

## Présentation de la macro Scope/Igor en USB

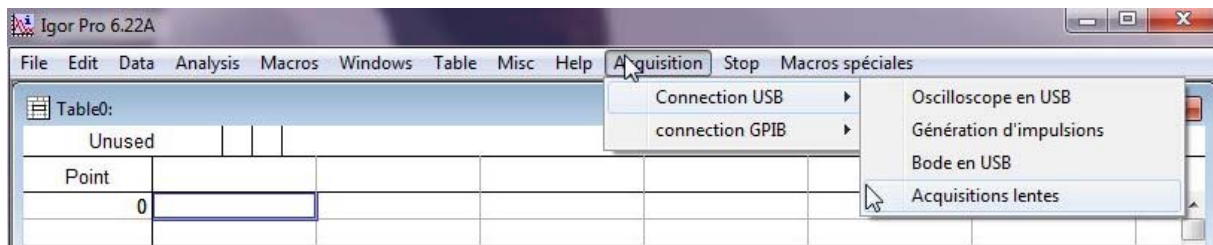
**Rédaction du document:** Jean-Baptiste Desmoulins (P.R.A.G.) ; mail : [desmouli@physique.ens-cachan.fr](mailto:desmouli@physique.ens-cachan.fr)  
**Programmation :** Colin Lopez, (I.R.) ; mail : [colin.lopez@ens-cachan.fr](mailto:colin.lopez@ens-cachan.fr)

Il s'agit d'une présentation nouvelle de la macro, avec une interface très différente de la précédente version en GPIB (excepté pour le diagramme de Bode simplement adapté). L'interface USB est beaucoup plus simple à mettre en œuvre, notamment en terme de droits administrateurs, très sollicités pour l'interface GPIB.

### Accueil

Le programme fonctionne avec trois types d'oscilloscopes : DSO5012A, DSO6012A, DSOX3014A (sur les deux premières voies seulement et pour certaines fonctions seulement).

La macro fonctionne sous la version 6 de Igor. Pour l'utiliser, il suffit d'ouvrir Igor et de choisir le menu « **Acquisition** » proposé à droite de la barre de menu.



Vous avez accès, via « **Acquisition** », aux différentes applications permettant de communiquer avec les oscilloscopes. Vous pouvez communiquer par une interface GPIB ou une interface USB. Dans ce document, nous ne nous occuperons que de l'interface USB. L'interface GPIB et ses possibilités sont présentées dans un autre document.

Pour ce qui concerne l'interface USB, les menus proposés sont les suivants :

« **Oscilloscope en USB** » donne accès à une interface qui va permettre de récupérer les données de l'oscilloscope, soit sur toute la profondeur mémoire, soit sur un sous échantillonnage de 1000 points pour les DSO5012A et DSO6012a (pas de sous échantillonnage possible pour les oscilloscopes DSOX3014A). Une fois les données récupérées, le programme permet de récupérer la transformée de Fourier et la densité spectrale de puissance. Il est alors possible de demander au programme d'enchaîner automatiquement acquisition et calcul de spectre ou de DSP ce qui permet d'avoir une analyse de spectre avec un très bonne résolution en « temps réel », au prix d'un rafraîchissement moins rapide que sur quelques milliers de points. Par ailleurs, il est possible de lisser les densités spectrales de puissance, ce qui est pratique pour faire des mesures de bruit. Le programme permet également de

« **Génération d'impulsions** » permet de piloter un générateur Agilent 33220 afin de réaliser des impulsions ou des sinus cardinaux et de prendre en main la base de temps de l'oscilloscope. Associé au programme précédent (qui doit avoir été lancé préalablement), il permet, avec le calcul de spectre (en choisissant la bonne fenêtre de troncation) de remonter à la fonction de transfert d'un système linéaire en faisant le rapport entre la FFT de la réponse du système sur la FFT du signal d'entrée (impulsion ou sinus cardinal). Cet outil est pratique pour analyser des systèmes lents puisque la fonction de transfert est obtenue à partir d'une seule réponse, contrairement à l'analyse fréquentielle plus classique. Compte tenu des caractéristiques du générateur, il est possible d'analyser le comportement de système jusqu'à quelques MHz au grand maximum.

« **Bode en USB** » permet de piloter un générateur Agilent 33220 ou 33120 et de récupérer le signal en entrée et en sortie d'un système linéaire sur différentes fréquences. La récupération se fait avec le même nombre de points que dans « oscilloscope ». Par rapport à la version en GPIB, l'interface permet d'activer le moyennage de l'oscilloscope (sur 2 passages seulement) afin d'améliorer la qualité des mesures. L'effet sur le signal laisse penser qu'il ne s'agit pas d'un simple moyennage sur deux traces mais le bruit est ainsi considérablement réduit, sans que l'activation du moyennage ne vienne bloquer le programme, ce qui arrive quand on moyenne sur un nombre de traces plus important.

« **Acquisitions lentes** » permet de récupérer un signal très lent (prise de points à moins de 2 points par seconde) sur une durée fixée par l'utilisateur, avec une gamme d'amplitude fixée et la plus faible possible pour

améliorer la définition de la tension. La référence à zéro est ajustée automatiquement pour que la plage de tension observée contienne la trace. Ce système est intéressant pour étudier des phénomènes lents (thermiques et éventuellement mécaniques). Il est conçu pour observer le signal avec un pas de quantification en tension le plus faible possible. Il demande d'utiliser un générateur 33220A pour donner une référence pour la prise d'échantillons.

Rq : En cas de problème, commencez par fermer Igor et à la relancer (notamment quand vous avez tenté de lancer le programme alors que ce câble USB n'était pas branché et que le programme a détecté l'absence d'appareil USB). Si le problème persiste, n'hésitez pas à arrêter l'ordinateur, éteindre l'oscilloscope et débrancher l'interface et à recommencer puis à brancher correctement le câble USB, mettre en marche l'oscilloscope, puis l'ordinateur et enfin à lancer Igor.

### Connexion par câble USB

Le câble USB utilisé présente deux terminaisons, l'une plate, reliée à l'ordinateur, l'autre plus carrée **reliée à la face arrière de l'oscilloscope**.

Ces deux terminaisons du câble ont la forme suivante :



terminaison plate (sur l'ordinateur)



terminaison carrée (sur l'arrière de l'oscilloscope)

Le raccord de l'oscilloscope vers l'ordinateur se fait de la façon suivante :



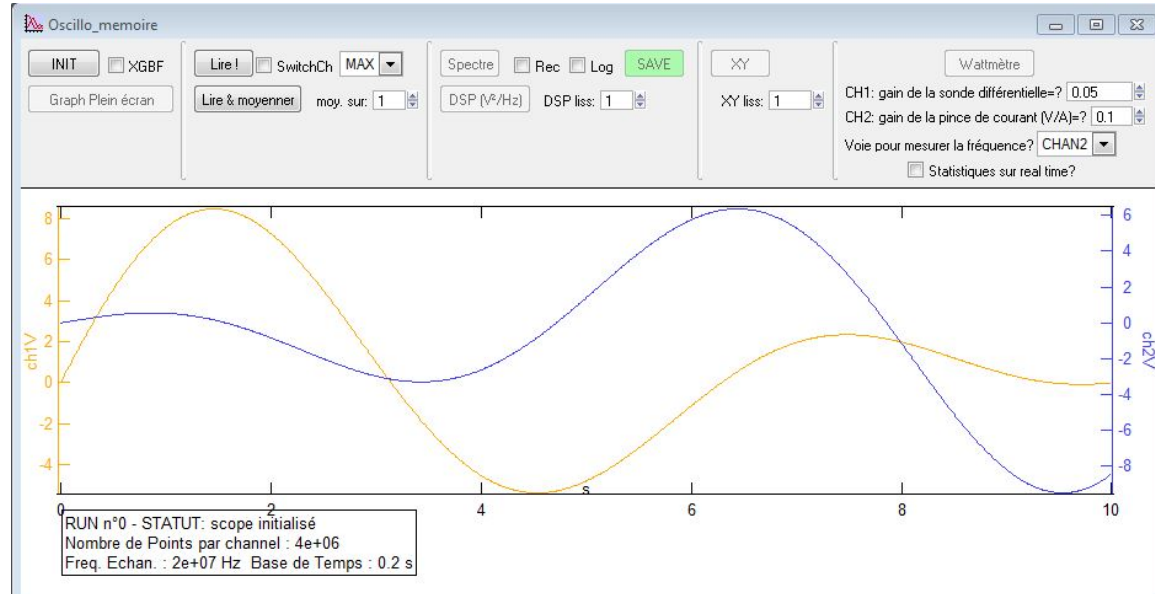
Rq : **Le port USB de la face avant de l'oscilloscope n'est pas destiné à être relié avec un autre appareil source de tension. Il ne permet pas de faire fonctionner la macro !**



## Partie I : La macro « Oscilloscope en USB ».

Les oscilloscopes qui fonctionnent sur cette application sont les oscilloscopes Agilent DSO5012A, Agilent DSO6012A et Agilent DSO-X3014A (seules les voies 1 et 2 de ce type d'oscilloscope 4 voies peuvent être récupérées). Nous allons commencer par décrire le rapatriement des données qui est la fonction principale de cette application, puis nous présenterons les autres applications plus particulières qui ont été intégrées au système.

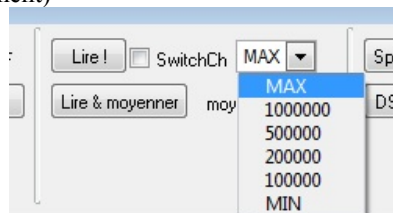
L'interface qui s'ouvre lorsque l'on clique sur « **Oscilloscope en USB** » se présente sous la forme suivante :



- Il faut commencer par cliquer sur le bouton « **Initialisation DSO** » à gauche de la fenêtre pour que le programme teste son environnement et détecte l'oscilloscope connecté par USB à l'ordinateur. Les paramètres de l'acquisition affichés en bas de la fenêtre de la macro (nombre de points, fréquence d'échantillonnage et base de temps) sont alors actualisés.

- L'utilisateur a alors le choix entre deux techniques pour récupérer les données. Soit une acquisition simple s'il clique sur « **Lire !** », soit une acquisition de la moyenne de **n** traces, s'il clique sur « **Lire & moyenner** », la valeur de **n** étant rentrée par l'utilisateur à partir de « **moy sur :** » soit en tapant directement la valeur dans l'espace correspondant, soit en modifiant cette valeur avec les flèches.

- La case « **MAX** », qui est cochée par défaut, permet de choisir de récupérer toute la profondeur mémoire (par défaut), soit seulement un sous-échantillonnage au choix afin de pouvoir faire des calculs plus rapidement (travail en mode « Real Time » notamment)



La valeur MIN dépend du modèle d'oscilloscope (1000 sur les DSO5012A et 6012A et 62500 sur les DSOX3014).

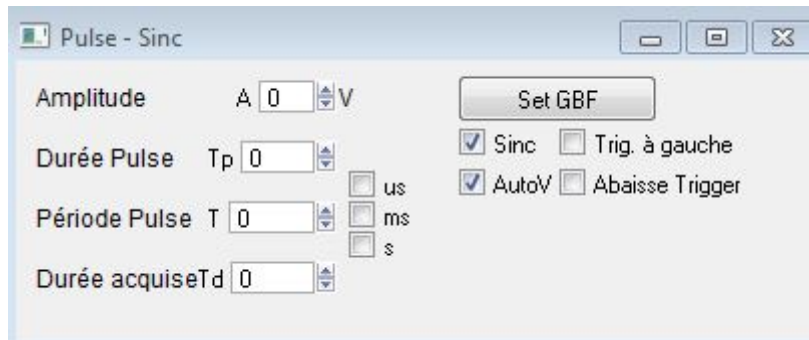
- Pour sauver les waves dont l'acquisition vient d'être réalisée, il faut cliquer sur le bouton vert « **SAVE** » à droite de l'écran. Une fenêtre s'ouvre alors dans laquelle on peut rentrer des caractères qui s'ajouteront à la fin du nom par défaut donné par le programme aux waves. Les waves sont alors accessibles dans Igor dans « **root :Saved** ». Si des opérations sont réalisées par le programme sur ces waves, le résultat sera également sauvé dans ce répertoire.

## Partie II : La macro « Génération d'impulsions »

Cette application fonctionne avec un générateur programmable (Agilent 33220A ou HP32120). Elle ouvre une interface qui permet de prendre la main sur le générateur afin de lui faire générer périodiquement une impulsion de largeur contrôlable  $T_p$  ou un sinus cardinal (écart temporel entre les deux annulations de part et d'autre du maximum égal à  $T_p$ ). Par ailleurs, elle prend la main sur l'oscilloscope afin d'avoir la durée d'observation adaptée à la récupération du transitoire de réponse à la sollicitation d'entrée.

Pour utiliser cette application, **vous devez avoir préalablement lancé la macro de récupération des données de l'oscilloscope « Oscilloscope en USB ».**

Quand la macro de récupération des données de l'oscilloscope a été préalablement lancée, en cliquant sur « Génération d'impulsions », la fenêtre suivant va s'ouvrir :



- Cette fenêtre va vous permettre de paramétrer le générateur 33220A afin de lui faire générer périodiquement une impulsion ou un sinus cardinal. Vous pouvez agir sur les paramètres suivants :

- « **Amplitude** » fixe la hauteur de l'impulsion ou la valeur maximale du sinus cardinal en V.

- « **Durée pulse** » fixe la largeur de l'impulsion ou la durée entre les deux premières annulations de part et d'autre du maximum du sinus cardinal.

- « **Période Pulse** » permet de fixer la période de répétition de l'impulsion ou du sinus cardinal, ce qui permet d'envisager de répéter l'opération en vue d'un moyennage.

- « **Durée acquise** » permet de fixer la durée d'acquisition de l'oscilloscope. En pratique, la plupart du temps, on a intérêt à ce que sa valeur soit égale à ce qui a été rentré dans « Période Pulse ». Quoi qu'il arrive, la valeur rentrée doit être inférieure à « Période Pulse ».

- La case « **Sinc** », si elle est cochée, permet de remplacer l'impulsion rectangulaire par un sinus cardinal.

- La fenêtre permet aussi d'agir sur l'oscilloscope en fixant la durée à acquérir afin de n'observer que la transition associée à une impulsion ou un sinus cardinal d'entrée.

Par ailleurs, en décochant « **Trig à gauche** », on impose l'instant d'affichage de l'intersection du signal et du niveau de déclenchement au centre de l'écran, ce qui est utile pour visualiser rapidement la forme du signal généré et de la réponse. Puis en cochant « **Trig à gauche** », on va pouvoir placer cet instant au maximum possible à gauche de l'écran, ce qui est utile pour relever de façon plus esthétique la réponse à une impulsion, mais pas à un sinus cardinal pour lequel on a intérêt à rester centré.

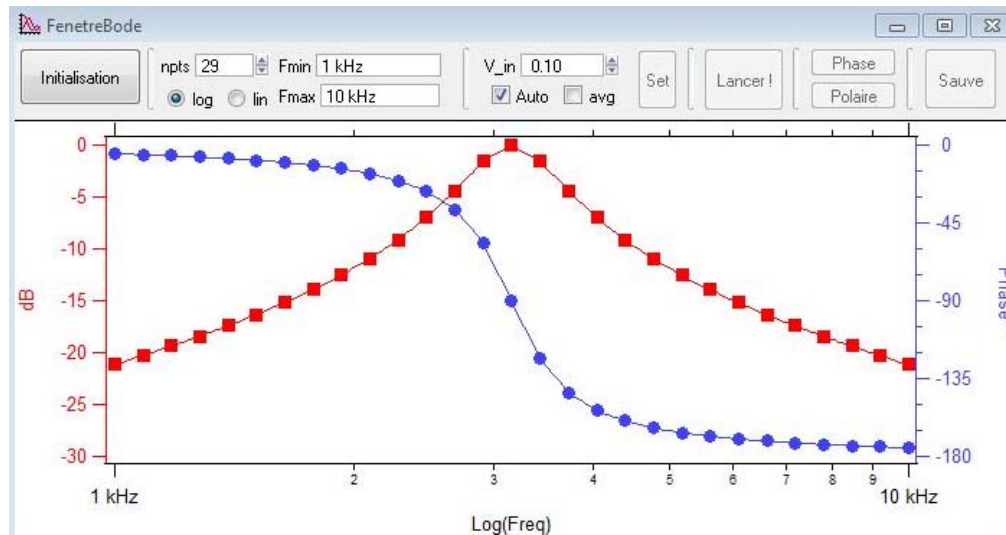
- « **AutoV** » permet une autocalibration par l'oscilloscope sur la réponse du filtre afin d'avoir une échelle de numérisation correcte.

- « **Abaisse Trigger** » permet d'ajuster le niveau de synchronisation sur le pulse d'entrée si celui-ci est plus faible que prévu (cas des systèmes qui sont mal adaptés en impédance).

### Partie III : La macro « Bode en USB »

Cette application fonctionne avec un générateur programmable (Agilent 33220A) et un oscilloscope (DSO5012A ou DSO6012A **mais pas les DSO-X3014A**).

Pour lancer cette macro, cliquer sur « **Bode en USB** ». Vous verrez alors la fenêtre suivante s'ouvrir



Cette fenêtre va vous permettre, dans l'ordre, de rechercher l'oscilloscope et le générateur utilisés, puis de choisir les caractéristiques du diagramme de Bode recherché (nombre de points, échelle logarithmique ou linéaire, plage de fréquence analysée, amplitude du signal d'entrée, choix d'une moyenne réalisée par l'oscilloscope) et enfin de lancer la procédure de récupération des données.

- **Assurez-vous que les deux voies de l'oscilloscope sont affichées à l'écran** et que l'entrée du système linéaire testé est observée en voie 1 et que la sortie est observée en voie 2.
- Vous devez raccorder le générateur Agilent 33220A à l'ordinateur. **Il faut pour ça utiliser port USB carré à l'arrière du générateur et port USB plat vers l'ordinateur, exactement comme pour l'oscilloscope** et un oscilloscope du modèle adapté au programme connecté comme pour la macro de récupération de donnée des oscilloscopes.

#### *a/ choix des paramètres du diagramme de Bode.*

Vous devez commencer par choisir le nombre de points que vous comptez récupérer pour représenter votre diagramme (par défaut 29 points). Pour ça, remplissez la fenêtre « **npts** ».

Vous devez ensuite choisir la plage de fréquence sur laquelle vous comptez faire le relevé (entre « **Fmin** » et « **Fmax** »).

Dans un même temps, choisissez le type d'échelle de représentation, linéaire ou logarithmique. La macro calculera alors les fréquences auxquelles faire les mesures afin d'avoir des points répartis régulièrement (les fréquences dépendent de la nature de l'échelle).

Ensuite, choisissez l'amplitude du signal d'entrée (par défaut 0,1V). Pour ça, remplissez la fenêtre « **V\_in** ».

Vous pouvez choisir d'activer le moyennage de l'oscilloscope pour limiter l'effet du bruit sur les mesures en cochant la case « **avg** ».

Tout ceci étant fait, cliquez sur « **Set** » afin que la macro prépare les paramètres du relevé et prenne le contrôle des appareils afin de les placer dans l'état correspondant au premier point à mesurer.

#### *b/ récupération des résultats.*

Pour lancer la série de mesures, cliquez sur « **Lancer** ». Le programme va alors demander au générateur de délivrer les signaux aux fréquences calculées lors de l'étape précédente, et l'oscilloscope récupèrera le signal d'entrée et de sortie du système linéaire avec une échelle de temps correspondant à 4 ou 5 périodes. La macro ajuste automatiquement les échelles d'amplitude sur les deux voies afin de récupérer un signal occupant plus de la moitié des 8 carreaux d'amplitude disponibles.

Lors de l'acquisition, la fenêtre suivante s'ouvre sur la fenêtre principale, indiquant l'état d'avancement du processus ainsi que la fréquence sur laquelle se fait l'acquisition et sur le graphe, les points indiquant le gain en dB et la phase s'affichent au fur et à mesure de leur obtention.

En cliquant sur « **Sauve** », vous pouvez également récupérer les waves du gain en dB, de la phase, de la fréquence, ainsi que le gain complexe. Une fenêtre s'ouvre alors vous permettant de nommer ces waves à votre guise. Par défaut, si (i) est le numéro du diagramme relevé depuis le début de l'expérience, le nom de ces waves sera Gain(i), phase(i), freq(i) et Trans(i). Vous pouvez également renommer le nom du graphe qui représente le diagramme, qui s'appelle, par défaut, G\_run(i). Ces données sont accessible sous « **root** : ».

Il est possible de placer les oscilloscopes **en mode d'acquisition « Average »** à des valeurs supérieures à 2 afin de récupérer des signaux moins bruités. C'est important, notamment lorsque l'on étudie la réponse en dehors de la bande passante et que l'on se retrouve avec des signaux de sortie fortement bruités. La qualité des mesures de gain (réalisé à partir d'une mesure pic à pic) et de phase est alors médiocre.

Testez votre système sur la plage de fréquence analysée, afin de vérifier que le moyennage ne bloque pas le programme ou qu'il n'altère pas les résultats.

**Le programme ne fonctionnera pas lorsqu'il faut récupérer le gain à des fréquences basses** (typiquement pour 5 Hz ou moins). Si vous avez des mesures à faire pour des fréquences de ce type, tester préalablement la macro précédente sur la plus basse fréquence. Il est probable que les premières mesures devront être faites manuellement. Pour relever automatiquement une réponse de système linéaire pour de basses fréquences de cet ordre, vous pouvez utiliser la macro d'acquisition de l'oscilloscope et la macro de génération d'impulsions qui offrent la possibilité de calculer directement la fonction de transfert par rapport de la FFT du signal de sortie sur la FFT du signal d'entrée, ce dernier pouvant être une impulsion ou un sinus cardinal.

## Partie IV : Acquisitions lentes

Cette application permet de faire l'acquisition d'un signal lent (typiquement pour de la thermique). L'intérêt est de pouvoir acquérir automatiquement des données dans un fichier Igor sur une durée longue (qui dépasse éventuellement la durée maximum d'une séquence d'acquisition sur l'oscilloscope qui vaut 500s). La macro est conçue pour obtenir une résolution optimisée en amplitude en zoomant au maximum sur le signal observé. La macro fonctionne sur CH1 et CH2 de l'oscilloscope.

Cette application fonctionne avec un oscilloscope **DSO5012A**, **DSO6012A** ou **DSO-X3014A** et un générateur programmable (**Agilent 33220A** avec les deux premiers modèles d'oscilloscope ou **générateur intégré au DSO-X3014A** si cet oscilloscope est utilisé) qui donne la référence de fréquence pour les prises d'échantillons.

Le système va récupérer des points pendant une durée et avec un pas fixés par l'utilisateur. Il ne permet de récupérer correctement que des signaux très lents et le pas de prise d'échantillon doit être supérieur à 0,5s. L'intérêt est que la durée d'acquisition peut être très longue.

L'utilisateur définit sur quelle plage de valeurs de tensions se fera l'acquisition (plage sur laquelle est sensé évoluer le signal). Le signal étant très lent, sur un balayage, la trace devra apparaître comme pratiquement horizontale. Le programme demande alors quelle est la valeur moyenne du signal sur un balayage et renvoie cette valeur. L'opération recommence pour le point suivant à l'instant défini par le pas d'échantillonnage rentré par l'utilisateur. Le balayage de l'oscilloscope est réalisé sur 1/3 du pas d'acquisition du programme.

Pour améliorer la résolution de l'acquisition, on travaille sur une gamme d'amplitude la plus réduite possible, et le programme fait en sorte d'ajuster la position du zéro de l'oscilloscope afin de garder la trace dans la fenêtre d'amplitude récupérée par l'appareil. La fenêtre de tension observée est définie comme étant le rapport entre la plage de tension initialement définie par l'utilisateur (qui est légèrement supérieure à la plage d'évolution du signal étudié) et un rapport allant de 1 à 16, lui aussi défini par l'utilisateur.

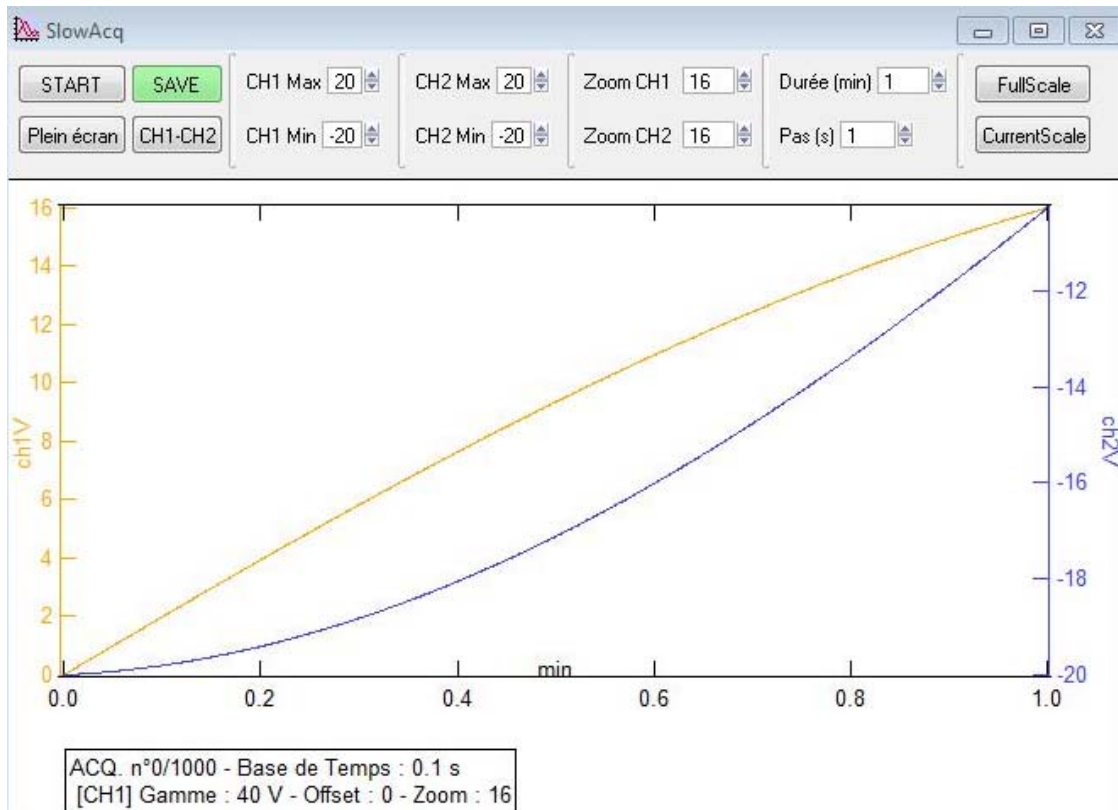
Cette opération s'effectue sans modifier le calibre des voies récupérées, car un changement de calibre peut introduire une distorsion sur le résultat en raison de la différence d'erreur systématique de gain suivant les calibres. Ce problème ne se pose pas avec un décalage du zéro de l'oscilloscope quand on conserve le calibre inchangé.

Si on compare le résultat ainsi obtenu à ce que l'on aurait avec un oscilloscope faisant un balayage pour récupérer l'ensemble des points (avec donc une position du zéro et une échelle de tension unique fixée pour tous les points), on passe avec un coefficient 16 à un pas de quantification en tension équivalent à une acquisition sur 12bits (au lieu de 8 bits). Un coefficient 2 conduit à une acquisition équivalente à 9 bits, un facteur 4 à une acquisition équivalente à 10 bits et un facteur 8 à une acquisition équivalente à 11 bits.

Si les évolutions du signal sont trop rapides pour permettre les ajustements du zéro, le programme peut être mis en échec. Il faut alors augmenter la plage de tension sur laquelle on attend l'ensemble des valeurs du signal et réduire le coefficient qui définit la fenêtre de tension sur laquelle se font les acquisitions. Si la résolution n'est pas un critère important pour l'expérience, on peut garder le coefficient à 1. On travaillera alors classiquement avec un équivalent 8 bits, mais on pourra travailler avec une durée aussi longue de l'on veut.

Après avoir appliqué le signal sur CH1 (et/ou CH2) de l'oscilloscope et activé ces voies sur l'appareil, il faut connecter le signal de synchro (« Sync » du générateur 33220A) sur l'entrée externe de synchro de l'oscilloscope (sauf avec l'oscilloscope DSO-X3014A qui comprend ce générateur en interne). Dans le cas d'une acquisition avec un oscilloscope DSO-X3014A, il suffit d'appliquer le signal sur la voie d'entrée et la référence est gérée en interne par l'appareil.

Pour lancer la macro, cliquer sur « **Acquisitions lentes** ». Vous verrez alors la fenêtre suivante s'ouvrir



- « **CH1 Max** » et « **CH1 Min** » (resp. « **CH2 Max** » et « **CH2 Min** »), permettent de définir la plage de tension sur laquelle on va faire l'acquisition. Si cette plage n'est pas connue, on aura intérêt à commencer avec la plage maximale gérée par l'oscilloscope (valeur par défaut) puis une fois la plage connue, ajuster ces paramètres pour que la plage définie soit juste supérieure à la plage du signal à acquérir.
- « **Zoom CH1** » (resp. « **Zoom CH2** ») permet de définir la plage de tension sur laquelle on fera l'acquisition. Cette plage sera définie par le rapport entre  $(CH1Max-CH1Min)/ZoomCH1$ . L'intérêt est d'obtenir la meilleure résolution possible en tension lorsqu'un point est acquis.  
La valeur de « Zoom CH1 » est comprise entre 1 et 16. Plus la valeur est élevée, meilleure sera la résolution, mais plus le risque de voir le protocole d'acquisition mis en défaut augmentera.
- « **Durée (min)** » fixe la durée en minutes, pendant laquelle on souhaite faire des acquisitions. Par rapport à un oscilloscope utilisé classiquement, l'intérêt est que la durée peut être beaucoup plus grande que 500s.
- « **Pas (s)** » fixe le pas d'échantillonnage en seconde. Si le fait de récupérer beaucoup de points n'est pas un problème, il est préférable de le laisser à la valeur minimale. Cette valeur minimale vaut 0,5s.
- « **START** » permet de lancer l'acquisition.
- « **CH1-CH2** » permet de récupérer la différence des deux voies.
- « **SAVE** » permet de récupérer les données dans une wave située dans « **root :Saved** ». Une fenêtre s'ouvre pour vous permettre de rajouter au nom générique quelques caractères.

#### Conseil général d'utilisation :

Pour que le programme fonctionne sans échec, il faut que le signal observé soit assez lent pour que la trace à l'écran apparaisse la plus horizontale possible. Pour ça, il faut bien entendu un signal lent (on peut par exemple observer une sinusoïde à 10 mHz...) mais il faut aussi choisir une plage d'amplitude d'observation assez grande. L'utilisateur aura peut être plusieurs tests à faire avant de trouver la configuration optimisée.

#### Limites :

Pour les oscilloscopes DSO5012A et DSO6012A, il est possible de décaler l'offset, pour que la fenêtre en tension suive le signal, quelle que soit la gamme de tension, excepté pour les gammes 1mV/carreau et 2 mV/carreau. Sur ces deux échelles, il sera nécessaire de rester avec une gamme d'évolution du signal comprise dans [-5V, +5V].

Pour les oscilloscopes DSO-X3014A, il faut rester sur la gamme dans [-2V, +2V] sur les gammes de tension allant de 200mV/carreau à 1 mV/carreau.