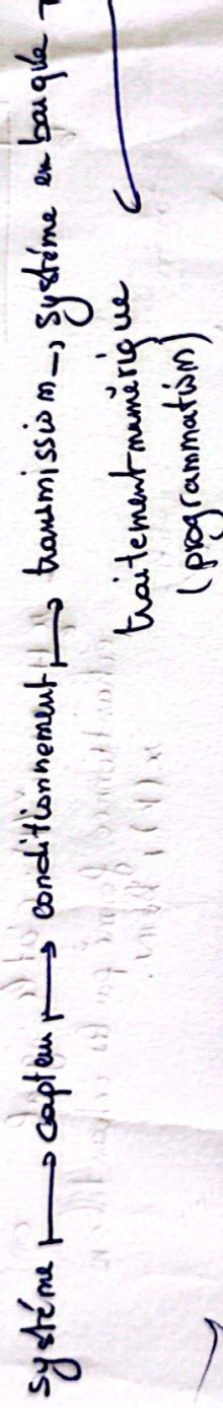


traitement du signal

Chap I

• un signal est une grandeur physique temporelle (variant dans le temps)

Diagramme du principe d'acquisition et traitement du signal.



• Capteurs

- Capteur analogique

capteurs passifs : \rightarrow [c.p] $\xrightarrow{\text{valeur d'impédance}}$

capteurs actifs : \rightarrow [c.a] $\xrightarrow{\frac{v, u}{i, f}}$

- Capteur TOP (tout ou rien) : Il est considéré comme un interrupteur.

- Capteur numérique : sa sortie est sous forme d'un certain codage

sa connexion est établie avec une carte électronique ou un système embarqué

la connexion est généralement assurée par la liaison I2C

• conditionnement dans le cas d'un capteur passif, on ajoute un autre montage appelé conditionneur, à fin de transformer la sortie d'une valeur d'impédance en une tension ou fréquence exploitable numériquement par un système embarqué.

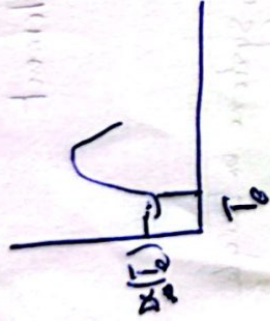
La transmission

on s'intéresse à la transmission par canal caractérisé par sa bande passante

pour le rôle d'un filtre

passer-bas

Echantillonnage et traitement numérique :



T_e : période d'échantillonnage.

$x(kT_e)$: échantillons ou les valeurs discrètes de $x(t)$ à P_{init} .

kT_e .

$x(k)$ ou $x^*(k)$: c'est le signal en

échantillonné formé par les échantillons $x(k)$, $k \in \mathbb{N}$.

Notation

Symbol

$x(kT_e), x(k)$ $x(t)$ T_e $x^*(t), x_e(t)$ x_k

L'opération de l'échantillonnage est réalisée par le module convertisseur analogique numérique.

théorème de Shannon: $f_{max} \leq f_{min}$



Signal analogique

Amplitude continue
temps



signal quantifié
Pour le CAN

Amplitude continue
temps discrets



signal échantillonné

Amplitude discrète
temps continu



signal numérique

Amplitude discrète
temps

classification spectrale

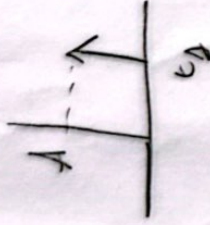
$\Delta f = f_{max} - f_{min}$: largeur de la bande spectrale.

$$f_{moy} = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}$$

- Lien entre rect et tri par le produit de convolution
 $\text{tri}(t) = \text{rect}(t) * \text{rect}(t)$

Impulsion de Dirac:

$$x(t) = A \delta(t - t_0) \\ = \begin{cases} A & \text{si } t = t_0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$



$y(t) = S_T(t)$: opération de répétition du signal d'origine
 où $S_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S(t - kT)$

ou $S_T(t) * S_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S(t - kT)$

L_0 translation de $x_1(t)$ signal d'origine à chaque décalage de kT .

- translation par l'impulsion de convolution
 $x(t) * \delta(t - t_0)$
 L_0 translation

$$x(t) * \delta(t - t_1) = x(t - t_1 - t_2)$$

L_0 translation de $x(t - t_1)$ par le retard t_2 .
 ou
 L_0 translation de $x(t)$ par $t_1 + t_2$.

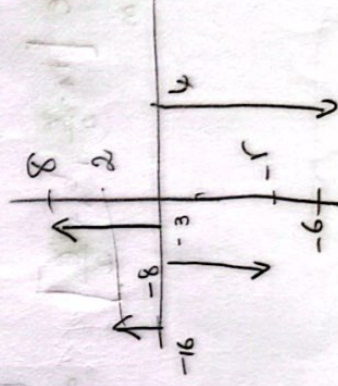
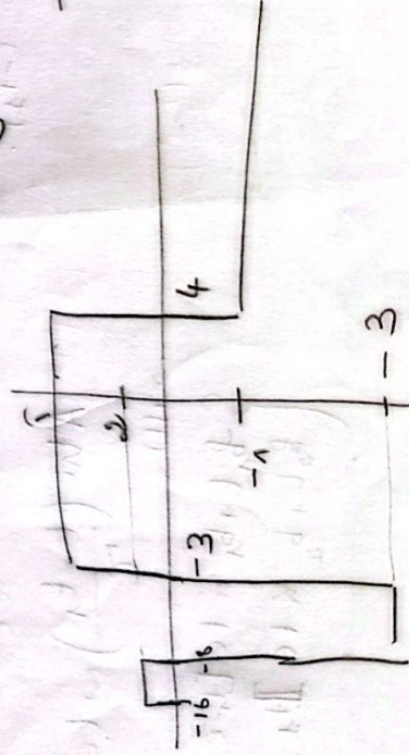
Equivalence: $\frac{dU(t - t_0)}{dt} = \delta(t - t_0)$

[exp]

$$g(t) = (2 - 0)U(t - 16) + (-3 - 2)U(t - 8) + (5 - (-3))U(t - (-3)) + (-4 - (-5))U(t - 14)$$

$$\Rightarrow g(t) = \begin{cases} 2 & \text{si } t \in [-18, -8] \\ -3 + 8 = 5 & \text{si } t \in [-3, 4] \\ 5 - 6 = -1 & \text{si } t \in [4, +\infty[\end{cases}$$

$$\frac{dg}{dt} = 2\delta(t + 16) - 5\delta(t + 8) + 8\delta(t + 3) - 6\delta(t - 4)$$



Suivant f_{moy} on obtient ces classifications spectrales

si $f_{moy} < 2 \text{ kHz}$: Basses fréquences.

$2 \text{ kHz} < f_{moy} < 30 \text{ MHz}$: haute fréquence.

$30 \text{ MHz} < f_{moy} < 300 \text{ MHz}$: très hautes fréquences.

$300 \text{ MHz} < f_{moy} < 3 \text{ GHz}$: ultra haute fréquences.

$f_{moy} > 3 \text{ GHz}$: Super fréquences.

• Signaux particuliers.

- Signal Psigne



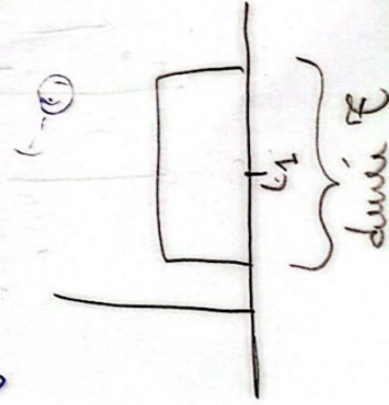
$$p(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t > 0 \\ -1 & \text{si } t < 0 \end{cases}$$

- Signal rectangulaire

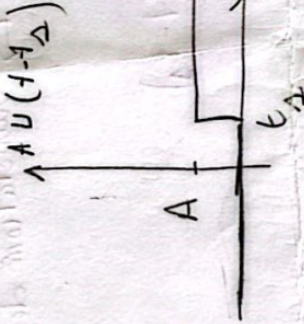
$$\text{A rect} \left(\frac{t-t_1}{\tau} \right)$$

avec origine: t_1
durée: $\tau \rightarrow \frac{\tau}{2}$
Amplitude: A

$$\Rightarrow A \text{ si } t \in \left[t_1, \frac{\tau}{2} + t_1 + \frac{\tau}{2} \right] \\ 0 \text{ sinon}$$



- signal échelon



$$A u(t-t_1) = \begin{cases} A & \text{si } t > t_1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$t-t_1 = 0 \rightarrow t = t_1$: retard de t_1 .

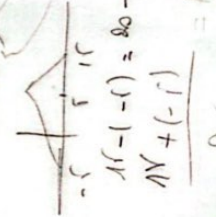
↳ translation positive du signal par l'instant t_1

$$t+t_1 = 0 \rightarrow t = -t_1$$

↳ retard de t_1

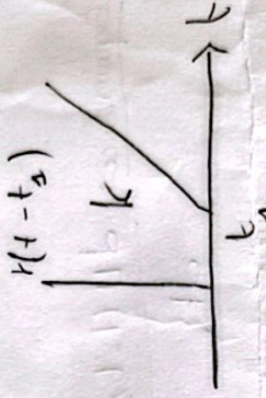
↳ translation négative du signal par l'instant $(-t_1)$.

exp: $\text{rect} \left(\frac{t-1}{10} \right)$



$$\frac{1(-1-1)}{10} = -\frac{2}{10} = -\frac{1}{5}$$

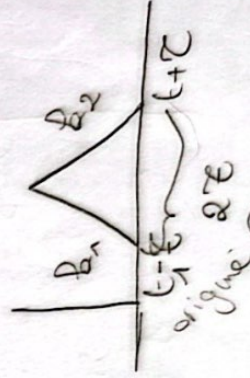
- signal rampe



$$r(t-t_1) = k(t-t_1) u(t-t_1)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} k(t-t_1) & \text{si } t > t_1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- signal triangulaire



$$A \text{ tri} \left(\frac{t-t_1}{\tau} \right) \approx t \in [t_1-\tau, t_1+\tau]$$

$$\rightarrow x(t) =$$

$$\begin{cases} B_1 t + b_1 & \text{si } t \in [t_1-\tau, t_1] \\ B_2 t + b_2 & \text{si } t \in [t_1, t_1+\tau] \end{cases}$$

- Chap I - Résumé

Période d'échantillonnage :

$$T_e = \frac{1}{f_e}$$

Donc $f_e > f_{\text{fréquence}}$

$$\bullet \cos(2\pi n f t) = \frac{e^{j2\pi n f t} + e^{-j2\pi n f t}}{2}$$

$$\bullet \cos(\pi m) = (-1)^m$$

$$\bullet \sin(\pi m) = 0$$

2i

$$P(t) \text{ est paire} \rightarrow g(t) = \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt = \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt$$

$$\int \cos(at) dt = \left[\frac{\sin(at)}{a} \right]$$

$$\int \sin(at) dt = \left[-\frac{\cos(at)}{a} \right]$$

$$\bullet \frac{\sin(x)}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} 1$$

$$\bullet \text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$$

$$\bullet \frac{\sin(x)}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} 1$$

La composition en série de Fourier pour des signaux périodiques :
Série harmonique d'ordre m.

$$g(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos(2\pi n f t) + b_n \sin(2\pi n f t) \right]; n \in \mathbb{N}^*$$

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt = a_0$$

$$\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \cos(2\pi n f t) dt = a_n$$

$$\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \sin(2\pi n f t) dt = b_n$$

S'annule si le signal est impair

S'annule si le signal est pair

Dans le calcul,

Parité de h(t).

rés en écrit la décomposition du signal

de la fréquence maximale f_m à la fréquence fondamentale f_0 .

la fréquence maximale $f_m = m_{\text{max}} f_0$.

- Chap II - Résume

Période d'échantillonnage :

$$T_e = \frac{1}{f}$$

Seu > fréquence

$P(t)$ est paire $\rightarrow g(t) = \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt = \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt$

$$\int \cos(at) dt = \left[\frac{\sin(at)}{a} \right]$$

$$\int \sin(at) dt = \left[-\frac{\cos(at)}{a} \right]$$

$$\bullet \cos(2\pi n f t) = \frac{e^{j2\pi n f t} + e^{-j2\pi n f t}}{2}$$

$$\bullet \cos(\pi m) = (-1)^m$$

$$\bullet \sin(\pi m) = 0$$

$$\bullet \sin(2\pi n f t) = \frac{e^{j2\pi n f t} - e^{-j2\pi n f t}}{2j}$$

$$\bullet \text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$$

$$\bullet \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x} = 1$$

La composition en série de Fourier pour les signaux périodiques :
Série harmonique d'ordre n .

$$g(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{T_e}{n} \left[a_n \cos(2\pi n f t) + b_n \sin(2\pi n f t) \right]; n \in \mathbb{N}^*$$

$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt$: la moyenne de $g(t)$.

$$\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \frac{g(t) \cos(2\pi n f t)}{h(t)} dt$$

S'annule si le signal est impair

$$\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \sin(2\pi n f t) dt$$

S'annule si le signal est pair

Dans le calcul,

la Parité de $h(t)$.

Calcul de b_n ou a_n

après on écrit la décomposition du Fourier
traçage du spectre d'Amplitude \uparrow d'Amplitude $C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$
 C_n (en V) \rightarrow fréquence

- Pour $m = 1 \rightarrow$ composante fondamentale.

- La fréquence maximale $f = m_{\max} f_1$

théorème de Shannon $f_e > 2f_H$

* signal triangulaire:

$$\equiv at+b.$$

- la forme complexe de la décomposition en série de Fourier:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_n e^{i 2 \pi n f t} \quad \text{avec } T = \frac{1}{f} ; C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) e^{-i 2 \pi n f t} dt$$

Transformée de Fourier des signaux non périodiques:

$$X(f) = \text{TF}(x(t)) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-i 2 \pi f t} dt$$

$$\xrightarrow{\text{TF}^{-1}} x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) e^{i 2 \pi f t} df$$

théorème de retard:

$$\text{TF}(x(t-t_0)) = \underbrace{H(f)}_{\text{amplitude}} \cdot \underbrace{e^{i 2 \pi f (-t_0)}}_{\text{phase}} = \text{TF}(x(t))$$

théorème de dérivée:

$$\text{TF} \left[\frac{d^n h}{dt^n} \right] = (i 2 \pi f)^n \underbrace{\text{TF}(h(t))}_{H(f)}$$

• Le CAN (Convertisseur analogique numérique) est caractérisé par ces étapes :

- + échantillonnage
- + bloc quantification

↳ La quantification joue un rôle important pour avoir notre objectif :

$V_{num} \approx V_{analogique}$

• pas de la variation de la tension \equiv quantum

$$q = \frac{V_{max} - V_{min}}{2^m} = \text{pas de quantification}$$

• Combinaison binaire $(a_m \dots a_0)_2$:

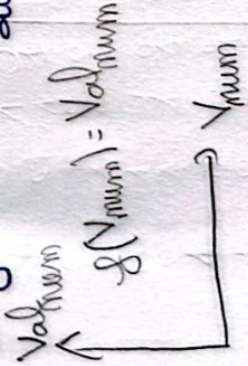
$$Val_{num} \in [0, 2^m - 1]$$

$$\Rightarrow V_{num} = Val_{num} \times q$$

→ tab de transfert :

Codage binaire	Val_{num}	$V_{num} = Val_{num} \times q$
$a_m \dots a_0$		
0 ... 0	0	
0 ... 0 1	1	

→ diagramme : du fonction du transfert



$V_{num} \approx V_{analogique}$
 • La précision est améliorée lorsque la résolution augmente.
 ↳ amélioration codage.

• Un CAN unidirectionnel
 $\begin{cases} V_{max} > 0V \\ V_{min} = 0 \end{cases}$

• Un CAN bidirectionnel
 $\begin{cases} V_{max} > 0V \\ V_{min} < 0V \end{cases}$

- mémoriser un signal numérique
= mémoriser les données (échantillons)
↳ calculer le nbr d'échantillons?

$$N = \frac{\text{durée}}{T_e}$$

nbr de bits pour mémoriser :

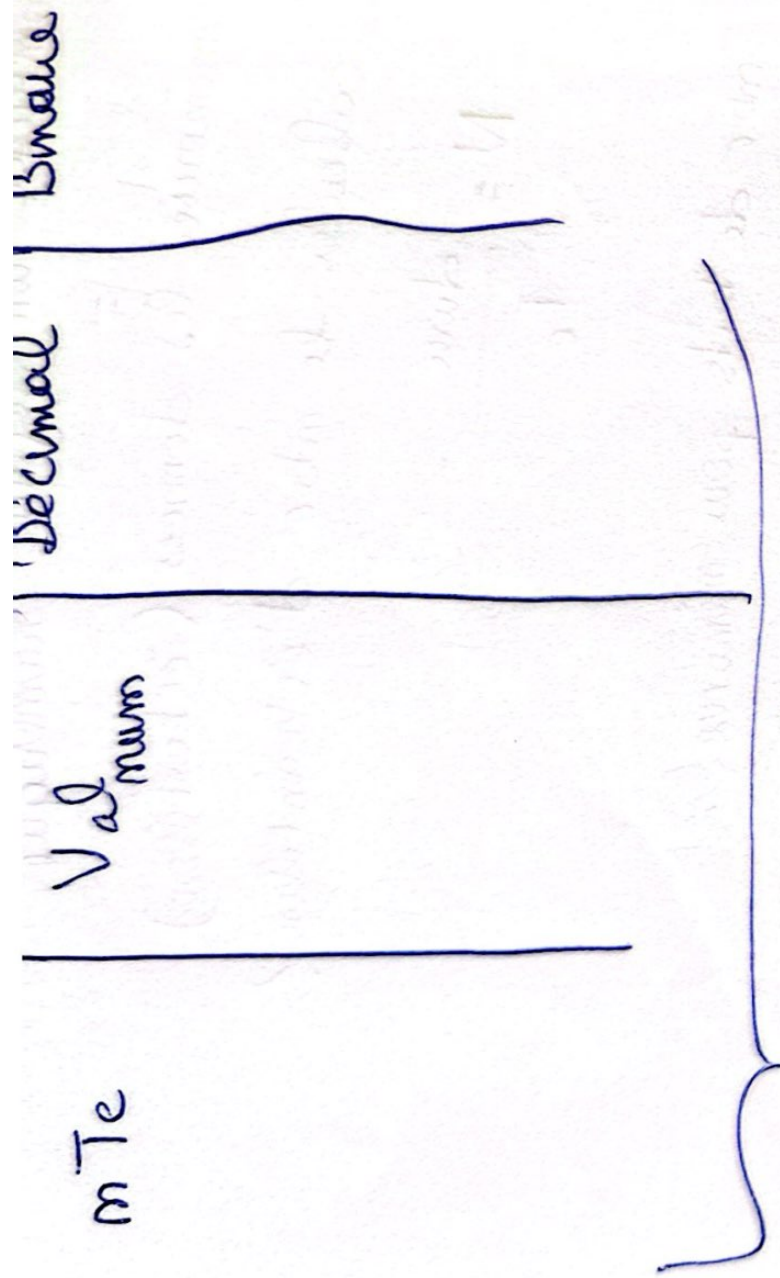


- si Δf change la durée :

$$\begin{aligned} \text{mémoire} &= N \times \text{m bits} \\ &= \frac{\text{durée}}{T_e} \times \text{m bits} \end{aligned}$$

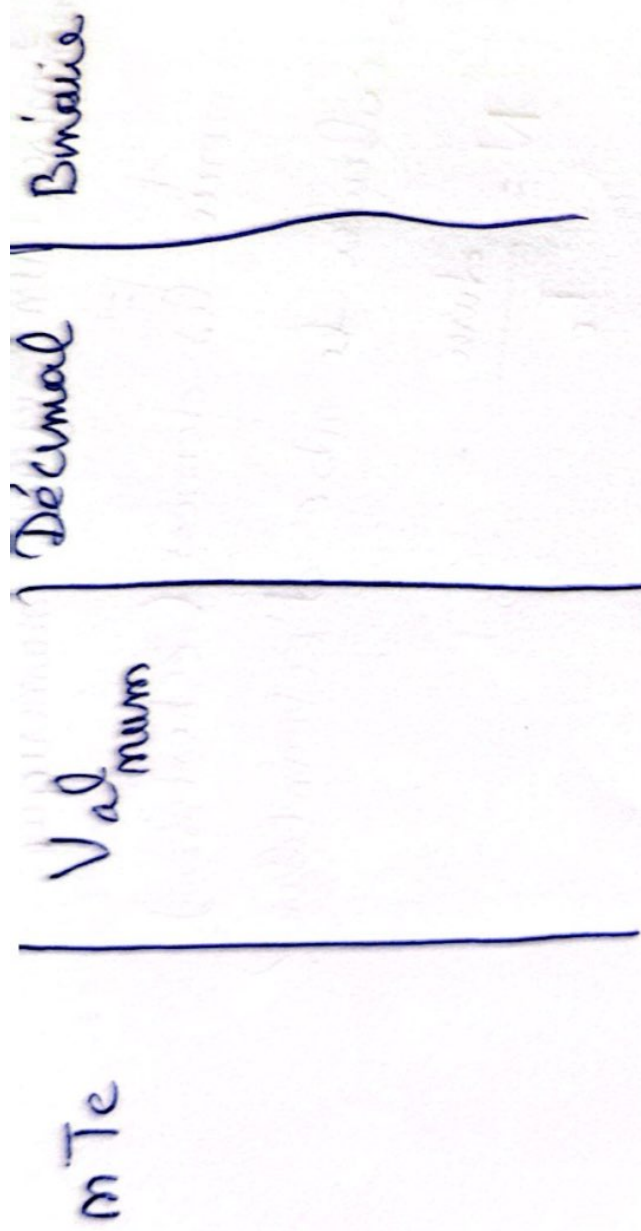
1k0 \Rightarrow 1024 octets.

$$\begin{aligned} &TF(s(t - t_d)) e^{i\pi f (t - t_d)} \\ &= TF(s(t)) e^{i\pi f (t - t_d)} \end{aligned}$$



$$V_{anal} = Val_{num} \times q$$

$$Val_{num} = \frac{V_{anal}}{q} \rightarrow \text{courbe}$$



donner les valeurs binaires obtenues
du signal numérisée

$$Val_{num} = Val_{num} \times 9$$

$$Val_{num} = \frac{Val_{num}}{9} \rightarrow \text{course}$$