

Représenter, traiter l'information : de l'analogique au numérique

1) Introduction

Maintenant l'informatique représente et traite les données sous forme numérique, mais les choses n'ont pas toujours été ainsi, et avant l'avènement de l'ordinateur, les traitements automatiques de l'information se faisaient au moyen d'une représentation analogique. C'est pourquoi, avant de passer aux systèmes formels, nous devons faire un détour par cette représentation.

2) Le domaine de l'analogique

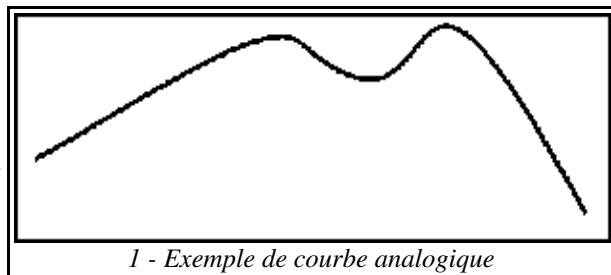
2.A) Fonction analogique et sa représentation

a) Fonction analogique

En mathématiques la fonction analogique prend ses valeurs dans \mathbb{R} , l'ensemble des réels.

En informatique, pour la représenter, il faut utiliser des nombres de type *flottant* ou encore *à virgule flottante*.

Il faut remarquer que la plupart des grandeurs physiques sont analogiques : vitesse, position, température, pression. Entre deux intervalles de temps, elles ne peuvent pas varier par bond, elles prennent une infinité de valeurs. De cette considération découle la définition intuitive suivante : la fonction analogique se représente par une courbe, qui entre deux points passe par toutes les valeurs intermédiaires.



1 - Exemple de courbe analogique

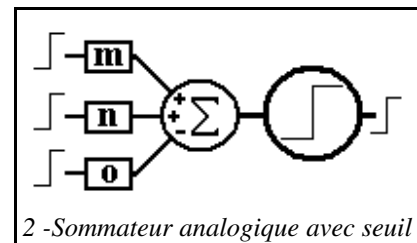
b) Traitement d'une grandeur analogique

Aspect mathématique

Les traitements dans le domaine analogique, sont ceux qui se font dans le domaine des réels. Nous y trouvons les traitements classiques de l'arithmétique : + - * / puissances et racine, logarithmes et exponentiel, et les traitements de sommation et différentiation (calcul intégral et différentiel).

Aspect électronique

Les additions et soustractions s'effectuent bien avec les amplificateurs différentiels. Les logarithmes et exponentielles avec les courbes des diodes.

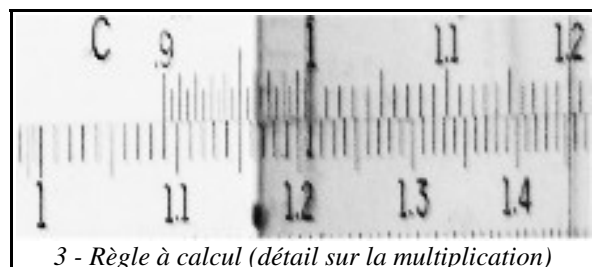


2 - Sommateur analogique avec seuil

c) Exemples de traitements d'une grandeur analogique

La règle à calcul

Avant l'avènement de la machine à calculer (calculatrice ou ordinateur), cette



3 - Règle à calcul (détail sur la multiplication)

règle et les abaques étaient utilisées par les techniciens et ingénieurs pour effectuer des calculs analogiques.

Le calcul opérationnel :

Le calcul opérationnel, est effectué au moyen des amplificateurs différentiels. Il permet de résoudre des équations différentielles de la physique par une méthode de simulation.

Les cartes de traitement analogique : l'électronique analogique pour faire des calculs :

Dans les cartes électroniques analogiques, nous utilisons des composants électroniques pour élever un nombre au carré (au moyen d'un signal triangulaire et d'un comparateur), et pour calculer des produits et des puissances (au moyen de la courbe logarithmique d'une diode).

Et carrément l'ordinateur analogique

Il est de 100 à 1000 fois plus rapide que l'ordinateur numérique, mais sa précision demeure faible. Elle varie de 1 % à 1‰ de la valeur relative du résultat : il n'est précis que sur 2 ou 3 décimales. Pendant la guerre 39-45, le traitement analogique des données triomphe (Exemple : les radars pour protéger l'Angleterre, ensuite les radars embarqués sur les bateaux puis les avions).

Ensuite, l'ordinateur logique (ENIAC, puis EDVAC) entre en compétition contre l'analogique, et finalement l'emporte. Aujourd'hui qui a entendu parler de l'ordinateur analogique ? Presque personne !

3) Le domaine du numérique, du discret, du digital

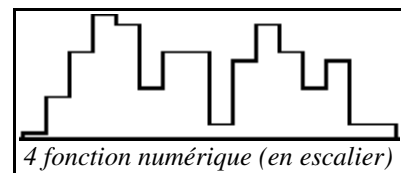
3.A) Représentation numérique, discrète, digitale

Les trois termes *numérique*, *discret* et *digital* sont équivalents.

a) Fonction numérique, discrète, digitale

Définition Intuitive

De façon imagée, nous disons qu'elle varie par bond, qu'elle se représente par une fonction en escalier, qui ne peut prendre que quelques valeurs au sein d'un ensemble de taille finie. Les contenances les plus utilisées pour cet ensemble de valeurs sont : 16, 256, 1024, 65536.



Définition mathématique

C'est une fonction à valeur dans un sous-ensemble de \mathbb{N} , l'ensemble des entiers naturels. Elle se représente par une courbe discontinue qui prend un nombre fini de valeurs au sein d'un intervalle de \mathbb{N} .

Aspect Informatique

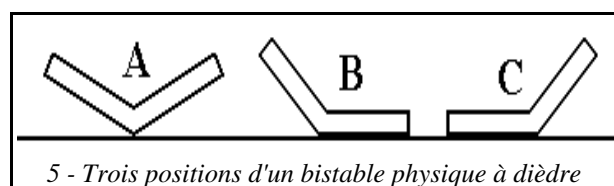
Pour la représenter, nous utilisons des nombres de type entier.

3.B) Représentation et traitement logique de l'information

a) Fonction logique

Définition Intuitive

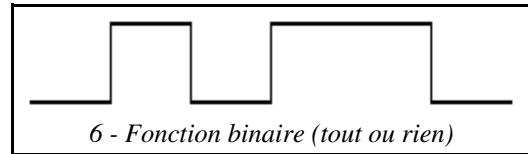
Le dièdre ci-dessus ne peut rester dans la position A car elle est instable. En fait, il ne possède que deux états stables : B ou



C. De façon imagée, nous disons qu'une fonction logique travaille en *tout* ou *rien*, en *bloqué* ou *saturé*, ou encore en *vrai* ou *faux*.

Définition Informatique

Pour la représenter, nous utilisons des valeurs binaires, i.e. 0 et 1.



Définition mathématique

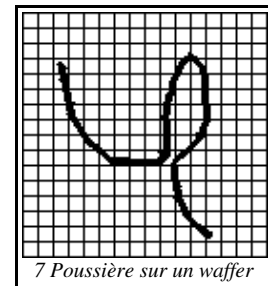
C'est une fonction à valeur dans l'ensemble $\{0, 1\}$. Nous utilisons encore la notation {faux, vrai}, qui donne en anglais {false, true}. Elle se représente par une courbe discontinue qui prend seulement ces deux valeurs.

3.C) Intérêt du numérique

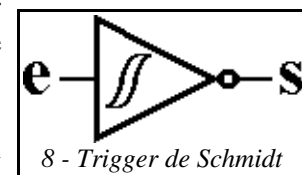
a) Avantages de la représentation numérique des données

Intérêt de la fiabilité, immunité au bruit.

Dans la représentation analogique, l'amplitude du signal code directement l'information, mais elle est sujette à des perturbations (rayure de la surface d'un disque polyvinyle, poussière sur le support, rayonnement électromagnétique, inductions magnétique). Alors ces incidents de codage sont directement interprétés pour de l'information : ce sont les parasites.



A l'inverse, dans la représentation logique, le décodeur doit séparer les niveaux 0 des 1. Il faudrait qu'un signal soit fortement perturbé pour que des problèmes apparaissent, pour qu'un 0 soit pris pour un 1 (et réciproquement). C'est donc rarement le cas. Alors, nous extrayons facilement l'information d'un signal bruité au moyen d'un comparateur dont la consigne est fixée à la référence $\frac{1}{2}$. De plus, pour faire ce traitement, nous disposons d'un outil encore plus perfectionné : le trigger de Schmidt (un comparateur à hystérésis).



En conclusion, la représentation numérique des données présente une bonne immunité au bruit¹.

b) Avantages du traitement numérique des données

Grande précision des calculs

Nous avons vu que le calcul analogique est peu précis : il fournit environ 3 chiffres significatifs. A l'inverse, au moyen d'une représentation numérique des données, la précision du calcul est proportionnelle à la taille du mot en mémoire. En simplifiant, nous pouvons dire que si nous ajoutons un bit à la taille des mots traités, nous doublons la précision du calcul. En C et en Java, le programmeur dispose de bibliothèques très précises. De plus, en Lisp, C et Java nous pouvons utiliser des bibliothèques de calcul *en précision infinie* qui représentent des nombres sous forme de listes (potentiellement infinies).

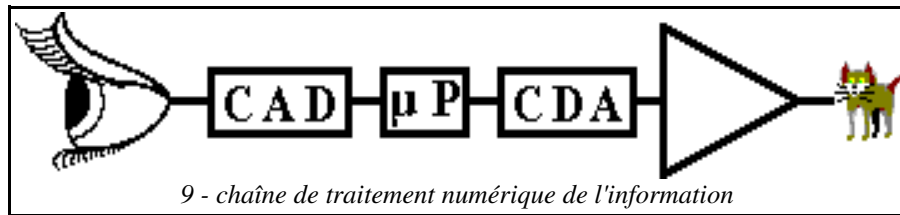
Pérennité du message

La grande précision des calculs évite de dégrader le message tout au long de la chaîne de traitement. Il devient ainsi pérenne.

¹ Bruit : une autre terminologie pour désigner les parasites.

3.D) Conversion Analogique→Digital et Digital→Analogique

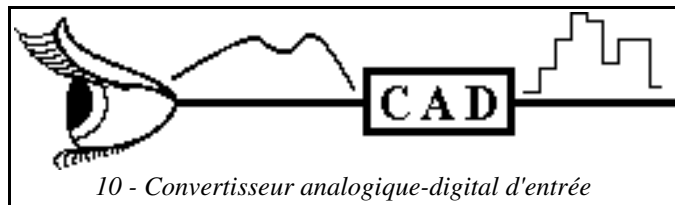
a) Nécessité de la conversion



De par leur nature, les phénomènes physiques sont analogiques, et dans l'ordinateur, le traitement correspondant de l'information se fait en numérique : dans la chaîne de traitement, il faut donc procéder à deux démarches de conversion : en entrée, conversion analogique→digital ; et en sortie conversion digital→analogique.

b) En entrée : conversion analogique→digital

En entrée l'agent perçoit le phénomène physique analogique et le convertisseur CAD le convertit en digital.



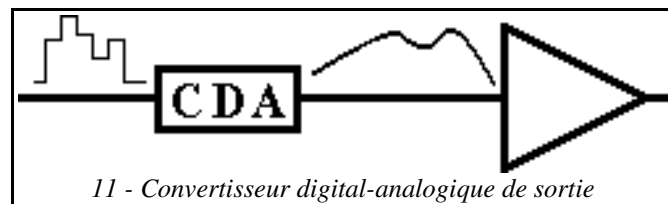
c) Au centre : le traitement numérique des données

Au centre nous trouvons tout le traitement numérique des données. L'ordinateur (le microprocesseur – μP) présente une aptitude à traiter universellement les textes, nombres, images, photos, sons et films...



d) En sortie : conversion digital→analogique

En sortie le signal numérique est convertit en analogique et est amplifié pour attaquer les actionneurs qui produisent un effet (un procès) sur le monde extérieur.



4) Conclusion

Voici donc pourquoi, la chaîne de traitement de l'information est principalement digitale (sauf dans les cas très rares, où le traitement requiert une très grande vitesse, sans exiger une grande précision).

Table des matières

Représenter, traiter l'information : de l'analogique au numérique.....	1
1) Introduction.....	1
2) Le domaine de l'analogique.....	1
2.A) Fonction analogique et sa représentation.....	1
a) Fonction analogique.....	1
b) Traitement d'une grandeur analogique.....	1
Aspect mathématique.....	1
Aspect électronique.....	1
c) Exemples de traitements d'une grandeur analogique.....	1
La règle à calcul	1
Le calcul opérationnel :.....	2
Les cartes de traitement analogique : l'électronique analogique pour faire des calculs :....	2
Et carrément l'ordinateur analogique.....	2
3) Le domaine du numérique, du discret, du digital.....	2
3.A) Représentation numérique, discrète, digitale.....	2
a) Fonction numérique, discrète, digitale.....	2
Définition Intuitive.....	2
Définition mathématique.....	2
Aspect Informatique.....	2
3.B) Représentation et traitement logique de l'information.....	2
a) Fonction logique.....	2
Définition Intuitive.....	2
Définition Informatique.....	3
Définition mathématique.....	3
3.C) Intérêt du numérique.....	3
a) Avantages de la représentation numérique des données.....	3
Intérêt de la fiabilité, immunité au bruit.....	3
b) Avantages du traitement numérique des données.....	3
Grande précision des calculs.....	3
Pérennité du message.....	3
3.D) Conversion Analogique→Digital et Digital→Analogique.....	4
a) Nécessité de la conversion.....	4
b) En entrée : conversion analogique→digital.....	4
c) Au centre : le traitement numérique des données.....	4
d) En sortie : conversion digital→analogique.....	4
4) Conclusion.....	4