUATOR (6) produit une atténuation de 20 dB en l'enfonçant.

5. Niveau continu : un niveau continu, positif ou négatif réglable peut être ajouté au signal alternatif au moyen du bouton DC (9), en le tirant.
ATTENTION : si on ajoute un niveau DC à un signal alternatif d'amplitude proche du maximum que l'appareil peut fournir, celui-ci est coupé.
6. Ajustement de la fréquence. Le cadran circulaire (7) permet un réglage fin de la fréquence. La valeur de la fréquence est donnée par le chiffre sélectionné sur le cadran multiplié par le facteur multiplicatif correspondant à la touche RANGE (3) qui est enfoncée.
7. La touche INVERT (4) permet d'inverser le signal de sortie, seulement lorsque le bouton DUTY CYCLE n'est pas en position CAL (ne seront pas utilisés tout comme l'entrée VCF).

5.3 L'oscilloscope cathodique

5.3.1 Principe de l'oscilloscope

L'oscilloscope est essentiellement un canon à électrons émis par une cathode chauffée et accélérés par une anode grille percée d'un trou. Le faisceau d'électrons ainsi obtenu passe ensuite entre deux paires de plaques. Il est dévié horizontalement (selon x) ou verticalement (selon y) dès qu'une différence de potentiel est appliquée à la paire de plaques de déviation correspondante (voir figure 1). Un exemplaire d'un canon à électron ouvert est exposé au laboratoire.

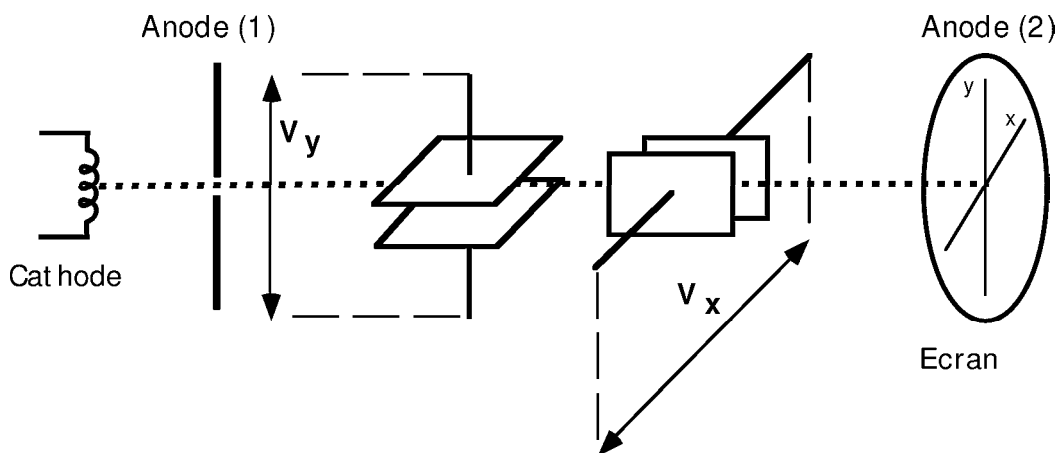


Figure 1: Schéma du tube cathodique.

Dans les conditions d'utilisation de l'appareil, les **déviations du faisceau** observées sur l'écran sont **proportionnelles aux différences de potentiel** correspondantes. Le rapport entre déviations du spot sur l'écran (exprimées en divisions (div) de 1 cm) et différences de potentiel à l'entrée de l'instrument (volt) est fonction du choix d'échelle **VOLTS/DIV** adopté par l'utilisateur.

L'instrument permet par exemple de visualiser l'interdépendance de deux signaux. En effet, si l'on branche selon x et y des signaux d'amplitude 1 volt, respectivement $V_x(t) = \cos(\omega t)$ et $V_y(t) = \sin(\omega t)$, les coordonnées instantanées du spot (exprimées en divisions) sur l'écran seront respectivement

$$x(t) = A_x \cos(\omega t) \quad y(t) = A_y \sin(\omega t),$$

où A_x et A_y sont les facteurs de conversion div/volt sélectionnés respectivement pour le déplacement horizontal et vertical du spot. La trajectoire obtenue sur l'écran sera une ellipse dont les axes sont confondus avec les axes x et y , soit

$$\frac{x^2}{A_x^2} + \frac{y^2}{A_y^2} = 1$$

comme on peut le vérifier facilement en éliminant t entre les expressions de $x(t)$ et de $y(t)$. Notons que si la fréquence est très basse (inférieure à quelques Hz), l'oeil pourra suivre l'image ponctuelle du spot à tout instant. Si la fréquence est plus grande que ≈ 10 Hz, le mouvement du spot donnera lieu à une ligne continue fermée de forme elliptique vu la rapidité du phénomène et les effets de fluorescence de l'écran.

Le type d'observation de deux signaux dépendant du temps en "mode x-y" discuté ici n'est en fait pas très fréquemment utilisé car on s'intéresse souvent plus aux signaux individuels eux-mêmes et en particulier à leur dépendance temporelle.

5.3.2 Utilisation de l'oscilloscope en régime de balayage

5.3.2.1 Principe

Soit $V(t)$ un signal périodique quelconque que l'on désire observer. A cette fin, $V(t)$ est branché sur l'oscilloscope comme source de déflexion verticale du spot. Par ailleurs, une tension augmentant linéairement avec le temps, générée de manière interne par l'oscilloscope, est prise comme source de déflexion horizontale du spot. Les déflexions étant proportionnelles aux tensions, les coordonnées cartésiennes du spot sont

$$\begin{aligned} x(t) &= ct \\ y(t) &= A_y V(t). \end{aligned}$$

où c est une constante. L'équation de la trajectoire parcourue par le spot s'obtient en éliminant t entre les deux équations, ce qui donne

$$y = A_y V(x/c).$$

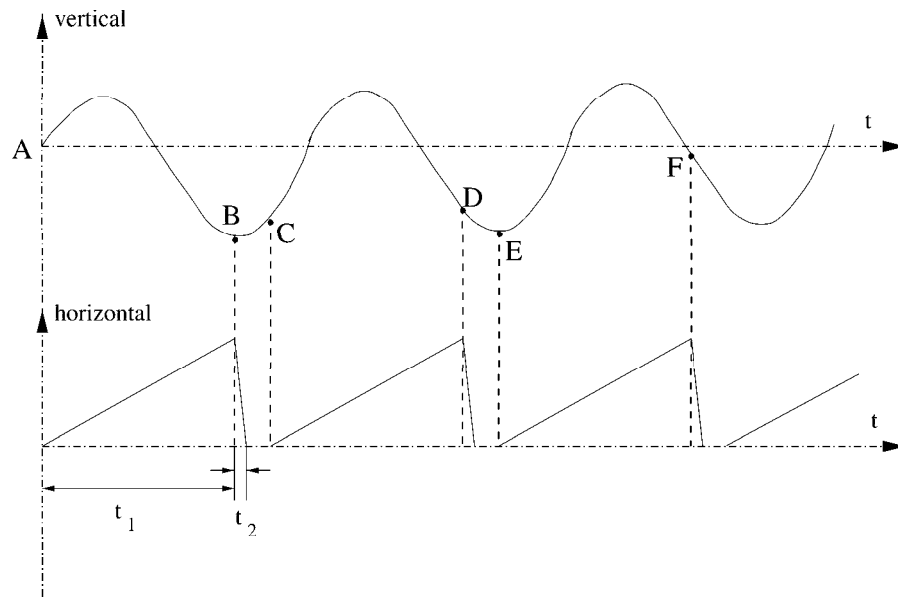
Il en résulte que la forme de la trajectoire $y = f(x)$ dessinée sur l'écran est en fait aussi la forme du signal $V(t)$ dans le temps, moyennant un changement d'échelle transformant l'abscisse x en $t = x/c$. Le facteur d'échelle c est en fait la vitesse latérale du spot, exprimée habituellement en div/s.

Ce principe est exploité pour le mode de "balayage" de l'oscilloscope : le spot "balaye" l'écran par un mouvement latéral du spot à vitesse constante de gauche à droite de l'écran.

L'observation du signal pendant un court instant, celui que dure un balayage de gauche à droite, ne permet pas, sur un oscilloscope analogique, l'analyse d'un signal. Il est nécessaire de reproduire un grand nombre de fois le phénomène sur l'écran de manière à avoir une image permanente. En fin de balayage, il faut donc ramener rapidement le spot à gauche de l'écran pour pouvoir recommencer un nouveau balayage. Pendant le retour du spot, celui-ci est éteint.

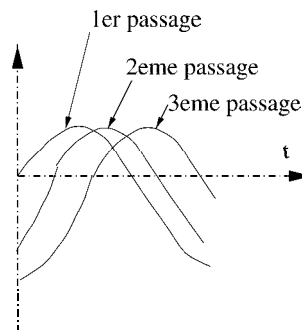
5.3.2.2 Superposition des balayages successifs

Représentons en fonction du temps, un signal périodique que l'on désire visualiser; on l'applique aux plaques horizontales; il apparaît donc sur l'axe vertical, y . Sur l'axe horizontal x , la tension de balayage est appliquée :



t_1 : temps de balayage
 t_2 : temps de retour du spot

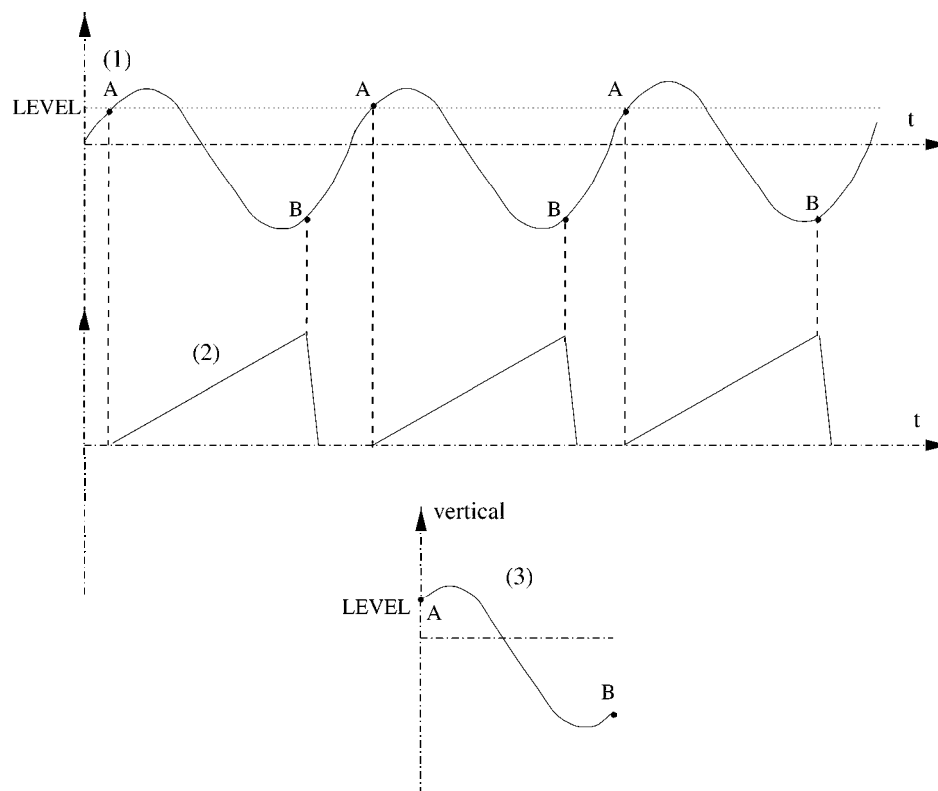
Lors du premier balayage, la portion AB de la sinusoïde apparaît sur l'écran, lors du deuxième balayage, la portion CD, lors du troisième, la portion EF. Ce qui donne l'image suivante à l'écran :



Toute mesure sera difficile sinon impossible car à chaque passage la portion analysée sera différente. Nous aurons soit une image confuse, soit une image glissant vers la droite ou vers la gauche.

5.3.2.3 Mécanisme de synchronisation (déclenchement ou trigger)

Il faut donc, pour avoir une image stable, reproduire toujours la même portion du signal d'où, à chaque balayage, faire démarrer le spot au même point de référence choisi sur le signal. Par exemple : ce signal (1) avec le balayage (2) donne sur l'écran (3) toujours la même fraction de signal, donc une image stable.



Pour obtenir ce type de fonctionnement, il faut asservir le balayage par rapport au signal ou, en d'autres termes, déclencher le balayage, c'est le point de départ "A" que l'on peut choisir pour déclencher le balayage, le point "B", par contre, est déterminé par la vitesse de balayage.

Cette synchronisation est réalisée à l'aide d'un signal de trigger, $s(t)$. Dans l'exemple ci-dessus, on prendra comme trigger, le signal à observer lui-même. Pour redémarrer, le balayage attend que le signal $s(t)$ atteigne une certaine valeur (LEVEL), qui dans l'exemple ci-dessus sera la tension du signal au point A. Dans notre exemple cette valeur est mesurée sur la pente positive du signal (SLOPE +). Il est possible de modifier le niveau de déclenchement, le signe de la pente ou d'utiliser un signal trigger extérieur, différent du signal lui-même.

5.3.2.4 L'utilisation de l'oscilloscope en double trace

Il est souvent nécessaire de comparer deux phénomènes électriques simultanément. Pour effectuer cette comparaison, deux solutions peuvent être adoptées :

1) Oscilloscope à double canon :

Le tube cathodique possède alors deux canons à électrons et deux paires de plaques de déviation verticale, chacune servant à représenter une voie.

2) Oscilloscope à voies commutées :

Pour des raisons de coût, on a été amené à concevoir un système de commutation électronique permettant de voir deux signaux avec un tube simple canon. Deux modes de commutation sont possibles : alterné, découpé.

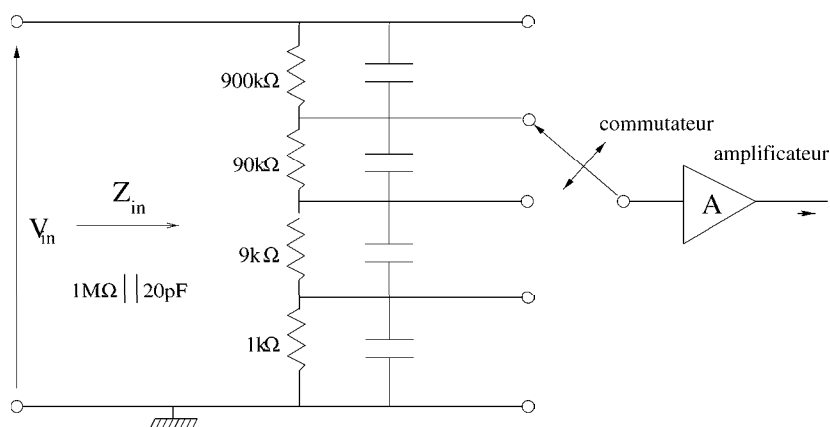
- mode alterné : on produit alternativement un balayage pour chaque phénomène. Ce mode doit donc être utilisé en balayage rapide afin que la fréquence d'alternance des voies donne l'illusion de deux phénomènes simultanés. On peut ainsi mesurer le déphasage entre deux signaux à condition de déclencher le balayage à partir de l'un ou l'autre des signaux;
- mode découpé : pendant la durée du balayage, le spot décrit successivement à une fréquence déterminée, une portion du phénomène "A" puis une portion du phénomène "B". Les phénomènes A et B sont d'autant mieux reconstitués que la vitesse de balayage est faible et que la fréquence de découpage est élevée.

Pour l'oscilloscope mis à votre disposition, vous n'aurez pas à choisir entre ces deux modes, il vous suffira de sélectionner les 2 canaux A et B en même temps.

5.3.2.5 Les amplificateurs et les atténuateurs

Un tube cathodique donne une déviation du spot qui est typiquement de 1 division pour 5 V. Pour produire une déviation mesurable sur l'écran, les signaux plus petits doivent être amplifiés. A cet effet l'oscilloscope comporte un amplificateur horizontal et un amplificateur vertical.

Pour avoir à sa disposition plusieurs sensibilités, on pourrait faire varier le gain de l'amplificateur mais il est plus simple de se servir d'atténuateurs. Supposons qu'on désire disposer des sensibilités suivantes : 10 V/div, 1 V/div, 100 mV/div et 10 mV/div. Celles-ci sont sélectionnées au moyen d'un commutateur (voir mode d'emploi), représenté par les 2 flèches sur le dessin ci-dessous, donnant le schéma de principe d'un atténuateur et de l'amplificateur.

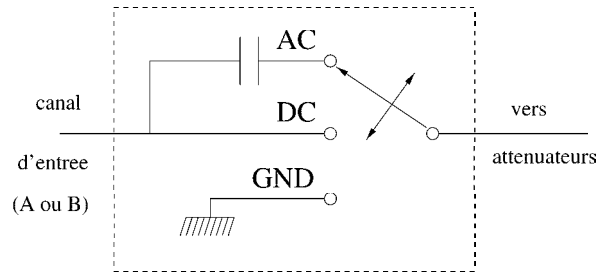


Suivant la position du commutateur, de haut en bas, le signal présenté à l'amplificateur vaudra V_{in} , $V_{in}/10$, $V_{in}/100$ ou $V_{in}/1000$.

5.3.2.6 Couplage d'entrée

Le signal présenté à l'entrée de l'oscilloscope soit sur le canal 1, soit sur le canal 2, peut être couplé de différentes manières aux atténuateurs et à l'amplificateur :

Le commutateur représenté par les 2 flèches permet de sélectionner l'un des couplages : AC, DC et GND. En couplage DC le signal présenté à l'entrée de l'oscilloscope est transmis tel quel.

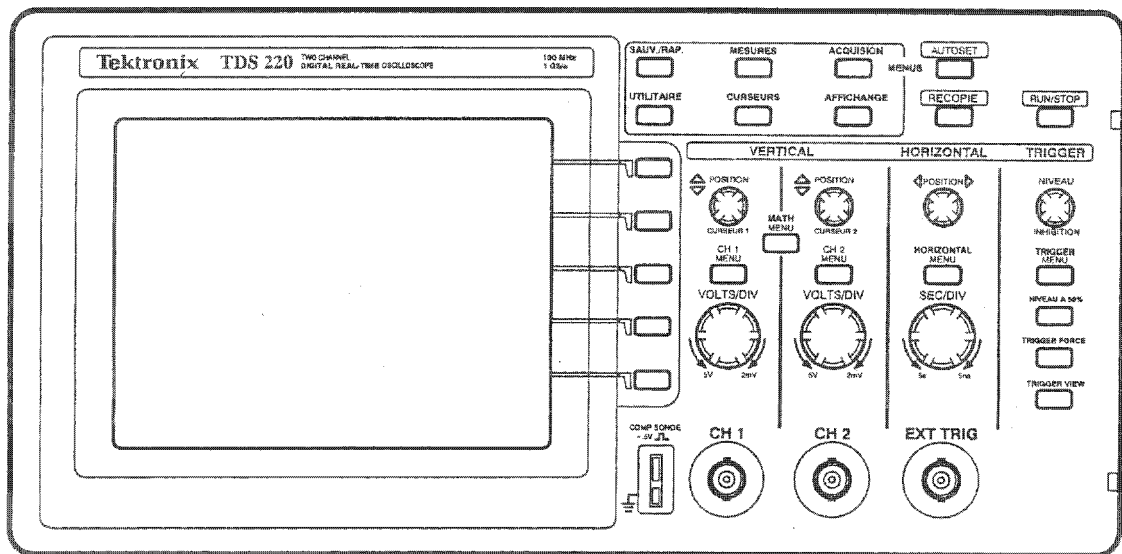


En couplage AC, on élimine la composante continue du signal en introduisant un condensateur en série avec l'entrée des atténuateurs. Sur la position GND, le signal n'est pas transmis du tout. Remarquez que ce dispositif de couplage, entouré en pointillé sur la figure, est interne à l'oscilloscope.

5.3.2.7 La sonde

Le câble usuel qui amène un signal à observer à l'entrée A ou B de l'oscilloscope peut être remplacé par une sonde. Celle-ci comporte un connecteur à 2 pôles de type BNC qui permet de la fixer à l'entrée de l'oscilloscope. L'autre extrémité, comporte un fin crochet qui permet d'aller lire un signal sur un fin câble, et une pince crocodile qui se met à la masse. En effet, la pince est reliée via son câble à la borne extérieure du connecteur BNC de l'oscilloscope. Celle-ci comme l'ensemble des bornes extérieures BNC de l'oscilloscope est à la masse à travers l'alimentation de l'oscilloscope. La sonde facilite donc l'accès au signal dans un montage. C'est dans cet esprit que vous l'utiliserez, sur la position X 1 qui ne modifie ni le signal, ni l'impédance d'entrée vue par le signal. Toutefois les sondes ont d'autres utilités. Notamment, en position X 10, l'impédance d'entrée est multipliée par un facteur 10, ce qui diminue la perturbation du circuit étudié lors de la mesure. Dans ce cas le signal présenté aux atténuateurs et à l'amplificateur de l'oscilloscope est divisé par 10.

5.3.2.8 Mode d'emploi de l'oscilloscope

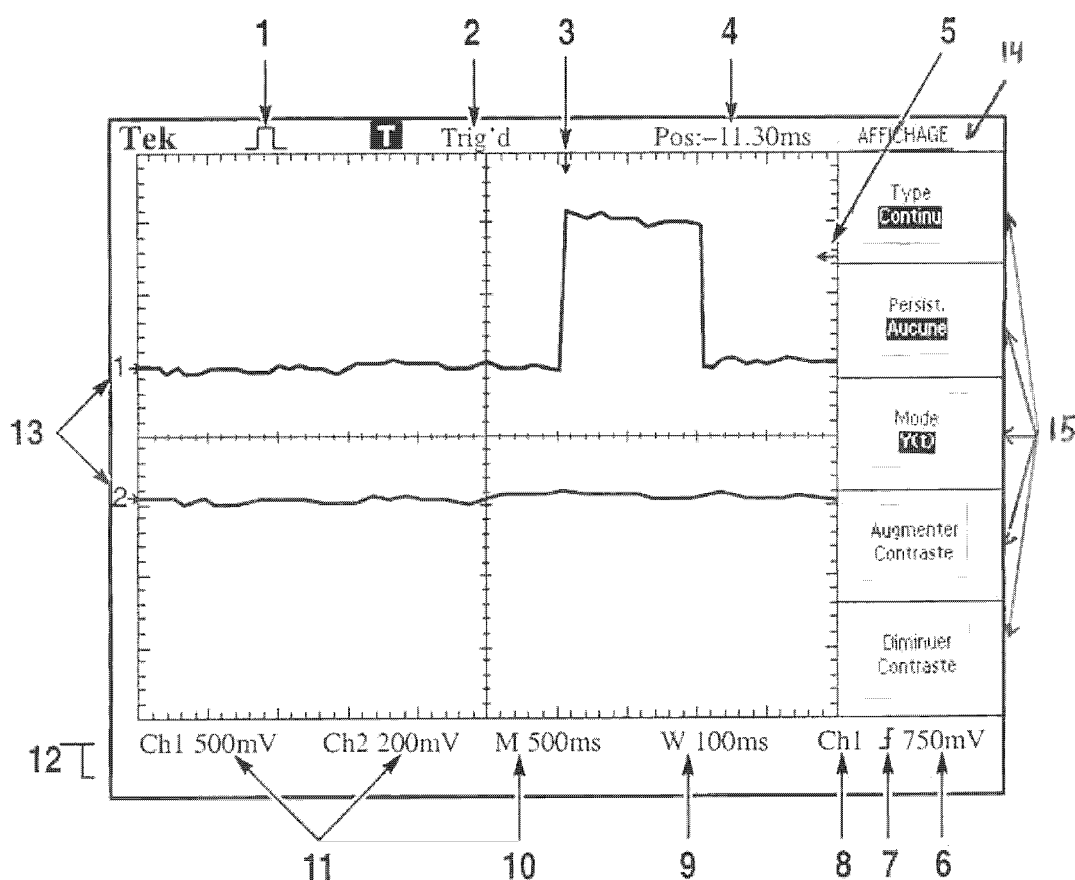


Mise en route

- La touche Marche/Arrêt se trouve sur le dessus de l'appareil, à gauche.
- Les signaux à étudier s'introduisent dans **CH1** ou **CH2**, au moyen d'un connecteur BNC.
- En enfonceant la touche AUTOSET, toute une série de réglages s'opèrent automatiquement, ce qui permet d'observer le signal sur l'écran en mode de balayage, c'est-à-dire qu'on observe l'amplitude de la tension V (sur l'axe vertical), en fonction du temps t (sur l'axe horizontal)



Description de l'écran

L'écran n'affiche pas seulement les signaux; il fournit également de nombreux détails à leur sujet ainsi que sur les paramètres de contrôle de l'instrument:



Ceux qui vous seront le plus utiles sont les suivants:

- **13**: Pour chacune des deux entrées, **CH1** et **CH2**, la flèche indique la position du zéro Volt; elle se règle à l'aide de la commande POSITION CURSOR1 ou CURSOR2, dans VERTICAL.
- **3**: La flèche indique l'instant du déclenchement; il se règle à l'aide de la commande HORIZONTAL POSITION.
- **4**: La valeur affichée indique la différence de temps entre le centre du réticule et la position de déclenchement horizontale; le centre de l'écran correspond au zéro.

- **5:** La flèche indique l'amplitude à laquelle se produit le déclenchement, autrement dit, le niveau de déclenchement.
- **6:** Cet indicateur donne la valeur numérique du niveau de déclenchement.
- **7:** L'icône indique le type de déclenchement sélectionné, par exemple, sur le front montant () ou sur le front descendant ()
- **8:** Cet indicateur montre la source de déclenchement utilisée par exemple, **CH1** ou **CH2**.
- **10:** Cet indicateur montre l'échelle de temps utilisée sur l'axe horizontal; elle se règle au moyen du bouton **SEC/DIV**.
- **11:** Ces indicateurs montrent l'échelle utilisée sur l'axe vertical pour chacun des deux signaux; elles se règlent au moyen des boutons **VOLTS/DIV**.
- **14:** Titre du menu sélectionné.
- **15:** Blocs menu du menu sélectionné avec éventuellement, renforcé en noir, le paramètre sélectionné.

Le système de menus L'accès aux fonctions spécialisées est réalisé grâce à un système de menus. Quand on appuie sur un bouton de menu, le titre du menu correspondant s'affiche dans le coin supérieur droit de l'écran. Il peut y avoir jusqu'à cinq blocs de menus sous le titre du menu. A droite de chaque bloc de menu se trouve un bouton qui peut être utilisé pour modifier les paramètres du menu.

Quelques touches qui vous seront utiles:

1. **AUTOSET:** Réglage automatique du signal.
2. **CURSOR:** Affiche les curseurs et leur menu, permet leur déplacement à l'aide des boutons **POSITION VERTICAL** et affiche les mesures correspondantes.
3. **DISPLAY:** Affiche le menu "affichage" qui permet de modifier l'apparence de l'affichage: type, persistance, mode balayage ou mode XY, contraste.
4. **MATH:** Affiche le menu correspondant qui permet de soustraire et d'additionner les deux signaux.
5. **MEASURE:** Affiche le menu qui permet d'effectuer des mesures automatiques. Choisir le signal à mesurer à l'aide du sous-menu **SOURCE** et le type de mesures à effectuer à l'aide du sous-menu **TYPE** (fréquence, période, tension moyenne, tension pic-à-pic (**C-C**), tension efficace)
6. **CH1 et CH2:** Permet de sélectionner notamment le mode de couplage du signal à l'entrée (AC ou DC) et de corriger pour le facteur d'atténuation de la sonde.
7. **TRIGGER:** permet de sélectionner la source du trigger, son mode, la pente, le couplage, etc.....
8. **UTILITY:** permet, entre autres, de sélectionner la langue de l'affichage.

5.4 Notion de masse et de terre

Dans l'ensemble des manipulations, on appellera MASSE du montage une ligne équipotentielle de référence (0V), par rapport à laquelle se mesurent les tensions. Cette ligne sera matérialisée physiquement par un fil de connexion et/ou une piste de circuit imprimé qui doit obligatoirement relier entre eux tous les points du schéma marqué du signe MASSE

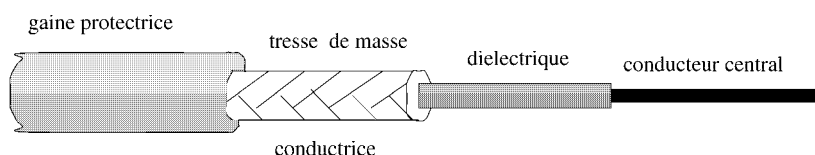
Les appareils de mesure possèdent généralement une borne particulière notée COM (COMMON), GND (Ground = terre), ou \perp (terre). Toutes les tensions affichées par l'appareil sont mesurées par rapport à cette borne et donc par rapport au point du circuit auquel cette borne est connectée. Si un appareil de mesure comporte plusieurs bornes de cette sorte, celles-ci sont connectées entre elles, à l'intérieur de l'appareil. Elles sont donc au même potentiel et doivent donc toutes aboutir au même noeud du circuit.

Sur certains appareils, les bornes de référence sont connectées au châssis de l'appareil. Dans ce cas l'appareil est raccordé au secteur et il a une prise de terre, c'est-à-dire une prise avec une broche qui le raccorde à la terre de l'installation : une surface de cuivre enfouie dans le sol. Dès lors, les bornes de masse de l'appareil ne peuvent être connectées à un point de potentiel différent de celui de la terre (c'est le cas de l'oscilloscope et de certains générateurs).

D'autres appareils ont une masse flottante, c'est-à-dire non raccordée au châssis de l'appareil et non raccordée à la terre. Elle peut, par conséquent être reliée à n'importe quel point du circuit. C'est le cas de certains générateurs mis à votre disposition et de tous les appareils sans cordon d'alimentation comme le multimètre.

5.5 Câble coaxial

Les connexions partant de l'oscilloscope ou du générateur seront réalisées au moyen de câbles coaxiaux (gros câbles noirs terminés par des connecteurs BNC). Ceux-ci sont constitués de deux conducteurs cylindriques concentriques séparés par un diélectrique (isolant); le tout est entouré d'une gaine protectrice :



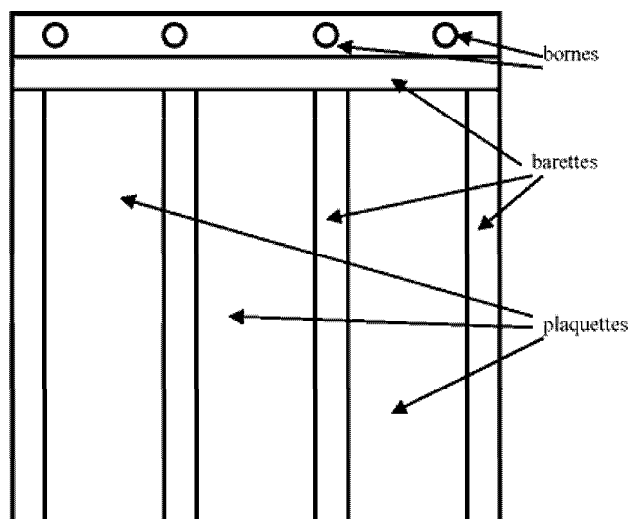
Un exemplaire de câble coaxial est exposé au mur au laboratoire. Le conducteur extérieur, qui se présente sous forme d'une tresse métallique est en contact avec la partie extérieure du connecteur et est de ce fait mis à la terre des appareils d'où le nom de tresse de masse.

Le courant ne circulant que dans un circuit fermé, lorsqu'on relie un appareil de mesure à un circuit, cette liaison doit comporter deux conducteurs, l'un pour l'entrée du courant, l'autre pour la sortie. Dans le cas du multimètre, ces deux conducteurs sont bien identifiés étant donné que deux câbles classiques, à un seul conducteur, sont utilisés pour assurer la connexion au circuit. Lorsque, comme pour l'oscilloscope, on utilise un câble coaxial comportant deux conducteurs à l'intérieur de la gaine, l'aller et le retour du courant se produisent à l'intérieur de cet unique câble.

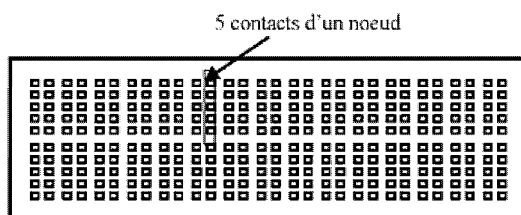
5.6 Le protoboard

Description

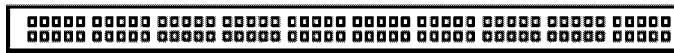
Le protoboard est une plaquette à contacts multiples (trous) offrant la possibilité de relier électriquement sans soudure un ensemble de composants électroniques de sorte à constituer des circuits de complexité variable; le circuit est dès lors aisément modifiable. Dans chacun de ces contacts, on peut enfoncer **une** (et une seule) patte de composant ou l'extrémité d'un fil. Le protoboard est couramment utilisé comme support dans une évaluation de faisabilité d'un circuit. Dans le cadre de ces TP, il sera omniprésent comme support de circuit et comme voie d'entrée des signaux de commande (alimentations, masse, ...). Celui qui sera mis à votre disposition au laboratoire est constitué de trois plaquettes rectangulaires, longues et larges; elles sont séparées et entourées de barrettes longues et étroites, ainsi que schématisé sur la figure. Il y a aussi 4 bornes qui permettent d'amener les tensions des générateurs vers le protoboard.



Les plaquettes larges comportent un très grand nombre de lignes indépendantes de 5 contacts (2 N sur la figure) réparties sur 2 colonnes séparées par une travée centrale isolante. Les 5 trous d'une ligne de contact sont reliés électriquement et constituent un noeud du circuit:



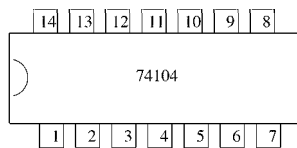
Les barrettes longues et étroites comportent 2 lignes indépendantes de 10 X 5 contacts chacune; tous les contacts d'une ligne sont connectés entre eux et constituent un noeud du circuit. On réserve généralement les barrettes longues et étroites pour distribuer les tensions depuis les bornes vers les composants du circuit placés sur les plaquettes larges.



Placement des circuits

Les circuits intégrés multicontacts seront placés à cheval sur la travée centrale des plaquettes larges. Ils seront dans la mesure du possible placés dans un ordre logique afin d'éviter des allers et retours de fils.

Les circuits intégrés sont numérotés comme suit :



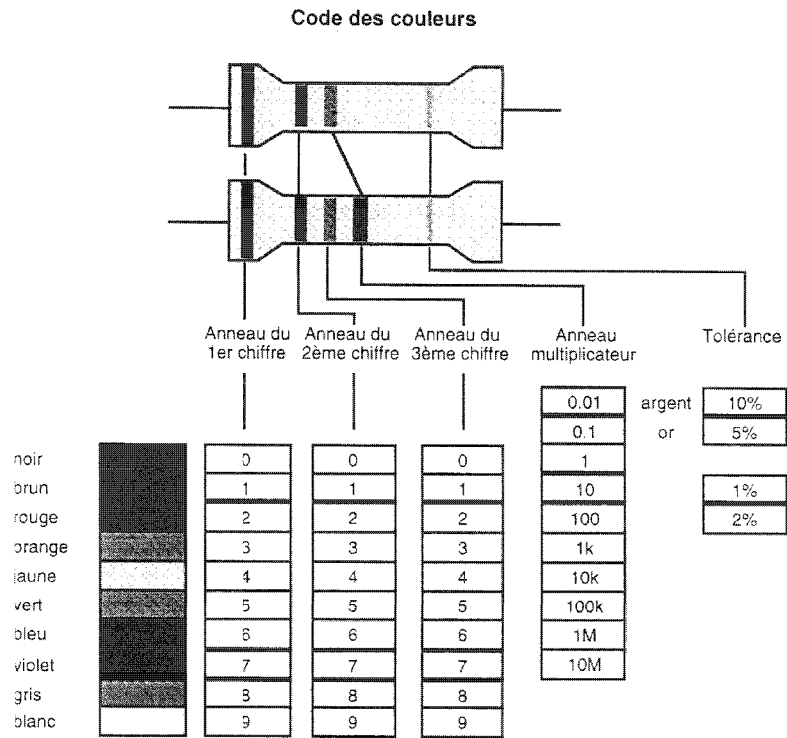
Conventionnellement, on place tous les circuits intégrés dans le même sens, l'encoche à gauche. On peut ainsi lire aisément leur numéro. Les autres composants seront aussi disposés sur les barrettes larges, d'une ligne de 5 contacts à une autre, de préférence dans l'ordre où ils apparaissent sur le schéma du circuit.

Branchement

Afin de simplifier la vérification du câblage et d'éviter les erreurs, on respectera les règles suivantes :

- Respecter la couleur des bornes et des lignes de contact des barrettes longues et étroites: pour une masse, le noir ou le bleu; pour le +5V/+12V, le rouge et pour le -5V/-12V, le vert. Dans la mesure du possible, utiliser la même couleur que celle de la borne pour tous les fils qui en partent. Deux fils de couleurs différentes ne peuvent aboutir à un même noeud.
- Réaliser un circuit aussi simple que possible ;
 - utiliser les fils les plus courts possibles
 - éviter les croisements

5.7 Code de couleur des résistances :



Travail préparatoire

a) résistance de shunt pour la sensibilité de 2 mA :

justification: $R_s = \dots$

résistance interne :

justification : $R_i = \dots$

b) $P/P_0 = \dots\%$ $V/V_0 = \dots\%$

c) \dots

d) \dots

e) \dots

f) \dots

g) Déphasage

de la tension de la source par rapport au courant: ...

de la tension du condensateur par rapport au courant: ...

de la tension de la source par rapport à celle du condensateur: ...