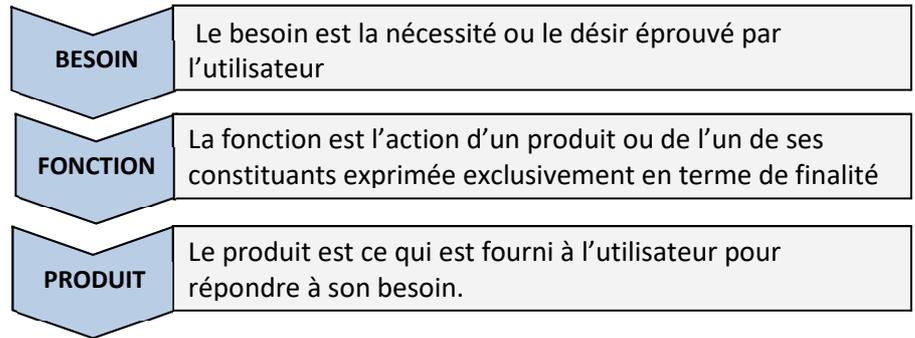


ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE

ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE	1
1 DU BESOIN AU PRODUIT	2
2 BESOIN	2
3 SYSTEME	2
3.1 DEFINITION D'UN SYSTEME COMPLEXE PLURI-TECHNOLOGIQUES	2
3.2 FRONTIERE.....	3
3.3 LA MATIERE D'ŒUVRE	3
3.4 DESCRIPTION ET ANALYSE D'UN SYSTEME.....	3
4 FONCTION GLOBALE D'UN SYSTEME	4
5 CYCLE DE VIE DU PRODUIT	5
6 ECOCONCEPTION	5
6.1 POURQUOI ECOCONCEVOIR ?	5
6.2 COMMENT ECO-CONCEVOIR ?	6
7 SYSTEMS MODELING LANGUAGE (SYSML).....	6
7.1 DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION	6
7.2 EXIGENCES.....	7
7.2.1 <i>Exigences</i>	7
7.2.2 <i>diagramme des exigences</i>	7
7.2.3 <i>Caractérisation des exigences</i>	8
7.2.4 <i>Synthèse des exigences : Cahier des Charges</i>	9
8 ORGANISATION STRUCTURELLE DES SYSTEMES.....	10
9 CHAINE D'ENERGIE (OU DE PUISSANCE) ET CHAINE D'INFORMATION	10
10 CONSTITUANTS DE LA CHAINE D'ENERGIE.....	11
11 FLUX D'ENERGIE	12
11.1 PUISSANCE INSTANTANEE.....	12
11.2 PUISSANCE ACTIVE P (EN WATTS)	12
11.3 ENERGIE.....	12
11.3.1 <i>par définition</i>	12
11.3.2 <i>Calculs</i>	12
11.3.3 <i>Expressions de l'énergie</i>	12
12 CONSTITUANTS DE LA CHAINE D'INFORMATION	13
13 FLUX D'INFORMATION	14
14 SYSML ET ANALYSE STRUCTURELLE	14
14.1 DIAGRAMME DE DEFINITION DE BLOCS (BLOCK DEFINITION DIAGRAM — BDD)	14
14.2 DIAGRAMME DE BLOCS INTERNES (INTERNAL BLOCK DIAGRAM — IBD).....	15

1 DU BESOIN AU PRODUIT

Le premier pas d'une démarche rationnelle de conception de produit est l'expression du besoin. La pratique de l'Analyse de la valeur a montré que **l'expression fonctionnelle du besoin** était un facteur déterminant de la compétitivité.



2 BESOIN

« Un besoin est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur » (définition de la norme NF X 50-150).

Le client est sensible à l'évolution du contexte économique, social et environnemental ainsi qu'au degré d'innovation, **le besoin évolue donc constamment.**

Exemple : Evolution de la masse des téléphones portables depuis 1986

1986	1989	1996	2006	2014
				
Ericsson 450 Combi 4 kg	Ericsson Hotline 800 pocket 630g	Ericsson GH 388 245g	Sony V600I 102g	Wilkom Phone strap 2 50g

Un outil méthodologique est apparu nécessaire pour détecter et formuler le besoin et justifier en aval les exigences techniques : **le Cahier des Charges**

Exemple : Cahier des charges de La 2CV Citroën « 4 roues sous un parapluie »

Concevoir une automobile qui ne doit pas dépasser une consommation de trois litres aux cent kilomètres, faire 2 chevaux fiscaux, pouvoir transporter 50 kilos de bagages, 4 personnes et traverser un chemin sans briser un œuf dans le coffre (3,7 millions d'exemplaires vendus de 1949 à 1960).



3 SYSTEME

3.1 Définition d'un système complexe pluri-technologiques

Toujours conçu dans le but de répondre à un besoin, un système est une **association structurée d'éléments** (sous-systèmes ou composants) qui interagissent les uns avec les autres d'une manière organisée pour accomplir une finalité commune : **la fonction globale du système**

Ces éléments peuvent être nombreux et les interactions de formes différentes (**matières, énergies, informations**) : on parle alors de **système complexe pluri-technologiques**.

exemples :



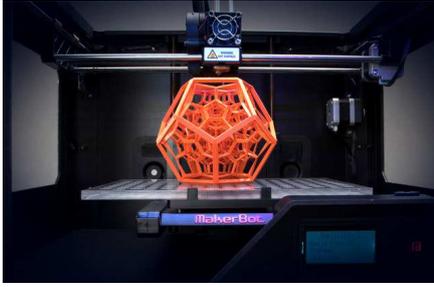
Ipaid Air
(500 €, 15 millions d'unités /an)



Bombardier global 8000
avion d'affaire (65 millions \$)
rayon action 14500km



Yeti SB5C (8500 \$, 2,3 kg, cinématique de pédalage indépendante de la suspension).



Dans une imprimante 3D on va par exemple retrouver la création d'une forme avec de la **matière** grâce à de l'apport d'**énergie** (chaleur, déplacements motorisés) et de l'**information** (capteurs de position, de température,...)

Des flux de matière (M), d'énergie (E) et d'information (I) circulent donc à l'intérieur du système.

3.2 Frontière

Pour pouvoir étudier de manière pertinente un système industriel, il faut le situer dans son contexte, c'est-à-dire dans son milieu physico-économique. Cela revient à déterminer :

- son environnement extérieur (milieu marin, milieu domestique, milieu industriel etc...),
- son domaine d'application (transport, équipement, conditionnement, agroalimentaire, sport etc...),
- le type d'utilisateurs (professionnels, amateurs).

Pour déterminer les éléments du contexte, on utilise la notion de frontière. En définissant une frontière d'étude du système, on peut inventorier les interactions avec les milieux extérieurs et les quantifier.

3.3 La matière d'œuvre

Le système génère des prestations ou sorties, à partir d'entrées. Il agit sur ce que l'on appelle **la matière d'œuvre**. On a donc en entrée **la matière d'œuvre initiale** (ou **matière d'œuvre entrante**), et en sortie **la matière d'œuvre finale** (ou **matière d'œuvre sortante**). La définition de cette matière d'œuvre est préalable à toute étude fonctionnelle du système et dépend étroitement de la frontière d'étude définie.

3.4 Description et Analyse d'un système

Elle est utilisée dans les premières phases d'un projet pour créer ou améliorer un produit. Elle se présente le plus souvent sous forme de graphe ou diagramme d'analyse et permet d'exprimer **des exigences**.

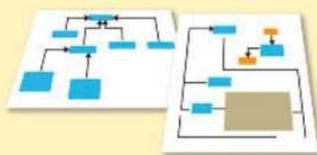
Pour décrire complètement un système, il est nécessaire de se placer suivant plusieurs points de vue pour répondre à différentes questions.

Comment est-il fait ? ⇒ **Analyse Structurale** : Permet de mettre en évidence les composants du système et leurs interactions

A quoi sert-il ? ⇒ **Analyse Fonctionnelle** : Permet de recenser toutes les fonctions à réaliser et leurs niveaux

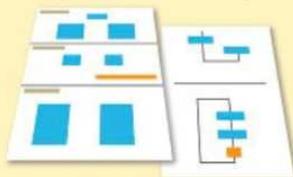
Comment est-il fait ?

Les diagrammes structurels



Comment fonctionne-t-il ?

Les diagrammes comportementaux



À quoi sert-il ?

Les diagrammes des exigences



Comment le représenter ?

La modélisation 3D
Les symboles



Comment fonctionne-t-il ?

⇒ **Analyse Comportementale** :

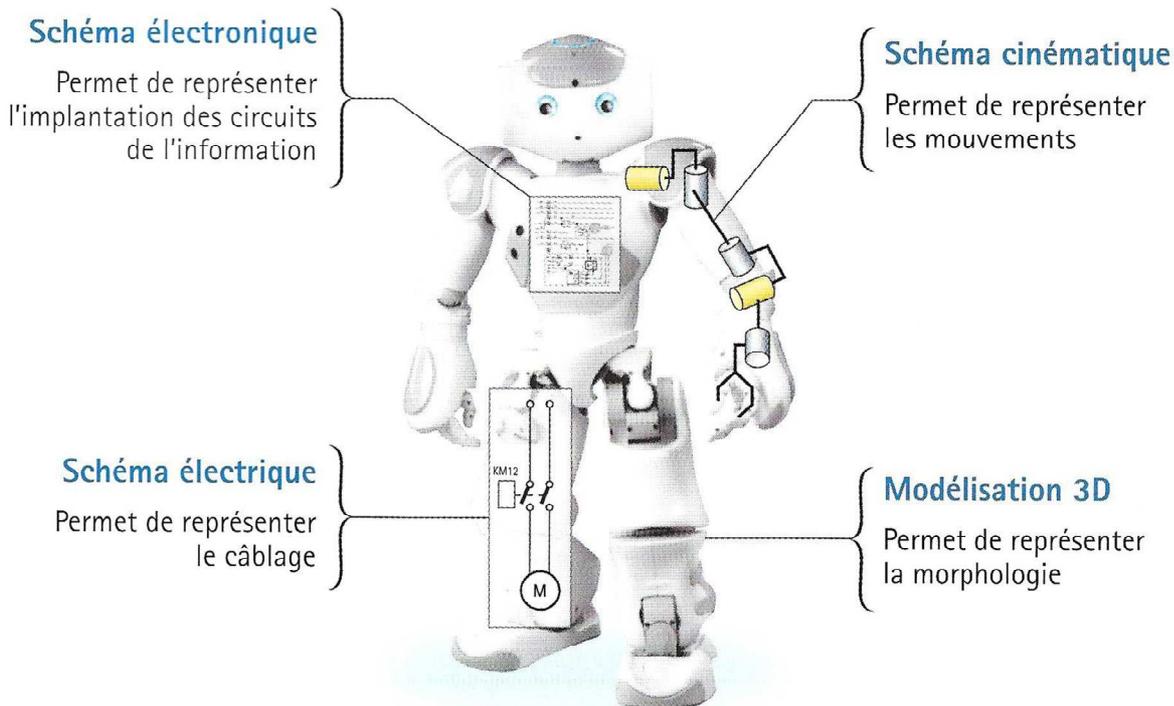
Permet de définir les conditions et paramètres de fonctionnement de manière ordonnée et optimisée.

Comment le représenter ?

⇒ **Réaliste ou schématique** :

Permet de représenter ou de décrire les formes du système avec des modèles 3D ou des schémas normalisés

Pour la représentation réaliste ou schématique, plusieurs types de schémas ou de modèles 3D peuvent être utilisés comme sur l'exemple du Robot Nao :



Objectifs de l'analyse : recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions du produit.

- **Recenser** : c'est déterminer et identifier les fonctions du produit.
- **Caractériser** : c'est énoncer les critères d'appréciation, les niveaux et la flexibilité de ces fonctions.
- **Ordonner** : c'est classer les fonctions en fonctions de service et en fonction techniques.
- **Hiérarchiser** : c'est évaluer l'ordre d'importance des fonctions retenues.
- **Valoriser** : c'est attribuer à chaque fonction un poids ou une valeur liée son importance

Le type **d'analyse fonctionnelle** et l'outil de description associés vont dépendre de l'acteur concerné par cette description. On parle de 2 types d'analyse fonctionnelle :

- **L'analyse globale ou externe** : on considère le système comme une boîte noire et on regarde le système dans son environnement, ses relations avec l'extérieur, et donc ses fonctions de service. C'est une approche **fonctionnelle**.
- **L'analyse interne** : on s'intéresse à ce qui se passe dans le système, à sa structure et aux fonctions et solutions techniques retenues. On parle encore **d'approche fonctionnelle** pour décrire les fonctions techniques et **d'approche matérielle ou structurelle** pour l'étude des solutions constructives qui réalisent les fonctions techniques.

4 FONCTION GLOBALE D'UN SYSTEME

Pour correctement **répondre à un besoin** d'un client utilisateur, **le système réalise une fonction globale**. C'est la **raison d'être du système**, ce pourquoi il existe. Elle est le résultat d'un ensemble d'opérations réalisées de manière successive ou simultanée. La fonction globale, qui répond à la question « dans quel but ? (pour quoi faire ?) » est un **verbe à l'infinitif suivi d'un complément**, c'est une action exprimée en termes de finalité. Le vocabulaire de la fonction globale doit être choisi avec précision.

*exemple : la fonction globale d'un aspirateur est **DEPOUSSIERER***

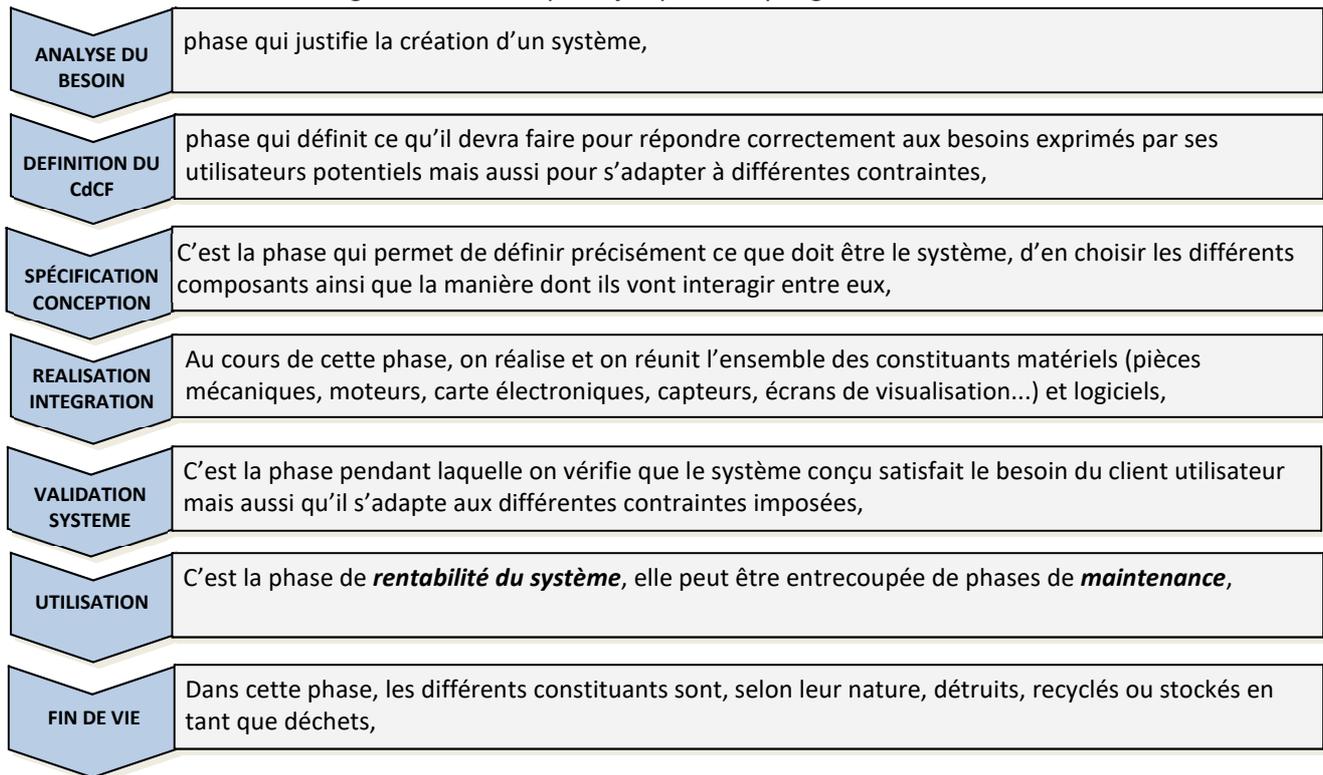


marque : Dyson

- **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 qu'aspirer 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.

5 CYCLE DE VIE DU PRODUIT

La notion de « cycle de vie » est indissociable d'un système. Elle recense les différentes étapes qui vont de l'identification du besoin à l'origine de sa conception jusqu'au recyclage de ses constituants.



6 ECOCONCEPTION

La récente prise de conscience par l'homme, de l'impact de ses actions sur son environnement modifie radicalement cette approche de cycle de vie.

L'**analyse du cycle de vie**, avec comme objectif de **réduire l'impact environnemental** que va avoir le système lors de toutes les étapes de son cycle de vie, allant depuis l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie, est une **approche désormais indispensable en ingénierie**.



6.1 Pourquoi écoconcevoir ?

La production de biens et de services affecte, de façon significative, l'environnement. Avec 10 milliards d'habitants qui peupleront la planète en 2040 et le confort auquel ils aspirent, ces impacts doivent être impérativement limités afin de tendre vers un mode de vie durable pour tous ; Mais ce sont souvent d'autres raisons qui poussent les entreprises à éco-concevoir :



la **diminution des coûts** (recyclage des matières, réduction des emballages, diminution des coûts de dépollution...)



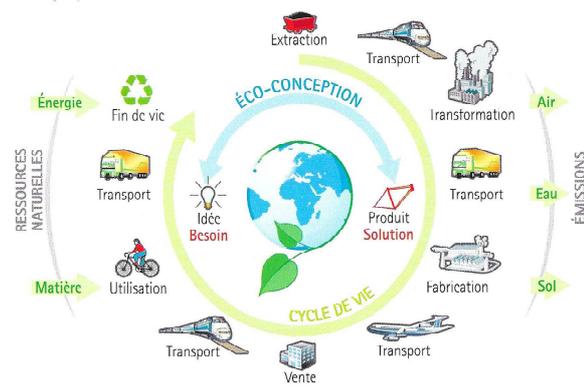
les **pressions externes** (réglementation, normes...) et les attentes des clients (boycott, labels...)



la **recherche de la compétitivité** avec l'apparition de nouveaux marchés en utilisant l'écoconception comme levier pour l'innovation.

6.2 Comment éco-concevoir ?

L'éco-conception est une **approche transversale** qui offre la possibilité d'agir à différents niveaux :



Utilisation de matériaux recyclés

Réduction les emballages

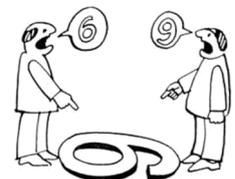
Diminution la consommation en eau et énergie

Limitation les transports

7 SYSTEMS MODELING LANGUAGE (SYSML)

Le travail des différents acteurs intervenant lors des étapes du cycle de vie d'un système est **collaboratif**. Cela signifie que chaque acteur travaillant sur le projet doit en permanence être informé et tenir compte des évolutions initiées par d'autres.

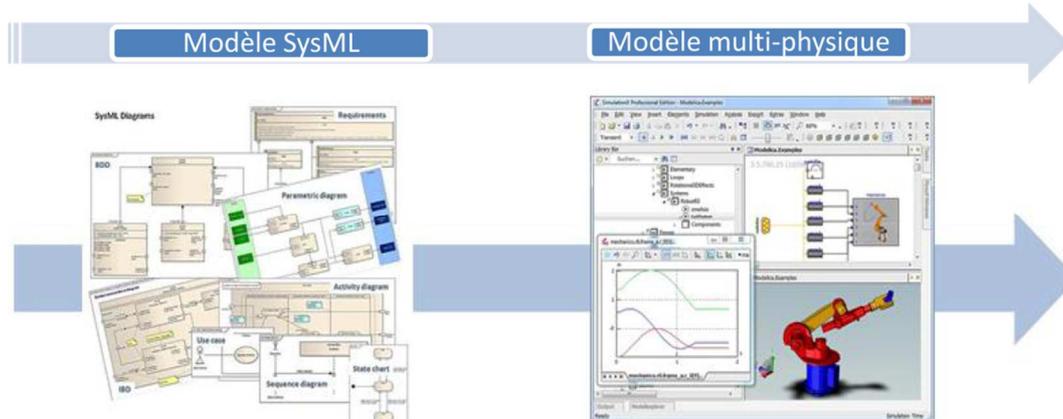
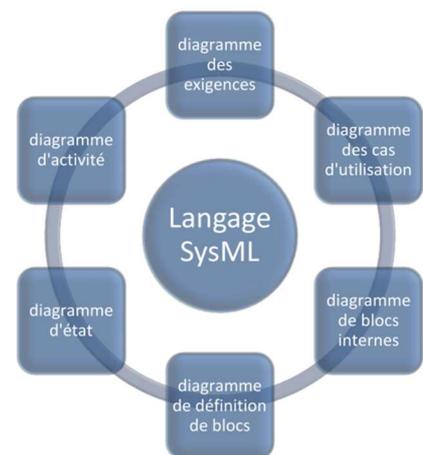
Dans ce contexte, Il est indispensable qu'ils utilisent tous un langage unique et compréhensible par tous les métiers (publicitaires du service marketing, concepteurs du bureau d'étude, sous-traitants...).



Le langage SysML, issu de l'ingénierie système (IS), propose différents **outils de description graphique (les diagrammes)** adaptés aux différentes étapes du cycle de vie d'un système.

Les **diagrammes interagissent entre eux** grâce à des logiciels dédiés, ce qui permet de répercuter immédiatement toute modification à l'ensemble des acteurs concernés par le projet.

Ces logiciels peuvent en plus être couplés à des **logiciels de simulation**. Grâce à ces derniers, on peut ainsi anticiper la façon dont va se comporter un système avant même d'avoir réalisé un premier prototype.

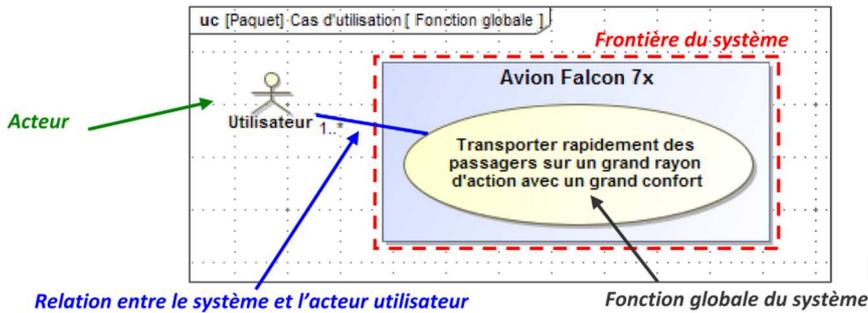


7.1 Diagramme des cas d'utilisation

Le diagramme du langage SysML qui permet de **formaliser la fonction globale d'un système**, c'est le **diagramme des cas d'utilisation** (Use Case Diagram – uc –).

Ce diagramme permet même de faire apparaître d'autres informations importantes comme les différents types d'utilisateur qui sont appelés **acteurs** ainsi que l'ensemble des **services** qui peuvent être rendus par le système à ces acteurs.

Le Falcon 7X est l'avion d'affaires haut de gamme de la société Dassault Aviation. C'est un avion qui est certifié pour franchir une distance de 11 000 km et voler à une vitesse de l'ordre de Mach 0,85 (1000 km/h)



7.2 Exigences

7.2.1 Exigences

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.

Il faut donc tenir compte des relations qu'il a avec les éléments du milieu extérieur car elles vont conditionner son fonctionnement et par conséquent sa conception.

Ces exigences peuvent être de nature :

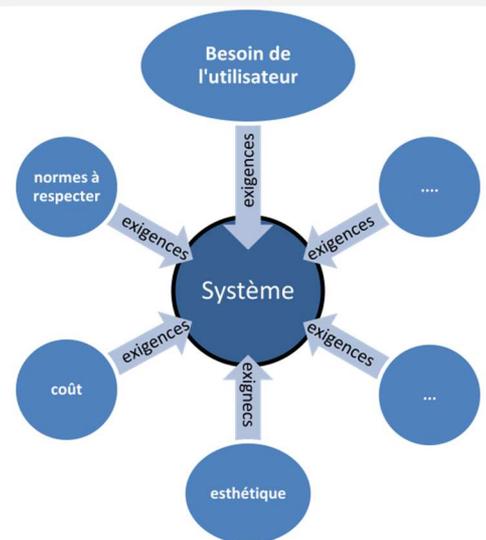
- physique (matière en contact, milieu ambiant...),
- technique (source d'énergie...),
- humain (utilisateurs, ergonomie, esthétique, sécurité...),
- ...

Une exigence exprime une capacité ou une contrainte à satisfaire par le système. Elle peut exprimer une fonction que devra réaliser le système ou une condition de performance technique, physique, de sécurité, de fiabilité, d'ergonomie, d'esthétisme... Chaque exigence peut être exprimée par une phrase qui contient : "le système doit..."

exemple : iphone 6 (85 millions d'unités commandées par Apple à ses fournisseurs 07/14)

Bien qu'il doive satisfaire la fonction globale « permettre à son utilisateur de communiquer », ce téléphone doit aussi :

- résister aux conditions d'utilisation extérieure (pluie, poussière...),
- être esthétique,
- être léger,
- avoir une bonne autonomie,
- ...



7.2.2 diagramme des exigences

L'ensemble des exigences liées aux besoins de l'utilisateur ou aux contraintes des éléments du milieu extérieur peut être regroupé dans le **diagramme des exigences** (Requirement Diagram – req –).

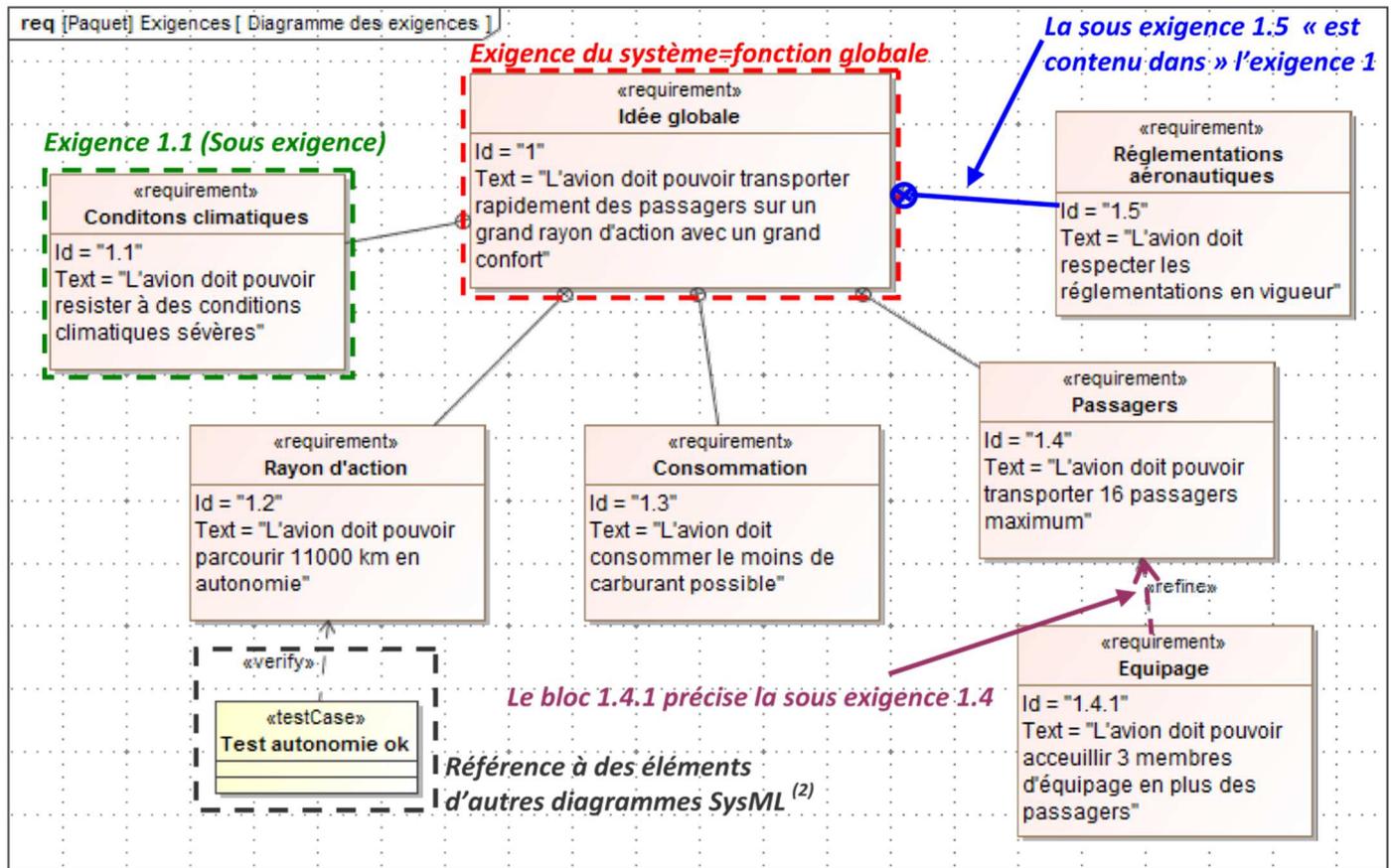
C'est un diagramme fonctionnel. Il décrit les exigences du cahier des charges.

Les objectifs principaux du diagramme sont :

- de **lister, spécifier et hiérarchiser les exigences**,
- d'**assurer la traçabilité** en documentant les exigences au fur et à mesure du projet par ajout d'éléments venant d'autres diagrammes SysML,
- de **faciliter l'analyse d'impact** en cas de changement de solutions techniques.

Le diagramme des exigences est un modèle du système qui doit permettre de simuler la satisfaction du client utilisateur.

Exemple : Diagramme des exigences (simplifié et partiel) du Falcon 7X



Dans ce diagramme, on trouve des « boîtes » et des relations entre ces boîtes. Ces relations peuvent être de natures différentes, elles s'expriment donc avec des symboles différents :

	relation d'inclusion d'une exigence dans une autre
	Permet l'ajout de précision (valeurs numériques par ex.)

7.2.3 Caractérisation des exigences

La seule expression des exigences ne suffit pas, le **degré de satisfaction attendu** du client utilisateur **doit être quantifié**.

Les exigences sont caractérisées par le critère, le niveau et la flexibilité.

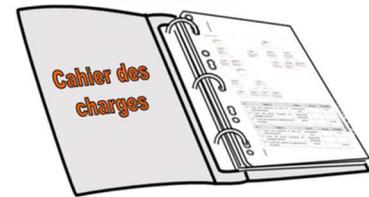
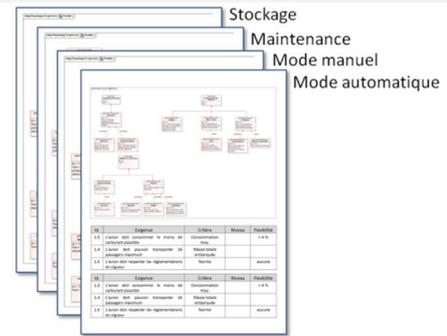
Critères	On définit un ou plusieurs critères associés à des grandeurs physiques mesurables.
Niveau	On précise pour chaque critère une valeur correspondant au niveau attendu de satisfaction du besoin.
flexibilité	On peut admettre un écart entre le niveau obtenu et le niveau attendu. Pour cela on précise une flexibilité qui correspond à la limite d'acceptation.

Exemple : Tableau des exigences (partiel et simplifié) du Falcon 7X

Id.	Exigence	Critère	Niveau
1.3	Limiter la consommation	consommation moyenne normalisée	30% de moins que la version précédente
1.4	Transporter 16 passagers maximum	masse maximale totale embarquée	2400 kg (- 5%)
1.5	respecter la réglementation	Norme aéronautique DO-178B	respect total

7.2.4 Synthèse des exigences : Cahier des Charges

Un diagramme des exigences doit être établi pour chacun des modes et chacune des phases d'utilisation du système



L'ensemble des exigences qui doivent être satisfaites par le système et leurs caractéristiques (critère et niveau) est regroupé dans le cahier des charges.

En entreprise, ce document sert aux échanges entre les différents acteurs d'un projet et permet de capitaliser leurs savoirs et savoir-faire. Il existe une norme proposant un plan type de rédaction d'un cahier des charges : la norme ANOR NF X50-151. Elle peut s'appliquer à tous les projets de développement industriels ou informatiques.

Plan-type selon la norme AFNOR NF X50-151

1. Présentation générale du problème

1.1 Projet

- 1.1.1 Finalités
- 1.1.2 Espérance de retour sur investissement

1.2 Contexte

- 1.2.1 Situation du projet par rapport aux autres projets de l'entreprise
- 1.2.2 Études déjà effectuées
- 1.2.3 Études menées sur des sujets voisins
- 1.2.4 Suites prévues
- 1.2.5 Nature des prestations demandées
- 1.2.6 Parties concernées par le déroulement du projet et ses résultats (demandeurs, utilisateurs)
- 1.2.7 Caractère confidentiel s'il y a lieu

1.3 Énoncé du besoin (finalités du produit pour le futur utilisateur tel que prévu par le demandeur)

1.4 Environnement du produit recherché

- 1.4.1 Listes exhaustives des éléments (personnes, équipements, matières...) et contraintes
- 1.4.2 Caractéristiques pour chaque élément de l'environnement

2. Expression fonctionnelle du besoin

2.1 Fonctions de service et de contrainte (exigences)

- 2.1.1 Fonctions de service principales (qui sont la raison d'être du produit)
- 2.1.2 Fonctions de service complémentaires (qui améliorent, facilitent ou complètent le service rendu)
- 2.1.3 Contraintes (limitations à la liberté du concepteur-réalisateur)

2.2 Critères d'appréciation (en soulignant ceux qui sont déterminants pour l'évaluation des réponses)

2.3 Niveaux des critères d'appréciation et ce qui les caractérise

- 2.3.1 Niveaux dont l'obtention est imposée
- 2.3.2 Niveaux souhaités mais révisables

3. Cadre de réponse

3.1 Pour chaque fonction

- 3.1.1 Solution proposée
- 3.1.2 Niveau atteint pour chaque critère d'appréciation de cette fonction et modalités de contrôle
- 3.1.3 Part du prix attribué à chaque fonction

3.2 Pour l'ensemble du produit

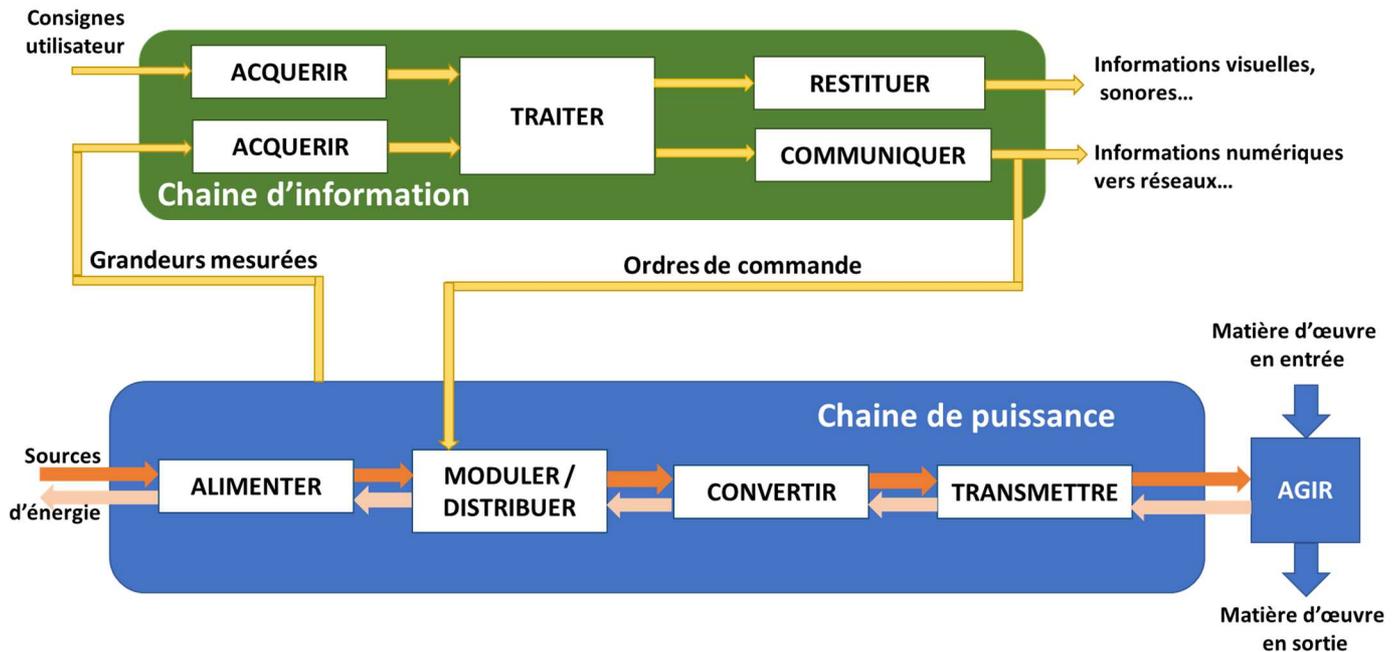
- 3.2.1 Prix de la réalisation de la version de base
- 3.2.2 Options et variantes proposées non retenues au cahier des charges
- 3.2.3 Mesures prises pour respecter les contraintes et leurs conséquences économiques
- 3.2.4 Outils d'installation, de maintenance ... à prévoir
- 3.2.5 Décomposition en modules, sous-ensembles
- 3.2.6 Prévisions de fiabilité
- 3.2.7 Perspectives d'évolution technologique

8 ORGANISATION STRUCTURELLE DES SYSTEMES

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

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

9 CHAÎNE D'ÉNERGIE (OU DE PUISSANCE) ET CHAÎNE D'INFORMATION



Chaîne d'information

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

Chaîne d'énergie ou de puissance

- Elle est constituée des éléments qui participent à l'alimentation, la modulation, la conversion et la transmission de la puissance

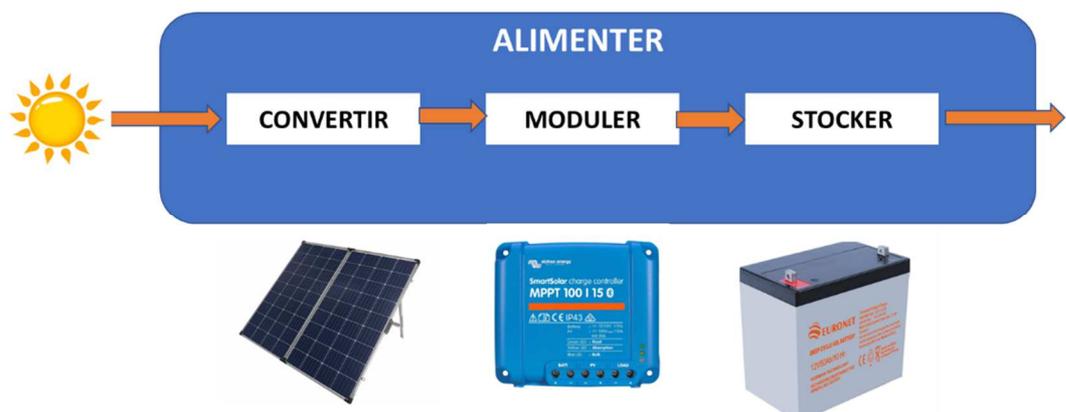
Remarque : les chaînes d'énergie et d'information regroupent un **ensemble de constituants organisés** en vue de la réalisation **d'une seule activité** du système. Ainsi, dans un système complexe, on peut recenser un nombre important de chaînes d'énergie et d'information.

La chaîne d'énergie permet de quantifier les flux d'énergie pendant le fonctionnement d'un système en fonction du temps et permet donc de mesurer des transferts d'énergie dans le temps avec des cycles de fonctionnement.

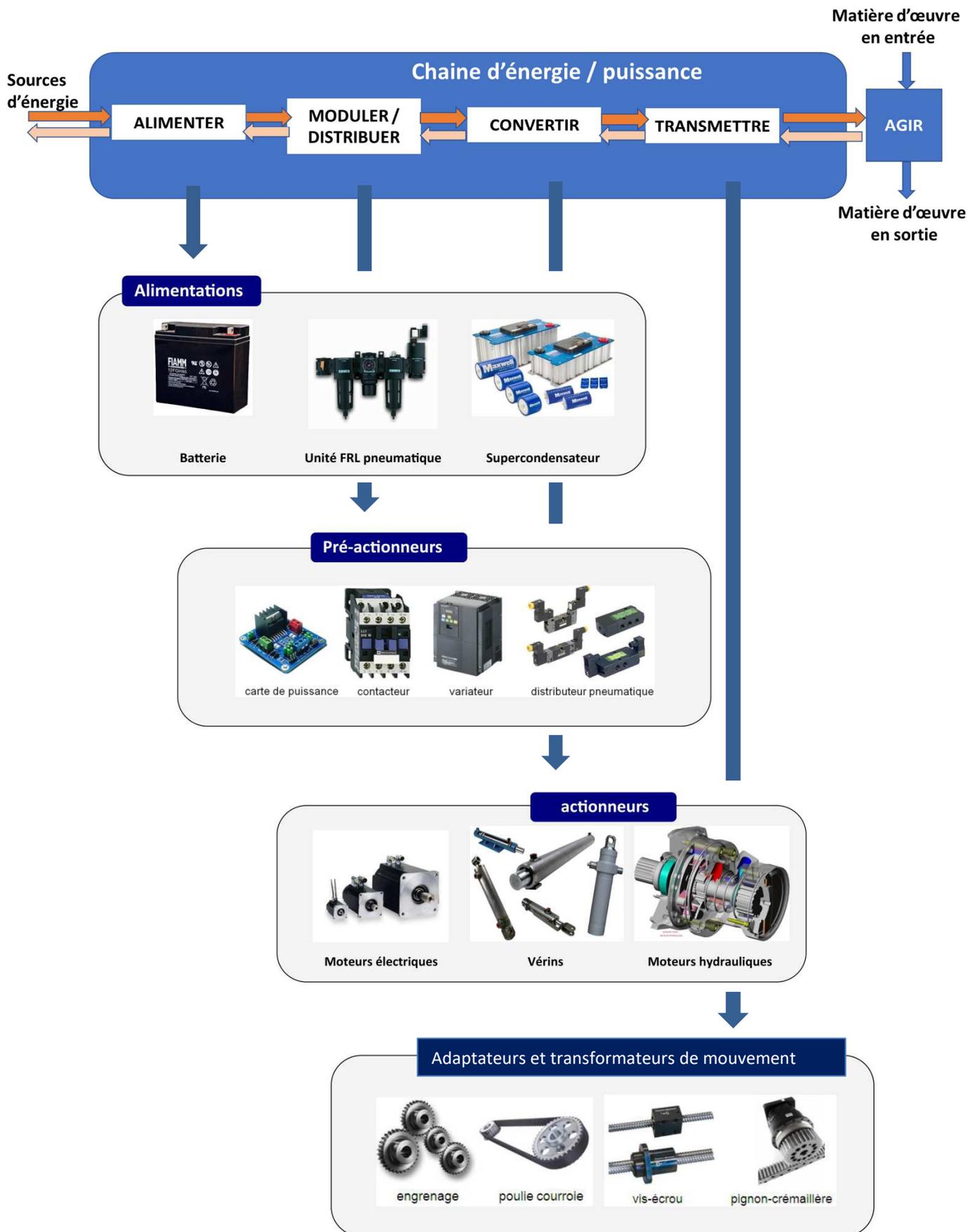
La chaîne de puissance permet de quantifier les échanges de manière instantanée à un moment de fonctionnement donné.

Les fonctions (verbes à l'infinitif) définies ci-dessus peuvent être dans un ordre quelconque en fonction du système décrit et peuvent être décrites plus précisément si besoin.

Exemple : alimentation locale par panneau photovoltaïque :



10 CONSTITUANTS DE LA CHAÎNE D'ÉNERGIE



11 FLUX D'ÉNERGIE

Avant de définir l'énergie, considérons la puissance qui est une grandeur de dimensionnement des éléments de la chaîne d'énergie.

11.1 Puissance instantanée

La puissance est toujours le produit de deux grandeurs duales appelées variable potentiel (VP) et variable flux (VF).

$$\text{ex : } P_{(t)} = u_{(t)} \cdot i_{(t)}$$

$u_{(t)}$ est la Variable Potentiel

$i_{(t)}$ la Variable Flux

Une Variable Potentiel se mesure à partir d'une référence.

Une Variable Flux se mesure en introduisant un capteur dans le circuit du système considéré.

Unité W (Watt)

Symbole : P

Le flux caractérise le déplacement de la grandeur représentative du domaine physique (ici la charge électrique $q_{(t)}$) tandis que le potentiel caractérise son stockage.

Extension aux autres domaines

Domaine	Variable Potentiel		Variable Flux		Puissance inst.
Electrique	Tension	$u_{(t)}$ en Volts	Courant	$i_{(t)}$ en A	$P_{(t)} = u_{(t)} \cdot i_{(t)}$
Mécanique en translation	Vitesse linéaire	$v_{(t)}$ en m/s	Force	$f_{(t)}$ en N	$P_{(t)} = f_{(t)} \cdot v_{(t)}$
Mécanique en rotation	Vitesse de rotation	$\Omega_{(t)}$ en rd/s	Couple	$C_{(t)}$ en Nm	$P_{(t)} = C_{(t)} \cdot \Omega_{(t)}$
hydraulique	Pression	$p_{(t)}$ en Pa	Débit	$q_{(t)}$ en m ³ /s	$P_{(t)} = p_{(t)} \cdot q_{(t)}$
Thermique	Température	$\theta_{(t)}$ en °K	Entropie		

11.2 Puissance active P (en Watts)

Par définition, la puissance active (dans un comportement périodique de période T) est la valeur moyenne de la puissance instantanée.

$$\text{Régime périodique quelconque} \quad P = \langle p_{(t)} \rangle = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T p_{(t)} \cdot dt$$

$$\text{Régime continu} \quad P = U \cdot I$$

$$\text{Régime alternatif monophasé} \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

11.3 Energie

11.3.1 par définition

$$dw = p_{(t)} \cdot dt$$

$p_{(t)}$ puissance instantanée

symbole de l'énergie W (pour Work) ou E

unité J (Joules)

autres unités: kWh, Ah

11.3.2 Calculs

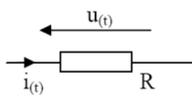
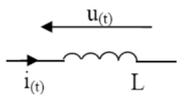
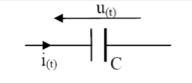
Si $p_{(t)} = P = \text{constante}$ (par exemple la puissance délivrée par une batterie)

$$W = P \cdot t$$

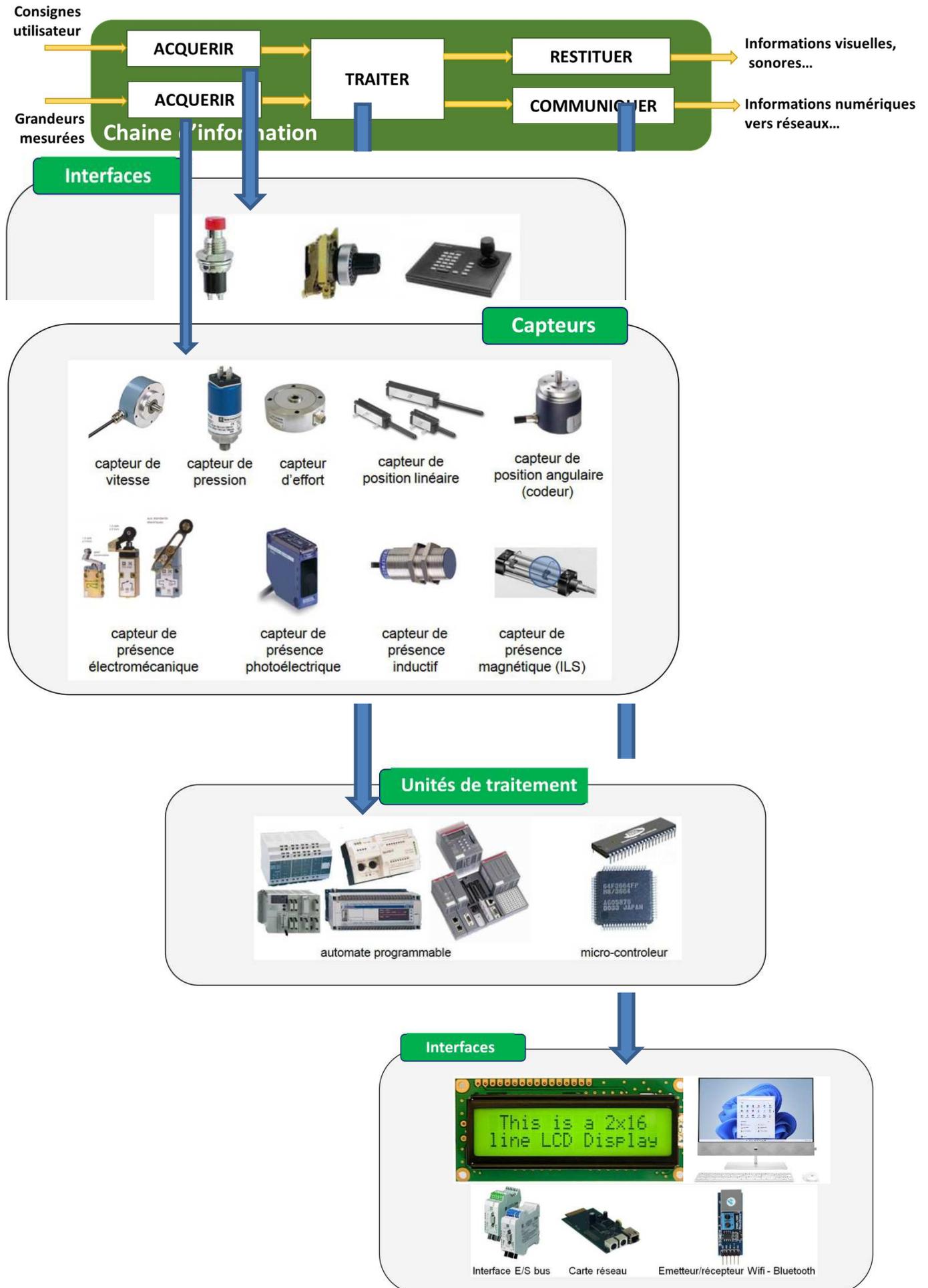
Si $p_{(t)}$ est une fonction du temps, l'énergie entre les instants t_1 et t_2 est

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p_{(t)} \cdot dt$$

11.3.3 Expressions de l'énergie

Energie dissipée dans une résistance		$u_{(t)} = R \cdot i_{(t)}$	Energie dissipée pendant une durée (t_2-t_1) $W = \int_{t_1}^{t_2} R \cdot i_{(t)}^2 \cdot dt$	R en Ω (Ohms) I en A W en J
Energie stockée dans une inductance		$u_{(t)} = L \cdot \frac{di}{dt}$	$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	L en H (Henrys) I en A W en J
Energie stockée dans un condensateur		$i_{(t)} = C \cdot \frac{du}{dt}$	$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	C en F (Farads) U en V W en J
Energie cinétique de translation		$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}$	$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$	F en N a (accélération) en m/s ² m en kg V en m/s E en J
Energie cinétique de rotation			$E = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \Omega^2$	Ω en rd/s J (Inertie) en kg.m ² E en J

12 CONSTITUANTS DE LA CHAÎNE D'INFORMATION



13 FLUX D'INFORMATION

On distingue deux types de grandeurs pour transporter de l'information : **analogique** et **discrète**.

grandeur analogique

Une information analogique peut prendre, de manière continue, toutes les valeurs possibles dans un intervalle donné. Un signal analogique peut être représenté par une courbe continue.

Les grandeurs physiques (vitesse, température, position, tension,...)



ex. : un son

grandeur discrète

Une information discrète est constituée d'un nombre fini de valeurs. On distingue :



Exemple : trame

- **une information logique** du type « vrai/faux » ou « 0/1 ». Elle est associée à l'état d'une variable qui ne peut prendre que deux valeurs possibles. Ces informations peuvent aussi être appelées des informations binaires (bit) ou « Tout Ou Rien » (TOR).
- **une information numérique** sous la forme d'un mot binaire, constitué de plusieurs bits (variables binaires 0/1). Cette information numérique est en général issue du traitement (échantillonnage et codage) d'une information analogique.

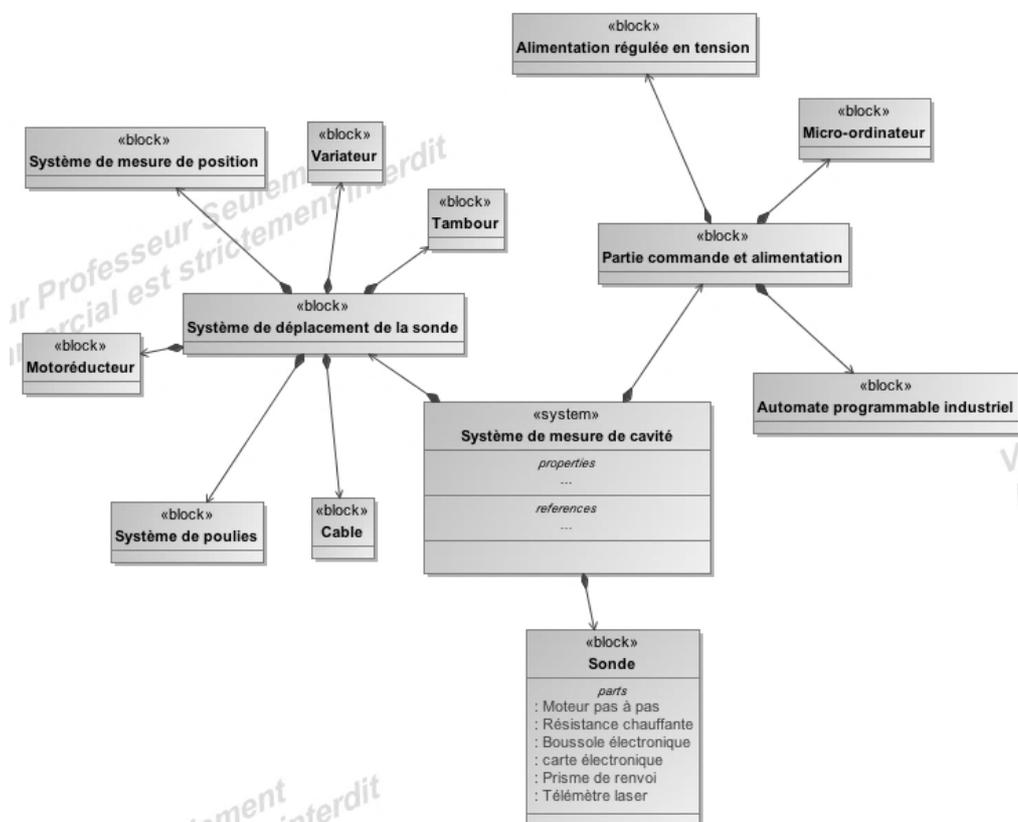
14 SYSML ET ANALYSE STRUCTURELLE

Le graphe CECI n'est pas toujours bien adaptée pour décrire un système. Surtout lorsque ce système réalise un grand nombre d'activités car cela implique d'utiliser plusieurs chaînes d'énergie et d'information.

Il existe des diagrammes du langage SysML qui permettent aussi de décrire la structure d'un système d'une façon plus ou moins détaillée.

14.1 Diagramme de définition de blocs (Block definition diagram — bdd)

Ce diagramme est utile pour faire l'inventaire des briques qui constituent le système, c'est-à-dire des ensembles de composants, des sous-systèmes, qui réalisent les principales fonctions techniques. Il permet d'avoir un premier aperçu de la structure du système. Exemple d'un système d'exploration des cavités souterraines :



14.2 Diagramme de blocs internes (Internal block diagram — ibd)

Le diagramme de blocs internes est un diagramme complémentaire du diagramme de définition de blocs. Il permet de mieux détailler les composants du système et la façon dont ils sont agencés entre eux.

Il permet aussi de :

- représenter les échanges de matière/information/énergie entre ces constituants(1) grâce aux ports de flux :

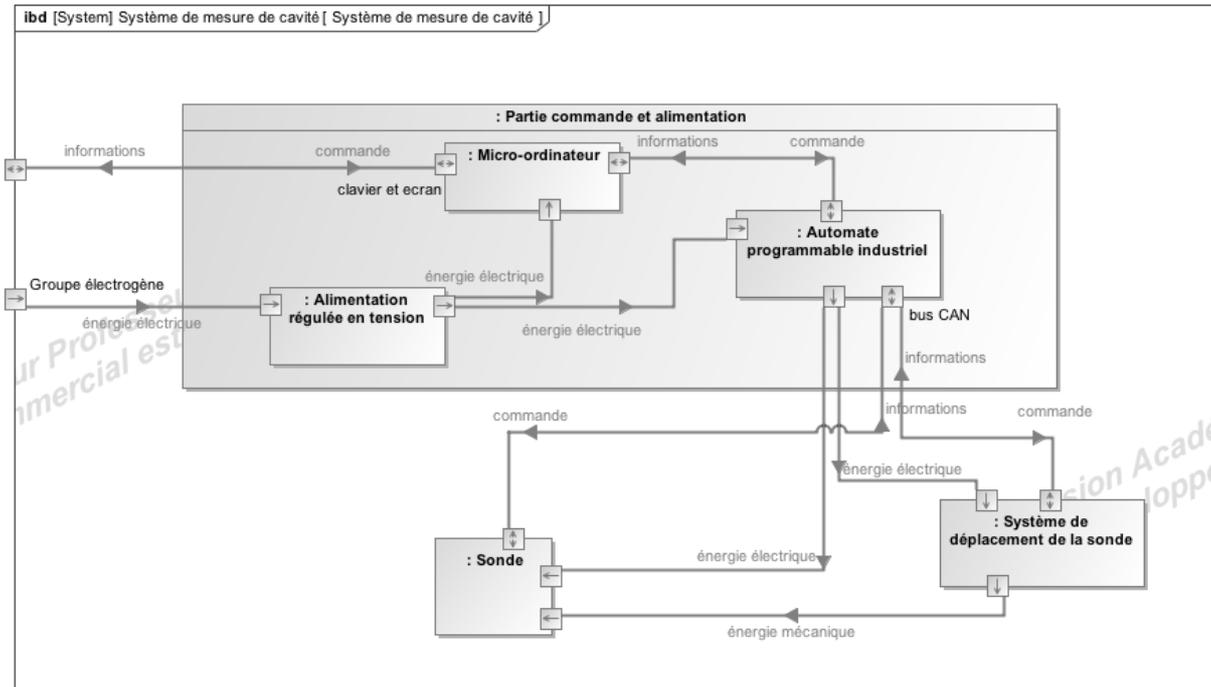


- de représenter les services invoqués par un autre constituant(2) grâce aux ports standards :



Exemple d'un système d'exploration des cavités souterraines :

IBD Général :



IBD système de déplacement

