

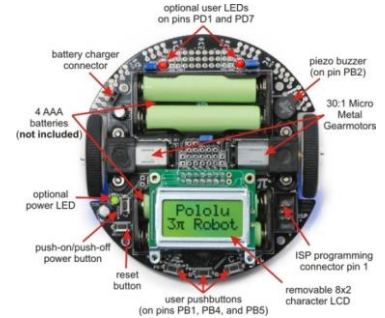
Analyser et décrire la structure d'un système

Sommaire

I	Description structurelle par le langage SysML	3
I.1	Le diagramme de définition de blocs (<i>block definition diagram — bdd</i>)	3
I.2	Diagramme de blocs internes (<i>internal block diagram — ibd</i>)	4
II	Description structurelle par chaînes de puissance et d'information	5
II.1	Description structurelle d'une activité d'un système	5
II.2	Chaîne de puissance : types de puissances, fonctions et constituants usuels associés	6
	<i>Les types de puissances</i>	6
	<i>Unité d'alimentation</i>	6
	<i>Unité de stockage</i>	6
	<i>Pré-actionneur</i>	7
	<i>Actionneur</i>	7
	<i>Transmetteur</i>	7
	<i>Effecteur</i>	7
II.3	Chaîne d'information : types de d'information, fonctions et constituants usuels associés	8
	<i>Les types d'information</i>	8
	<i>Capteur</i>	8
	<i>Interface homme - machine (IHM)</i>	8
	<i>Unité de commande</i>	9
	<i>Interface de communication</i>	9

L'analyse structurelle permet de décrire les **composants internes** au système et de définir comment ceux-ci **interagissent ensemble**.

La description par **chaînes de puissance et d'information** permet de mettre en relation ces **composants internes** avec leur **fonction** dans la réalisation d'une **activité** particulière du système.



I Description structurelle par le langage SysML

La description structurelle d'un système consiste à :

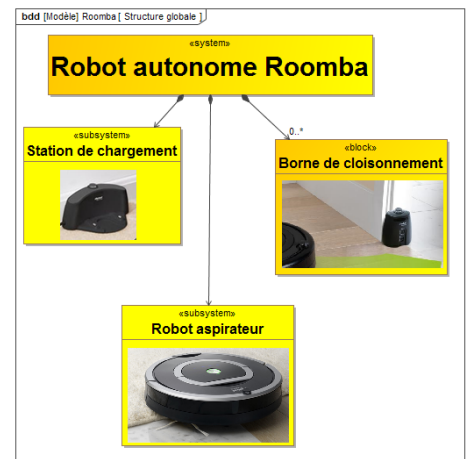
- définir les composants du système étudié, sous forme hiérarchique (diagramme de définition de blocs)
- définir les échanges entre ces composants (diagramme des blocs internes).

I.1 Le diagramme de définition de blocs (block definition diagram — bdd)

Le **diagramme de définition de blocs (bdd)** permet de réaliser l'**inventaire** des composants qui constituent le système en le décomposant en **sous-systèmes**, puis en **composants élémentaires** par une **analyse descendante**.

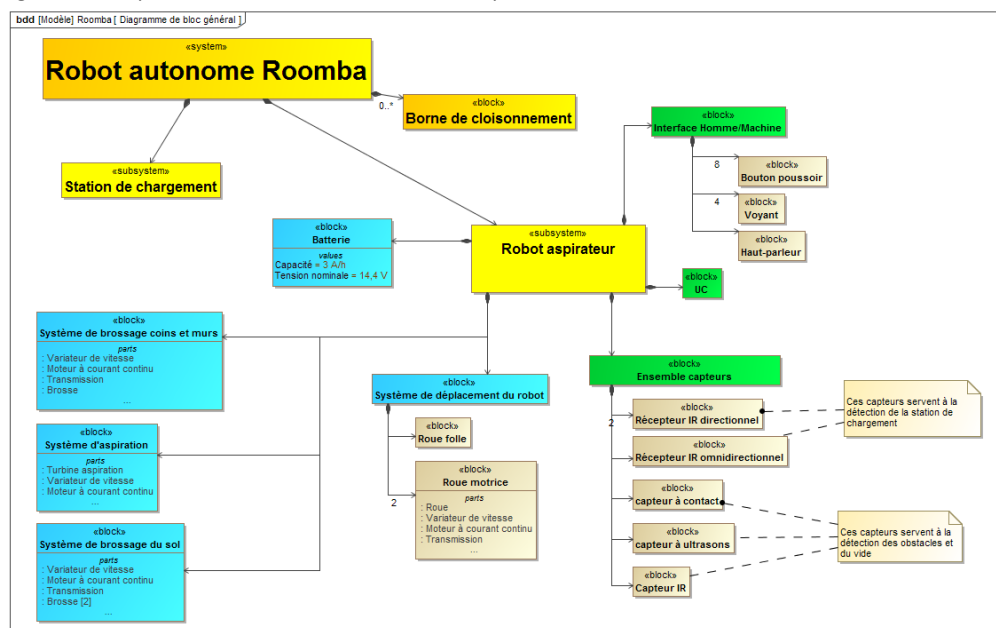
Le bdd permet d'avoir un premier aperçu, plus ou moins détaillé de la structure du système.

Exemple : iRobot fabrique et commercialise des robots capables de passer l'aspirateur de façon autonome. Le robot aspirateur ajuste ses déplacements pour couvrir la surface à nettoyer en évitant obstacles et chutes.



Dans une première approche, la structure du système peut être présentée comme ci-contre.

Le diagramme ci-après détaille la structure du robot aspirateur.



Une utilisation originale de ce robot aspirateur :



On retrouve ici la notion de frontière d'étude abordée dans le cours précédent. Celle qui a été choisie dans cet exemple englobe le robot mais aussi les accessoires associés.

I.2 Diagramme de blocs internes (*internal block diagram — ibd*)

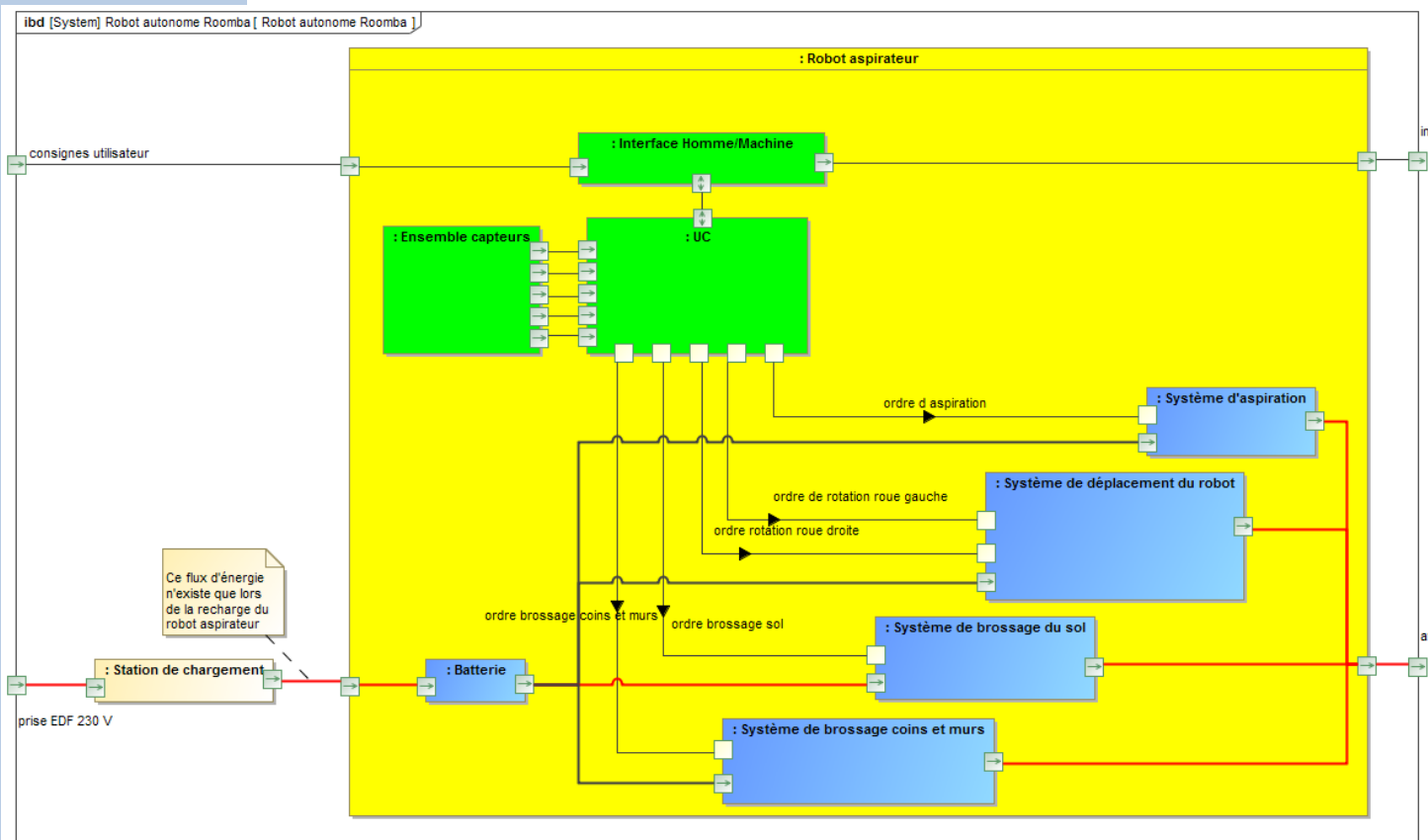
Le **diagramme de blocs internes** permet d'identifier les échanges de matière, d'énergie et d'information entre les composants.

(1) Grâce aux logiciels dédiés au langage SysML, on connecte ensuite les différents diagrammes entre eux. Certains blocs sont liés à d'autres diagrammes qui viennent détailler leurs contenus.

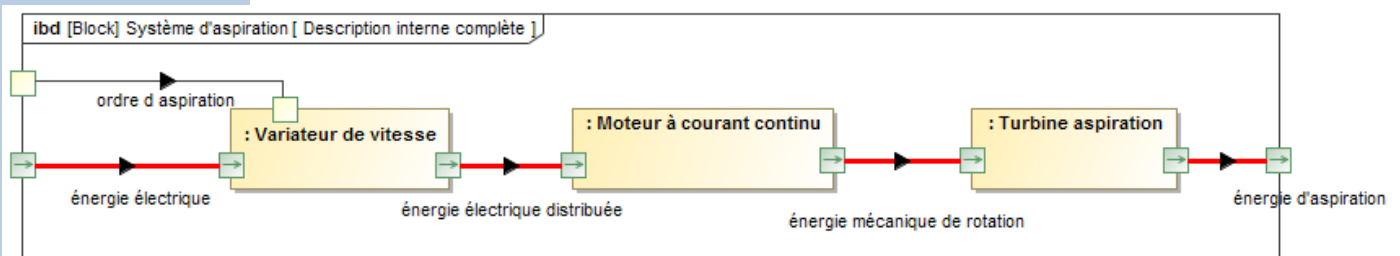
Avec ce type de diagramme, on peut, comme pour le diagramme de définition de blocs, faire le choix de décrire la structure d'un système avec différents niveaux de raffinement.

Dans le cas d'un système complexe, on évite de concentrer toutes les informations sur un seul et même diagramme de blocs internes ce qui le rendrait illisible. On construit alors autant de diagrammes de définition de blocs que l'on souhaite avec des niveaux de précision et de raffinement différents⁽¹⁾.

Exemple : dans le cas du système Roomba, on peut choisir de présenter la structure du robot autonome associé à la station de rechargement en ne détaillant que certains blocs.



Ou alors, on peut choisir de détailler uniquement le dispositif d'aspiration du robot autonome.



II Description structurelle par chaînes de puissance et d'information

(1) Ces différences, liées aux choix de leurs concepteurs, sont conditionnées par de nombreux facteurs : techniques, culturels, économiques...

Même lorsqu'ils répondent à un même besoin, les systèmes sont en général conçus de façon très différente les uns des autres⁽¹⁾. On peut cependant décrire leur structure d'une manière relativement générale et retrouver chez chacun d'entre eux des familles de composants qui réalisent des fonctions similaires.

Cette approche permet à l'ingénieur d'aborder méthodiquement la complexité des systèmes industriels

II.1 Description structurelle d'une activité d'un système

Pour répondre aux exigences du cahier des charges un système réalise souvent plusieurs activités de manière successive ou simultanée. Chacune de ces activités peut être décrite sous la forme d'une :

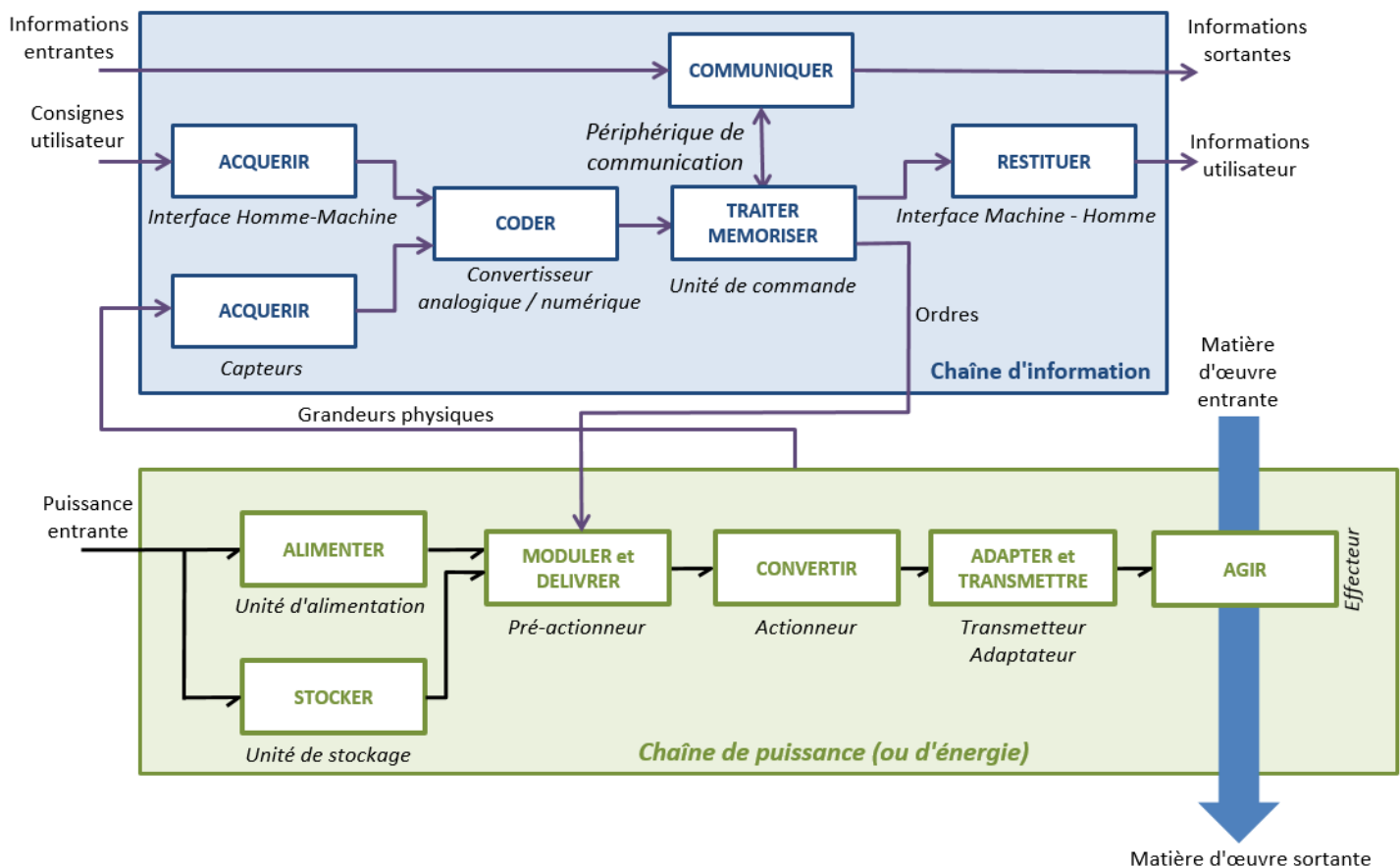
Chaîne d'information

- Elle est constituée des éléments qui participent, pour la réalisation de l'activité étudiée, à l'**acquisition**, au **traitement** et à la **communication des informations** sous ses diverses formes.

Chaîne de puissance⁽²⁾

- Elle est constituée des éléments qui participent, pour la réalisation de l'activité étudiée, au **stockage**, au **transport** et à la **transformation de la puissance** sous ses différentes formes.

Pour cela, on utilise une représentation graphique⁽³⁾ qui se généralise sous la forme suivante :



(4) Par abus de langage, on pourra parler des chaînes de puissance et d'information DU système lorsque celui est mono-activité.

Ainsi les chaînes de puissance et d'information regroupent un ensemble de constituants organisés en vue de la réalisation d'une seule activité du système. Dans un système complexe, on peut recenser un nombre important de ces chaînes⁽⁴⁾.

Enfin, on notera que pour réaliser une activité, toutes les fonctions des chaînes de puissances et d'information ne sont pas nécessairement présentes et certaines peuvent l'être plusieurs fois. La structure présentée précédemment est donc à adapter au cas par cas.

II.2

Chaîne de puissance : types de puissances, fonctions et constituants usuels associés

Les types de puissances

Les échanges dans la chaîne d'énergie sont caractérisés par des puissances qui correspondent aux flux d'énergie transférés entre les composants.

L'énergie mesure la **capacité** d'un système à **modifier un état** ou à **produire un travail**.

L'unité dans le système international est le **joule (J)**.

Cette notion générale est précisée dans les champs d'application : électromagnétisme, mécanique, thermique, chimie, etc.

La **puissance**, quant à elle, est la **quantité d'énergie** échangée **par unité de temps** entre les composants d'un système ou entre les systèmes. C'est une **grandeur instantanée**.

L'unité dans le système international est le **watt (W)** ($1 \text{ W} = 1 \text{ J.s}^{-1}$).

La puissance, notée P , une grandeur scalaire, est toujours le **produit de deux grandeurs⁽¹⁾ variables**, scalaires ou vectorielles, dépendant du temps.

L'une d'entre elle est appelée **flux** et notée f , l'autre est appelée **effort** et notée e .

$$\text{On a alors : } P(t) = e(t) \times f(t) \text{ ou } P(t) = \vec{e}(t) \cdot \vec{f}(t)$$

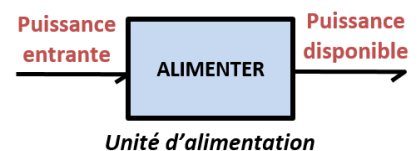
Les deux termes sont génériques. Le tableau suivant précise l'effort et le flux dans des domaines particuliers :

Puissance	Grandeur effort $e(t)$	Grandeur flux $f(t)$
électrique	tension $u(t)$	intensité $i(t)$
mécanique de translation	force $F(t)$	Vitesse linéaire $V(t)$
mécanique de rotation	couple ⁽²⁾ $C(t)$	vitesse angulaire $\omega(t)$ ⁽³⁾
hydraulique ou pneumatique	pression $p(t)$	débit volumique $q_v(t)$

Le type de puissance (électrique, mécanique de translation...) est souvent précisé le long des liens dans la chaîne de puissance, ainsi que les grandeurs effort et flux qui la caractérise.

Unité d'alimentation

Fonction : adapter, si nécessaire, les caractéristiques de la puissance entrante aux besoins de la chaîne de puissance.



Transformateur AC-DC



Onduleur



Manomètre

Unité de stockage

Fonction : permettre le stockage de l'énergie en vue de rendre le système autonome temporairement.



Batterie



Réservoir



Ressorts

(1) La définition exacte de ces termes sera précisée en physique et en SII en 2^e année.

(2) Effort tournant (pour visser une vis, par exemple) en $\text{N} \cdot \text{m}$ (Newton x mètres)

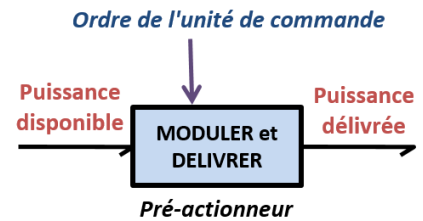
(3) Lorsqu'un objet tourne par rapport à un autre (hélice d'une éolienne par rapport au mât, par exemple), sa position est définie par un angle entre des directions fixes sur chacun des objet. Puisqu'il y a mouvement, cet angle varie au cours du temps.

La vitesse angulaire définit la variation de la position angulaire par unité de temps.

En rad/s ou en tour/min

Pré-actionneur

Fonction : délivrer, sur ordre de l'unité de commande, la puissance utile aux actionneurs.



carte de puissance



contacteur



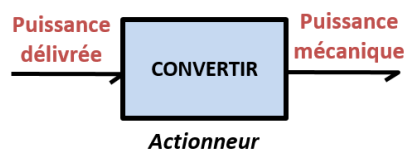
variateur



distributeur pneumatique

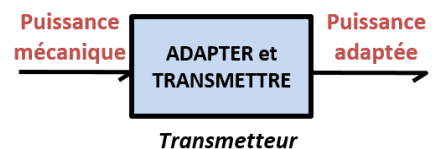
Actionneur

Fonction : convertir la puissance délivrée en puissance mécanique de translation ou de rotation.

moteur à
courant continumoteur
asynchronevérin
pneumatiquevérin
hydraulique

Transmetteur

Fonction : adapter et transmettre la puissance mécanique en sortie de l'actionneur pour la rendre utilisable par l'effecteur.



Sans transformation du mouvement



engrenage



poulie courroie

Avec transformation du mouvement



vis-écrou

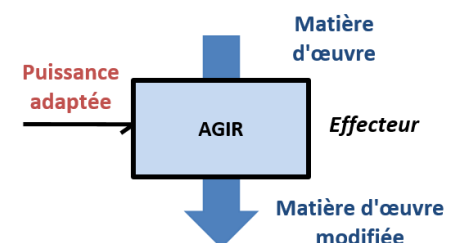


pignon-crémaillère

Effecteur

Fonction : effectuer la transformation de la matière d'œuvre⁽¹⁾.

Exemples : doigts d'une pince, tapis roulant, outil d'un centre d'usinage, ventouse ou électro-aimant d'un système de préhension...



(1) On appelle matière d'œuvre ce sur quoi agit le système.

Cette intervention peut se traduire par une ou plusieurs actions :

- une modification de forme
- un déplacement ;
- ...

II.3

Chaîne d'information : types de d'information, fonctions et constituants usuels associés

Les types d'information

(1) exemple : Le signal de sortie d'un capteur qui renvoi une tension électrique directement proportionnelle à la grandeur physique mesurée.

(2) exemple : le signal en sorti d'un bouton poussoir.

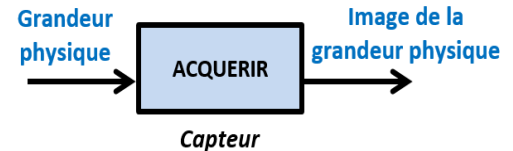
(3) Cette fonction sera étudiée plus en détail au 2^e semestre.

Dans une chaîne d'information, l'information traitée peut être de trois types :

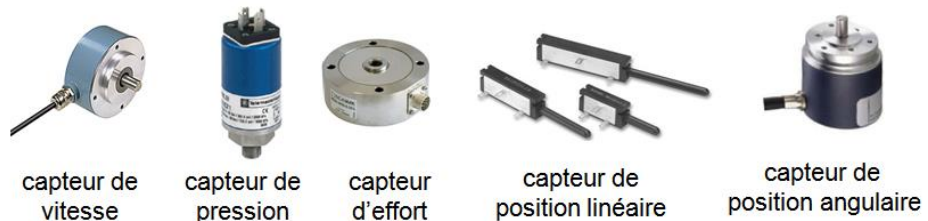
- **Analogique**⁽¹⁾, le signal peut prendre une infinité de valeurs car il varie en continue ;
- **numérique**, le signal prend des valeurs discrètes transmises sous la forme d'une combinaison de digits (*bits*) ;
- **logique**⁽²⁾, le signal n'admet que deux valeurs distinctes : tout ou rien (0 ou 1).

Capteur

Fonction : acquérir une grandeur physique et en produire une image exploitable⁽³⁾ par l'unité de commande.



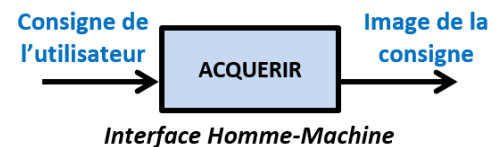
Lorsque c'est nécessaire, il faut associer un codeur pour convertir le signal analogique issue du capteur ou de l'IHM en données numériques utilisables par l'unité de commande. C'est la fonction du bloc « CODER »⁽¹⁾.



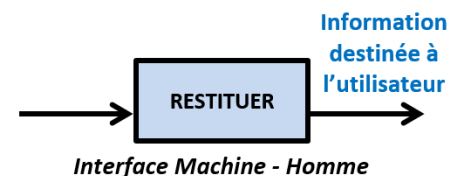
Interface homme - machine (IHM)

Fonctions :

- traduire la consigne d'un utilisateur en une image exploitable par la partie commande ;



- informer l'utilisateur sur l'état du système.

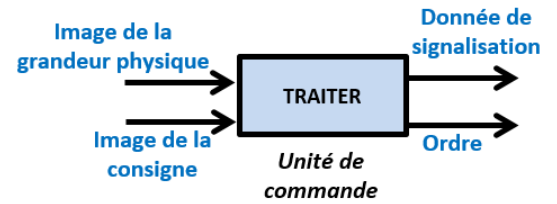


✎ Dans la chaîne d'information, les signaux sont souvent sous forme électrique. La tension vaut de 3 à 24 V.

Unité de commande

Fonctions :

- traiter, à l'aide d'un programme implanté en mémoire, les informations en provenance des capteurs et de l'interface homme – machine afin de générer les ordres destinés au pré-actionneur.
- envoyer des signalisations à l'interface M/H qui seront traduites en messages écrits ou en signaux lumineux et/ou sonores à destination de l'utilisateur.



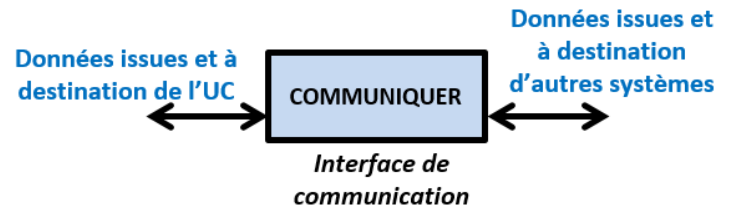
automate programmable



micro-contrôleur

Interface de communication

Fonction : permettre au système d'échanger des informations avec d'autres systèmes.



Interface E/S bus



Carte réseau



Emetteur/récepteur Wifi - Bluetooth

La fonction COMMUNIQUER est devenue une fonction essentielle dans les systèmes actuels.

Ils sont désormais très souvent communicants, ce qui permet la prise de commande à distance, les mises à jour automatiques, le diagnostic et la maintenance à distance, ...