

# Analyser et décrire un système

PCSI 2019-2020

## Table des matières

<b>1. Décrire les fonctions et la structure d'un système en SysML</b> .....	2
<b>1.1 Notion de systèmes pluri-technologiques</b> .....	2
<b>1.2 Notion de frontière d'étude</b> .....	3
<b>1.3 Cycle de vie d'un système et démarche de l'ingénieur</b> .....	3
<b>1.4 Les outils de modélisation système</b> .....	4
<b>1.5 Description fonctionnelle en SysML</b> .....	5
<b>1.6 Description structurelle en SysML</b> .....	8
<b>2. Décrire une activité d'un système par une chaîne fonctionnelle</b> .....	10
<b>2.1 Notion d'activité</b> .....	10
<b>2.2 Notion de chaîne fonctionnelle</b> .....	10
<b>2.3 Chaîne d'énergie-puissance</b> .....	13
<b>2.4 Chaîne d'information</b> .....	17
<b>Sources</b> .....	19

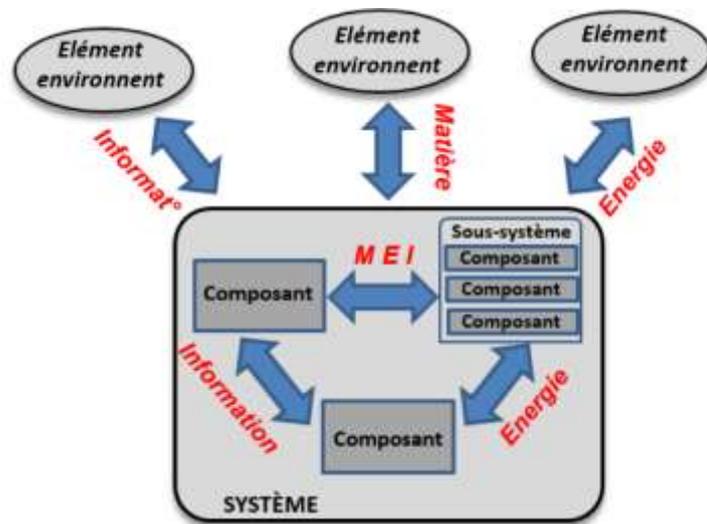
# 1. Décrire les fonctions et la structure d'un système en SysML

## 1.1 Notion de systèmes pluri-technologiques

Un **système** est une **association structurée d'éléments** (sous-systèmes ou constituants) qui **interagissent** d'une manière **organisée** pour accomplir une **fonction globale**.

Un système est dit **complexe** et **pluri-technologique** lorsque les éléments sont nombreux et les interactions (échanges de matière, d'énergies ou d'informations) de formes différentes.

Tout système s'insère dans un **milieu environnant**.



Exemples de systèmes complexes pluri-technologiques :

		
Eolienne Enercon E-126 EP4	Satellite Soyouz	Robot humanoïde <sup>1</sup> Atlas du laboratoire Boston Dynamics

Dans le laboratoire de sciences industrielles de l'ingénieur du lycée : cordeuse de raquettes de tennis, direction assistée électrique, robot Nao ...

Pour maîtriser le comportement d'un système, il faut maîtriser le comportement de chaque élément ainsi que les interactions entre ces éléments :



Les sciences industrielles de l'ingénieur (SII) en CPGE ont pour objectif d'apprendre aux futurs élèves ingénieurs à aborder méthodiquement cette complexité via différentes compétences : **analyser**, **modéliser**, **résoudre**, **expérimenter** et **concevoir**. Les SII nécessite aussi d'utiliser des outils de **communication** adaptés.

<sup>1</sup> Lien : <https://www.youtube.com/watch?v=fRj34o4hN4I>

## 1.2 Notion de frontière d'étude

La **frontière d'étude** permet de définir le **système étudié**. Elle permet de distinguer ses constituants ou **sous-systèmes internes** de **l'environnement extérieur**.

Un système n'est jamais isolé de l'extérieur, mais au contraire, il interagit avec lui. Il doit s'adapter aux contraintes de son environnement.

**Exemple** avec le Falcon 7X : avion d'affaires haut de gamme de la société Dassault Aviation (avion pouvant franchir une distance de 11 000 km et voler à une vitesse de l'ordre de Mach 0,85 (~1000 km/h)).

Pour la société Dassault : le système étudié est l'avion avec ses passagers, bagages et carburant. L'environnement extérieur comprend l'air, le sol, les autres avions, les tours de contrôles... Les constituants internes comprennent les passagers, le fuselage, les ailes, les moteurs...

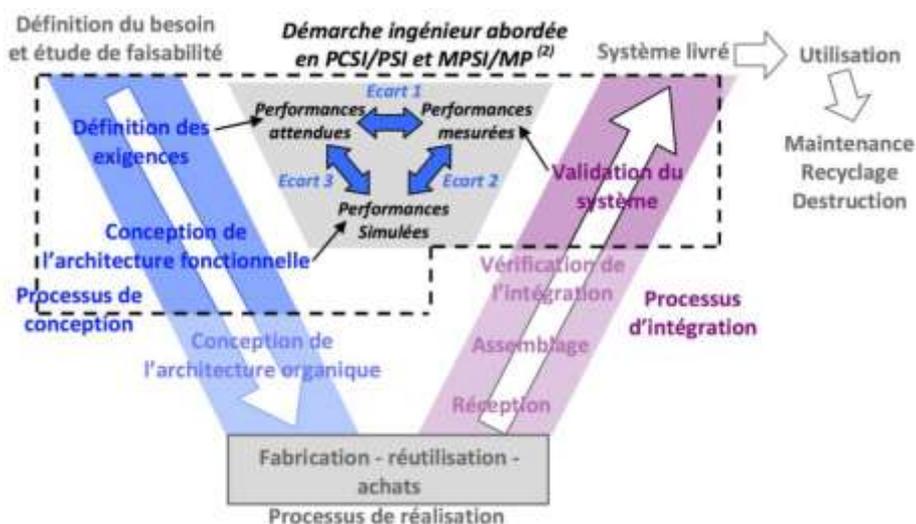


Pour le motoriste Pratt & Whitney : le système étudié est le moteur (ce qui correspond à un sous-système pour Dassault). Son environnement comprend l'air et le reste de l'avion. Nacelle et fuselage deviennent des éléments de l'environnement extérieur. Les constituants internes comprennent le rotor, le stator, les différents capteurs (qui peuvent eux aussi être perçu comme un système...) ...

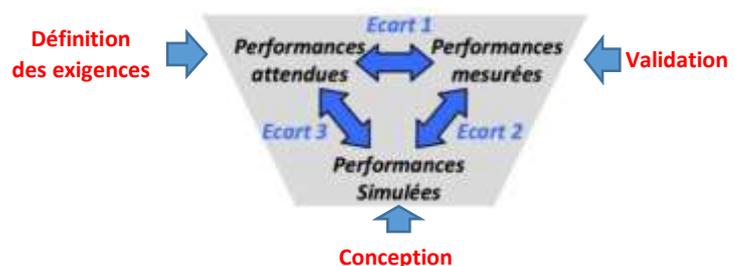
## 1.3 Cycle de vie d'un système et démarche de l'ingénieur

Le **cycle de vie** recense les **différentes étapes** de la vie d'un système, de **l'identification du besoin** à l'origine de sa conception **jusqu'au recyclage** de ses constituants lorsqu'il n'est plus utilisé.

Un cycle en V est alors défini afin de décrire ces différentes étapes :



En PCSI, seule la partie du cycle délimitée par les pointillés noir est abordée. La démarche se focalise sur la détermination de performances et des écarts entre ces performances :



## 1.4 Les outils de modélisation système

Le travail des différents acteurs intervenant lors des étapes du cycle de vie d'un système est **collaboratif** et souvent multi-sites (grâce à internet, et en particulier au «Cloud», tous les documents peuvent maintenant être partagés en temps réel). Cela signifie que de nombreux acteurs, répartis parfois sur plusieurs pays, doivent être informés et tenir compte des évolutions initiées par d'autres en permanence afin que tout le monde travaille sur le même produit.



Bureau d'étude Airbus

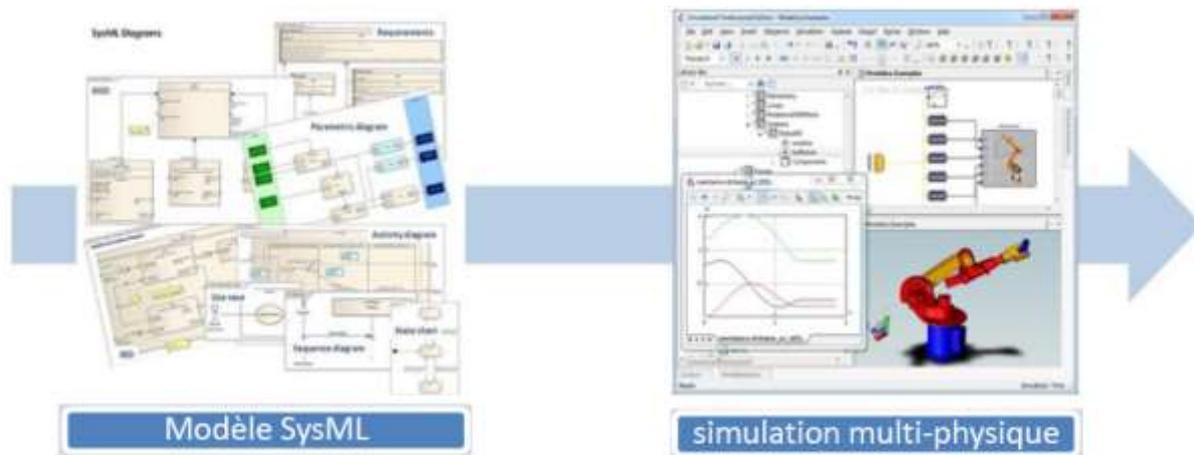
Dans ce contexte, les entreprises utilisent des outils communs de communication et de définition :

- **maquette numérique** unique et partagée ;
- **langage unique** (dans la mesure du possible) et compréhensible par tous les métiers ;
- **modélisations** du système basées sur cette maquette et ce langage.

Une des solutions vers laquelle se sont tournées certaines entreprises (Airbus, Thalès, Alstom...) est le **langage SysML** (*Systems Modeling Language*). C'est un langage de description de **l'ingénierie système**. Le **langage SysML** a l'avantage de proposer différents outils de description graphique (diagrammes), permettant de modéliser le système dans les différentes phases du cycle. **Ces diagrammes interagissent entre eux** grâce à des logiciels dédiés, ce qui permet de retransmettre immédiatement des modifications à l'ensemble des acteurs concernés par le projet.



Les maquettes numériques et les diagrammes à eux seules ne suffisent pas pour développer un système. Il est nécessaire d'utiliser aussi des **logiciels de simulation** qui permettent d'anticiper la façon dont va se comporter un système sans avoir réalisé un premier prototype (ce qui est très coûteux).



En PCSI/PSI, concernant ces outils de l'ingénierie système, vous serez amené à :

- **utiliser des maquettes numériques** dans un logiciel professionnel (SolidWorks) ;
- **utiliser certains diagrammes du langage SysML** permettant de décrire les fonctions et la structure des systèmes étudiés ;
- **réaliser des simulations numériques** afin d'évaluer les performances de ces systèmes.

Dans ce cours, différents diagrammes seront abordés uniquement pour décrire des systèmes existants.

### 1.5 Description fonctionnelle en SysML

L'analyse fonctionnelle permet, pour un système correctement isolé de son **milieu extérieur** à l'aide d'une **frontière d'étude**, de décrire le **besoin** auquel il répond et de définir les **contraintes** auxquelles il doit s'adapter.

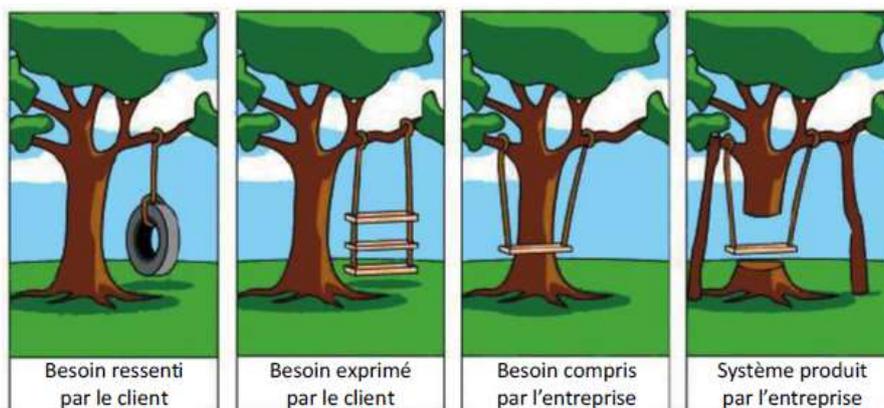
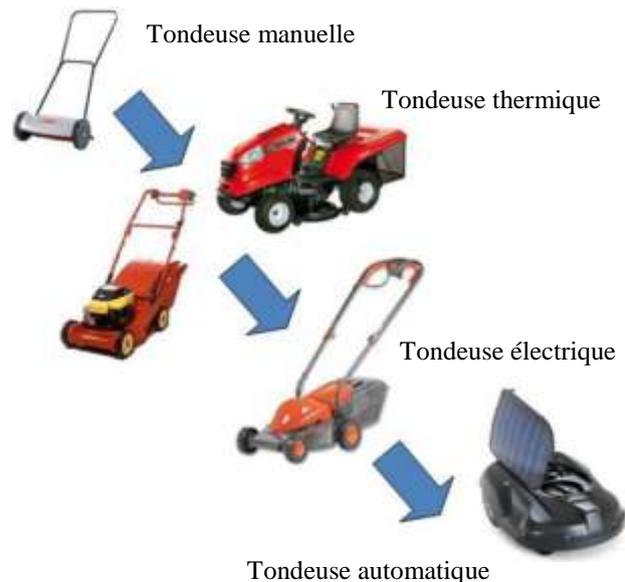
Dans la démarche d'**ingénierie système**, c'est une étape indispensable pour s'**assurer** que le **système** à concevoir **répondra** le mieux possible aux **besoins** de ses futurs **utilisateurs**.

#### Identification et formalisation du besoin du client

Une entreprise doit vendre les systèmes qu'elle produit. Et, par hypothèse, **un client achète un système si celui-ci répond à son besoin et le satisfait**.

Estimer le besoin des clients potentiels est donc indispensable, mais complexe car le besoin est en évolution constante sous l'effet des changements économiques, sociaux et environnementaux, et des innovations.

Une entreprise recherche l'adéquation entre le besoin du client et la meilleure façon (d'un point de vue technico-économique) de répondre à ce besoin via des **fonctions**. Il est alors nécessaire de bien formaliser les besoins et les fonctions à réaliser.



Les diagrammes SysML des **cas d'utilisation** et des **exigences** permettent de **formaliser le besoin** d'un client et de décrire la manière dont le système à concevoir va devoir y répondre à travers les fonctions qu'il réalisera.

Ces descriptions doivent permettre d'estimer le taux de satisfaction attendu.



## Définition de la fonction globale d'un système : diagramme des cas d'utilisation (uc)

La **fonction globale** d'un système est la « **raison d'être** » du système, du point de vue de l'utilisateur.

### Exemple : Fonction d'un aspirateur

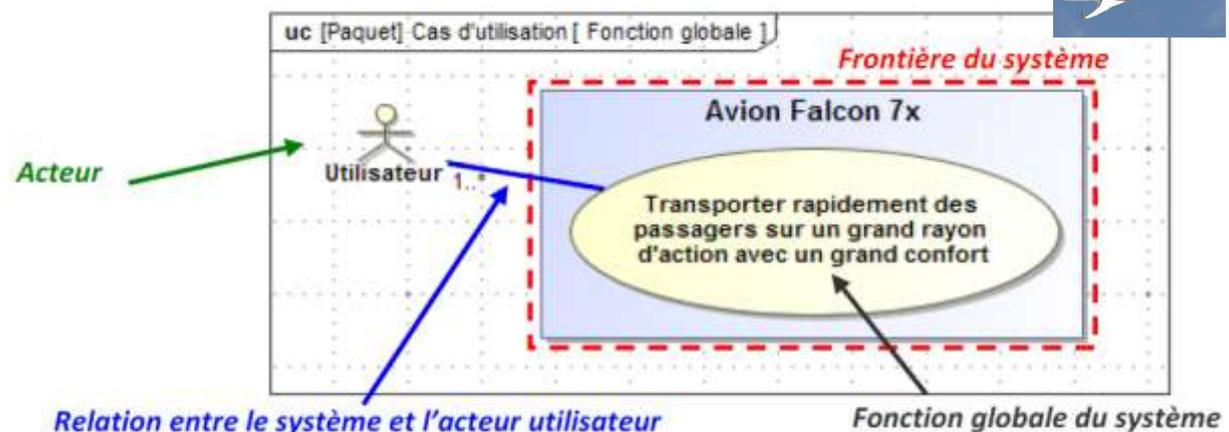
Quelle est la fonction globale d'un aspirateur : aspirer, nettoyer ou dépoussiérer ?

- Aspirer ne convient pas car la solution technologique est déjà pressentie (créer un flux d'air, créer une dépression...). On pourrait imaginer une autre solution permettant d'obtenir le même résultat.
- Nettoyer ne convient pas car un aspirateur n'a pas pour fonction d'enlever des tâches par exemple.
- Dépoussiérer est la meilleure réponse car elle cerne bien le besoin utilisateur sans induire de solution technologique particulière.



Le **diagramme SysML des cas d'utilisation** (*Use Case Diagram* –uc-) permet d'exprimer la **fonction globale** d'un système. Il définit aussi les différents types d'utilisateurs, nommés **acteurs** (humains ou non, principaux ou secondaires), et les **services attendus** par chacun d'eux.

Exemple avec le Falcon 7X :



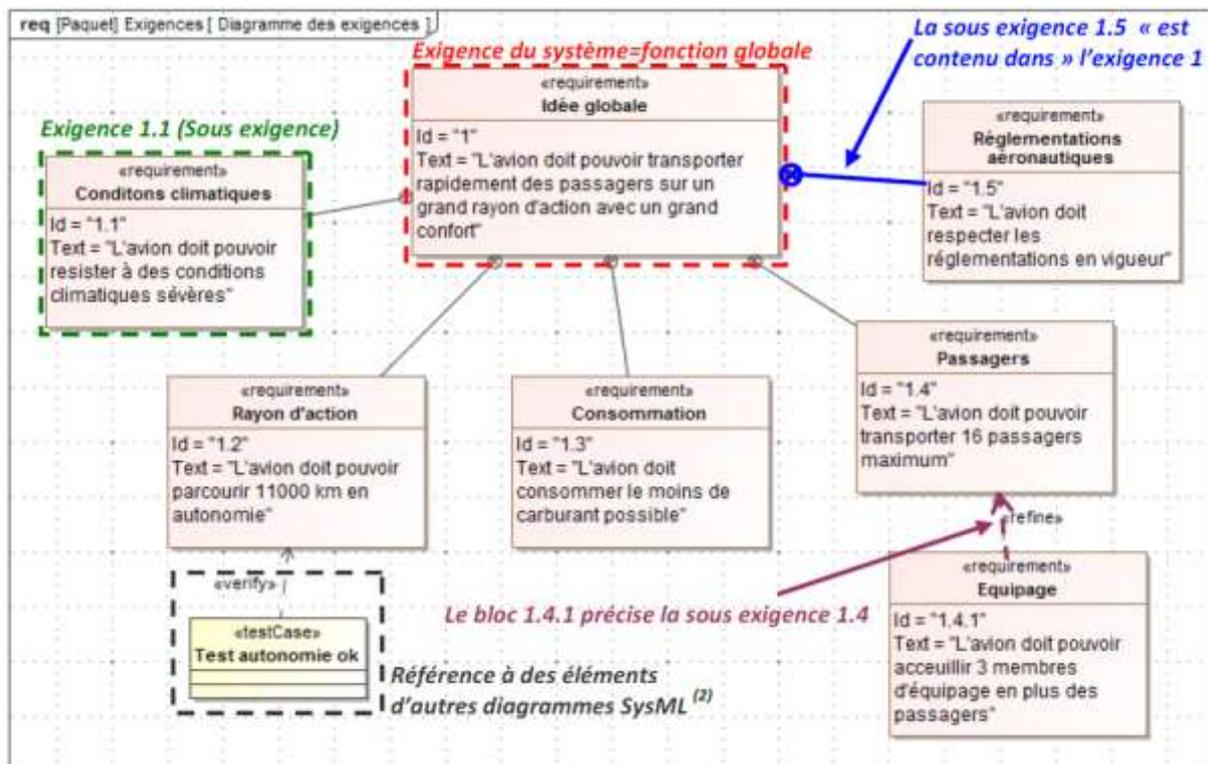
Il peut y avoir plusieurs acteurs. Dans la cas du Falcon 7X par exemple, on pourrait différencier les passagers du personnel navigant (pilote, co-pilote, stewarts,..)

## Définition et caractérisation des exigences : diagramme des exigences (req)

### Définir les exigences :

Le **diagramme SysML des exigences** (*Requirement Diagram* – req –) regroupe des **exigences liées** aux **besoins d'utilisateurs** ou aux **contraintes des éléments du milieu extérieur**. Une exigence exprime une **capacité** ou une **contrainte à satisfaire** par le système.

Exemple toujours avec le Falcon 7X : proposition d'un diagramme partiel des exigences :



**Caractériser les exigences (critère, niveau et flexibilité) :**

Une exigence est caractérisée par :

- un **critère** (grandeur physique mesurable) ;
- un **niveau** attendu (valeur exigée) ;
- une **flexibilité** (l'écart acceptable sur le niveau attendu).

Exemple avec le Falcon 7X :

Id.	Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
1.3	L'avion doit consommer le moins de carburant possible	Consommation moy.	30 % de moins que le Falcon 2000	28% max
1.4	L'avion doit pouvoir transporter 16 passagers maximum	Masse maximale totale embarquée	2400 kg	-5%
1.5	L'avion doit respecter les réglementations en vigueur	Norme aéronautique DO-178B	Respect total	Aucune

**Synthèse des exigences: le cahier des charges :**

Un diagramme des exigences doit être établi pour chacun des modes et chacune des phases d'utilisation du système (stockage, maintenance, mode manuel, mode automatique...). L'ensemble des exigences qui doivent être satisfaites par le système et leurs caractéristiques (critère et niveau) sont regroupées dans le **cahier des charges**.

En entreprise, le cahier des charges sert aux échanges entre les acteurs d'un projet et permet de capitaliser leurs savoirs et savoir-faire. C'est un document clé de l'expertise industrielle.

En CPGE, ce sont les données issues de ce cahier des charges qui vont nous permettre de quantifier les écarts entre les performances attendues d'un système et :

- ses performances réelles (mesurées expérimentalement en TP) ;
- ses performances anticipées (calculées analytiquement ou par simulation).

Remarque : les exigences sont spécifiques au domaine d'application du système : transport, électronique grand public, santé, domotique, service...

## 1.6 Description structurelle en SysML

L'analyse structurelle permet de définir les **constituants internes** au système (de quoi est-il constitué ?) et comment ceux-ci **interagissent**. Elle consiste à :

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

### Inventaire des constituants : diagramme de définition de blocs (bdd)

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

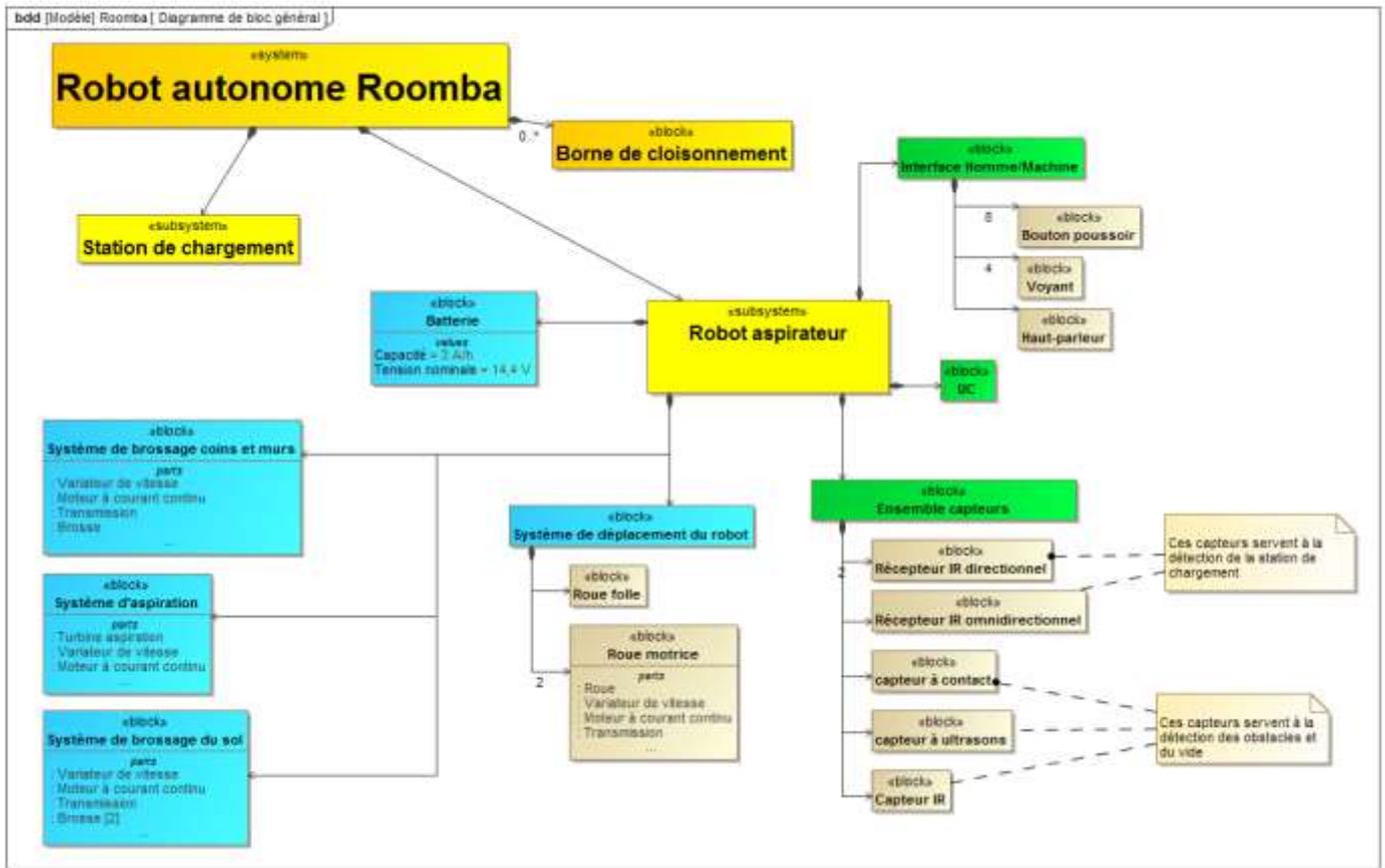
Le bdd permet d'avoir un premier aperçu, plus ou moins détaillé de la structure du système.

**Exemple** : *iRobot* fabrique et commercialise des robots capables de passer l'aspirateur de façon autonome. Le robot aspirateur Roomba 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 alors plus précisément la structure du robot aspirateur.

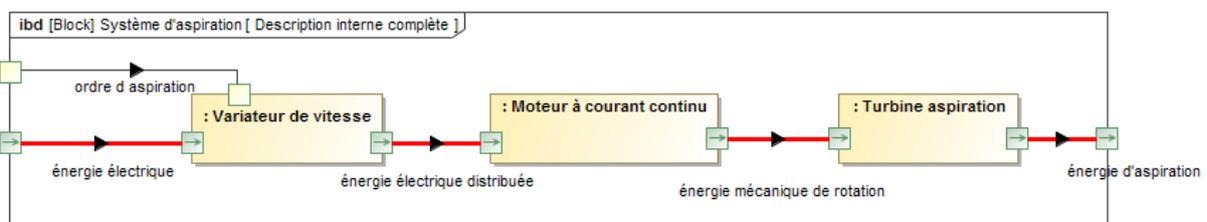


**Identification des échanges entre les constituants : diagramme de blocs internes (ibd)**

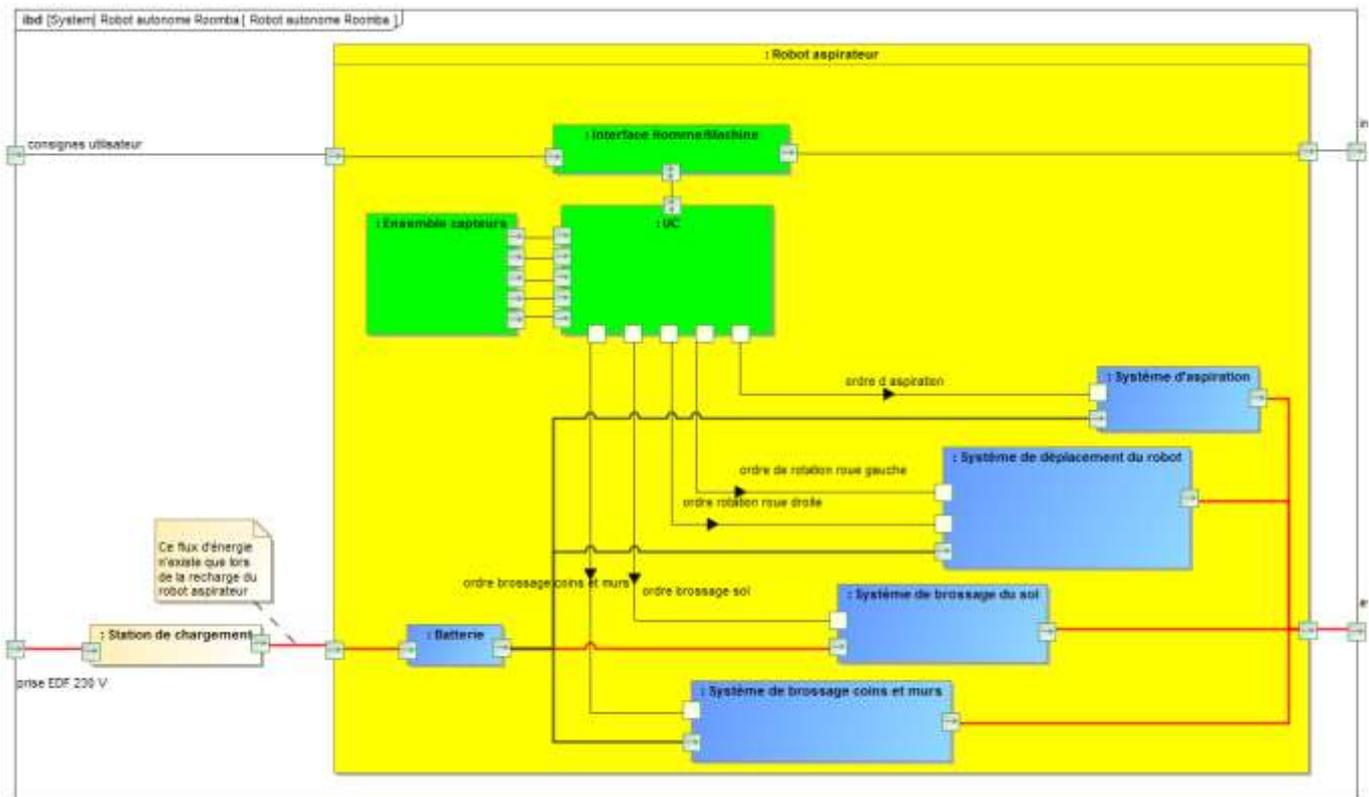
Le **diagramme de blocs internes** permet d'identifier les échanges de matière, d'énergie et d'information entre les constituants. Avec ce type de diagramme, on peut, comme pour le diagramme de définition de blocs, faire le choix de décrire la structure d'un système avec différents niveaux de raffinement.

Dans le cas d'un système complexe, on évite de concentrer toutes les informations sur un seul et même diagramme de blocs internes (cela le rendrait illisible puisqu'il y aurait trop d'informations). On construit alors autant de diagrammes de définition de blocs que l'on souhaite avec des niveaux de précision et de raffinement adaptés.

**Exemple** : dans le cas du système Roomba, on peut choisir de présenter la structure du robot autonome en détaillant uniquement le dispositif d'aspiration :



Ou alors, on peut choisir de détailler que certains blocs :



Remarque : Sur ce type de diagramme, les « petits carrés » appelés « **ports** » modélisant les **flux d'énergie et d'information** possèdent des flèches alors que les « ports » modélisant des **commandes** n'ont pas de flèche.

## 2. Décrire une activité d'un système par une chaîne fonctionnelle

### 2.1 Notion d'activité

Pour répondre aux exigences du cahier des charges **un système réalise une ou plusieurs activités** de manière successive ou simultanée.

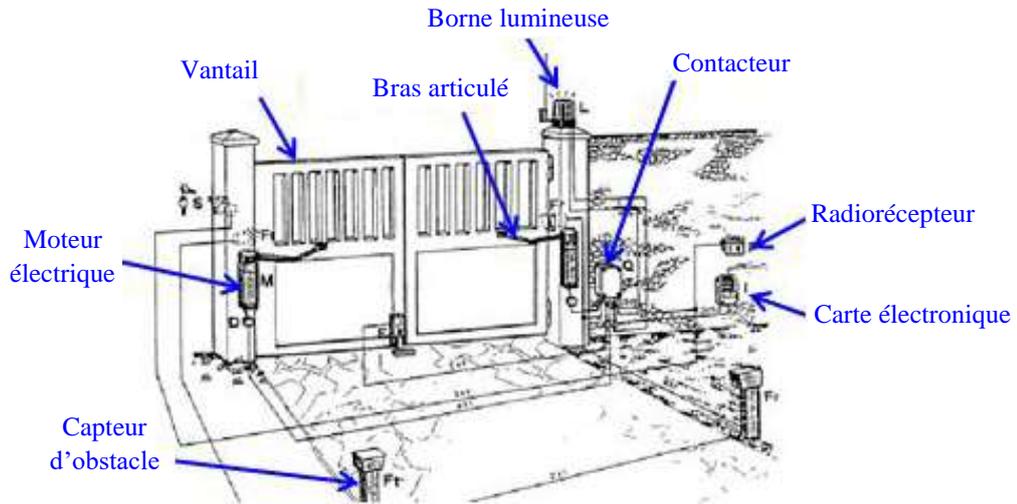
Exemple d'un système mono-activité : portail automatique → activité ouvrir/fermer vantail

Exemple d'un système pluri-activités : robot aspirateur → activité se déplacer + activité aspirer + activité brosseage coins + activité brosseage sol.

### 2.2 Notion de chaîne fonctionnelle

Explication par l'exemple avec un portail automatique :

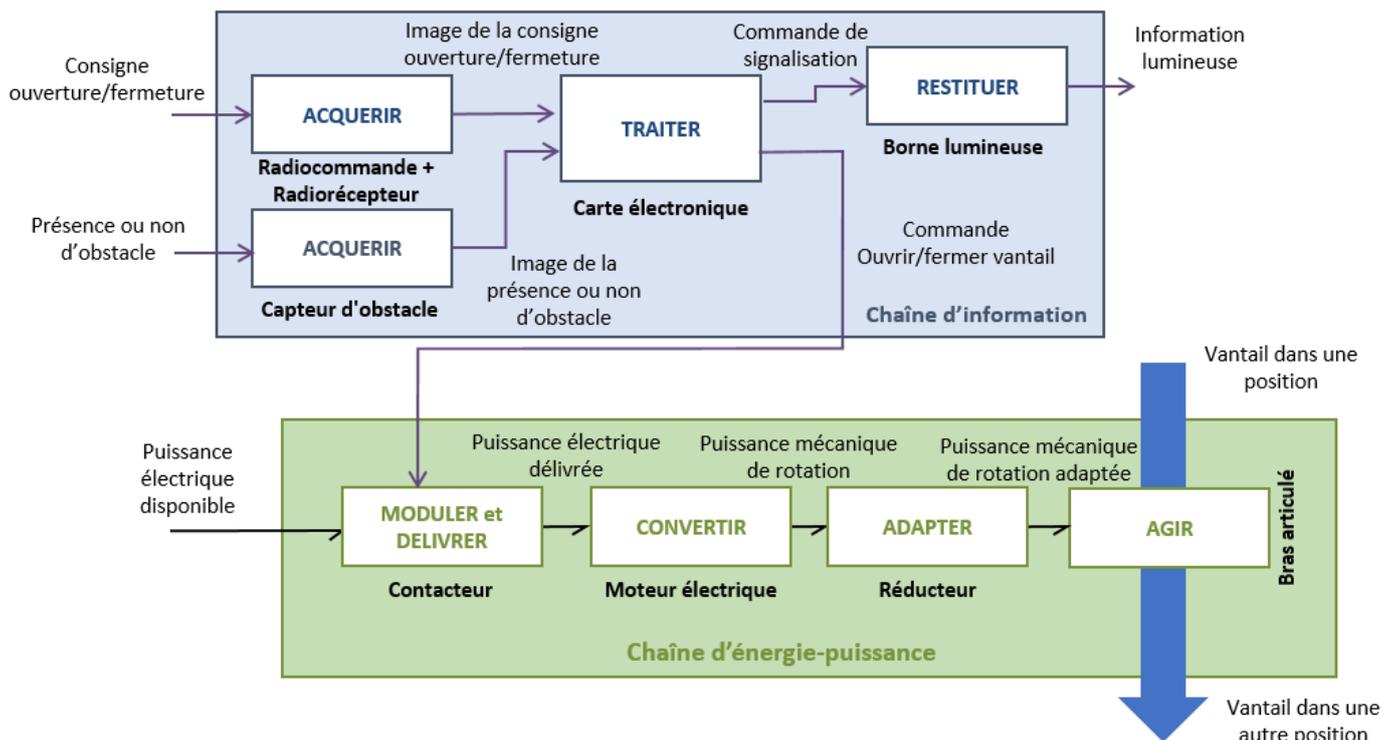
À la réception de la **consigne d'ouverture/fermeture** en provenance du **radiorécepteur associé à une radiocommande**, et à condition qu'aucune information de présence d'un obstacle ne provienne des **capteurs**, la **carte électronique** commande un **contacteur** afin d'alimenter des motoréducteurs, chacun composés d'un  **moteur** et d'un **réducteur**. Ces derniers entraînent alors le déplacement des vantaux par l'intermédiaire des **bras articulés**.



Questions pour comprendre le fonctionnement du système :

- Quelle **matière d'œuvre** est modifiée par cette activité ? la position du vantail
- Quelle est la forme de la puissance en entrée du système ? électrique pour le moteur
- Quel constituant convertit cette puissance ? le moteur électrique
- Quel constituant agit directement sur la **matière d'œuvre** ? le bras articulé
- Quel constituant acquiert la consigne de l'utilisateur ? la radiocommande associé au
- radiorécepteur
- Quel constituant traite l'information ? la carte électronique
- Quel constituant acquiert la présence d'obstacle ? le capteur d'obstacle
- Quel constituant restitue une information à l'utilisateur ? la borne lumineuse

L'ensemble des réponses peut être représenté sur un schéma représentant deux chaînes. L'une s'intéresse au traitement de l'information (la chaîne d'information) et l'autre à la conversion de la puissance (la chaîne d'énergie-puissance) :



La description par **chaîne fonctionnelle** permet de mettre en relation les **constituants internes** avec leur **fonction** dans la réalisation d'**une activité** particulière du système.

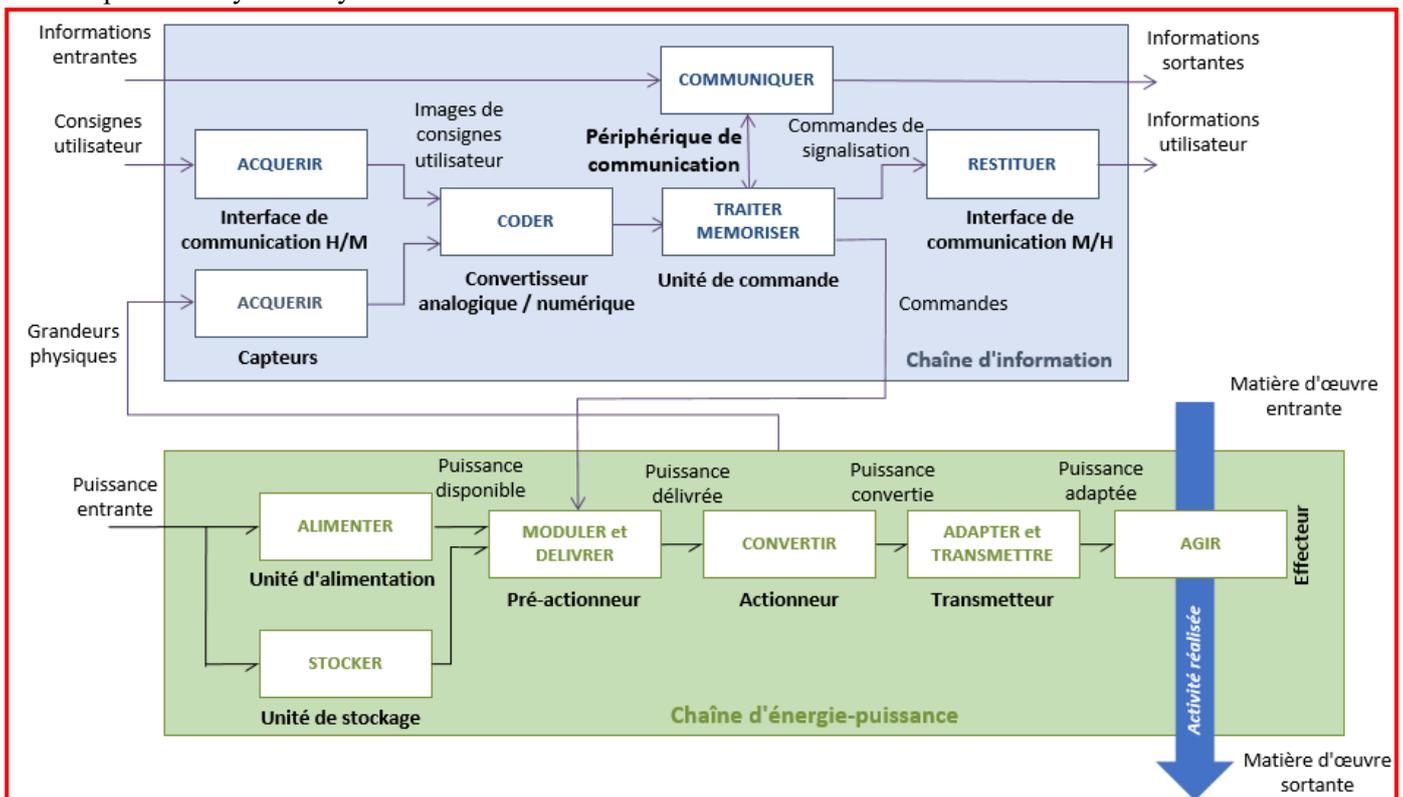
Une **chaîne fonctionnelle** met en œuvre une **unique activité**, modifiant une grandeur physique appelée **matière d'œuvre** (exemple pour l'activité de déplacement du robot aspirateur : matière d'œuvre = roues).

Une **chaîne fonctionnelle** comprend :

- un **flux d'information** → au travers d'une **chaîne d'information** qui **traite les informations** provenant de l'utilisateur et de capteurs afin de **définir les commandes** (ordres) aux **pré-actionneurs** ;
- un **flux d'énergie (puissance)** → au travers d'une **chaîne d'énergie-puissance** qui **gère la puissance** nécessaire pour **modifier la matière d'œuvre** ;
- un **flux de matière** → (pièce à déplacer ou à transformer...) modifié par l'**effecteur**.

Le schéma ci-dessous représente la structure générique des chaînes fonctionnelles :

Remarque : En CPGE, c'est ce «squelette», à connaître, qui nous servira comme structure de référence pour l'analyse des systèmes du laboratoire de SII.



Chaque constituant de la chaîne fonctionnelle est associé à une **fonction** et à une **famille de constituants**. Un **pré-actionneur** est une famille de constituant de la chaîne d'énergie-puissance recevant **une commande** de l'**unité de commande**.

Pour un système donné et une activité donnée :

- les noms des familles de constituants sont à remplacer par les **noms des constituants** ;
- le **type d'énergie (ou puissance)**, disponible, délivré, transmis, adapté... est à **préciser** ;
- les **grandeurs physiques acquises** par les capteurs sont à **préciser** ;
- toutes les fonctions ne sont pas nécessairement présentes, et certaines peuvent apparaître plusieurs fois.

Le **squelette des chaînes fonctionnelles** est à **adapter**.

## 2.3 Chaîne d'énergie-puissance

### Différence entre puissance et énergie

L'énergie et la puissance sont deux notions qui, bien que liées, sont différentes. Mettons ces différences en évidence à partir de l'exemple ci-contre. Pour déplacer la voiture de masse  $m$  sur une distance  $d$ , il faut fournir une certaine quantité d'énergie  $E$  (ou un certain travail  $W$  que l'on exprime **en joule (J)**). Cette quantité d'énergie à fournir est la même quelle que soit la vitesse de déplacement.



La **puissance**, quant à elle, correspond à la vitesse à laquelle l'énergie est fournie. En d'autres termes, c'est la **quantité d'énergie** développée **par unité de temps** ou encore le **flux d'énergie**. C'est donc une **grandeur instantanée**. Plus la vitesse de déplacement de la voiture est grande, plus la puissance fournie instantanément est grande, et plus vite la voiture sera déplacée. L'unité dans le système international est le **watt (W)** ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ ) (NB : dans le domaine automobile,  $1 \text{ cheval} = 736 \text{ W}$ ).



**Le travail ou l'énergie** représente **ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état initial à un état final**. Les moyens utilisés, le temps nécessaire ou la manière dont le chemin est parcouru entre ces deux états n'ont pas d'importance.

**La puissance** caractérise le **débit d'énergie** fourni à chaque instant. Elle ne dépend ni de l'état initial ni de l'état final du système, mais permet de décrire les flux d'énergie entre ces deux états. Le transfert de puissance dans la chaîne d'énergie-puissance correspond au flux d'énergie transféré entre les constituants.

### Type de puissance transférée (électrique, mécanique, hydraulique...)

La puissance, notée  $P$ , est une grandeur scalaire. Elle correspond au **produit de deux grandeurs variables** (scalaires ou vectorielles) dépendant du temps. L'une d'entre elle est appelée **flux** (notée  $f$ ), et l'autre est appelée **effort** (notée  $e$ ).

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

Ces deux termes sont génériques. Le tableau suivant précise l'effort et le flux pour différentes formes d'énergies (et donc de puissance) :

Puissance	Grandeur de type effort $e(t)$	Grandeur de type flux $f(t)$
Electrique	Tension $u(t)$	Intensité $i(t)$
Mécanique de translation	Force $F(t)$	Vitesse linéaire $V(t)$
Mécanique de rotation	Couple $C(t)$	Vitesse angulaire (de rotation) $\omega(t)$
Hydraulique (ou pneumatique)	Pression $p(t)$	Débit volumique $q_v(t)$

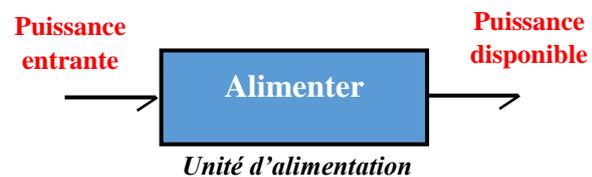
Le type de puissance (électrique, mécanique de translation...) est précisé le long des liens dans la chaîne d'énergie-puissance, ainsi que les grandeurs effort et flux qui la caractérise.

Remarque sur la puissance mécanique de rotation : Lorsqu'un objet tourne par rapport à un autre (embout d'une visseuse par rapport au carter de la visseuse, par exemple), sa position est définie par un angle. Puisqu'il y a mouvement, cet angle varie au cours du temps. La vitesse angulaire  $\omega(t)$  définit la variation de la position angulaire par unité de temps. La vitesse angulaire (ou vitesse de rotation) s'exprime en rad/s mais aussi en tr/min.



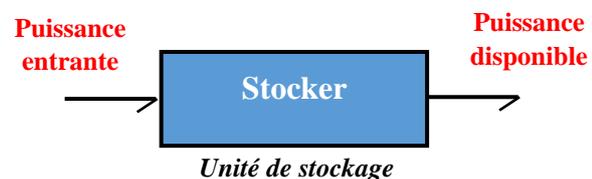
### Unité d'alimentation

Les unités d'alimentation permettent de transmettre au système de l'énergie-puissance (sous différentes formes) venant d'une source extérieure au système. Ces composants peuvent alors **adapter** l'énergie-puissance pour le système (augmentation/diminution de la tension...) **sans réaliser de conversion d'énergie**. Différents composants d'alimentation sont présentés ci-dessous :



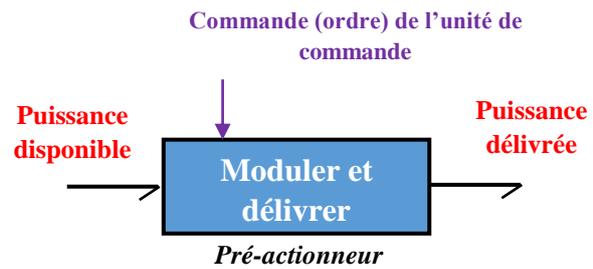
### Unité de stockage

Les unités de stockage permettent de stocker de l'énergie en vue de rendre un système autonome durant certaines phases d'utilisation (l'énergie provenant de l'extérieur n'est donc pas consommée par le système durant ces phases).



## Pré-actionneur

Les pré-actionneur ont pour fonction de **délivrer sur commande** (après un ordre reçu par l'unité de commande) l'énergie-puissance utile aux actionneurs. L'énergie-puissance en entrée de ce composant peut provenir de l'unité de stockage, de l'unité d'alimentation ou directement d'une source extérieure.



Certains pré-actionneurs tels que les **relais, contacteur, distributeur** sont dits « **tout ou rien** ». Ils jouent le rôle d'interrupteur de la chaîne d'énergie-puissance. Les autres pré-actionneurs tels que les **variateur, hacheur, carte de puissance** laissent passer seulement une partie de la puissance disponible. Ils **modulent** (régulent) la puissance **délivrée**.

## Actionneur

Les actionneurs ont pour fonction de **convertir l'énergie-puissance** en entrée du système en une **autre forme d'énergie** adaptée aux composants qui suivront cet organe.



Remarque 1 : l'énergie souvent rencontrée en sortie de l'actionneur est mécanique (de rotation ou de translation).

Remarque 2 : la conversion énergie mécanique de rotation en énergie mécanique de translation est réalisée par les transmetteur (présentés ci-dessous).

### Transmetteur

Les transmetteurs permettent d'**adapter et de transmettre** l'énergie convertie par l'actionneur pour la rendre utilisable par l'effecteur. Il existe alors deux catégories de transmetteur : avec et sans transformation de mouvement (passage d'une rotation à une translation ou l'inverse).



#### Sans transformation de mouvement



*Engrenage*



*Poulie-courroie*

#### Avec transformation de mouvement



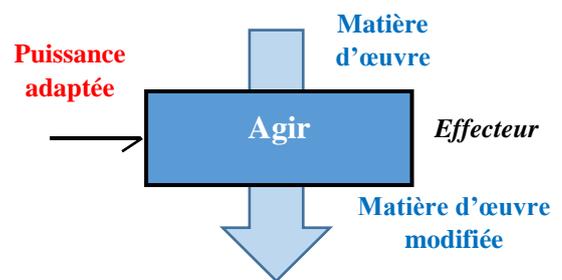
*Vis-écrou*



*Pignon-crémaillère*

### Effecteur

Fonction : **agir directement sur la matière d'œuvre** (ce sur quoi agit le système) pour la déplacer ou la transformer.



*Doigts d'une pince*



*Tapis roulant*



*Ventouses de préhension*



*Outil d'usinage*

2.4 Chaîne d'information

Type d'information échangée (analogique, numérique, ou logique)

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

Type	Forme du signal	Exemple
<b>analogique</b> , le signal peut prendre une infinité de valeurs car il varie en continue ;		
<b>numérique</b> , le signal prend des valeurs discrètes transmises sous la forme d'une combinaison de digits ( <i>bits</i> ) ;		
<b>logique</b> , 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 par l'unité de commande afin d'en déduire l'état d'un élément du système (ou du système).



Remarque : Lorsque c'est nécessaire, il faut associer un codeur pour convertir le signal analogique, issue du capteur ou de l'IHM, en signal numérique utilisable par l'unité de commande. C'est la fonction du bloc «CODER».

### Interface homme - machine (IHM)

Fonction : traduire la consigne d'un utilisateur en une image exploitable par l'unité de commande.



bouton poussoir



potentiomètre



clavier joystick

### Interface machine - homme (IMH)

Fonction : informer l'utilisateur sur l'état du système.



voyant



alarme sonore



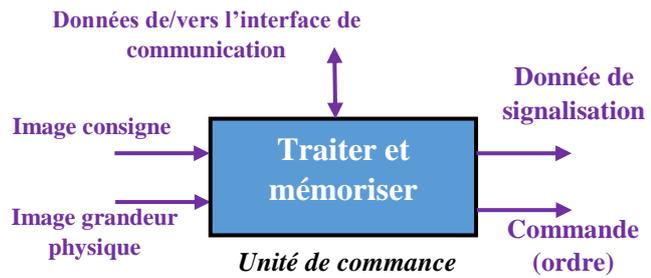
écran

### Unité de commande

Fonctions : **traiter**, à l'aide d'un programme implanté en mémoire, **les informations** en provenance des capteurs et de l'interface H/M. Cela permettra de :

- **définir les commandes** à envoyer au pré-actionneur.

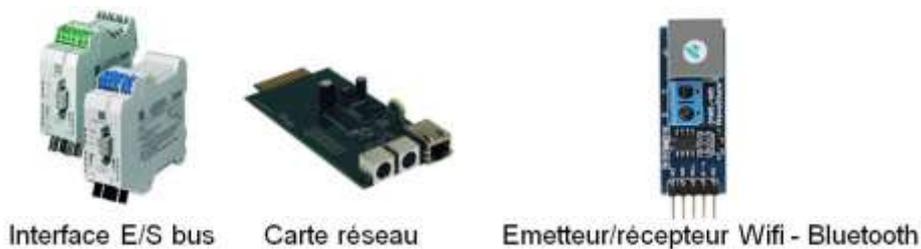
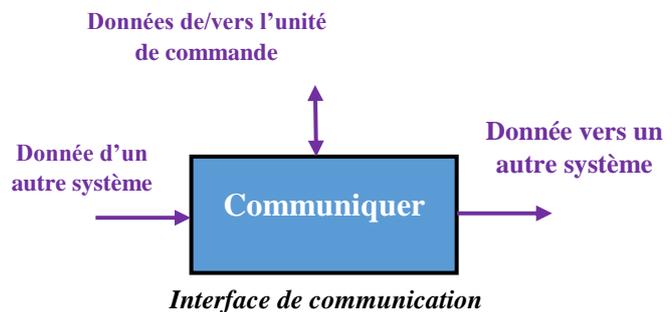
- **envoyer des signalisations** à l'interface M/H qui seront traduites en messages écrits ou en signaux lumineux et/ou sonores à destination de l'utilisateur



Remarque : Ce constituant peut généralement commander plusieurs chaînes d'énergie-puissance simultanément (exemple : robot Roomba).

### Interface de communication

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



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, ...

### Sources

J. Le Goff, S. Génouel, « Cours de Sciences Industrielles de l'Ingénieur CPGE 1<sup>ère</sup> année », Pôle Chateaubriand Joliot-Curie, 2013