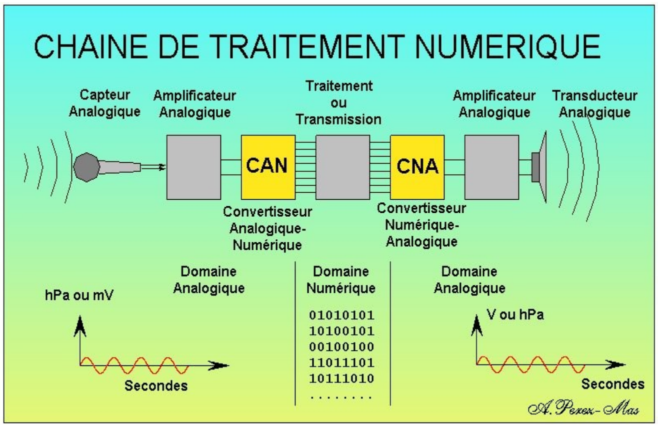
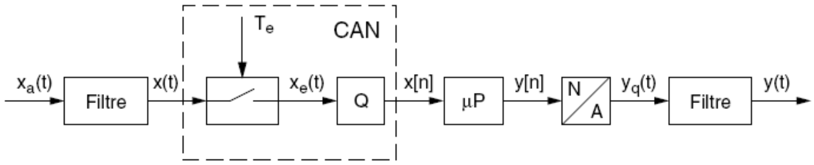
Chapitre 5 : chaîne de traitement numérique de l'information.

A) Structure d'une chaîne de traitement numérique du signal :

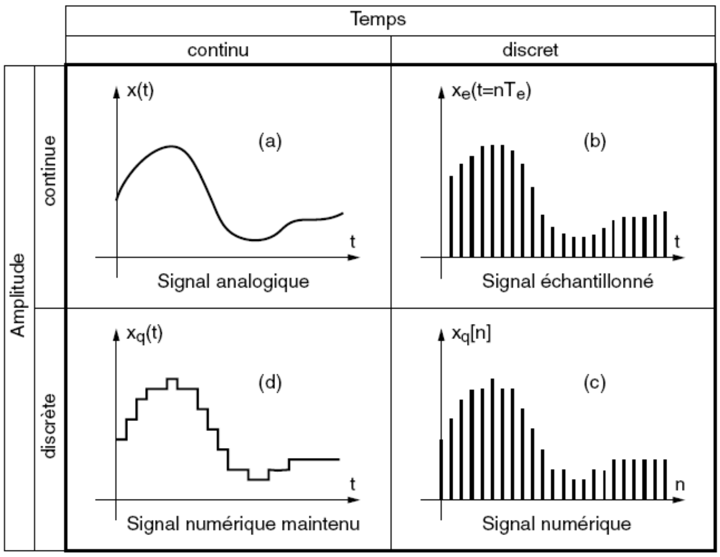
- **exemples de chaînes de traitement numérique d'un information :**





http://perso.orange.fr/arsene.perez-mas/signal/numerisation/chaine_numerisation.jpg

- **vocabulaire sur les signaux numériques et analogiques :**



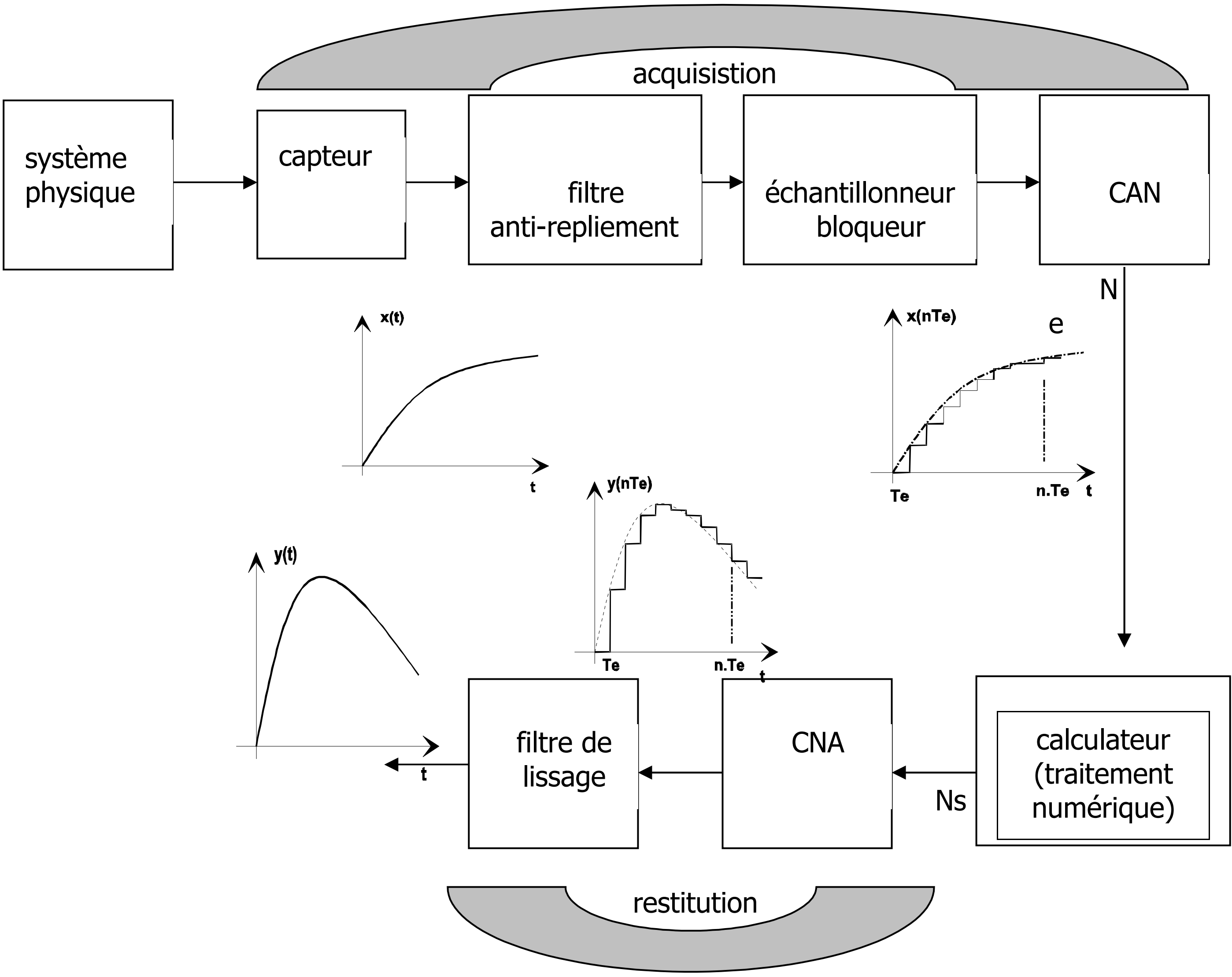
Avantages et inconvénients des signaux numériques / analogiques :

➔

➔

➔

structure de la chaîne numérique :



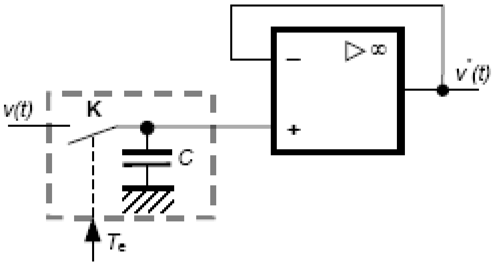
<u>filtre anti-repliement</u> : élimine les composantes du signal d'entrée qui ne respectent pas la condition de Shannon.

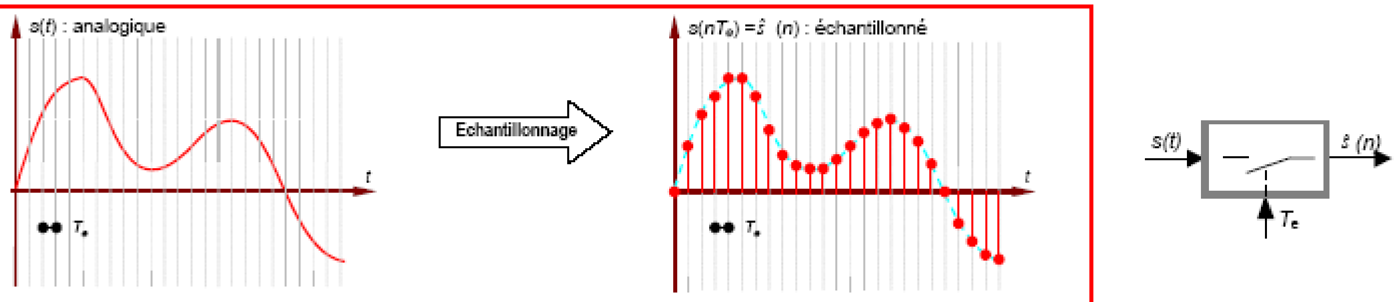
<u>CAN</u> : convertisseur Analogique/Numérique <u>CNA</u> : convertisseur Numérique/Analogique.

<u>filtre de lissage</u> : restitue un signal « lissé » à partir du signal en marches d'escalier sortant du CNA.

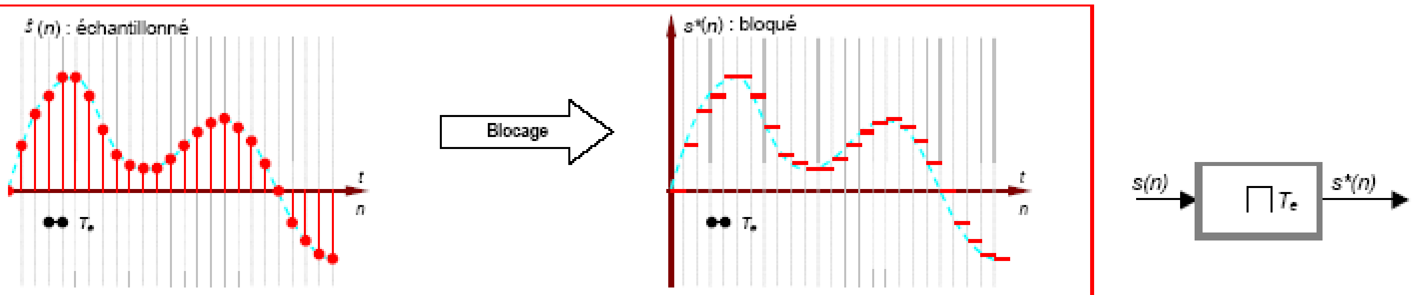
B) Étude du bloc échantillonneur-bloqueur + CAN :

principe de l'échantillonneur-bloqueur :

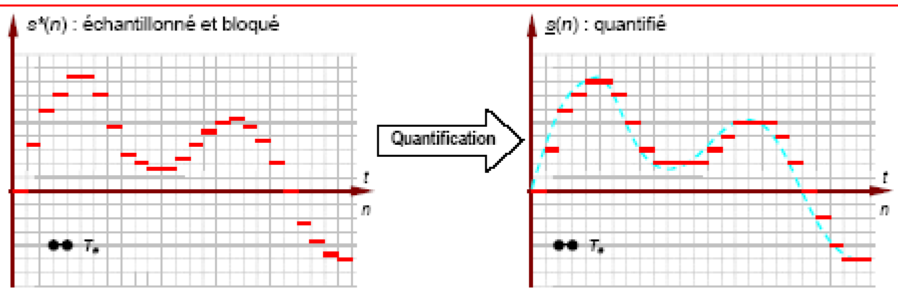




Passage du signal analogique au signal échantillonné

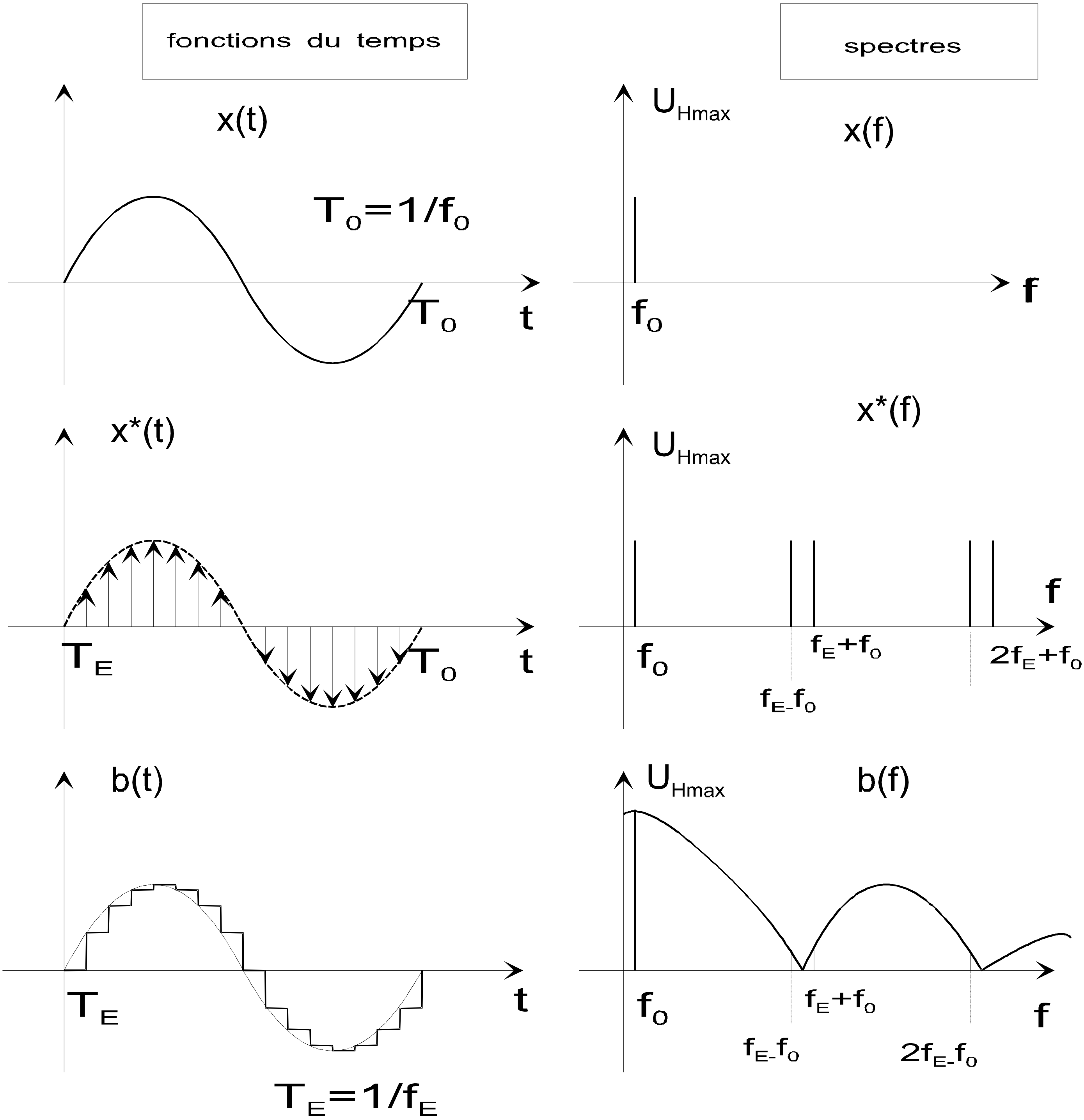


Passage du signal échantillonné au signal bloqué



Passage du signal échantillonné-bloqué au signal quantifié

spectre d'une sinusoïde échantillonnée :

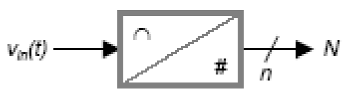


théorème de Shannon : afin de garantir la restitution fidèle du signal, le théorème de l'échantillonnage stipule que **la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure au double de la fréquence maximale à reproduire**.

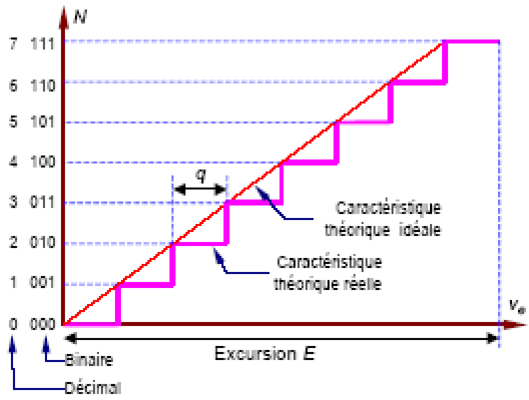
Sinon, on observe un phénomène dit de repliement, qui veut que les fréquences les plus élevées, en plus d'être reproduites à leurs justes valeurs, se voient inversées et décalées pour se superposer aux fréquences plus basses du signal.

caractéristiques générales des CAN :

symbole :



caractéristique :



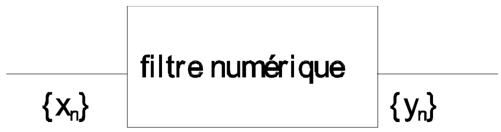
résolution et quantum :

expression de N en fonction de Ve :

quelques structures de CAN :

C) Étude du bloc calculateur : traitement numérique.

algorithme de calcul :

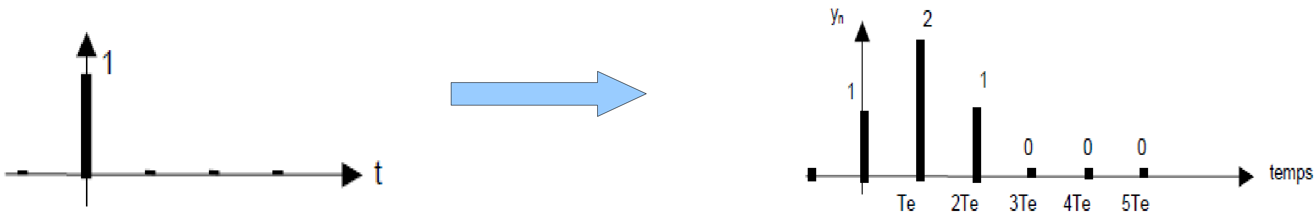


exemple de relation : yn = 0.5 . xn + 0.3 . xn-1 – 0.8 . yn-1

On distingue deux types de filtres numériques :
filtres récursifs :

filtres non-récursifs :

stabilité d'un filtre numérique : un filtre numérique est stable si la réponse impulsionnelle tend vers zéro, c'est à dire si : $y_n \xrightarrow[n\to\infty]{} 0$ lorsque : x0 = 1 et x1=x2=x3...= 0



outil d'étude des filtres numériques : la transformée en Z

Avec une séquence : {xn}, le signal échantillonné peut s'écrire :

$x^*(t) = x_0.\delta(t) + x_1.\delta(t-Te) + x_2.\delta(t-2Te). + x_3.\delta(t-3Te) + ...$ où $\delta(t)$ est l'impulsion de Dirac

Ce qui donne une représentation de Laplace :

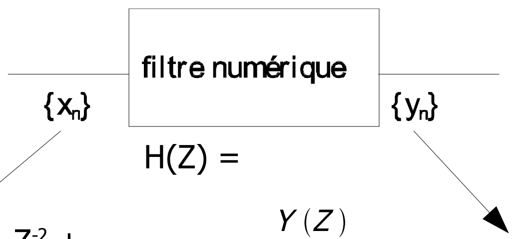
$$X^*(p) = x_0.1 + x_1.e^{-Tep} + x_2.\ e^{-2Tep} + x_3\ .e^{-3Tep} + ...$$

Rappel : un retard de t = T correspond à une multiplication par $e^{-T.p}$ dans le domaine de Laplace.
On pose alors $Z = e^{-Te.p}$ et on obtient **la représentation en Z de x(t)** :

$$\boxed{X(z) = x_0 + x_1.z^{-1} + x_2.z^{-2} + x_3.z^{-3} + ...}$$

Cette représentation est très concrète puisqu'on « voit » arriver les différents échantillons x_0, x_1, x_2, ... avec leur retard respectif et qu'un retard d'un échantillon (donc de Te) dans le domaine temporel) est transformé en une multiplication par la variable Z^{-1}.

Fonction de transfert en Z d'un système : c'est une autre manière de représenter la relation entre l'entrée et la sortie :



$H(Z) = \dfrac{Y(Z)}{X(Z)}$

$X(Z) = x_0 + x_1.Z^{-1} + x_2.Z^{-2} + ...$

$Y(Z) = y_0 + y_1.Z^{-1} + y_2.Z^{-2} + ...$
$= H(Z) . X(Z)$

Remarques :
- on trouve H(z) en plaçant comme entrée un signal impulsionnel puisque X(impulsion) = 1.
- on montre qu'un filtre numérique est stable si H(Z) si tous ses pôles sont à l'intérieur du cercle unité.

passage de l'algorithme à la transmittance en z d'un filtre numérique

soit un filtre défini par son algorithme de calcul **$y_n = a_n.x_n \,.\, a_{n-1}.x_{n-1}+a_{n-2}.x_{n-2}$**

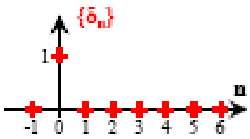
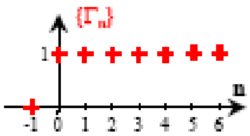
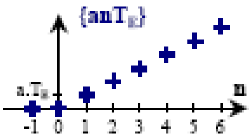
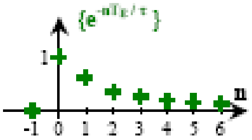
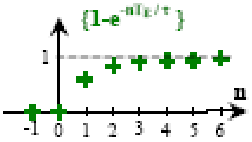
On en déduit **$Y(z) = a_n.X(z) + a_{n-1}.z^{-1}.X(z) + a_{n-2}.z^{-2}.X(z)$**

$Y(z) = X(z).[a_n + a_{n-1}.z^{-1} + a_{n-2}.z^{-2}]$

D'où **$H(z) = Y(z) / X(z) = a_n + a_{n-1}.z^{-1} + a_{n-2}.z^{-2}$**

Le passage inverse est tout aussi direct : Z^{-1} correspond à un retard de un échantillon.

Tableau des transformées en Z des signaux usuels :

	$\{x_n\}$	$X(z)$
	$\{\delta_n\}$	1
	$\{\Gamma_n\}$	$\dfrac{z}{z-1}$
	$\{a\,n\,T_E\}$	$aT_E\dfrac{z}{(z-1)^2}$
	$\{e^{-nT_E/\tau}\}$	$\dfrac{z}{z-e^{-T_E/\tau}}$
	$\{1-e^{-nT_E/\tau}\}$	$\dfrac{z(1-e^{-T_E/\tau})}{(z-1)(z-e^{-T_E/\tau})}$

Étude fréquentielle des filtres numériques :

Le filtre numérique nous apparaît moins « concret » que le filtre analogique (passe-bas, …)

On peut néanmoins essayer de faire le rapprochement entre un filtre numérique et le filtre analogique qui lui correspondrait :

$$H(Z) \xrightarrow{Z = e^{Te.p}} H(p) \xrightarrow{p = j.\omega} H(j.\omega)$$

H(Z) : Fonction de transfert en Z du filtre

H(p) : Fonction de transfert de Laplace du filtre

H(j.ω) : Fonction de transfert complexe du filtre

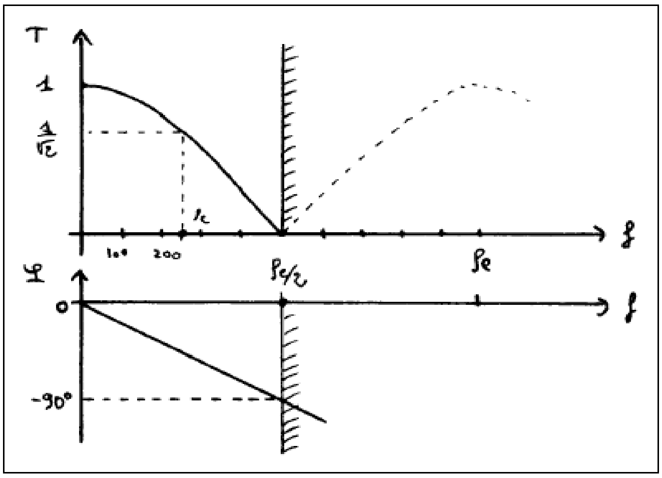
<u>exemple</u> : filtre moyenneur : $y_n = 0,5 \cdot (x_n + x_{n-1})$

H(Z) = donc H(p) = et <u>H(j.ω)</u> =

Module :

Argument :

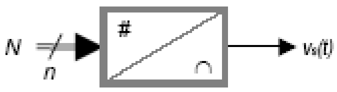
Remarques :



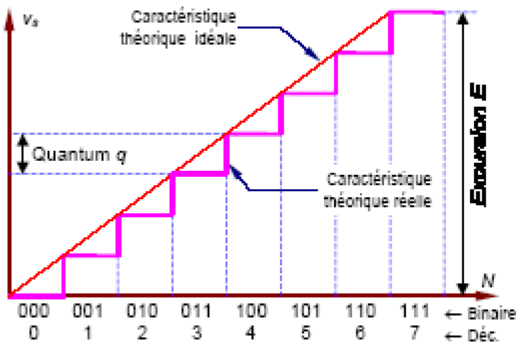
D) Étude du bloc CNA + filtre de lissage.

caractéristiques générales des CNA :

symbole :



caractéristique :



résolution et quantum:

relation entre vs et N :

rôle et construction du filtre de lissage:

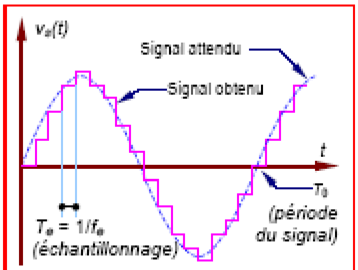


Figure 14: Représentation temporelle de v_s.

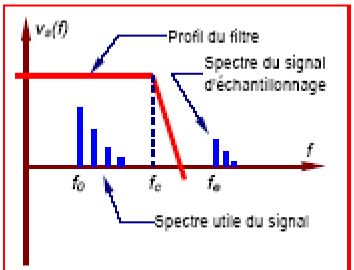


Figure 15: Représentation fréquencielle de v_s.

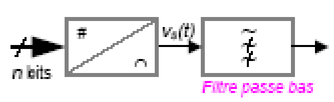


Figure 16 : Position du filtre.