

MESURES AVEC L'OSCILLOSCOPE

L'objectif de ce TP est la prise en main de l'oscilloscope numérique et du générateur de fonctions. Les effets de l'échantillonnage, de la quantification et de la sonde atténuatrice seront mis en évidence afin d'établir des règles simples d'utilisation de l'oscilloscope numérique.

1. MATERIEL

Matériel par poste de travail :

- 1 plaquette d'essai
- 1 oscilloscope numérique TEKTRONIX TBS1000C
- 1 générateur de fonctions TEKTRONIX AF1022

- 1 Té BNC
- 1 cordon coax. BNC/BNC
- 1 cordon coax BNC/BANANE
- 1 cordon coax BNC/BANANE avec grippe-fil (pour démonstration)
- 1 sonde d'oscilloscope "par 10"
- 1 diode 1N4148
- 1 capacité de 100 nF
- 1 résistance de 1 k Ω (marron/noir/rouge)
- 1 résistance de 4,7 k Ω (jaune/violet/rouge)
- 1 résistance de 100 k Ω (marron/noir/jaune)

2. PREPARATION

2.1. Caractéristiques de l'oscilloscope TDS1000C

Répondre aux questions suivantes en utilisant la documentation de l'oscilloscope TDS1000C se trouvant en annexe 2 :

- a) Préciser les caractéristiques de l'oscilloscope dans le tableau suivant.

| Caractéristiques | |
|--|--|
| Nombre de voies | |
| Fréquence maximale d'échantillonnage | |
| Longueur de l'enregistrement | |
| Nombre de bits du convertisseur analogique numérique | |

- b) Un signal est affiché en pointillé sur l'écran, peut-on avoir "confiance" en cette trace ?
- c) Dans la zone d'affichage, quelle est l'utilité de l'icône n° 7 ?
- d) Quel est l'intérêt du mode d'acquisition MOYENNAGE ?

2.2. Principe de la sonde d'oscilloscope

Les sondes d'oscilloscope existent sous plusieurs formes :

- sonde "par 1"
- **sonde "par 10"**
- sonde mixte "par 1" ou "par 10"
- sonde "par 100", ...

La sonde atténuatrice "par 10" passive est la plus utilisée dans les laboratoires. La méconnaissance de ces caractéristiques peut conduire à des erreurs de mesure.

2.2.1. Intérêt de la sonde "par 10" :

- Augmentation de l'impédance d'entrée de l'oscilloscope d'où la diminution de son influence sur le montage testé.
- Atténuation du signal en entrée de l'oscilloscope d'où une augmentation de la dynamique de mesure.
- Diminution de la fréquence de coupure basse de l'oscilloscope en couplage AC.

2.2.2. Etude de la sonde "par 10" :

Le schéma de principe suivant présente la sonde atténuatrice "par 10" connectée sur un montage pour observer la tension V_e . Elle est reliée à l'entrée de l'oscilloscope. L'oscilloscope visualise la tension V_o .

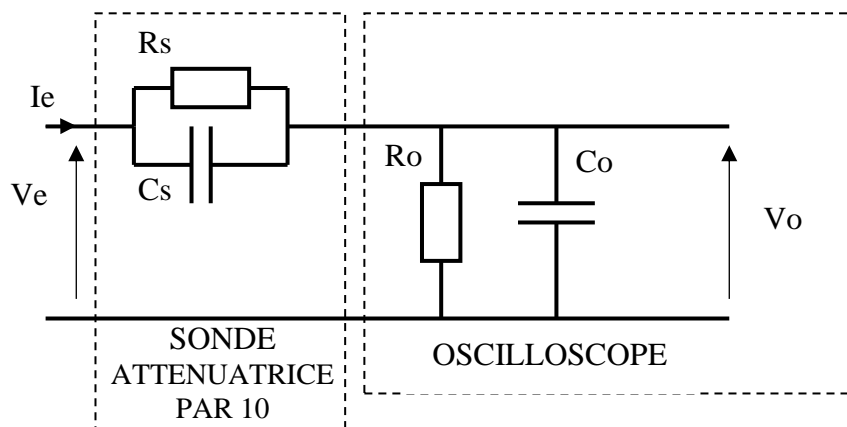


Fig. 2 : sonde connectée sur l'entrée de l'oscilloscope

- Calculer $V_o(\omega)/V_e(\omega)$ en fonction des éléments.
- Montrer que l'atténuation est identique pour toutes les pulsations ω lorsque les éléments sont tels que $R_s.C_s = R_o.C_o$. Le signal observé est alors atténué sans déformation.

Dans le cas d'une atténuation sans déformation :

- Déterminer R_s et C_s en fonction de R_o et C_o afin d'obtenir $V_o/V_e = 1/10$.
- Exprimer l'impédance $Z_e = V_e/I_e$ de l'ensemble sonde + oscilloscope.

- Montrer que l'impédance Z_e peut se mettre sous la forme équivalente suivante.

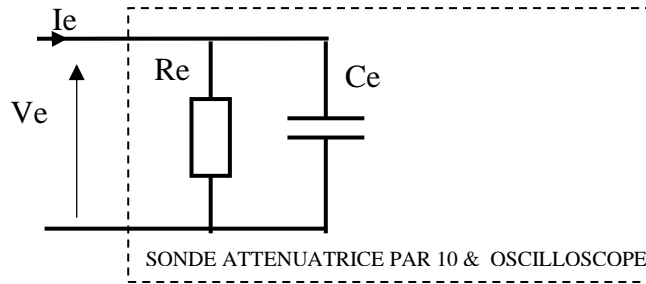


Fig. 3 : impédance équivalente d'entrée de la sonde connectée à l'oscilloscope

- Déterminer les éléments R_e et C_e .

Pour un oscilloscope d'impédance d'entrée $R_o = 1\text{M}\Omega$ et $C_o = 120\text{pF}$:

- Calculer R_s et C_s .
- Calculer l'impédance équivalente Z_e de l'ensemble "sonde + oscilloscope".
- Calculer pour les fréquences 100Hz, 10 kHz, 100 kHz, 1MHz.
 - o le module de l'impédance Z_e de l'ensemble "sonde + oscilloscope".
 - o le module de l'impédance $Z_o = R_o // C_o$ de l'oscilloscope.
- Comparer les résultats obtenus.

3. COMPLEMENTS

3.1. Echantillonnage

3.1.1. Théorème de Shanon

Le respect du théorème de Shanon ci-dessous garantit une opération d'échantillonnage sans perte d'information.

$$\text{fréquence échantillonnage} > 2 \times \text{fréquence max. du signal}$$

3.1.2. Relation entre la base de temps et la fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage des oscilloscopes numériques TEKTRONIX TBS1000C est donnée par la formule suivante :

$$f_{\text{ech}} = \frac{\text{Profondeur enregistrement (2500 points)}}{\text{Base de temps (M)} \times \text{Nombre division écran (15 div.)}}$$

3.2. Quantification

3.2.1. Passage de l'analogique au numérique

Le convertisseur analogique numérique (CAN) réalise l'échantillonnage et la numérisation du signal analogique à visualiser.

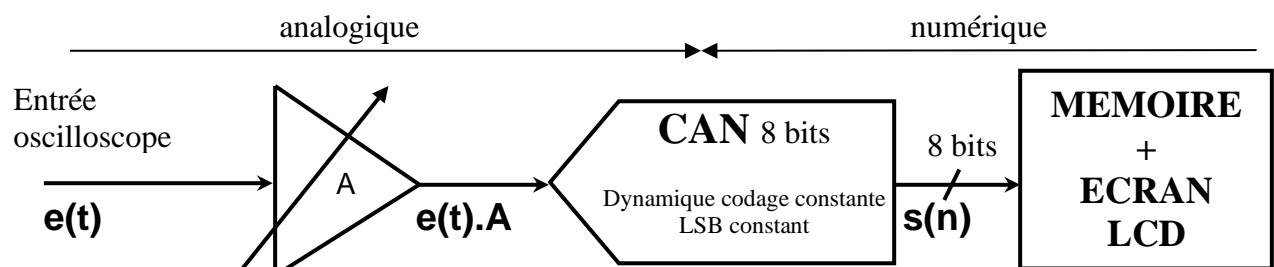


Fig. 4 : synoptique de l'oscilloscope numérique

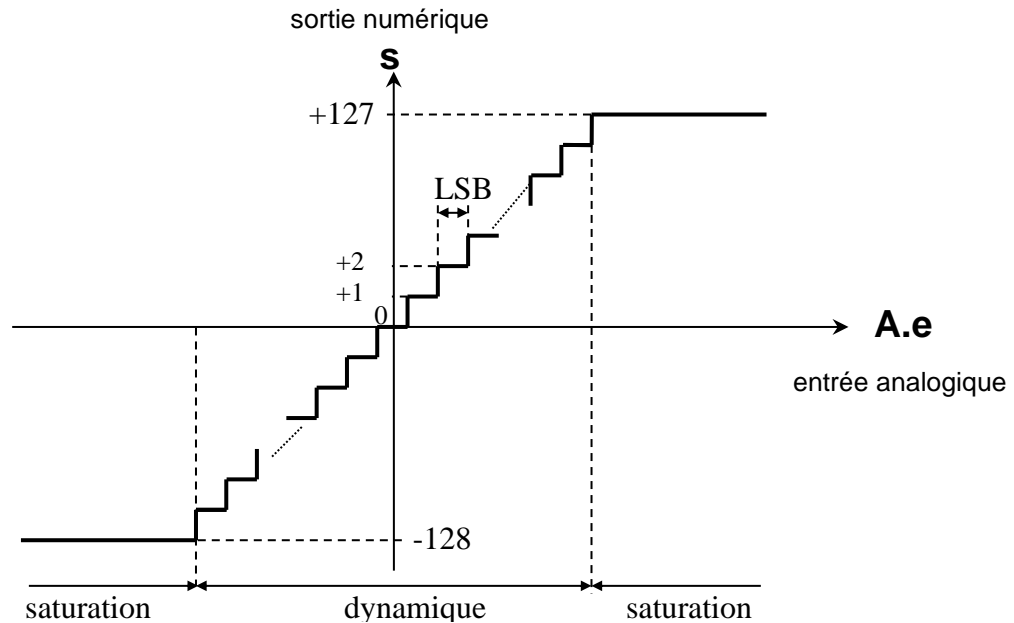


Fig. 5 : caractéristique du convertisseur analogique numérique (CAN)

La dynamique de codage du CAN correspond à 10 divisions verticales (8 divisions visibles à l'écran).

2. Relation entre le calibre vertical et le pas de quantification

Le pas de quantification (quantum) ou LSB de l'oscilloscope numérique TEKTRONIX TDS1002 est donné par la formule suivante :

$$\text{LSB (quantum)} = \frac{\text{Calibre} \times \text{Nombre division écran (10 div.)}}{255}$$

L'erreur absolue de quantification est de $\pm \frac{1}{2}$ LSB.

3.3. Couplage de l'entrée

L'oscilloscope dispose de trois modes de couplage de l'entrée : DC, AC et GND (ground).

Le couplage modifie la source du signal qui est visualisée (figure 4) par l'oscilloscope.

- le couplage DC transmet le signal d'entrée directement sans modification.
- le couplage AC intercale un condensateur qui enlève la composante continue du signal d'entrée.
- le couplage GND (ground) déconnecte le signal d'entrée et le remplace par un signal de 0V.

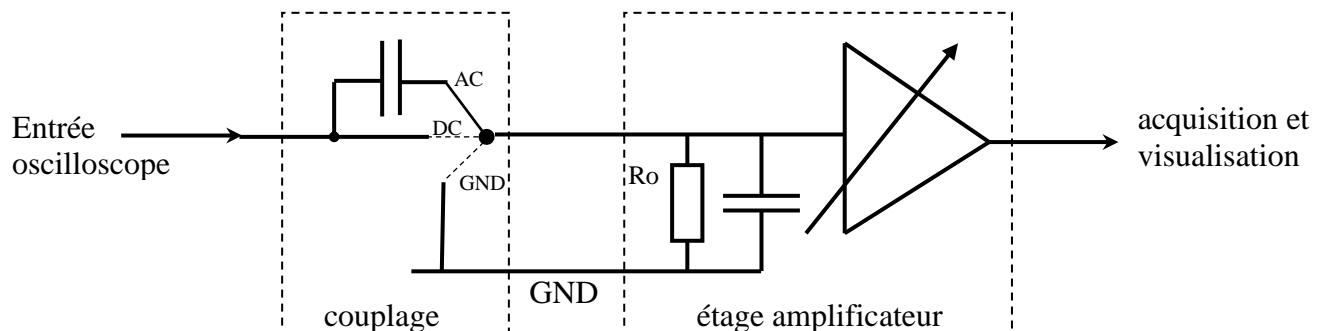


Fig. 6 : mode de couplage

4. MANIPULATION

4.1. Réglage de base de l'oscilloscope

Mise en marche de l'oscilloscope :

Appuyer sur le bouton Power sur le dessus.

L'affichage de l'oscilloscope est en anglais pour toutes les séances de travaux pratiques.

Réglage du trigger (déclenchement) :

- Appuyer sur le bouton TRIGGER MENU.
 - Vérifier que Source: CH1 sinon appuyer sur le bouton contigu jusqu'à faire apparaître cette option.
 - Vérifier que Mode: Auto sinon appuyer sur le bouton contigu jusqu'à faire apparaître cette option.
 - Vérifier que Coupling: DC sinon appuyer sur le bouton contigu jusqu'à faire apparaître cette option.

Réglage de la voie d'entrée 1 (CH1) :

- Appuyer sur le bouton CH1 MENU
 - Vérifier que Coupling: Ground sinon appuyer sur le bouton contigu ...
 - Vérifier que Volts/div: Coarse sinon appuyer sur le bouton contigu ...
 - Vérifier que Probe: 1X sinon appuyer sur le bouton contigu ...
- Régler la voie 1 au milieu de l'écran (index 1→) en agissant sur le bouton POSITION
- Régler le calibre CH1=500mV/div en utilisant le commutateur VOLTS/DIV

4.2. Etude de l'influence de la fréquence d'échantillonnage, de la quantification et de l'enregistrement

4.2.1. Fréquence d'échantillonnage

- Prendre le générateur de fonctions Tektronix AFG1022
 - Régler la tension en Out1 à 2Vpp et la fréquence à 10,020 kHz.

Nota : $V_{pp} = V_{peak\ to\ peak} = V_{crête\ à\ crête} = V_{càc} = V_{c-c}$

- Relier la sortie du générateur à la voie 1 de l'oscilloscope par un câble BNC
- Mettre l'oscilloscope dans l'état suivant :
 - CH1 MENU : COUPLING : DC
 - Calibre CH1=500mV/div
 - Base de temps M=40μs/div en utilisant le commutateur SEC/DIV
 - TRIGGER MENU : TYPE: Edge, Source CH1, Slope: Rising, Mode: Auto, Coupling: DC.
- Régler le bouton LEVEL afin que l'index de LEVEL (←) soit face à l'index de la voie.
 - La sinusoïde est-elle bien représentée ?
 - Mesurer la période du signal.
- Positionner la base de temps M=400μs/div.
 - La sinusoïde est-elle aussi bien représentée ?
 - Mesurer la période du signal.

- Positionner la base de temps $M=100\text{ms/div}$.
 - La sinusoïde est-elle aussi bien représentée ?
 - Mesurer la période du signal.
- Présenter dans un tableau pour chaque base de temps :
 - la période mesurée
 - la fréquence calculée à partir de la période
 - la fréquence d'échantillonnage de l'oscilloscope

| Base de temps | Période mesurée | Fréquence calculée | Fréquence d'échantillonnage |
|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| 50 $\mu\text{s/div}$ | | | |
| 500 $\mu\text{s/div}$ | | | |
| 25 ms/div | | | |

- Comparer les fréquences obtenues avec les différentes bases de temps à la fréquence théorique.
- Interpréter ces différences ?
- Quelle précaution faut-il prendre pour visualiser correctement un signal dont l'ordre de grandeur de la fréquence est connu ?
- Quelle précaution faut-il prendre pour visualiser correctement un signal de fréquence inconnue ?

4.2.2. Quantification

- Garder les paramètres pour le générateur mais changer la forme d'onde pour obtenir un signal triangulaire.
- Sélectionner la base de temps $M=40\mu\text{s/div}$.

Configuration pour les mesures " automatiques "(mode MEASURE) :

- Appuyer sur le bouton MEASURE. Le menu MEASURE apparaît sur l'écran à droite dans la zone de dialogue.
 - Afficher la valeur "Pk-Pk".
- Vérifier le calibre CH1 = 500mV/div.
 - Relever la valeur "Pk-Pk" (environ 2Vpp).
- Utiliser le commutateur VOLTS/DIV pour amener le calibre CH1 à 200mv/Div.
 - Relever la valeur "Pk-Pk".
- Utiliser le commutateur VOLTS/DIV pour amener le calibre CH1 à 5V/Div.
 - Relever la valeur "Pk-Pk".

- Comparer les mesures de tension "Pk-Pk" obtenues avec les différents calibres.

| Calibre | Mesure Pk-Pk |
|------------|--------------|
| 100 mV/div | |
| 500 mV/div | |
| 5 V/div | |

- Interpréter ces différences et préciser quelle est la bonne mesure.
- Quelle précaution faut-il prendre pour mesurer correctement l'amplitude d'un signal ?

4.2.3. Enregistrement

Un oscilloscope n'est pas un voltmètre. Les mesures indiquées sont obtenues en effectuant des calculs sur la zone de l'enregistrement affichée.

- Régler la fréquence du générateur à 8 kHz.
- Choisir le calibre CH1 donnant la meilleure mesure.
 - o Préciser le calibre CH1 choisi.
 - o Relever la valeur "Pk-Pk".
- Sélectionner la base de temps M=5µs/div.
 - o Relever la valeur "Pk-Pk".
- Comparer les mesures de tension "Pk-Pk" obtenues avec les différentes bases de temps.

| Base de temps | Mesure Pk-Pk |
|---------------|--------------|
| 5 µs/div | |
| 50 µs/div | |

- Interpréter ces différences et préciser quelle est la bonne mesure.
- Quelle précaution faut-il prendre pour mesurer correctement l'amplitude d'un signal ?

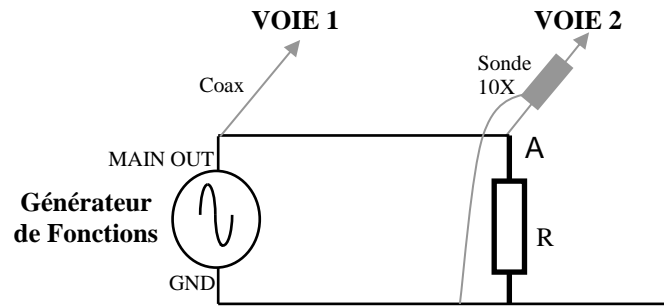
4.3. Utilisation des sondes "par 10" et des câbles coaxiaux

- Garder les paramètres pour le générateur mais changer la forme d'onde pour obtenir un signal sinusoïdal.
- Utiliser le commutateur VOLTS/DIV pour amener le calibre CH1 à 500mV/div.
- Sélectionner la base de temps M=50µs/div.

4.3.1. Atténuation de la sonde "par 10"

- Appuyer sur la touche CH1 MENU.
 - o Vérifier que "PROBE (Sonde): 1X", sinon appuyer sur le bouton contigu pour faire apparaître cette valeur.
- Appuyer sur la touche CH2 MENU.
 - o Vérifier que "PROBE (Sonde): 1X", sinon faire apparaître cette valeur.
- Brancher un "T" BNC sur la sortie MAIN OUT du générateur.
- Relier la sortie MAIN OUT avec un câble coaxial BNC-BNC sur la voie 1 de l'oscilloscope.
- Relier également la sortie MAIN OUT à une résistance R de 4,7 kΩ placée sur la plaquette

d'essai en utilisant un câble coaxial BNC-BANANE.



- Prendre une sonde "par 10", la connecter à la voie 2 de l'oscilloscope et sa pointe à l'extrémité "A" de la résistance R. La masse de la sonde est reliée au GND sur la plaquette d'essai.
- Comparer les signaux visualisés ?
- Ramener le signal sur la voie 2 (sonde) à un niveau comparable à celui visualisé sur la voie 1 (coax).
- Mesurer l'amplitude crête à crête des signaux sur les 2 voies ?

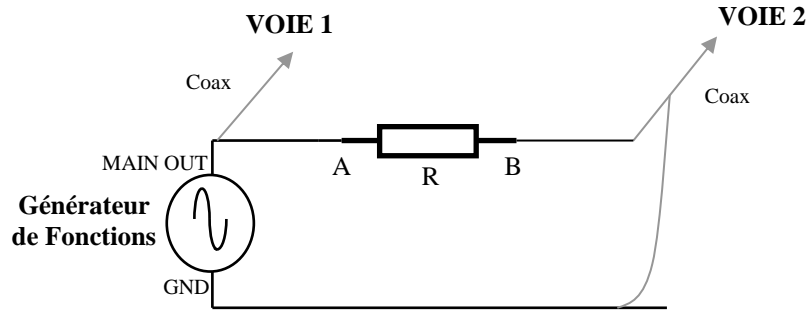
| Voie oscilloscope | Mesure Pk-Pk |
|-------------------|--------------|
| Voie 1 | |
| Voie 2 (sonde) | |

- Expliquer les mesures.
- Quelle précaution faut-il prendre en utilisant une sonde d'oscilloscope ?

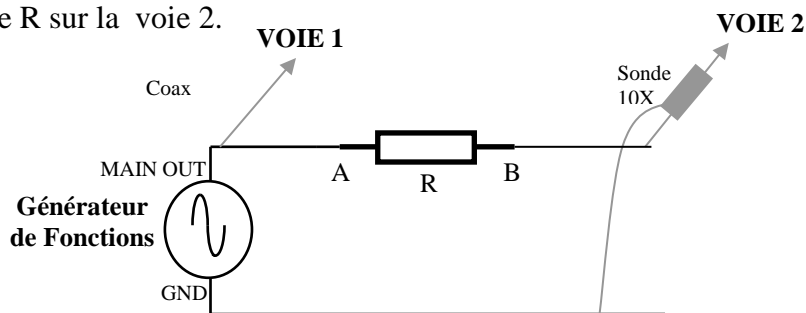
4.3.2. Intérêt de la sonde "par 10" (en démonstration)

- Brancher un "T" BNC sur la sortie MAIN OUT du générateur.
- Relier la sortie MAIN OUT avec un câble coaxial BNC-BNC sur la voie 1 de l'oscilloscope.
- Relier la sortie MAIN OUT à une résistance R de $4,7 \text{ k}\Omega$ placée sur la plaquette d'essai en utilisant un câble coaxial BNC-BANANE.

- Utiliser un câble coaxial BNC-BANANE muni de grappe-fil afin de visualiser la tension à l'extrémité B de la résistance R sur la voie 2.



- Mesurer l'amplitude crête à crête des signaux observés pour les fréquences de 10 kHz puis 1 MHz.
- Utiliser maintenant une sonde "par 10" afin de visualiser la tension à l'extrémité B de la résistance R sur la voie 2.



- Mesurer l'amplitude crête à crête des signaux observés pour les fréquences de 10 kHz puis 1 MHz.
- Comparer les mesures précédentes.
- Justifier les résultats obtenus.

4.3.3. Réglage de la sonde (en démonstration)

La sonde par 10 est constituée d'une résistance fixe R_s en parallèle avec un condensateur variable C_s . L'ajustage de C_s permet d'obtenir une atténuation sans déformation. L'oscilloscope fournit un signal carré en face avant pour le réglage des sondes

- Observer ce signal avec la sonde par 10.
- Modifier **délicatement** le réglage du condensateur de la sonde de manière à relever 3 formes d'oscillogramme : 2 mauvais réglages (passe-haut et passe-bas) et enfin un réglage optimal qui reproduit bien les carrés.

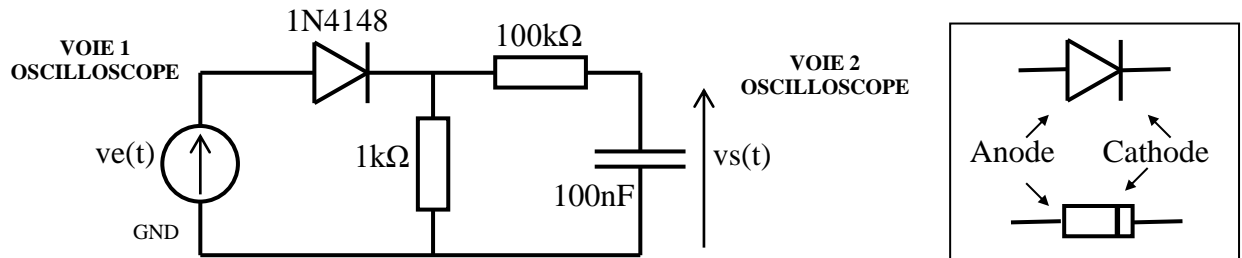
4.3.4. Test de la sonde (en démonstration)

Le signal carré délivré en face de l'oscilloscope permet d'essayer rapidement une sonde pour confirmer son type (atténuation par 1, 10, 100) et pour contrôler son bon état.

4.4. Etude des modes de couplage

Le générateur est en sinusoïdal.

- Régler la tension MAIN OUT à 5,6 Vpp et la fréquence à 2 kHz.
- Connecter le générateur au montage suivant :



Le signal d'entrée $v_e(t)$ est observé sur la voie 1 et le signal de sortie $v_s(t)$ sur la voie 2.

Affichage et configuration de la voie 2 :

- Appuyer sur la touche CH2 MENU
 - o Sélectionner "Coupling : DC"
 - o Vérifier "PROBE : 10X"
- Régler le calibre CH2 pour visualiser correctement le signal V_s .

Configuration pour les mesures " automatiques " de la voie 2 :

- Appuyer sur le bouton MEASURE.
 - o Sélectionner "Source : CH2".
 - o Sélectionner "Type : Mean" qui indique une mesure de tension moyenne.
 - o Ajouter une mesure de tension crête à crête.
- Mesurer la composante continue du signal V_s en mesurant la valeur moyenne.
- Mesurer la composante alternative du signal V_s en mesurant la valeur crête à crête.
- La forme de la composante alternative du signal V_s est-elle identifiable ?
- Sélectionner "Coupling : AC" pour la voie 2.
- Mesurer la composante alternative du signal V_s de façon optimale.
- Quelle est la forme de la composante alternative du signal V_s ?
- Quel couplage permet la meilleure mesure de la composante alternative ?
- Quelle opération effectue l'oscilloscope lorsque le couplage "AC" est sélectionné ?
- Quel est l'intérêt de pouvoir choisir le couplage "AC" ou "DC" ?
- Quel couplage (AC ou DC) apporte le plus d'informations ?
- Quelle précaution faut-il prendre en choisissant le couplage d'entrée de l'oscilloscope ?

Activation du mode "Acquisition Moyennée" :

- Appuyer sur le bouton ACQUIRE.
- Appuyer sur le bouton Average du menu ACQUIRE pour afficher la moyenne de 16 enregistrements (Averages = 16).

- Quel effet produit l'acquisition moyennée sur le signal Vs affiché ?
- Mesurer la composante alternative du signal Vs.
- Conclure sur la qualité des mesures de la composante alternative du signal Vs de la meilleure (A) à la plus mauvaise (C).

| Méthode mesure | Qualité mesure |
|--------------------------|----------------|
| Couplage DC | |
| Couplage AC sans average | |
| Couplage AC avec average | |

Le mode "Average" n'est pas conservé en permanence car il peut produire des affichages "bizarres" en l'absence de synchronisation ou lors des changements de fréquence.

Suppression du mode "Acquisition Moyennée" :

- Appuyer sur le bouton ACQUIRE.
- Appuyer sur le bouton Sample du menu ACQUIRE.

4.5. Etude de la synchronisation

L'étude de la synchronisation s'effectue avec un signal périodique.

Le montage n'est plus utilisé, seule la voie1 est conservée.

Réglage du générateur :

- signal triangulaire symétrique, fréquence 1kHz
- amplitude maximale calibre 0-2Vpp (bouton de réglage de l'amplitude à fond à droite)

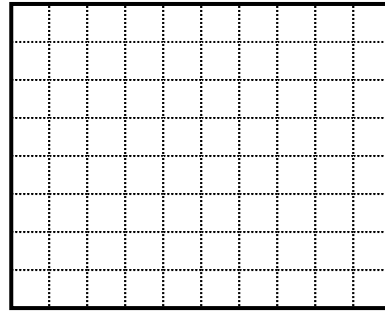
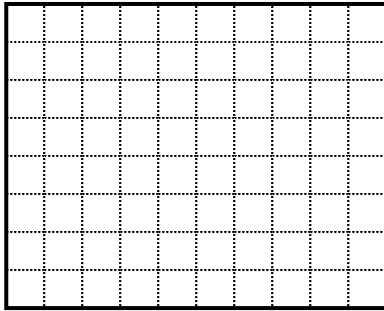
Réglage de l'oscilloscope :

- CH1 calibre 500mV/div, couplage DC
- Base de temps M=100µs/div
- Régler le bouton "HORIZONTAL POSITION" pour que le marqueur de position de déclenchement horizontal (index ↓) soit au milieu de l'écran (Pos : 0s).
- MENU TRIGGER (déclenchement)
 - o Mode : Auto
 - o source : CH1, couplage DC
- Régler le bouton "TRIGGER Level" tel que le marqueur de seuil de déclenchement (index ←) soit au milieu de l'écran.

4.5.1. Mode de déclenchement automatique

- Observer le signal triangulaire sur la voie 1.
- Modifier le seuil de déclenchement (trigger) en tournant le bouton " TRIGGER Level".
- Vérifier que le signal est stable donc synchronisé tant que le seuil de déclenchement (←) est compris entre le maximum et le minimum du signal.
- Préciser l'état de déclenchement indiqué en haut de l'écran.
- Que se passe-t-il lorsque le seuil de déclenchement est en dehors du signal ?
- Préciser l'état de déclenchement indiqué en haut de l'écran.

- Relever rapidement les oscillogrammes aux limites de la synchronisation (haute et basse) en positionnant les index "←" et "↓".



- Ramener le seuil de déclenchement au milieu de l'écran.
- Evaluer l'influence du sélecteur de front de déclenchement :
MENU TRIGGER : Slope : Rising / Falling.

4.5.2. Mode de déclenchement normal

- Sélectionner le mode de déclenchement "Normal".
- Vérifier que le signal est synchronisé tant que le seuil de déclenchement est dans le signal.
- Préciser l'état de déclenchement indiqué en haut de l'écran.
- Que se passe-t-il lorsque le seuil de déclenchement est en dehors du signal ?
- Préciser l'état de déclenchement indiqué en haut de l'écran.
- Quel mode de déclenchement faut-il choisir pour mesurer un signal continu ?
- Quel mode de déclenchement faut-il donc choisir en priorité pour commencer les réglages de l'oscilloscope ?

Nota : si on n'applique pas de signal à l'entrée de la voie, il faut revenir en Mode de déclenchement AUTO.