



C10 : MODÉLISATION DE LA CHAÎNE D'INFORMATION DES SYSTÈMES

C10-1 - Modélisation des systèmes logiques numériques

7 Juin 2022

Table des matières

I Introduction	1
1 Rôle d'un système de commande	1
2 Informations binaires et numériques	3
3 Systèmes asservis numériques	4
II Manipulation de l'information binaire	5
1 Bases de logiques combinatoires	5
a) Algèbre de Boole	5
b) Propriétés : manipulation de l'algèbre de Boole	5
III Applications technologiques	6
a) Micro-contrôleur et ordinateurs embarqués	6

Compétences

- Analyser
 - Caractériser un constituant de la chaîne d'information.

I. Introduction

1 Rôle d'un système de commande



Définition 1 : Système numérique de contrôle-commande

Un **système numérique de contrôle-commande** est une structure programmable (SNCC ou DCS pour *distributed control system* en Anglais) utilisée pour le pilotage d'un procédé industriel ou d'un système mécanique. Un SNCC est composé :

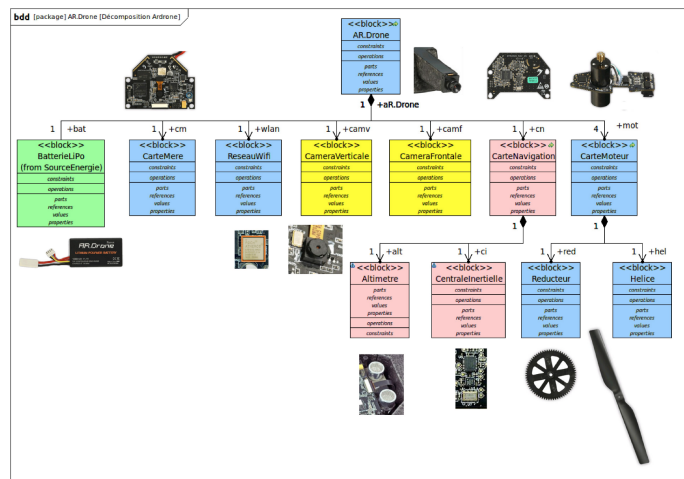
- d'une ou plusieurs cartes de commande qui réalisent la fonction **traiter** de la chaîne fonctionnelle;
- d'une interface homme-machine pour la supervision d'un réseau de communication numérique qui réalise la fonction **communiquer** et/ou **acquérir** de la chaîne fonctionnelle;
- d'un ensemble de capteurs permettant d'assurer une commande précise du système considéré et qui réalise la fonction **acquérir** de la chaîne fonctionnelle;



Exemple 1 : AR Drones

L'A.R. Drone © est un robot volant quadricoptère développé par l'entreprise Française Parrot est un exemple de système technique complexe. Un exemple d'application directe de ce genre d'objet volant est son utilisation avec une caméra embarquée stabilisée pour suivre les compétitions de sports alpins comme on a pu le voir lors des derniers Jeux Olympiques d'hiver. La plus grande difficulté est la précision de la trajectoire pour assurer un bon cadrage tout en respectant les distances de sécurité.

- L'A.R. Drone © est composé de quatre hélices entraîné par 4 moteurs électriques Brushless asservis en vitesses afin de contrôler sa trajectoire.
- L'appareil est composé d'un ordinateur avec un processeur d'1GHz.
- Différents capteurs permettent d'assurer une trajectoire avec une grande précision (Gyroscope, accéléromètre, magnétomètre, capteur de pression, capteurs à ultrasons, ...).



Un certain nombre d'informations logiques doivent collectées et traitées sur ce genre de système (Arrêt, détection d'obstacle, etc...). Il est alors nécessaire de manipuler ces informations pour garantir le bon fonctionnement du système. L'objet de ce cours est la présentation des bases nécessaires à la manipulation des informations logiques.

2 Informations binaires et numériques

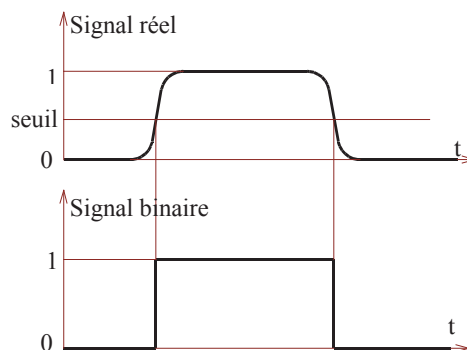


Définition 2 : Informations binaires

Un signal **binaire** ou **logique** est une grandeur physique qui ne peut prendre que deux états : "Vrai ou Faux".

On dit aussi qu'un signal binaire est un signal "Tout ou Rien", "présent ou absent".

Par convention, on donne le code numérique 1 au signal quand il est à l'état "vrai" et 0 quand il est à l'état "faux". En pratique, il ne peut y avoir de discontinuité au niveau d'un signal physique. Un signal, pendant le court instant de passage de vrai à faux ou de faux à vrai, prend toutes les valeurs intermédiaires. On considère alors que toute valeur du signal inférieure à un seuil donné est fausse et que toute valeur supérieure est vraie. Le passage de 0 à 1 est appelé "**front montant**" et le passage de 1 à 0 "**front descendant**". Les informations traitées par un système combinatoire sont des signaux binaires.



Définition 3 : Informations numériques

Une **information numérique** se représente à partir d'une combinaison d'**informations binaires**. La taille d'une information numérique est directement liée au nombre d'informations binaires qui la compose.

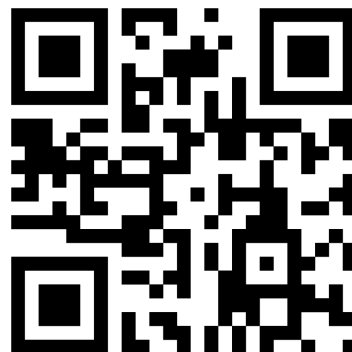
- un *bit* ou *digit* est composé d'un nombre binaire;
- un *octet* est composé de 8 *bits*;
- un *kilo octet (ko)* est composé de 1000 *octets* et donc de 8000 *bits*.



Exemple 2 : Code Barres et code 2D QR



Code Barres



QR Code

3 Systèmes asservis numériques

Généralement on modélise les systèmes asservis avec les hypothèses de linéarité de comportement et de continuité des fonctions décrivant les signaux qui "transitent" dans le système. En réalité les signaux qui transitent entre les différents constituants dans la chaîne d'information sont pour la plupart numériques.



Définition 4 : Représentation physique et modèle numérique

La figure 1 illustre la réalité des grandeurs physiques utilisées tout au long d'une chaîne asservie (illustrée ici par l'asservissement de l'angle de roulis d'un drone). Le rôle d'une carte informatique est d'assurer les fonctions de calcul de l'écart et de la valeur de commande. Il faut donc convertir les grandeurs physiques continues en grandeurs numériques :

- dans un sens avec un **Convertisseur Analogique Numérique** : CAN ;
- dans l'autre sens avec un **Convertisseur Numérique Analogique** : CNA.

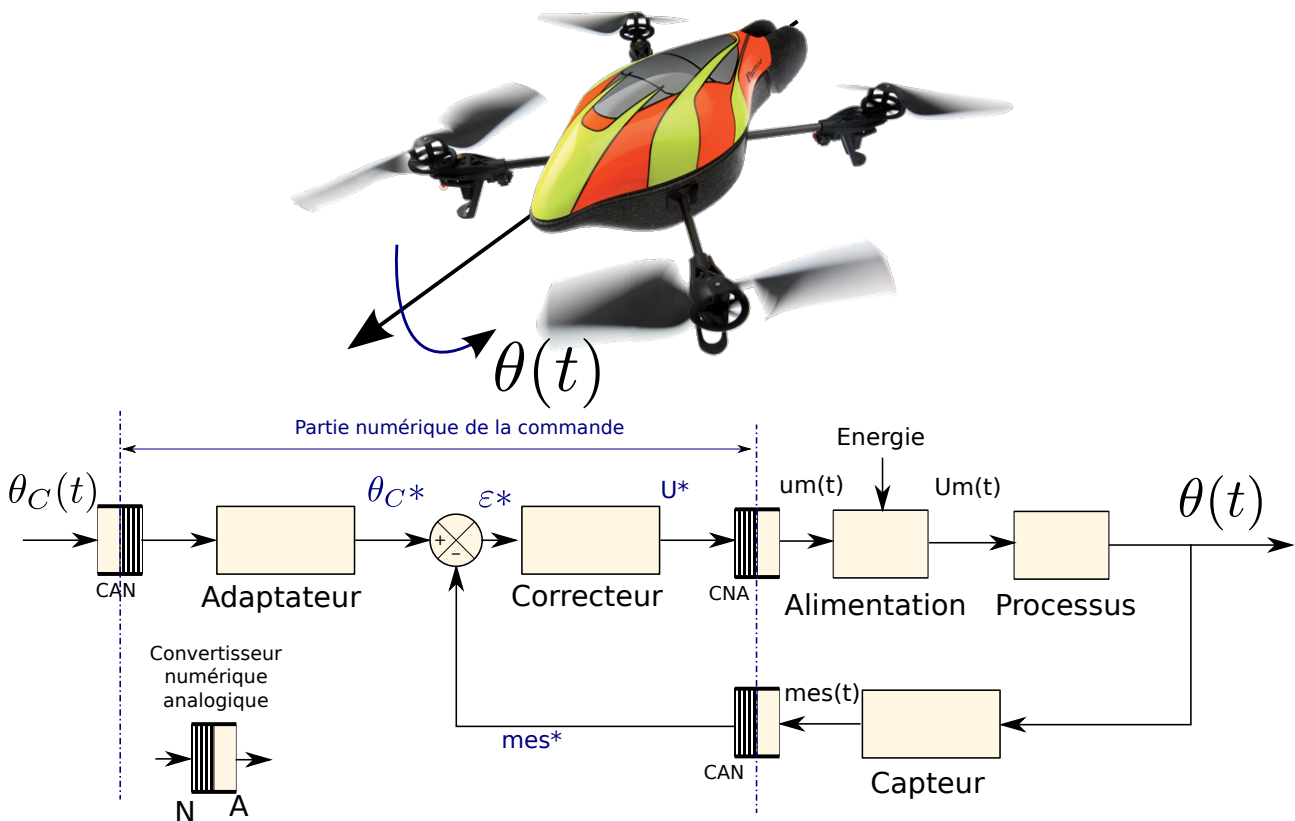


FIGURE 1 – Représentation physique et modèle numérique

II. Manipulation de l'information binaire

1 Bases de logiques combinatoires

a) Algèbre de Boole

Les systèmes numériques ne manipulent que des grandeurs binaires logiques. Les relations entre les entrées et les sorties sont représentées par des fonctions logiques qui associent un état logique à une ou plusieurs variables logiques. L'**algèbre de Boole** est une logique mathématique permettant de formaliser ces relations.



Définition 5 : Algèbre de Boole

Soit un ensemble $B\{0, 1\}$ constitué de deux éléments représentant les deux états logiques vrai ou faux. Cet ensemble est muni d'une structure d'algèbre avec les trois lois suivantes :

- Complémentarités : **NON**

$$B \longrightarrow B \quad (1)$$

$$a \longrightarrow \text{NON}(a) = \bar{a}.$$

\bar{a} est à 1 si a est à 0 et réciproquement.

- Produit booléen : **ET**

$$B \times B \longrightarrow B \quad (2)$$

$$(a, b) \longrightarrow a \text{ ET } b = a \cdot b.$$

$a \cdot b$ est à 1 si et seulement si a est à 1 **ET** b est à 1.

- Somme booléenne : **OU**

$$B \times B \longrightarrow B \quad (3)$$

$$(a, b) \longrightarrow a \text{ OU } b = a + b.$$

$a + b$ est à 1 si et seulement si a est à 1 **OU** b est à 1.

b) Propriétés : manipulation de l'algèbre de Boole

	Loi OU	Loi ET
Commutativité	$a + b = b + a$	$a \cdot b = b \cdot a$
Distributivité	$a + (b \cdot c) = (a + b) \cdot (a + c)$	$a \cdot (b + c) = (a \cdot b) + (a \cdot c) = a \cdot b + a \cdot c$
Associativité	$a + (b + c) = (a + b) + c = a + b + c$	$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c = a \cdot b \cdot c$
Élément neutre 0	$a + 0 = a$	$a \cdot 0 = 0$
Élément neutre 1	$a + 1 = 1$	$a \cdot 1 = a$
Complémentarité	$a + \bar{a} = 1$	$a \cdot \bar{a} = 0$
Idempotence	$a + a = a$	$a \cdot a = a$

D'autres propriétés peuvent venir compléter ce tableau :

- Double complément : $\bar{\bar{a}} = a$.
- Absorption : $a + a \cdot b = a \cdot (1 + b) = a \cdot 1 = a$.
- Inclusion : $a + \bar{a} \cdot b = a \cdot (1 + b) + \bar{a} \cdot b = a + a \cdot b + \bar{a} \cdot b = a + (a + \bar{a}) \cdot b = a + 1 \cdot b = a + b$.

III. Applications technologiques

a) Micro-contrôleur et ordinateurs embarqués

Les micro-contrôleurs sont constitués de portes logiques et de mémoires mais à la différence des FPGA, leur structure interne se rapproche de celle des ordinateurs avec un microprocesseur. De plus ils comportent des périphériques permettant des fonctionnalités avancées (communication série RS232, USB, Ethernet, etc...). Une application courante est la commande des hacheurs (variateur électronique de puissance dédiés aux moteurs électriques). Ils se rapprochent des ordinateurs à la différence près que leur performances sont optimisées en fonction de leur utilité dans un système (moins de mémoire et de puissance de calcul). La plupart des systèmes intelligents en possèdent un ou plusieurs (voitures modernes, téléphones portables, AR drones, etc...).

