

# ECHANTILLONNAGE



## Baccalauréat Sciences de l'Ingénieur

- A1 : Analyser le besoin
- A2 : Composants réalisant les fonctions de la chaîne d'information
- B1 : Identifier la nature de l'information et la nature du signal
- C1 : Identifier la nature et les caractéristiques des grandeurs en divers points de la chaîne d'information

## Objectif

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable de :

- d'expliquer pourquoi l'échantillonnage est nécessaire
- de définir ce qu'est l'échantillonnage d'un signal
- de donner le critère de choix d'une fréquence d'échantillonnage

## Prérequis

- [Caractérisation de l'information analogique et numérique](#)
- [Codage de l'information](#)
- [Conversion analogique/numérique Conversion Numérique analogique](#)

## Expression du besoin et principe

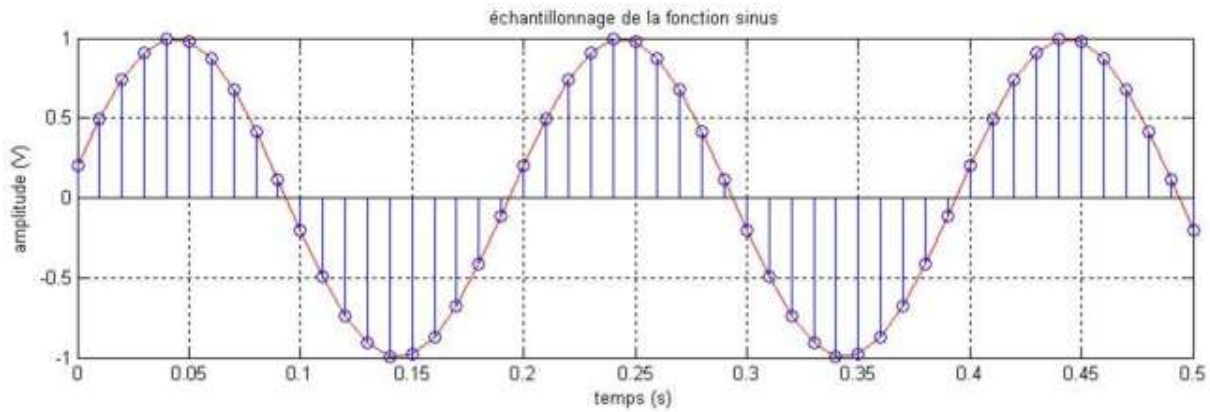
### Besoin

L'utilisation grandissante des systèmes de traitement numérique impose de traiter les informations sous forme numérique (des mots binaires).

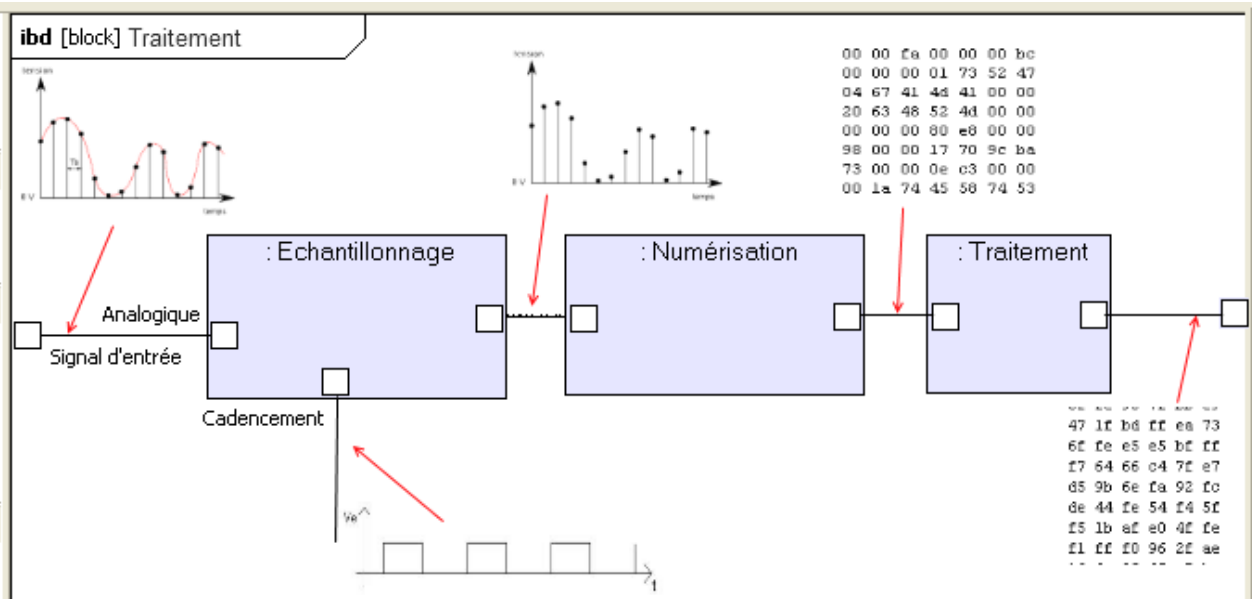
Il faut donc, lorsque l'information est analogique à la source, la convertir en information numérique.

### Principe

On prend pour cela des échantillons de la tension analogique que l'on convertit en mot numérique.



Le schéma fonctionnel est le suivant :



# Fréquence d'échantillonnage

## Précision

S'il fallait numériser sans pertes un signal analogique, il faudrait un nombre d'échantillons infini.

Cela n'est bien sûr pas possible en raison :

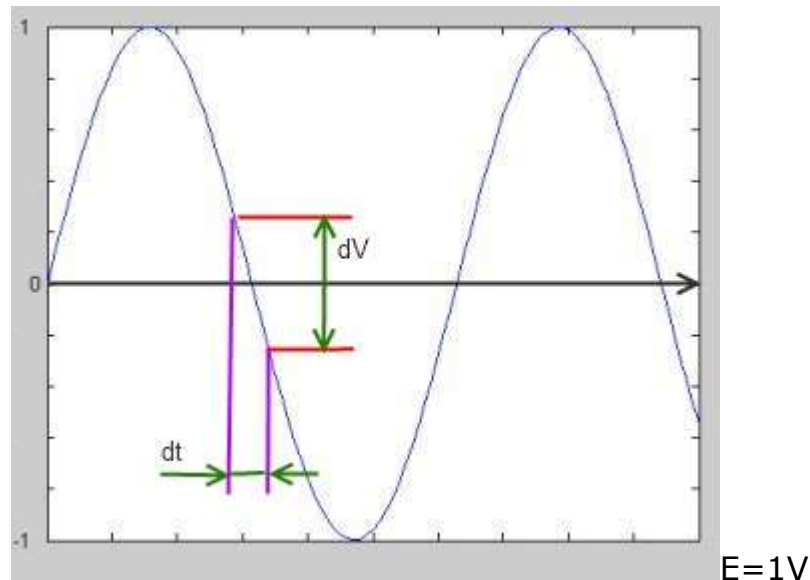
- des temps de traitement des informations
- de la quantité de données qui caractériseraient le signal analogique

**Mais cette impossibilité à une conséquence directe sur la précision de la conversion liée à l'échantillonnage.**

On prélève donc des échantillons régulièrement espacés d'un temps  $T_e$ . La fréquence d'échantillonnage  $f_e$  est égale à  $1/T_e$

### Exemple :

Supposons un signal sinusoïdal dont l'équation est  $V(t)=E*\sin\omega t$



La variation d'amplitude (la pente de la courbe :  $dV/dt$ ) est maximale lorsque la sinusoïde passe par 0. En effet la dérivée de  $V(t)$  est maximale lorsque  $t=0$  (car  $\cos(0)=1$ ).

On peut donc écrire :

$$dV/dt = E \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

**Calculons la fréquence d'échantillonnage nécessaire pour obtenir une précision de conversion de 1% si la fréquence  $f=1000\text{Hz}$ .**

$$dV/E = dt \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

Or l'erreur la plus grande se situe autour de 0.

$$dV/E = dt \cdot \omega \quad \text{car } \cos(0)=1$$

Ainsi  $0,01 = dt \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$

Le temps entre deux échantillons,  $dt$ , doit être de  $dt = 0,01/(2000 \cdot \pi)$

Soit  $dt=1,6\mu\text{s}$  soit  $628\text{kHz}$

Si la fréquence était de  $10\text{kHz}$  la précision serait de 63%

## Critères de Shannon

On déduit donc de l'exemple précédent que plus le nombre d'échantillon est important et plus le signal analogique sera précis.

La fréquence fondamentale du signal analogique n'est correctement convertie que lorsque  $f_e > 2 \cdot F$

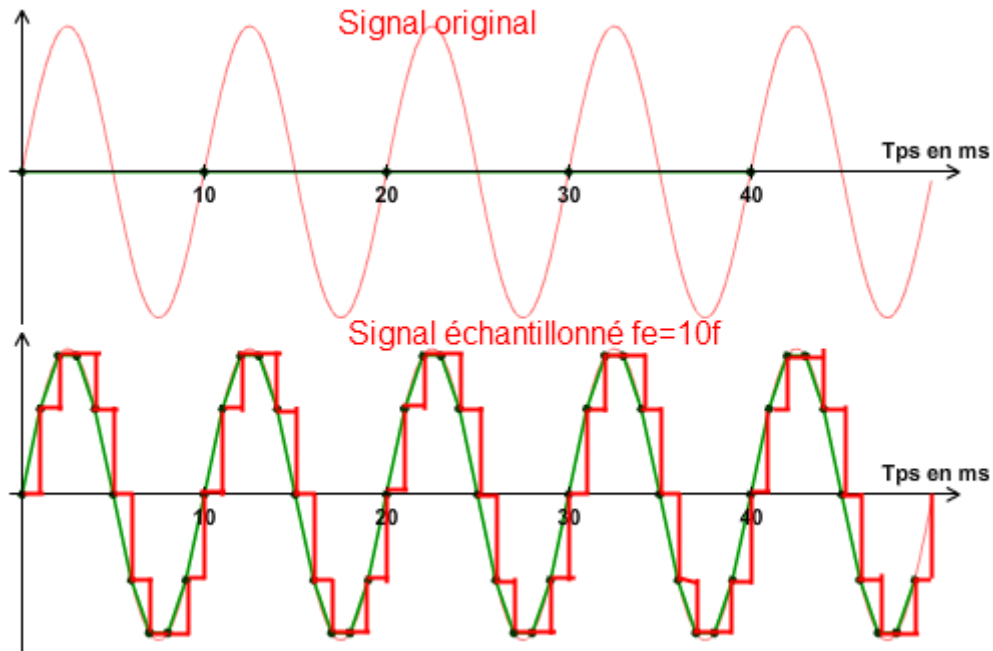
## Le théorème de Shannon :

Pour que le spectre du signal échantillonné ne se superpose pas avec le spectre du signal analogique, il faut que  $f_e - f_{\text{max}}$  soit supérieur à  $f_{\text{max}}$ .

# Restitution de l'information

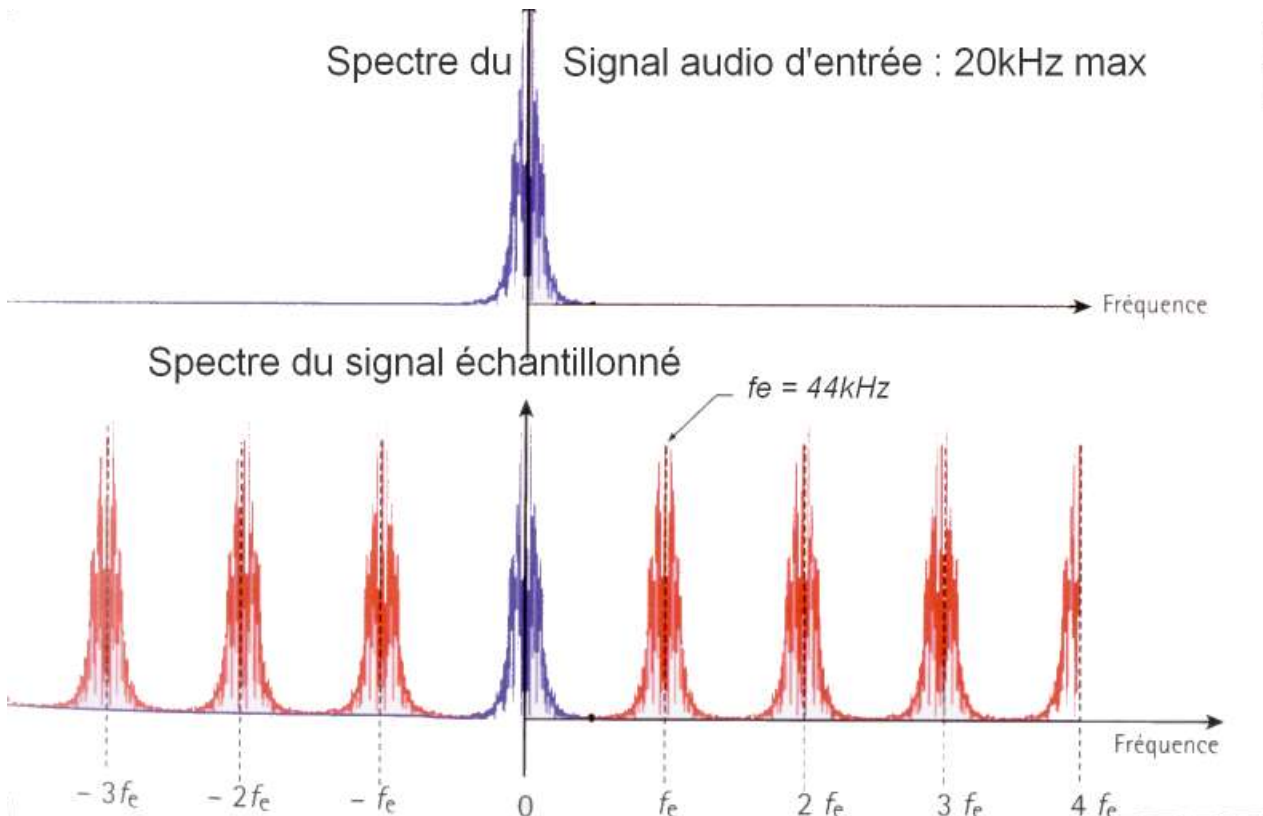
Un signal analogique échantillonné et converti en numérique se caractérise donc par un certain nombre de valeurs numériques (10 valeurs si  $f_e=10xf$ ).

Après conversion Numérique Analogique le signal résultant est composé de "marches d'escalier"



Ce signal est donc riche en fréquences harmoniques.

Exemple de spectre d'un signal audio et de la composition spectrale du signal échantillonné :



On remarque que les harmoniques sont situées autour des multiples de  $f_e$ .

Pour reconstruire, le signal original, il est nécessaire de filtrer après conversion Numérique Analogique.

## Blocage

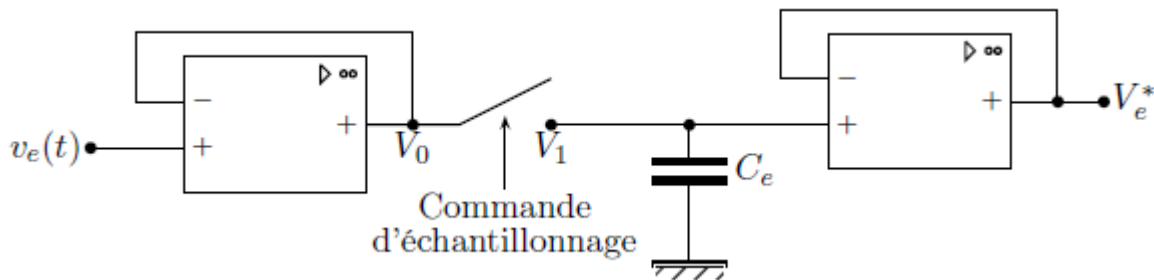
### Expression du besoin

Un signal échantillonné est destiné à être converti en valeurs numériques mais les convertisseurs analogiques-numériques nécessitent des tensions stables à leur entrée.

Pour cette raison, la structure d'échantillonnage est généralement associée à une structure de blocage (Sample & Hold).

La structure de blocage mémorise la tension analogique entre deux échantillons.

### Principe de l'échantillonneur bloqueur



Les deux amplificateurs opérationnels sont montés en suiveur :

- $V_0 = v_e(t)$
- $V_e^* = V_1$

L'interrupteur (de résistance interne faible) est commandé par un signal logique impulsionnel.

Lorsque sa fermeture est commandée,  $V_0 = V_1 = v_e(t)$

Le condensateur ( $C_e$ ) se charge instantanément à la valeur de  $v_e(t)$

Lorsque l'interrupteur est à nouveau ouvert, le condensateur garde la tension de  $v_e(t)$  car l'impédance d'entrée du suiveur est infinie et  $C_e$  ne peut donc pas se décharger.

$V_e^*$  reste à la valeur de  $v_e(t)$  tant qu'un nouvel échantillon n'est pas pris.

