



FICHE TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE 3

NOTIONS SUR L'ACQUISITION NUMÉRIQUE

D.Malka – MPSI 2015-2016 – Lycée Saint-Exupéry

Ce bref guide traite de quelques éléments important sur l'acquisition numérique des signaux notamment les notions d'échantillonnage et de déclenchement. Les signaux en question sont souvent des tensions. Leur acquisition est réalisée à l'aide d'un oscilloscope numérique ou bien d'une carte d'acquisition couplée à un ordinateur.

1 Vue d'ensemble

Un oscilloscope numérique et une carte d'acquisition couplée à un logiciel d'acquisition fonctionnent de la même manière. La différence provient uniquement de l'interface.

L'interface d'un logiciel d'acquisition est souvent d'utilisation très intuitive. Celui d'un oscilloscope numérique un peu moins : un exemple est représenté fig.1. Il imite l'interface des oscilloscopes analogiques.

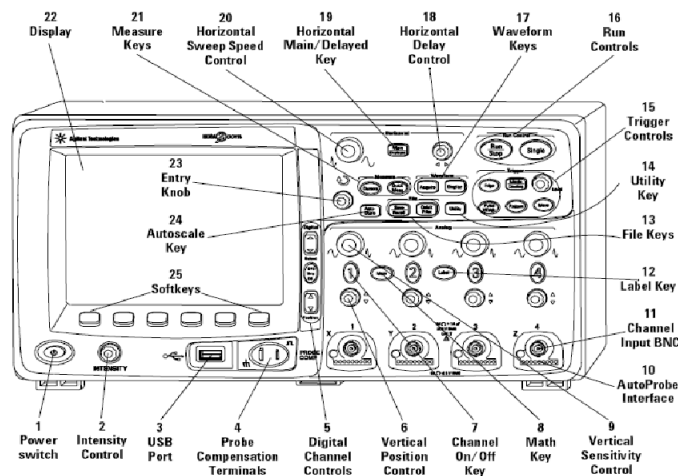


FIGURE 1 – Interface d'un oscilloscope numérique

2 Principe général de fonctionnement

Les différents étages constituant un dispositif d'acquisition numérique sont représentés fig.2.

L'oscilloscope ou la carte d'acquisition fonctionnent comme un voltmètre, ils se branchent donc en dérivation du dipôle aux bornes duquel on acquiert la tension. Il comprend, en général, deux à quatre entrées. Il n'est pas question, ici, de rentrer dans les détails. En résumé, l'acquisition du signal d'entrée (noté voie 1) se fait via trois étages principaux. Le premier étage est celui du couplage du dipôle dont on mesure la tension avec l'oscilloscope (voir paragraphe 3). Le signal est ensuite amplifié (sensibilité en V/div). Enfin il est numérisé par un Convertisseur Analogique Numérique (CAN), mémorisé puis affiché. Les questions de la durée d'acquisition et du déclenchement (*trigger*) sont détaillées au paragraphe 4.6.4.

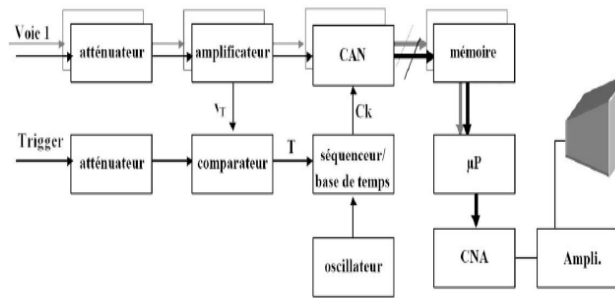


FIGURE 2 – Etages d'une acquisition numérique

3 Les branchements

L'oscilloscope ou la carte d'acquisition peuvent être couplés au circuit de différentes façons : en mode *DC* (2) ou *AC* (1). Le mode *AC* filtre toutes les basses fréquences (de l'ordre de 1 Hz) tandis que le mode *DC* (2) ne modifie pas le signal dans le domaine de fréquence usuel. Le mode de couplage *GND* (3) relie directement la voie d'entrée à la masse et permet de centrer le signal sur 0 V (fig.3).

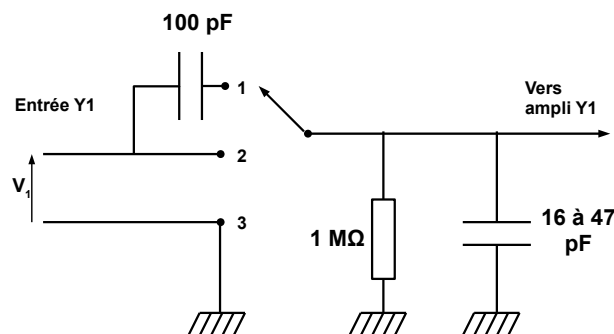


FIGURE 3 – Mode de couplage d'un dispositif d'acquisition

Choix du couplage

Par défaut, on choisit le mode de couplage *DC*. Pour ne visualiser que la partie alternative du signal, on choisit le couplage *AC*.

4 Affichage du signal

Le signal enregistré est affiché sous la forme du graphe de la tension $s(t)$ en fonction du temps t .

4.1 Echelle de tension

Sur un logiciel d'acquisition, le réglage de l'échelle de tension se fait simplement.

Sur un oscilloscope, on règle la *sensibilité* qui s'exprime en V/div . Elle permet de changer l'échelle en ordonnée en modifiant l'amplification du signal à l'entrée de l'oscilloscope.

⚠ Attention le signal lui même n'est pas modifié par un changement de sensibilité !

4.2 Durée d'acquisition

Sur un logiciel d'acquisition, la durée d'acquisition est directement rentrée dans les paramètres d'acquisition. Sur un oscilloscope, on règle la *base de temps* ou sensibilité horizontale. Elle s'exprime en *s/div*. La durée d'acquisition est alors égale au produit du nombre de division par la *base de temps*.

4.3 Delay ou posX

Présent sur un oscilloscope, ce bouton modifie l'origine des temps : cela se traduit par une translation horizontale du signal affiché.

4.4 Décalage ou posY

Présent sur un oscilloscope, ce bouton modifie l'origine des potentiels sur la tension affichée : cela se traduit par une translation verticale de du signal affiché.

4.5 Acquisition continue/acquisition simple

4.5.1 Acquisition simple

En mode d'acquisition simple (ou mode *single*), L'acquisition du signal est réalisé une seule fois.

4.5.2 Acquisition continue

En mode d'acquisition continue, l'acquisition est réalisé périodiquement. Le signal affiché à l'écran est donc rafraîchit périodiquement.

4.6 L'échantillonnage

Un appareil numérique n'effectue pas une mesure continue mais un grand nombre de mesures discrètes (échantillons).

4.6.1 Paramètres de l'échantillonnage

Fréquence d'échantillonnage

Fréquence d'échantillonnage

On appelle période d'échantillonnage T_e l'intervalle de temps s'écoulant entre deux mesures consécutives. $f_e = \frac{1}{T_e}$ est la fréquence d'échantillonnage : c'est le nombre de mesure effectuées par unité de temps.

Durée d'acquisition

T est la durée total de l'acquisition.

Nombre de points

N est le nombre de points de mesures sur la durée T d'acquisition.

Lien entre les paramètres

La durée d'acquisition T , le nombre de points de mesure N et la période d'échantillonnage sont reliés par la relation :

$$T = (N - 1) * T_e$$

4.6.2 Comment choisir la fréquence d'échantillonnage ?

On considère fig.4 un signal physique analogique (c'est-à-dire continu) $s(t)$ et son échantillonnage (signal discrétisé après acquisition numérique). Sur cet exemple, la période du signal $s(t)$ vaut $T = 0,1\text{ s}$ tandis que la période d'échantillonnage vaut $T_e = 1\text{ ms}$.

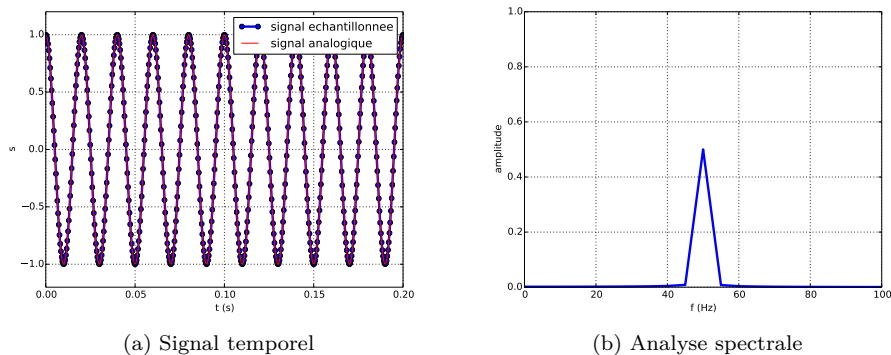


FIGURE 4 – Signal très bien échantillonné : $f = 50\text{ Hz}$ et $f_e = 2500\text{ Hz}$.

On considère le même signal échantillonné avec une période $T_e = 10\text{ ms}$ (Fig.5). Le signal est encore exploitable, ses caractéristiques (amplitude, période) sont mesurables et conforme au signal analogique.

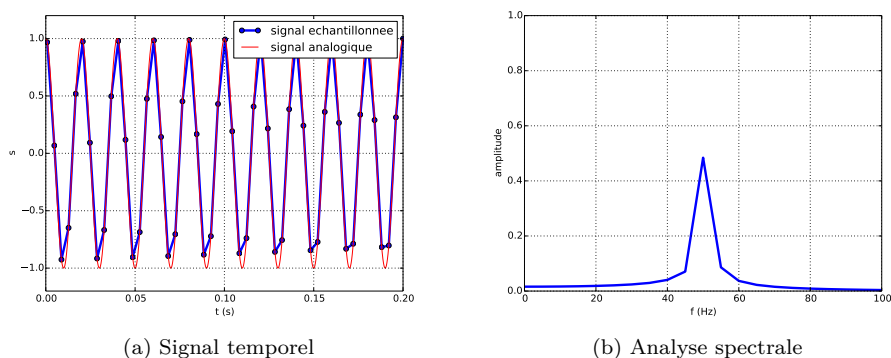


FIGURE 5 – Signal correctement échantillonné : $f = 50\text{ Hz}$ et $f_e = 250\text{ Hz}$.

Que se passe-t-il si on échantillonne le signal avec une période $T_e = 150\text{ ms}$ c'est-à-dire légèrement supérieur à la période T de $s(t)$. On observe, fig.6, que le signal n'est plus du tout exploitable. En particulier le spectre mesuré n'est totalement erroné.

Pour un signal sinusoïdal de période T , on comprend qu'il sera correctement restitué si T_e est suffisamment grand devant T .

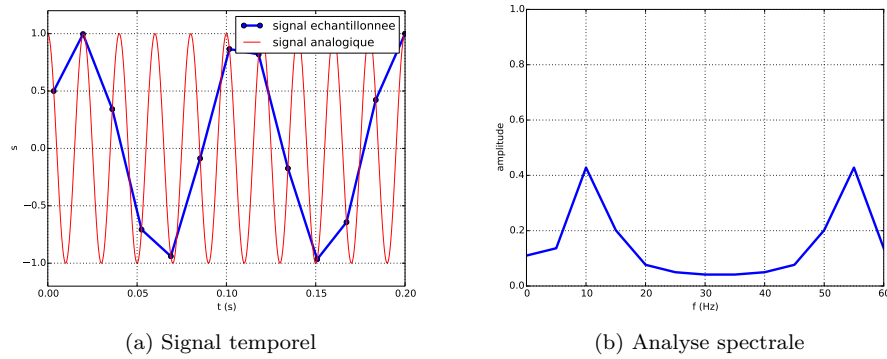
Choix de la fréquence d'échantillonnage

Pour rendre correctement compte des variations du signal échantillonné, la fréquence d'échantillonnage doit vérifier :

$$f_e \gg \frac{1}{\tau}$$

où τ est le temps typique de variation du signal échantillonné.

☞ En 2^{ème} année, l'échantillonnage sera étudié plus en détails. Le théorème de Shannon sera, entre autres, abordé.

FIGURE 6 – Signal insuffisamment échantillonné : $f = 50 \text{ Hz}$ et $f_e = 60 \text{ Hz}$

4.6.3 Incertitude sur la tension et sur le temps

Incertainitude sur le temps

En l'absence d'autres sources d'erreur, l'incertitude sur le temps est égal à la période d'échantillonnage $\frac{T_e}{\sqrt{12}}$.

4.6.4 Déclenchement et synchronisation du déclenchement (*trigger*).

Principe : le dispositif d'acquisition débute l'acquisition à partir du moment où un *signal de référence* atteint une *tension-seuil* (seuil de déclenchement ou *level*), par valeur supérieure (*front descendant* \sqsupset) ou par valeur inférieure (*front montant* \sqsubset)¹.

Tant que cette situation ne se présente pas, l'oscilloscope ne « déclenche pas ». Cette fonction est donc très importante à comprendre et à connaître. **L'absence de signal est le plus souvent du à un non déclenchement.**

Mode d'acquisition simple

En mode d'acquisition simple, il faut régler le déclenchement de façon à visualiser la partie du signal qui nous intéresse.

Prenons l'exemple de la décharge d'un condensateur à travers une résistance. On cherche à visualiser la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur initialement chargé sous 10 V . Le signal analogique attendu est celui Fig.7.

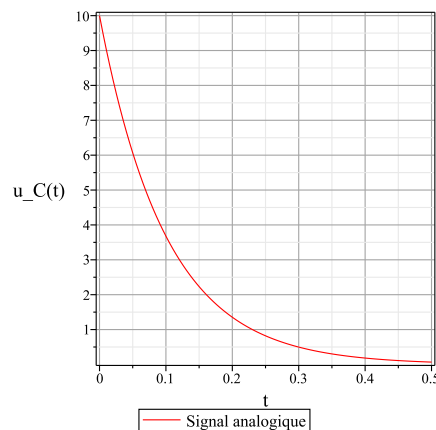


FIGURE 7 – Décharge du condensateur : signal analogique attendu

On règle le déclenchement de la façon suivante :

— **source** (ou signal de référence) : $u_C(t)$

1. Le déclenchement est d'autant plus propre que le front est abrupte.

- **front** : descendant
- **tension-seuil** : 5 V

On obtient le signal représenté Fig.8 : la tension n'est mesurée qu'à partir du moment où le signal de référence atteint 5 V par valeur supérieure.

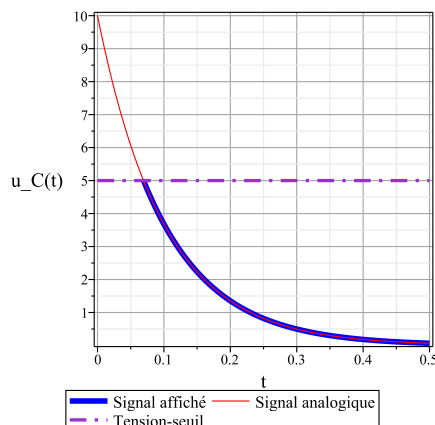


FIGURE 8 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front descendant seuil 5 V)

On règle le déclenchement de la façon suivante :

- **source** (ou signal de référence) : $u_C(t)$
- **front** : descendant
- **tension-seuil** : 8 V

On obtient le signal représenté Fig.9 : la tension n'est mesurée qu'à partir du moment où le signal de référence atteint 8 V par valeur supérieure.

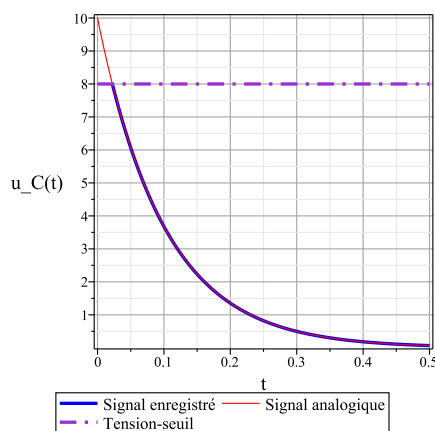


FIGURE 9 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front descendant seuil 8 V)

On règle le déclenchement de la façon suivante :

- **source** (ou signal de référence) : $u_C(t)$
- **front** : montant
- **tension-seuil** : 8 V

On obtient le signal représenté Fig.10 : on observe rien car l'acquisition n'a pas été déclenchée. Il n'y avait en effet pas de front montant dans le signal $u_C(t)$ comme le montre.

Prenons maintenant l'exemple de la tension $u_R(t)$ aux bornes de la résistance au cours de la même décharge. Le signal analogique attendu est représenté Fig.11.

On règle le déclenchement de la façon suivante :

- **source** (ou signal de référence) : $u_R(t)$
- **front** : descendant
- **tension-seuil** : -2 V

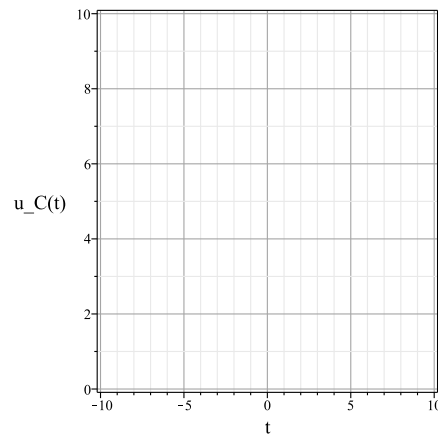


FIGURE 10 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front montant seuil 8 V)

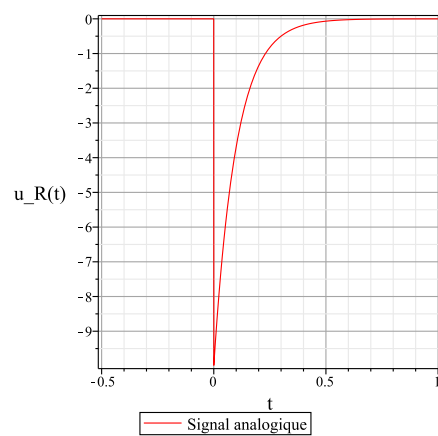


FIGURE 11 – Décharge du condensateur : signal attendu aux bornes de la résistance

On obtient le signal représenté Fig.12 : la tension n'est mesurée qu'à partir du moment où le signal de référence atteint $-2V$ par valeur supérieure.

On règle le déclenchement de la façon suivante :

- **source** (ou signal de référence) : $u_R(t)$
- **front** : montant
- **tension-seuil** : $-2V$

On obtient le signal représenté Fig.13 : la tension n'est mesurée qu'à partir du moment où le signal de référence atteint $-2V$ par valeur inférieure.

On règle le déclenchement de la façon suivante :

- **source** (ou signal de référence) : $u_R(t)$
- **front** : montant
- **tension-seuil** : $-12V$

On obtient le signal représenté Fig.14 : on observe rien car l'acquisition n'a pas été déclenché.

Il n'y avait en effet pas de front montant dans le signal $u_C(t)$ comme le montre le graphe Fig.15.

Très souvent une absence de signal à l'écran est due à un mauvais réglage du déclenchement.

Mode d'acquisition continue

En mode d'acquisition continue, il ne suffit pas de déclencher, il faut aussi déclencher au bon moment ! Comprenons ce qui se produit pour un signal périodique, en l'absence de synchronisation : Fig.16.

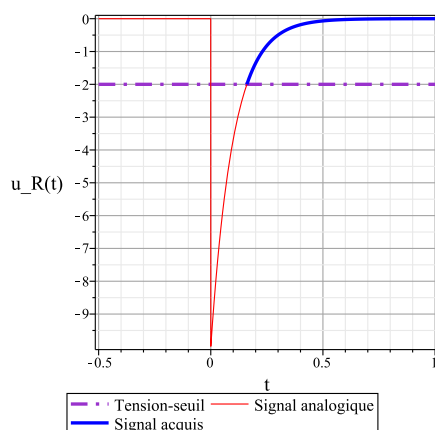


FIGURE 12 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front montant seuil -2 V)

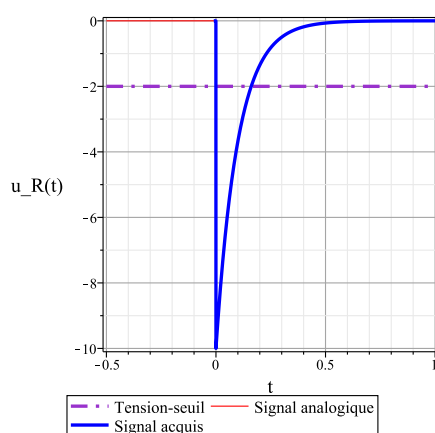


FIGURE 13 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front descendant seuil -2 V)

La tension de balayage (maintenant de rafraîchissement) est représenté par une tension périodique (de période T_b) en dent de scie. A chaque nouveau front montant une nouvelle acquisition est réalisé. On a représenté ici trois acquisitions successives.

A priori, la période T_b de rafraîchissement n'a aucun rapport avec celle du signal visualisé, et l'affichage sera instable (ici après trois déclenchements) : Fig.17.

On remédie au problème en asservissant le signal de balayage (ou de rafraîchissement) à un signal de référence de même période que le signal à acquérir. La figure 18 montre que le déclenchement a lieu toujours au même instant par rapport à une période du signal à acquérir. Les rafraîchissements successifs donne toujours la même portion du signal aussi le signal affiché est stable (Fig.19).

Quelle source de déclenchement choisir ? Au lycée, on apprend souvent à déclencher sur la voie d'entrée elle-même ! On est assuré d'avoir un signal de référence de même période que le signal à visualiser puisqu'ils sont identiques. Nous verrons que cette méthode peut poser des problème et que nous pouvons faire mieux avec par exemple la sortie *synchro* des G.B.F.

Réglage du déclenchement

Le menu déclenchement ou *trigger* permet, entre autres, de choisir le signal de référence pour la synchronisation, le seuil de déclenchement, le type de front sur lequel déclencher. Ce réglage doit faire de façon impérative avant toute acquisition.

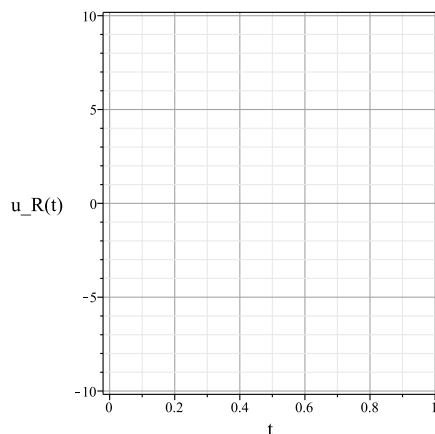


FIGURE 14 – Décharge du condensateur : signal enregistré (front montant seuil -12 V)

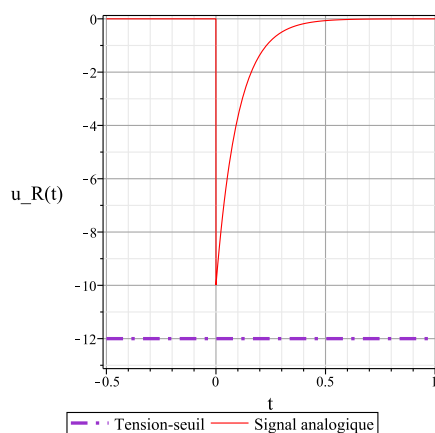


FIGURE 15 – Non déclenchement de l'acquisition

4.7 Mode temporelle/mode XY

L'oscilloscope affiche une voie d'entrée en fonction d'une autre. Cette fonction permet, entre autres, de visualiser une caractéristique ou un portrait de phase².

5 Traitement et mesures

5.1 Mesures

Sur les oscilloscopes numériques, sur ordinateurs, les mesures sont effectuées automatiquement (anciennement avec des curseurs). On peut ainsi mesurer tensions et durée.

Précision d'une mesure

⚠ La mesure est d'autant plus précise que la base de temps est petite et que la sensibilité est élevée. **On retiendra qu'il faut que le signal étudié occupe le plus vastement l'écran.**

5.2 Fonctions mathématiques

L'acquisition numérique d'un signal donne accès à diverses opérations mathématiques applicables au signal : addition, dérivation, intégration, transformation de Fourier...

2. Avant d'utiliser cette fonction, il convient de visualiser les deux voies en mode temporelle.

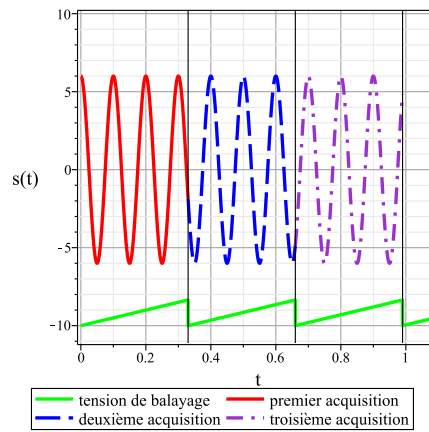


FIGURE 16 – Signal de balayage en l'absence de synchronisation

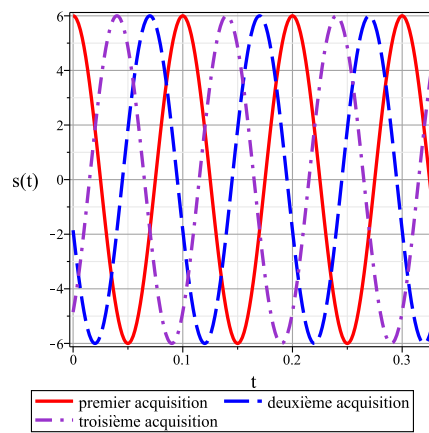


FIGURE 17 – Signal périodique affiché de façon instable

6 A vous de jouer...

Ce guide succinct a pour but de vous éclairer sur les fonctions principales d'un dispositif d'acquisition numérique. Il ne remplacera jamais l'expérience acquise par des manipulations régulières et réfléchies de cet instrument de mesure. ...

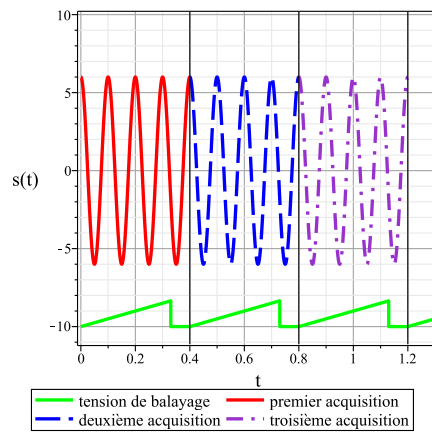


FIGURE 18 – Asservissement du signal de balayage sur le signal de référence

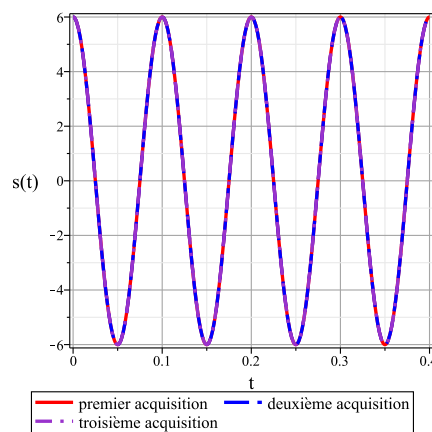


FIGURE 19 – Signal périodique affiché de façon stable