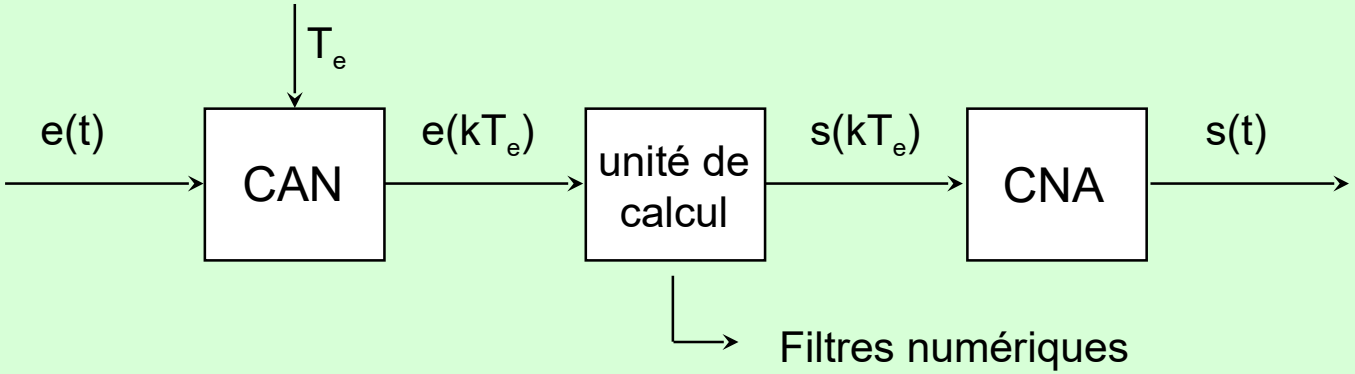
Chapitre 3

Le filtrage numérique

Introduction

Une chaîne de traitement numérique est constituée des éléments suivants :



Filtres numériques implantés :

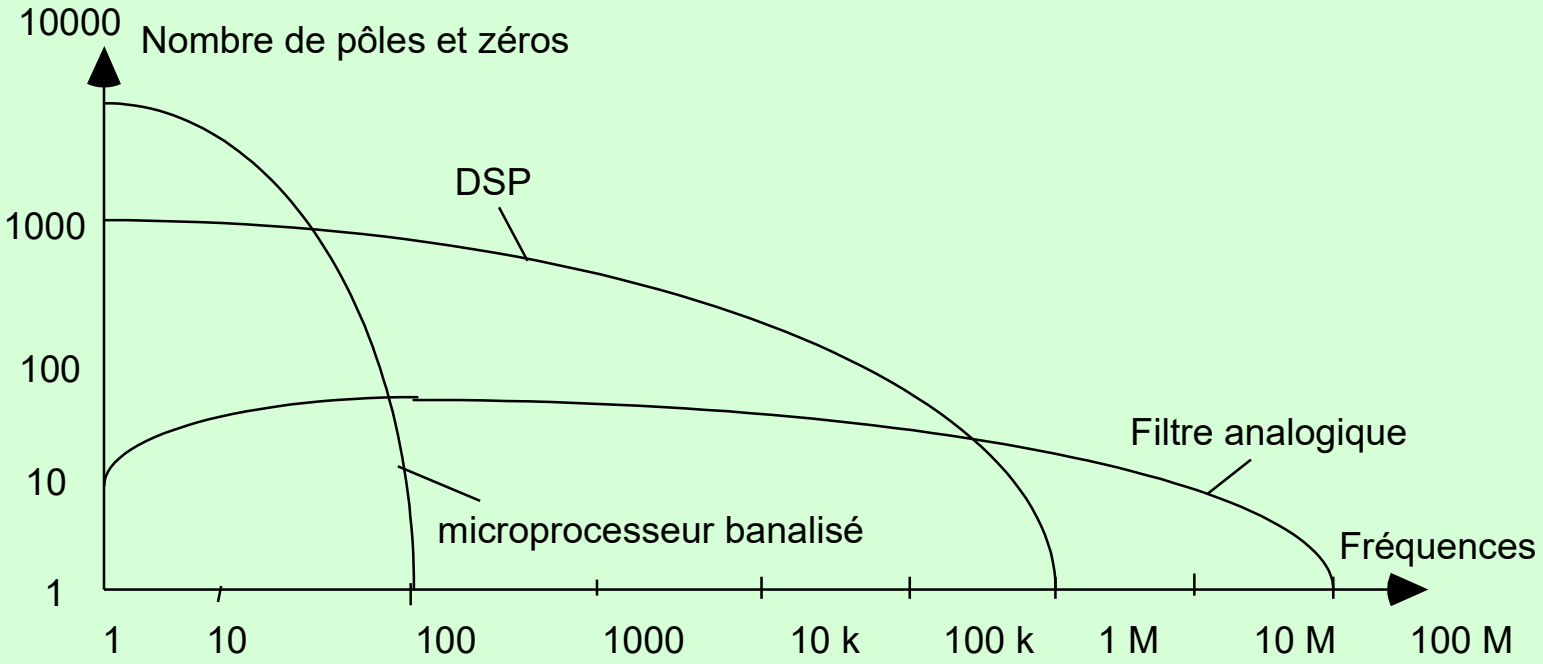
- sur des ***processeurs standards*** (micro-ordinateur)

- sur des ***processeurs dédiés*** (processeurs de traitement du signal : **DSP**)

Si phénomènes pas trop rapides : utilisation d'un micro-ordinateur

Si phénomènes trés rapides utilisation de cartes spécialisées avec DSP

Performances comparées entre filtrage numérique et analogique



Filtrage analogique :

- couvre une gamme de fréquences beaucoup plus large
- est limité en nombre de singularités

Le nombre de pôles et en zéros détermine la "raideur" d'un filtre

Champ d'applications des DSP

- ***Automobile*** : applications au niveau :
  - des systèmes électroniques de direction assistée,
  - des systèmes de suspension,
  - des systèmes de freinage antibloquant (ABS) et antidérapant,
  - de la régulation de vitesse avec système d'anticollision par radar, ...

- ***Micro-ordinateurs*** : applications au niveau :
  - des disques durs (contribution aux gains massifs de capacité de stockage, grâce au contrôle extrêmement précis, que permettent les DSP pour la positionnement des têtes de lecture/écriture.

- ***Télécommunications*** : applications au niveau :
  - des stations de base sans fil,
  - des systèmes de vidéoconférences,
  - des standards téléphoniques,
  - des récepteurs d'appel de poche,
  - des répondeurs numériques, des téléphones multifonctions, ...

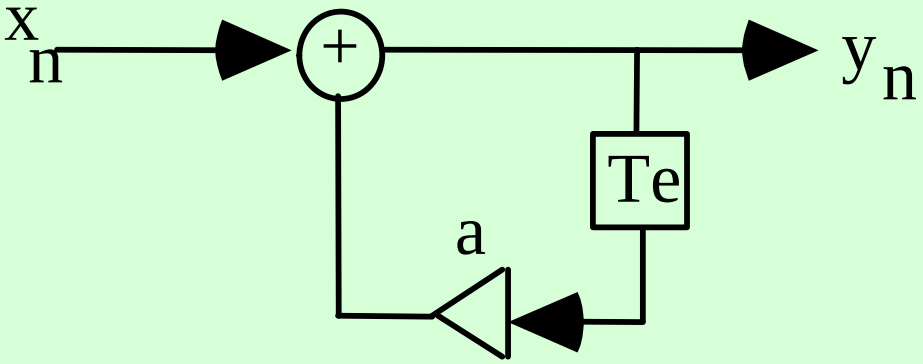
- ***Equipements de loisirs*** : applications au niveau :
  - des décodeurs TV numériques,
  - des appareils photo et camescope numérique,
  - des jeux vidéo, des guitares électroniques, ...

Systèmes numériques

- Analogie de comportement
- Différence fondamentale de structure

Un système numérique est généralement constitué des éléments suivants :

- un ou plusieurs organes de retard (ce sont des registres à décalage jouant le rôle de mémoires retardées), pilotés par une horloge de période,
- des opérateurs arithmétiques (additionneurs et multiplieurs),
- des registres fournissant les coefficients de pondération du filtre.



Réalisation d'un système numérique

La réalisation concrète d'un filtre numérique consistera en fait à matérialiser l'algorithme de calcul pour la structure retenue. On aura la possibilité de travailler :

- soit en logique câblée (assemblage d'organes logiques, tels que portes, mémoires, etc ...),
- soit en logique programmée (organisation autour d'un processeur de traitement du signal (DSP) ou, même, utilisation d'un microprocesseur(micro-ordinateur) standard).

Propriétés des systèmes numériques

- reproductibilité
- souplesse
- précision
- association des filtres
- stabilité des caractéristiques

- l'échantillonnage (spectre du signal toujours limité)

Les principaux inconvénients sont liés au problème de l'échantillonnage (spectre du signal toujours limité) nécessitant l'utilisation de processeurs ayant une bonne rapidité d'exécution pour pouvoir traiter des signaux ayant une forte "dynamique" (fréquences élevées) en **temps réel**.

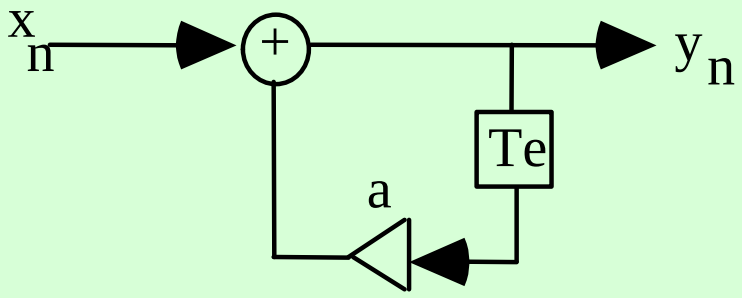
Représentation des systèmes numériques

Les systèmes numériques sont décrits par une équation de récurrence. Cette équation de récurrence obéit aux règles mathématiques des séries et des suites numériques. Voici un exemple d'équation de récurrence :

$$s_k = \sum_{i=0}^{p} b_i e_{k-i} - \sum_{j=1}^{q} a_j s_{k-j}$$

Voici un autre exemple d'équation de récurrence avec le schéma de la structure correspondant à base de multiplieurs, additionneurs et cellule à retard (une cellule à retard retardant d'une période d'échantillonnage).

$$y_n = x_n + a y_{n-1}$$



Types de filtres numériques

- **Filtres à Réponse Impulsionnelle Finie (RIF) ou Non Récursifs (FNR)**

$$s(k) = b_0 e_k + b_1 e_{k-1} + \ldots + b_M e_{k-M}$$

non récursif

RIF

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \sum_{i=0}^{M} b_i z^{-i} \text{ avec } A(z) = 1$$

- **Filtres à Réponse Impulsionnelle Infinie (RII) ou Récursifs (FR)**

$$s(k) = b_0 e_k + b_1 e_{k-1} + \ldots + b_p e_{k-p} + a_1 s_{k-1} + \ldots + a_q s_{k-q}$$

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{\sum_{i=0}^{p} b_i z^{-i}}{\sum_{i=0}^{q} a_i z^{-i}}$$

non récursif

RII