1. Introduction

Depuis plusieurs années, le traitement numérique du signal est une technique en plein essor. Cette technique s'appuie sur plusieurs disciplines, citons les principales:

- l'électronique analogique et numérique (préparations, conditionnements des signaux, conversions numériques ↔ analogiques),
- les microprocesseurs (classiques ou dédiés au traitement du signal),
- l'informatique (algorithmes, systèmes de développements, exploitations),
- les mathématiques du signal (traitements du signal).

Parmi ces disciplines, ce chapitre est plus précisément une description des processeurs de traitements des signaux, plus communément désignés par l'acronyme Anglais DSP (Digital Signal Processor).

Les domaines d'applications du traitement numérique du signal sont nombreux et variés (traitements du son, de l'image, synthèse et reconnaissance vocale, analyse, compression de données, télécommunications, automatisme, etc.). Chacun de ces domaines nécessite un système de traitement numérique, dont le cœur est un (parfois plusieurs) DSP ayant une puissance de traitement adaptée, pour un coût économique approprié.

Les microprocesseurs sont en perpétuelle évolution, chaque nouvelle génération est plus performante que l'ancienne, pour un coût moindre. Les DSP, qui sont un type particulier de microprocesseur, n'échappent pas à cette évolution. Dans ces conditions, pour comprendre, choisir, et utiliser judicieusement un DSP, il est de première importance de se poser les questions suivantes :

- Comment est architecturé un DSP, en quoi est-il différent d'un microprocesseur classique ?
- Quelle performance attendre d'un DSP, comment définir cette performance ?

- D'un point de vue pratique, comment développer des systèmes à base de DSP ?

Ce cours a pour ambition de donner quelques éléments de réponses à ces questions. Pour y parvenir, les DSP sont traité d'un point de vue général, comme les différentes architectures, les performances et les outils de développements. Puis une famille particulière de DSP de manière plus approfondie comme étude de cas.

2. Présentation des DSP

Un DSP est un type particulier de microprocesseur. Il se caractérise par le fait qu'il intègre un ensemble de fonctions spéciales. Ces fonctions sont destinées à le rendre particulièrement performant dans le domaine du traitement numérique du signal.

Comme un microprocesseur classique, un DSP est mis en œuvre en lui associant de la mémoire (RAM, ROM) et des périphériques. Un DSP typique a plutôt vocation à servir dans des systèmes de traitements autonomes. Il se présente donc généralement sous la forme d'un microcontrôleur intégrant, selon les marques et les gammes des constructeurs, de la mémoire, des timers, des ports série synchrones rapides, des contrôleurs DMA, des ports d'E/S divers.

3. Système de traitement numérique du signal à base de DSP

D'une manière générale l'architecture d'un système de traitement numérique du signal peut être représentée de façon très schématique par la ***Figure 1-1***.

Dans tous les domaines du traitement du signal, on trouve des traitements faisant appel à des fonctions :

- de filtrage (opérations de convolution) ;
- de calcul matriciel ;
- de transformations complexes (FFT, DCT…) ;
- de génération de signaux ;
- de calculs de caractéristiques statistiques telles que, moyennes, intercorrélations et autocorrélations, etc.

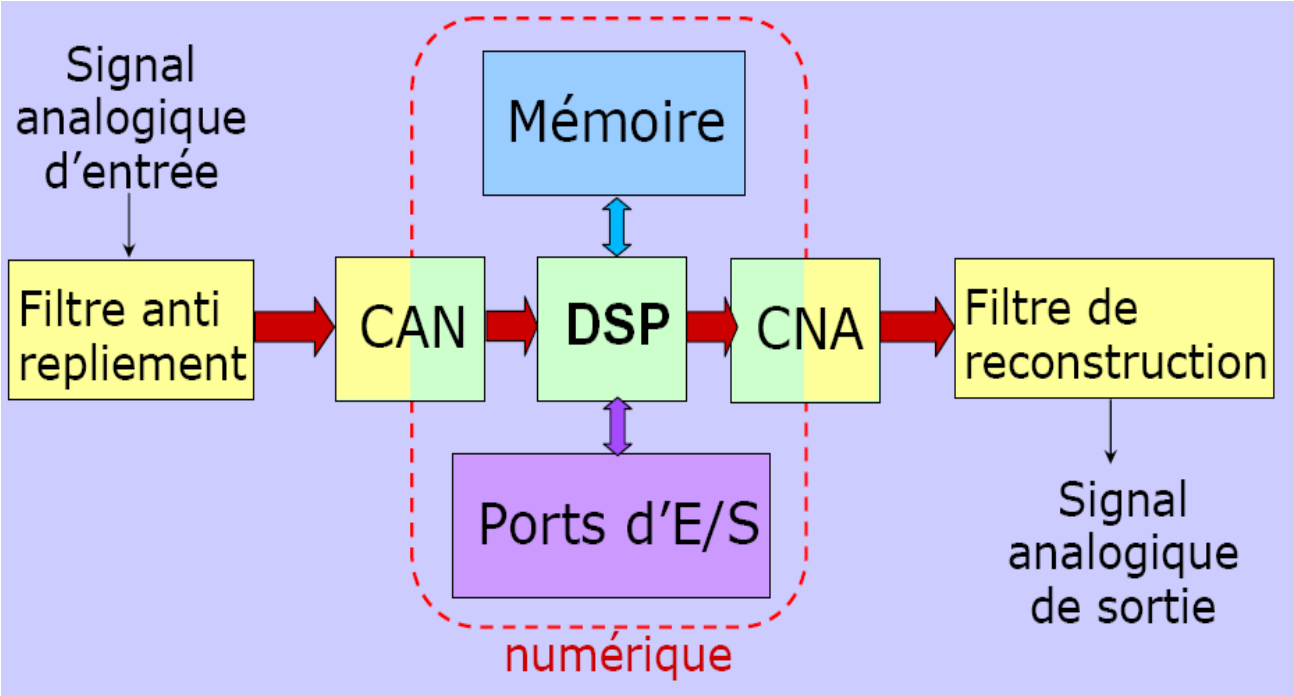

Figure 1.1*: Chaîne typique d'un système de traitement numérique du signal*

- **CAN :** Convertisseur Analogique Numérique
- **CNA :** Convertisseur Numérique Analogique
- Le filtre antirepliement et de reconstruction sont des **filtres passe-bas**

4. Avantages des DSP

Tous les systèmes à bases de DSP bénéficient des avantages suivants :

➢ ***Souplesse de la programmation*** :

Un DSP est avant tout un processeur exécutant un programme de traitement du signal. Ceci signifie que le système bénéficie donc d'une grande souplesse de

développement. De plus, les fonctions de traitements numériques peuvent évoluer en fonction des mises à jour des programmes, et cela pendant toute la durée de vie du produit incluant le système. Ainsi, modifier par exemple tel ou tel paramètre d'un filtre numérique ne nécessite pas un changement matériel.

- ***Implémentation d'algorithmes adaptatifs*** :

Une autre qualité issue de la souplesse des programmes. Il est possible d'adapter une fonction de traitement numérique en temps réel suivant certains critères d'évolutions du signal (exemple : les filtres adaptatifs). Des possibilités propres au système de traitement numérique du signal. Certaines fonctions de traitement du signal sont difficiles à implanter en analogique, voire irréalisables (exemple : un filtre à réponse en phase linéaire).

- ***Stabilité*** :

En analogique, les composants sont toujours plus ou moins soumis à des variations de leurs caractéristiques en fonction de la température, de la tension d'alimentation, du vieillissement, etc. Une étude sérieuse doit tenir compte de ces phénomènes, ce qui complique et augmente le temps de développement. Ces inconvénients n'existent pas en numérique.

- ***Répétabilité, reproductibilité*** :

Les valeurs des composants analogiques sont définies avec une marge de précision plus ou moins grande. Dans ces conditions, aucun montage analogique n'est strictement reproductible à l'identique, il existe toujours des différences qu'il convient de maintenir dans des limites acceptables. Un programme réalisant un traitement numérique est par contre parfaitement reproductible.