

II. La numérisation du signal analogique

Un signal analogique est un signal qui varie de façon continue au cours du temps.

Un ordinateur ne peut traiter que des signaux numériques, donc, il faut convertir le signal analogique au signal numérique à l'aide de ce qu'on appelle CAN « Convertisseur analogique numérique », cette opération de conversion se fait en plusieurs étapes.

II.1. L'échantillonnage du signal analogique

Cette étape consiste à découper le signal analogique en petites tranches temporelles, mesure le signal à intervalles de temps T_e égaux [3].

$$T_e = \frac{1}{f_e}, \quad T_e : \text{est la période d'échantillonnage [S].}$$

f_e : est la fréquence d'échantillonnage [Hz].

Soit la figure 2 ci-dessous, représente l'étape d'échantillonnage, comporte sept mesures de tension pour sept intervalles de temps égaux.

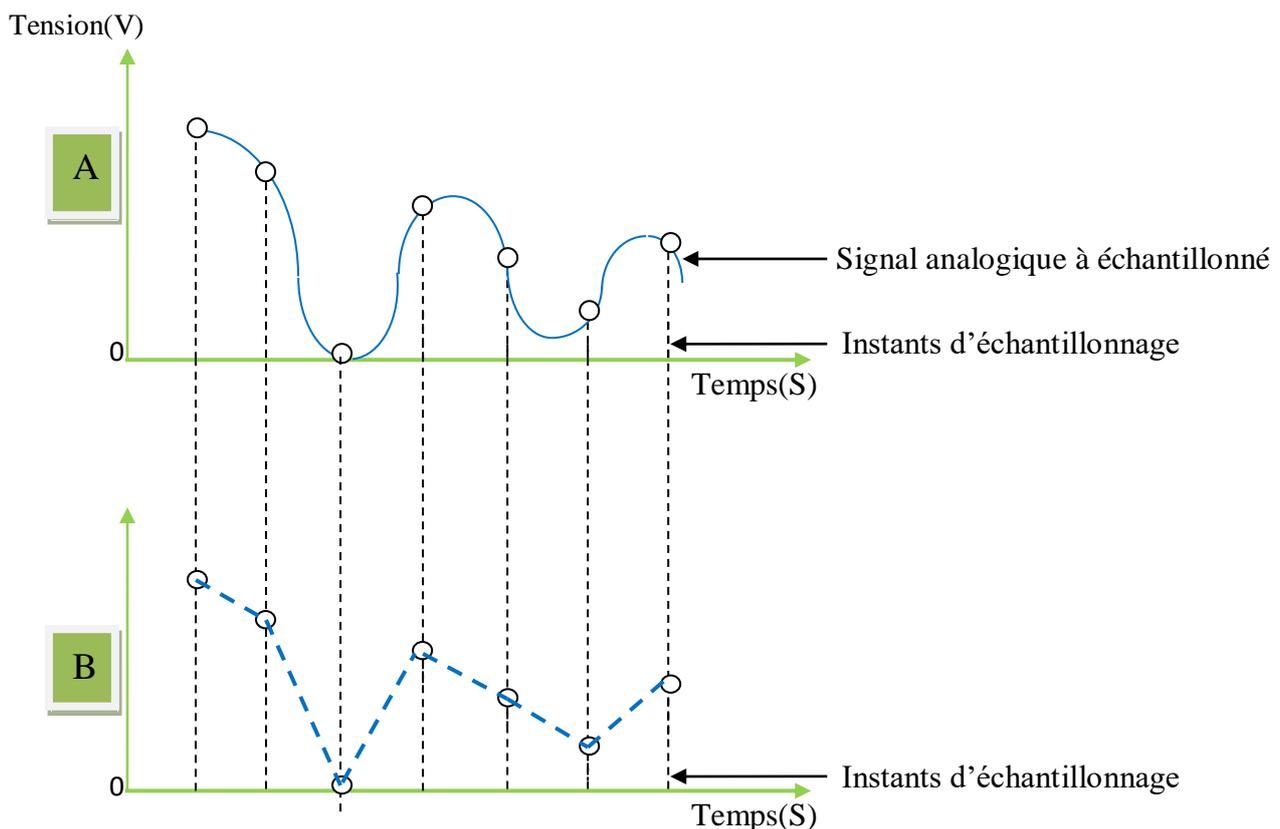


Figure 2 : A représente le signal analogique à échantillonné, B représente les échantillons du signal analogique.

Remarque :

On remarque bien que le signal échantillonné est analogue au signal analogique à échantillonné[3, 4].

Résumé :

A fin de numériser un signal analogique, il faut dans un premier temps : [3] échelonner, c'est-à-dire en fonction de la fréquence d'échantillonnage, trouver les valeurs des tensions du signal à un intervalle de temps régulier correspondant à la période $T_e = 1/f_e$, les points représentent les tensions analogiques relevées toute les T_e , ce signal est un zoom d'une partie d'un signal compris entre deux valeurs U_{MIN} et U_{MAX} , tel que $\Delta U = U_{MAX} - U_{MIN}$.

II.2. La quantification du signal [3, 4]

Cette étape de numérisation consiste à découper l'amplitude du signal analogique en valeurs discrètes, la plage maximum des mesures de CAN est alors découpée en tranches, voir figure 3.

On va considérer par exemple la plage d'étude du CAN correspond à l'amplitude de 10v, et pour que ca soit plus simple à comprendre visuellement, on va prendre une quantification deux bits, on va voir qu'avec deux bits, on peut avoir quatre états (2^2), la plage de mesure peut donc être découpée en quatre tranches.

Remarque

La plage de mesures $\Delta U = U_{MAX} - U_{MIN}$.

Alors le pas de quantification le pas = 2^n , tel que n est le nombre de bits de quantification [3, 4]

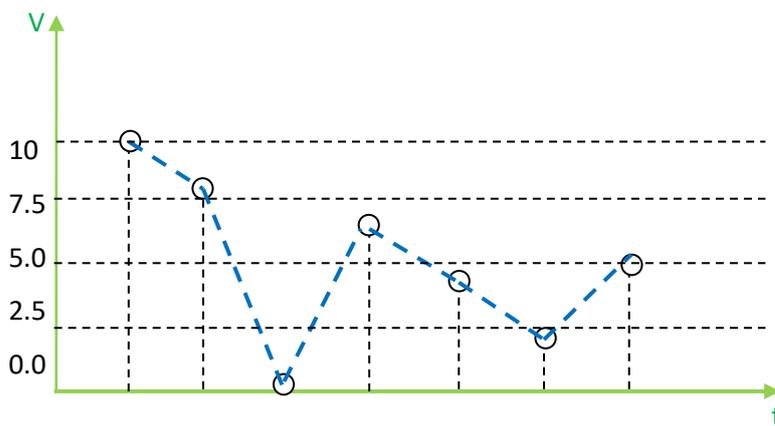


Figure 3. Quantification du signal.

La numérisation du signal analogique

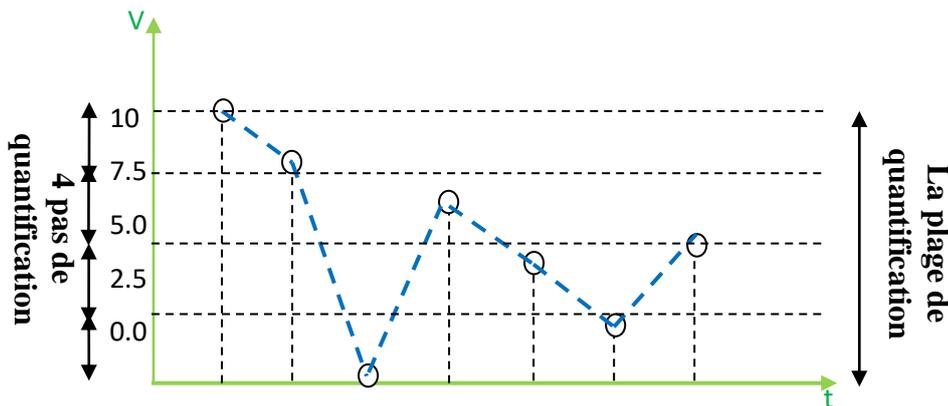


Figure 4 : Le pas et la plage de quantification.

Résumé

Le pas ou la résolution du CAN, est la plus petite variation de tension que le CAN peut repérer.

II.3. Le codage [3, 4]

Maintenant que la plage d'étude a été découpée en tranches, à chacune de ces tranches, on va associer un nombre binaire correspondant.

Par exemple si le nombre de bits est 2, donc on aura quatre états (00, 01, 10, 11) de telle sorte que on associera 00 pour la première tranche, 01 pour la deuxième tranche, 10 pour la troisième tranche et 11 pour la quatrième tranche.

Dans le cas de trois bits de quantification, on aura $2^3 = 8$ états (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 et 111) ou on va associer chaque état (nombre binaire) à une tranche par ordre de bas en haut.

II.4. Théorème d'échantillonnage (Shannon 1949) [3, 4]

Un signal $x(t)$ à bande limitée dans l'intervalle de fréquence $[-f_{\max}, +f_{\max}]$ peut être reconstruit (interpolé) exactement à partir de ses échantillons

$$\text{si } f_e \geq 2 f_{\max}$$

La fréquence limite $f_e / 2$ est appelée fréquence de Nyquist.

Exercice 1

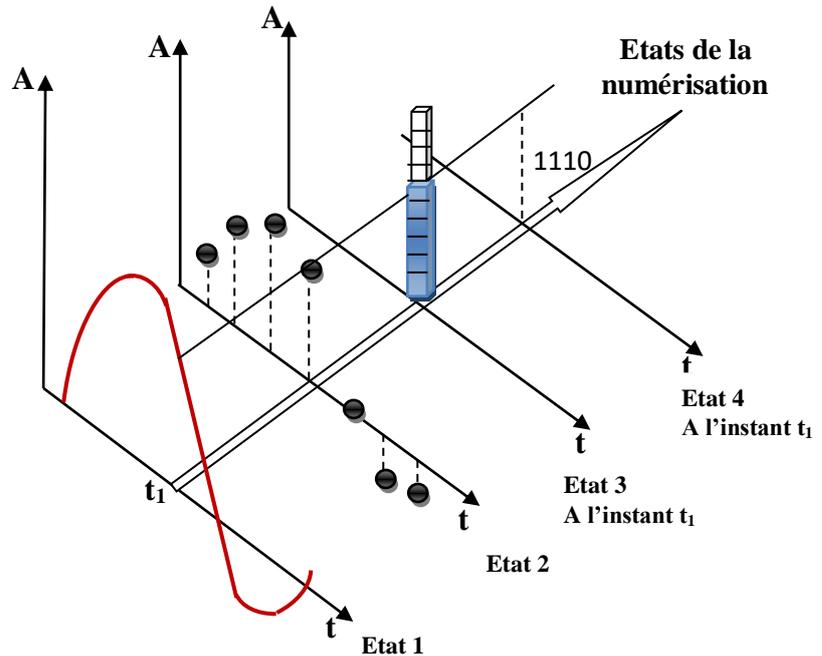
La figure A représentée ci-dessous est une illustration de la conversion analogique/numérique à l'aide d'un convertisseur CAN 4bits.

Par souci de simplification, les états 3 et 4 n'ont été schématisés que pour la date t_1

1. Identifier la nature numérique ou analogique des signaux correspondant aux états 1 et 2.
2. Justifier.

La numérisation du signal analogique

- 2 .a. Comment nomme-t-on le passage de l'état 1 à l'état 2 ?
b. Que représente la durée séparant deux points consécutifs du signal de l'état 2 ?
3. a. En quoi consistent les passages des états 2 à 3, puis des états 3 à 4 ? Comment les nomme-t-on ?
b. Quel langage est utilisé pour coder cette information numérique ?
4. Résumer en quelques mots les différentes étapes de la numérisation d'un signal analogique.



Correction de l'exercice 1

1. Nature numérique ou analogique des signaux correspondant aux états 1 et 2.

Le signal de l'état 1 varie de façon **continue** au cours du temps. Ce signal est donc analogique.

Le signal de l'état 2 varie de façon **discrète** au cours du temps. Ce signal est donc numérique.

2. a. Comment nomme-t-on le passage de l'état 1 à l'état 2 ?

Le convertisseur analogique numérique prélève des valeurs de la tension à intervalles de temps égaux.

Durée d'échantillonnage : T_e . Cette étape se nomme **l'échantillonnage**.

b. Que représente la durée séparant deux points consécutifs du signal de l'état 2 ?

La durée séparant deux points consécutifs de l'état 2 est constante. C'est la **période d'échantillonnage**.

Fréquence d'échantillonnage : f_e .

3.a. En quoi consistent les passages des états 2 à 3, puis des états 3 à 4 ? Comment les nomme-t-on ?

* Le passage des états 2 à 3 permet d'affecter la valeur la plus proche de l'échantillon parmi un ensemble discret de $2^4 = 16$ valeurs pour cet exemple. Ce passage est appelé **la quantification**.

Cours : L'échantillonnage est l'opération de comparaison entre la valeur analogique et la valeur numérique la plus proche.

La numérisation du signal analogique

* Lors du passage des états 3 à 4, la valeur numérique est remplacée par un nombre binaire de 4 bits sur cet exemple.

Cette étape se nomme le **codage ou numérisation**.

b. Quel langage est utilisé pour coder cette information numérique ?

Le codage comporte une suite de 0 et de 1. Cette information est codée en **langage binaire**.

4. Résumer en quelques mots les différentes étapes de la numérisation d'un signal analogique .

Pour numériser un signal analogique, il faut l'échantillonner, puis le quantifier, c'est-à-dire affecter à chaque échantillon une valeur qui est ensuite codée par un nombre binaire.

Exercice 2 Application immédiate à l'exercice précédent

1. Comment serait modifié le schéma si la fréquence d'échantillonnage était doublée ?
2. Quelles seraient les conséquences sur le passage des états 2 à 3 si le codage s'effectuait sur 3 bits ?

Correction 2

1. Comment serait modifié le schéma si la fréquence d'échantillonnage était doublée ?

Si on double la fréquence d'échantillonnage, il y a deux fois plus de mesures pendant la même durée.

On verrait une différence dans l'état 2 avec deux fois plus d'échantillons.

2. Quelles seraient les conséquences sur le passage des états 2 à 3 si le codage s'effectuait sur 3 bits ?

Avec un codage sur 3 bits, on affecterait une valeur numérique à chaque échantillon parmi un ensemble discret de 8 (2^3) valeurs au lieu de 16 (2^4) lors de la conversion actuelle.