

ETUDE DES SYSTEMES

"Un système est un ensemble d'éléments, en interaction physique, organisés en fonction d'un but" (Joël de Rosnay : Biologiste)

Exemples: système solaire, nerveux, une automobile, le portable ...

On se limitera aux systèmes technologiques ou techniques : produits qui sont le fruit de l'activité d'hommes au sein d'un groupe socialement organisé pour cette réalisation et soumis aux impératifs des techniques et des coûts.

NF E 90.001:

- système = association de composants constituant un tout organique complexe destiné à remplir une fonction générale.
- composant = élément ou ensemble destiné à remplir une fonction particulière dans un système.

1- ARCHITECTURE FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME TECHNIQUE :

1.1-Introduction

Une première classification possible des systèmes techniques:

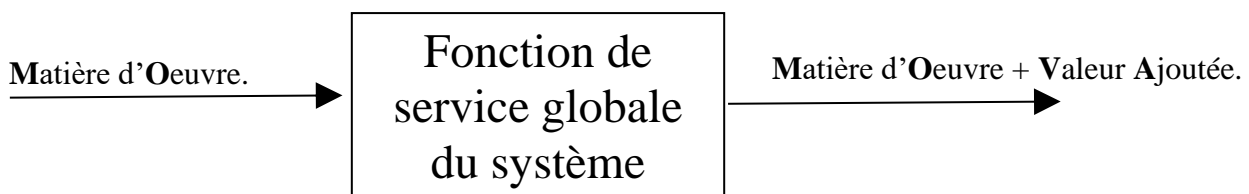
- **système non mécanisé** : c'est un système à commande humaine sans apport d'énergie extérieure (*vélo + homme*)
- **système mécanisé** : système commandé par un opérateur humain et recevant un apport d'énergie du milieu extérieur (*moulin à café*)
- **système automatisé** : la commande est assurée par un **automate** (*robot industriel*)

Le modèle graphique ci-dessous fait apparaître les 3 éléments fondamentaux que sont :

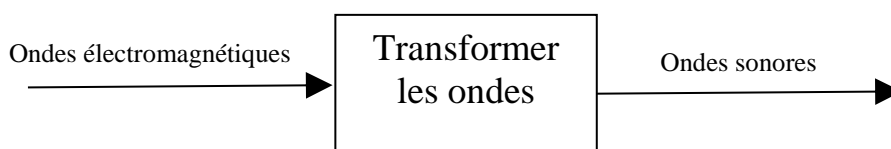
La (ou les) matière (s) d'œuvre : ce sur quoi agit le système. Elle peut être matérielle, informationnelle ou énergétique.

La fonction de service globale : exprimée par un verbe à l'infinitif complémenté.

La valeur ajoutée : la valeur supplémentaire apportée à la (aux) matière(s) d'œuvre par l'activité du système.

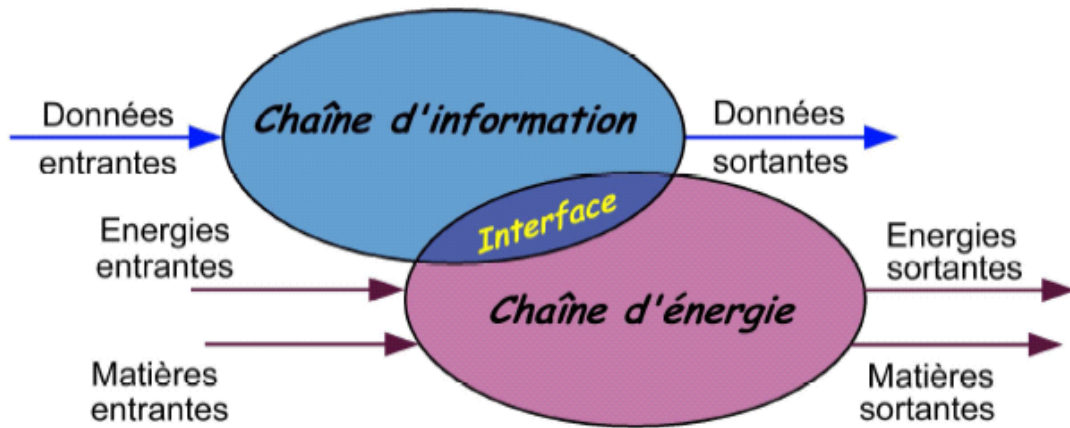


Exemple : le téléphone portable

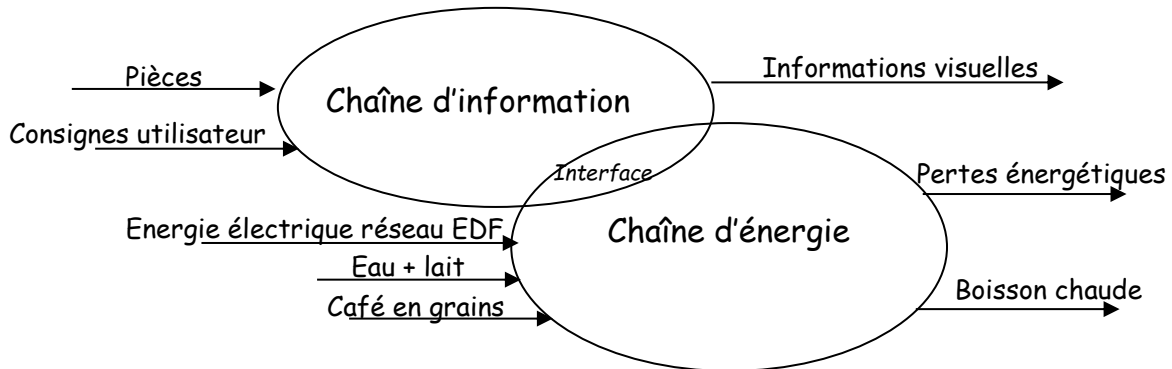


1.2- Architecture fonctionnelle

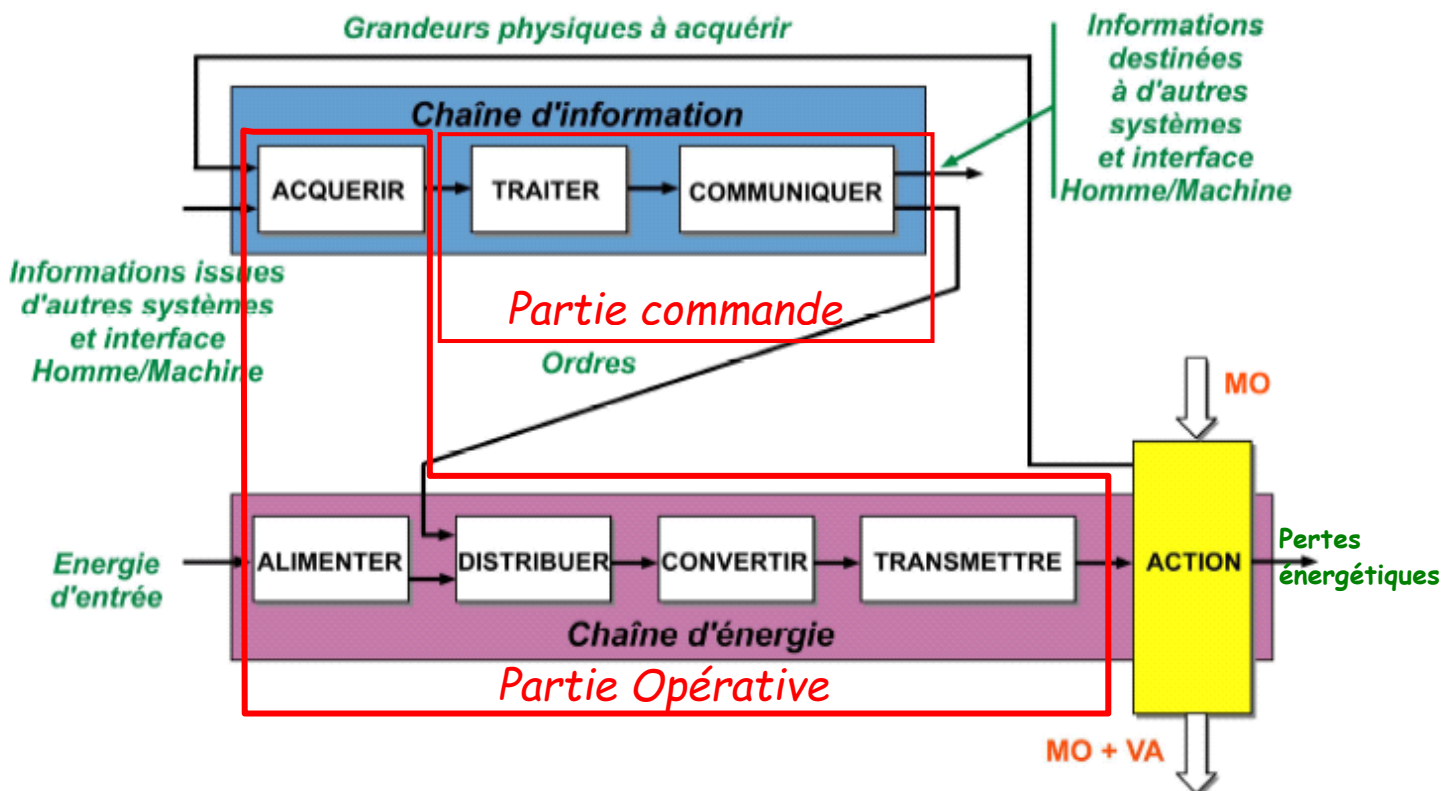
L'étude des systèmes pluri-techniques conduit à établir l'architecture fonctionnelle d'un produit à partir des flux de **Matière – Energie – Information**, et d'en identifier les fonctions techniques génériques.



Exemple : distributeur de boisson



Ainsi pour chaque chaîne fonctionnelle, on peut établir un graphique (schéma topo-fonctionnel) tel que présenté ci-dessous.



1.3- Chaîne d'information

La chaîne d'information inclut la **partie commande** (ensemble des moyens de traitement de l'information qui assurent la commande et la coordination des tâches de la **partie opérative**)

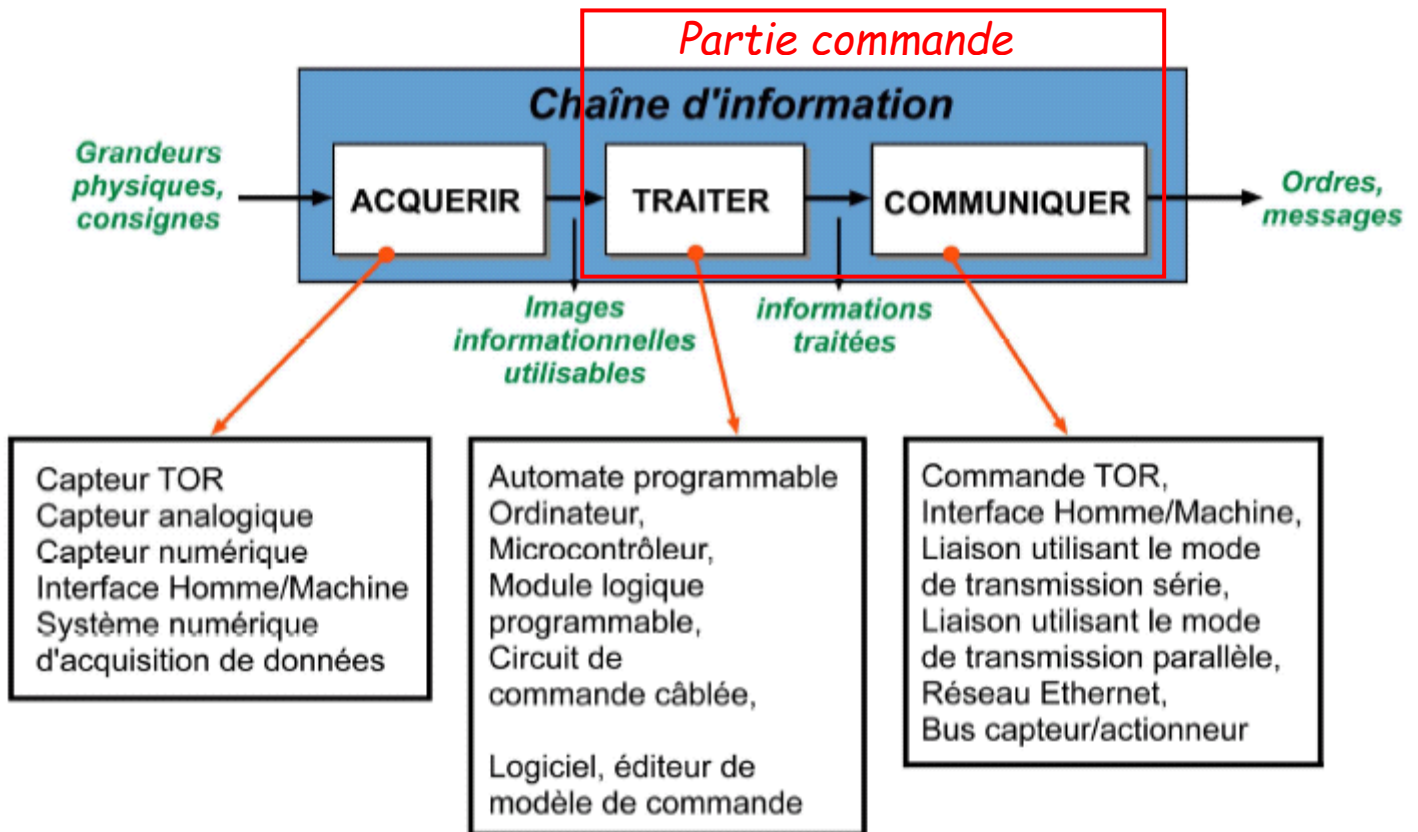
Cette partie commande doit:

- traiter l'information
- mémoriser les tâches
- dialoguer avec l'opérateur
- dialoguer avec la partie opérative ou d'autres systèmes

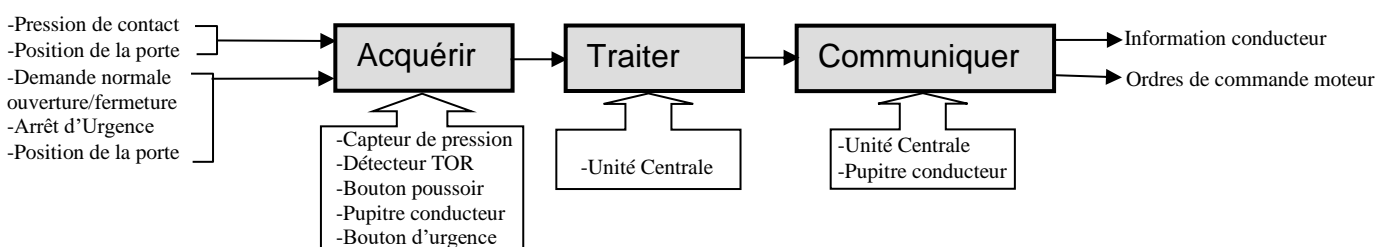
Dans un système non automatisé, la PC est le cerveau de l'opérateur.

Dans les systèmes automatisés, la Partie Commande est réalisée à partir de technologies électriques et électroniques. Elles peuvent être:

- câblées (avec composants standard) \Rightarrow nombre prédéterminé et difficilement modifiable de séquences de traitement de l'information (*programmeur de machine à laver, micro-contrôleur*).
- programmées (*automates programmables, ordinateurs..*): les modifications sont alors aisées et possibles en cours de fonctionnement.



Exemple : Porte de Métro

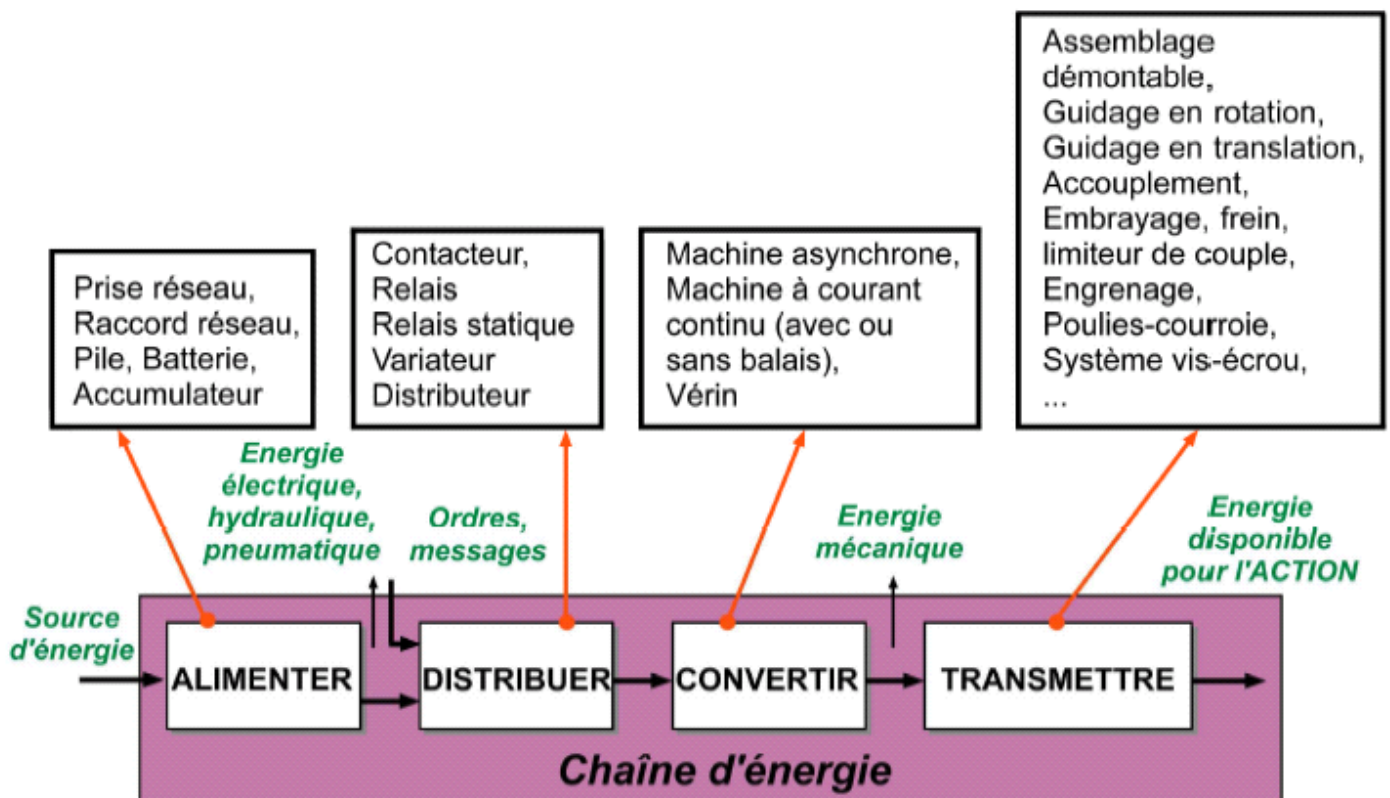


1.4- Chaîne d'énergie

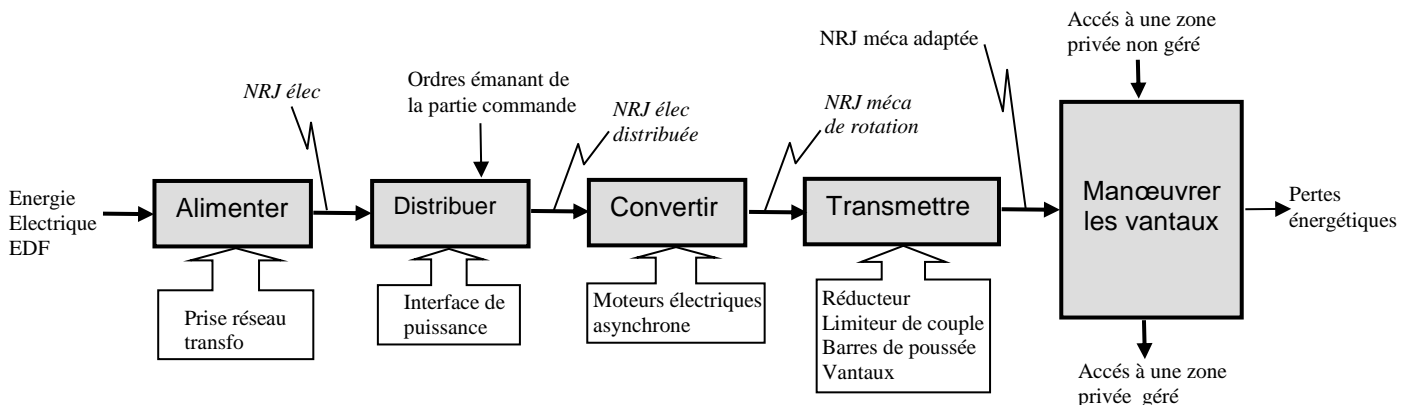
Elle agit sur la M.O. En général, c'est un ensemble mécanisé qui comprend :

- des **actionneurs** (*muscles, moteurs, vérins, ..*) électriques, pneumatiques ou hydrauliques pour convertir l'énergie.
- des **transmetteurs de puissance** (*réducteurs, variateurs, mécanismes vis-écrou...*) pour adapter la puissance au mécanisme.
- des **effecteurs** pour opérer sur le produit (*pince de robot*).
- des **préactionneurs** qui transforment les ordres à basse énergie provenant de la PC en haute énergie pour les actionneurs de la PO (*distributeurs, électrovannes, contacteurs...*).

En lui associant les **capteurs** qui transforment une grandeur physique (*force, vitesse, débit, intensité...*) en signal logique ou analogique compréhensible par la PC on obtient la **partie opérative** du système.



Exemple : Portail automatique



1.5- autres représentations structurelles d'un système

schéma cinématique :

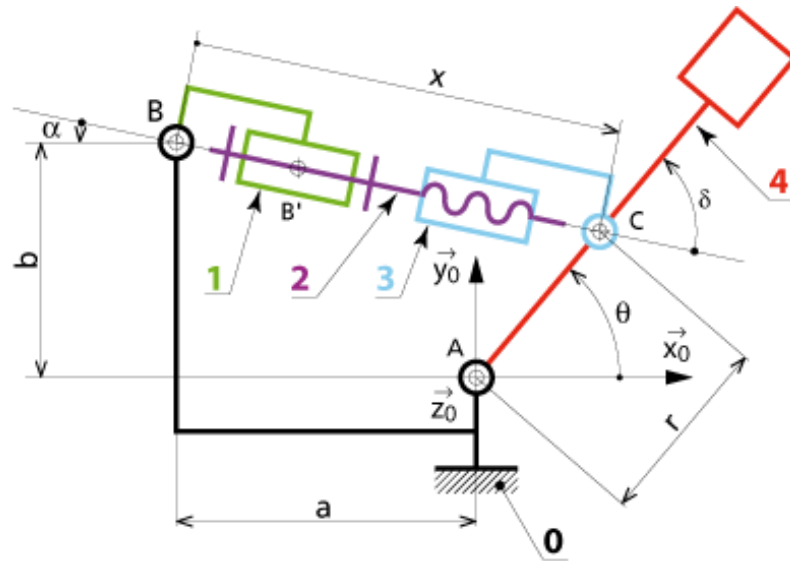


Schéma électrique :

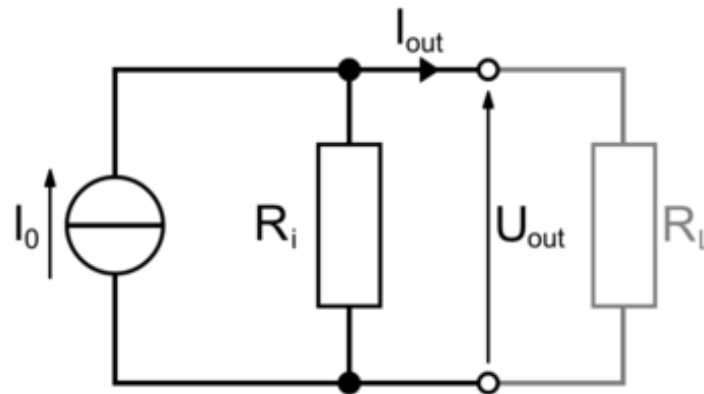
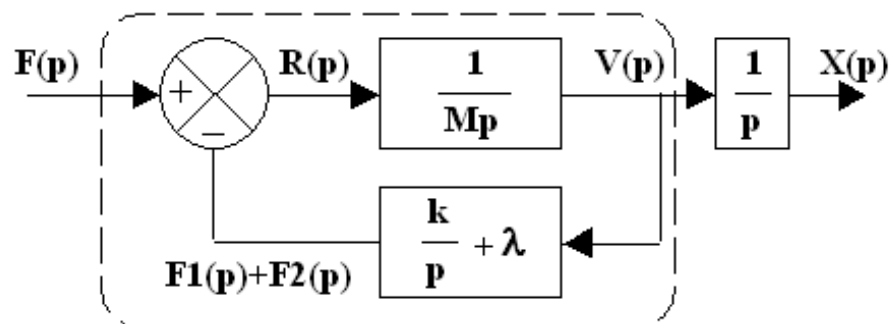


Schéma bloc :



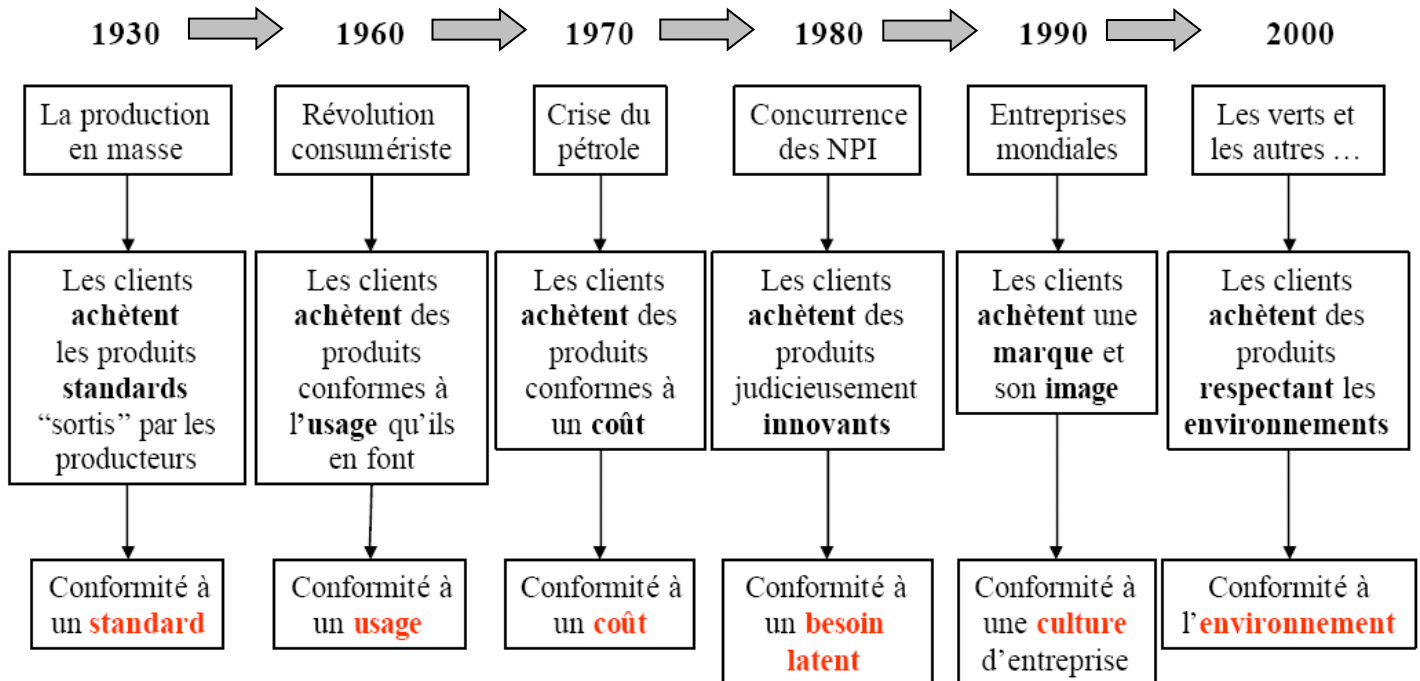
2- ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE (Hors programme en C.P.G.E.) :

il s'agit d'une analyse qui part du besoin pour définir les fonctions attendues d'un produit. Lors de cette analyse, le produit n'existe pas encore, à fortiori aucune solution n'est envisagée. On se place du point de vue du client.

2.1 – Le besoin :

Norme NF X50 – 150 : besoin = nécessité, désir éprouvé par un utilisateur.

Le besoin doit être exprimé (ex : *climatisation dans les voitures*), il est souvent latent, suscité (*société de consommation...*), il peut être imposé (*normes, lois. ex : ABS*). Il évolue :



Le client rêve en dehors de toutes contraintes, les enquêtes, les prototypes, l'analyse de la concurrence permettent d'exprimer le besoin du client potentiel : c'est le **besoin exprimé**. Cette première étape est l'expression du besoin.

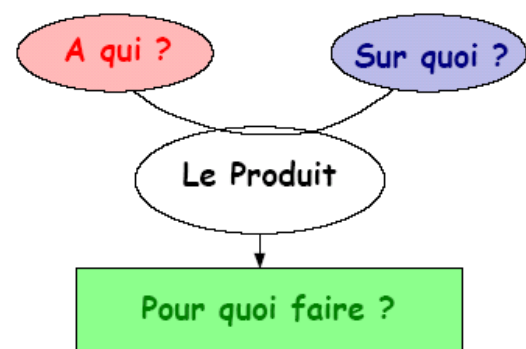
L'analyse du besoin est une méthode qui contribue à la caractérisation du besoin c'est-à-dire la détermination de la grandeur mesurable qui va être modifiée par l'utilisation du produit : c'est le **besoin caractérisé**. De plus, l'analyse du besoin peut générer l'innovation.

2.1.a – Besoin exprimé : Graphe des prestations ou « bêtes à cornes »

Le **produit** rend service au **client** en agissant sur la **matière d'oeuvre** pour satisfaire le **besoin**

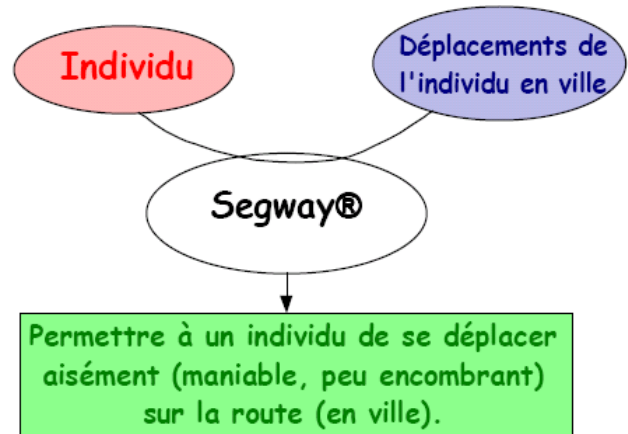
Le graphe des prestations est le schéma normalisé de l'expression du besoin

- **A qui** le produit rend-il service ?
À celui qui l'utilise : le client utilisateur
- **Dans quel but** ?
Pour satisfaire le besoin exprimé
- **Sur quoi** le produit agit-il ?
Sur l'état d'une matière d'oeuvre



La satisfaction du produit est générée par la modification de l'état d'une **matière d'œuvre** qui peut être un produit ou matière (à l'état solide, liquide ou gazeux et sous une forme plus ou moins élaborée), une énergie, une information (signal de faible énergie codé ou non) ou des êtres humains.

Exemple : Véhicule gyropode SEGWAY



2.1.b – Besoin caractérisé

il s'agit de qualifier et quantifier. La caractérisation précise les grandeurs mesurables liées à la matière d'œuvre.

Qualifier : c'est identifier et exprimer le phénomène physique sur lequel le produit va agir et qui va générer la satisfaction du client (la matière d'œuvre).

Quantifier : il s'agit de préciser la métrique qui va permettre d'appréhender l'effet du produit sur le phénomène et de donner le seuil de satisfaction du client. On définit un critère (grandeur physique Mesurable) et on précise une valeur c'est-à-dire un niveau attendu.

Exemple : Véhicule gyropode SEGWAY

Matière d'œuvre : déplacements de l'individu en ville

Critère	Valeur
Distance en autonomie	30 km
Vitesse	De 0 à 20 km/h
...	...

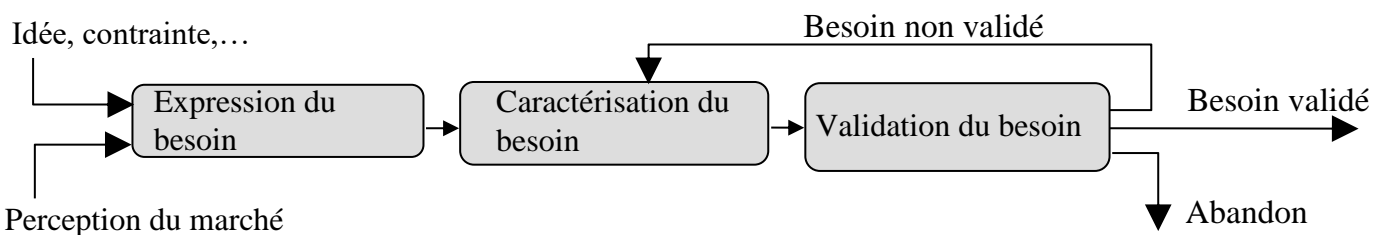
Remarques :

- Si plusieurs matière d'œuvre alors plusieurs « bêtes à cornes »

2.1.c - Besoin validé

Pour valider l'expression du besoin, il faut vérifier sa stabilité :

- Pourquoi ce besoin existe-t-il (pour quoi et pourquoi) ?
- Qu'est-ce qui pourrait le faire disparaître, le faire évoluer ?



Une fois le besoin exprimé, caractérisé et validé, on parle de **Prestation**. Il est maintenant possible de procéder à l'analyse fonctionnelle du besoin.

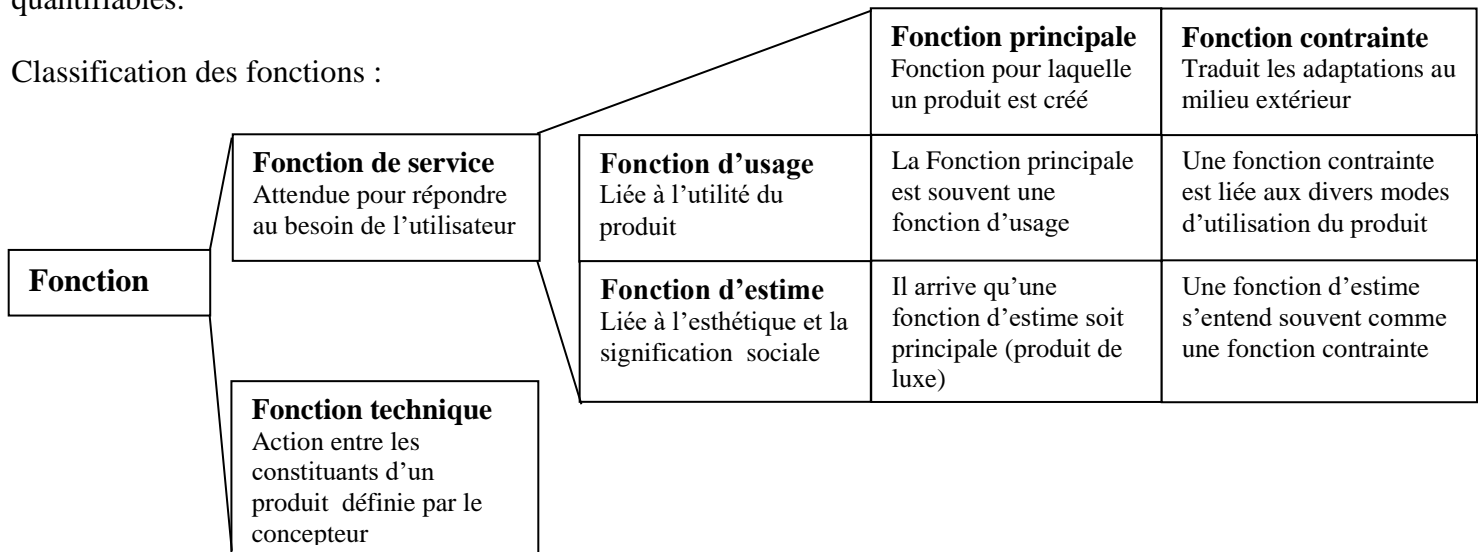
2.2 – Analyse fonctionnelle du besoin

Elle est utilisée dans les premières phases d'un projet pour créer ou améliorer un produit.

2.2.a - Les fonctions

Norme NF X50 – 150 : **Fonction** = action d'un produit exprimée exclusivement en terme de finalité. Elle est formulée par un **verbe à l'infinitif** suivi d'un complément et doit être précisée par des caractéristiques quantifiables.

Classification des fonctions :



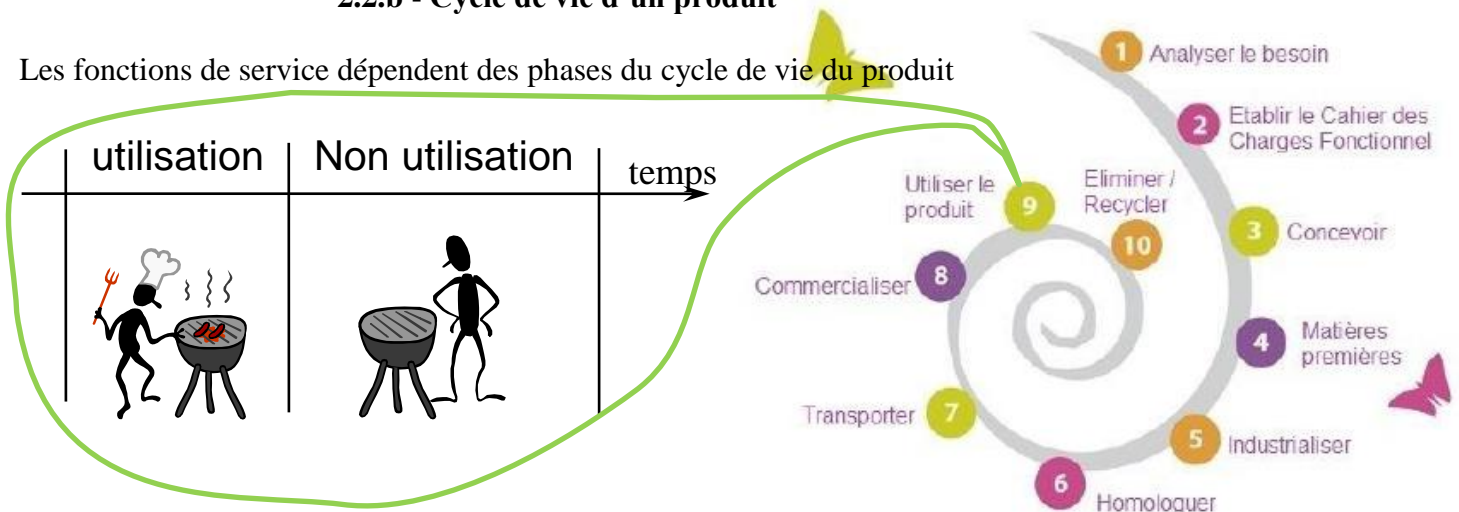
Les fonctions doivent être caractérisées c'est-à-dire **QUALIFIEES** (par des mots) et **QUANTIFIEES** (par des critères et des valeurs).

Il n'y a pas unicité de qualification, par contre la quantification doit être extrêmement rigoureuse puisqu'elle définit clairement l'objectif à atteindre. Elle ne laisse pas lieu à la subjectivité. Le cœur de l'analyse fonctionnelle est la quantification des fonctions.

l'objet de L'A.F.B. est la caractérisation des fonctions de service : action d'un produit pour répondre à un besoin de l'utilisateur.

2.2.b - Cycle de vie d'un produit

Les fonctions de service dépendent des phases du cycle de vie du produit



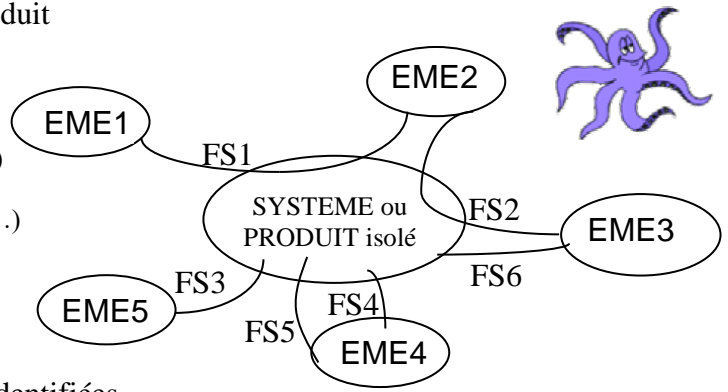
2.2.c - Diagramme des interacteurs ou diagramme Pieuvre

Méthode privilégiée : méthode **APTE** (APplication des Techniques d'Entreprise) avec un « diagramme-pieuvre » ou également appelé diagramme des interacteurs.

Cette méthode établit les relations (les fonctions de service) entre le produit et le milieu environnant composé des **interacteurs** (ou **EME = Eléments du Milieu Extérieur**) = *matière d'oeuvre, énergies, informations, utilisateur, ...*

Méthodologie : pour une phase du cycle de vie du produit

- 1- définir la frontière du produit ou système isolé
- 2 - rechercher les E.M.E. parmi :
 - Ambiance (climat, température ...)
 - Energie (Réseau, Batterie ...)
 - Individu (Utilisateur, Technicien ...)
 - Objet (Meuble, Outil ...)
- 3 - qualifier et quantifier les EME
- 4 - tracer toutes les interactions produit/EME
- 5 - numéroté et formuler les fonctions de service
- 6 - qualifier et quantifier les Fonctions de service identifiées

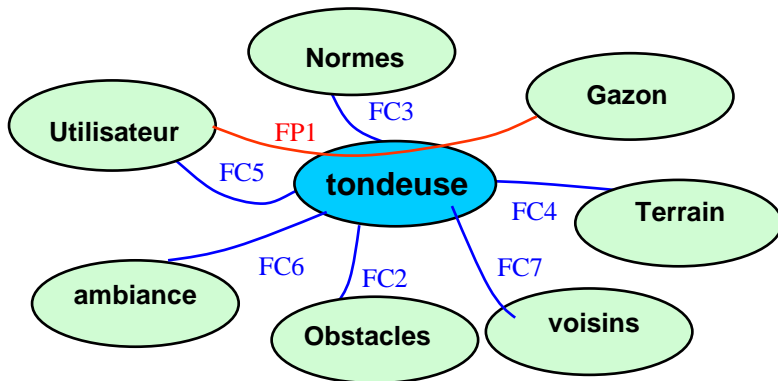


- les fonctions de service FS1 et FS2 sont des fonctions principales : elles expriment les relations entre les interacteurs (ou EME) par l'intermédiaire du produit. Leur qualification doit être de la forme suivante : permettre à « l'EME1 » de « verbe d'action » sur « l'EME2 ».

- les fonctions de service FS3, FS4 et FS5 sont des fonctions contraintes (ou d'adaptation) : elles expriment des relations entre le produit et un interacteur. Leur qualification doit être de la forme suivante : « verbe d'action » suivi du nom de l'EME.

Remarque : on retrouve les éléments identifiés par le diagramme « bête à corne » : M.O., fonction de service globale et V.A.

Exemple : Tondeuse à gazon thermique de type Mulching.
phase du cycle de vie = utilisation



Caractérisation partielle des EME :

N°	Qualification	Critères	Valeurs
1	Utilisateur	Age	>14 ans
		Sexe	indifférent
2	Ambiance	température	de 0 à 50°C
		hygrométrie	de 0 à 100%
3	Terrain	Pente	De 0 à 30%
		Surface	< 1500 m ² ±30%
4	Gazon	Densité max	10 000 pieds/m ²
		Hauteur max	20 mm

Caractérisation partielle des Fonctions de service :

N°	Qualification	Critères	Valeur
1	Permettre à l'utilisateur de tondre le gazon	Hauteur de coupe	30 < h < 150mm
		Autonomie avec un plein	3h ± 0,5h
		Vitesse travail	50 cm/s ±10%
		Vitesse rapide	1m/s ±10%
2	Contourner les obstacles	Effort vertical levage roues avant	<50 N ±10%
4	Être adaptée au terrain	Pente maxi	30% ± 3%
		Effort horizontal maxi de poussée	<100 N ±10%
5	Protéger l'utilisateur des projections	projection	aucune
7	Ne pas déranger les voisins	Niveau sonore	< 85dB ±5%

2.2.d - Le cahier des charges fonctionnel (CdCF)

Elles sont recensées dans un **cahier des charges fonctionnel** (CdCF) norme NFX 50-151.

On y retrouve pour chaque phase du cycle de vie du produit, le diagramme des intérateurs, leur caractérisation, les différentes fonctions de service, leur caractérisation et la tolérance associée aux valeurs (la flexibilité).

Phase	Diagrammes des intérateurs	Fonctions de service				
Phase j			F.S.	Critère	Niveau	Flexibilité
		FS1				
		FS2				
		FS3				
Phase k			F.S.	Critère	Niveau	Flexibilité
		FS4				
		FS5				

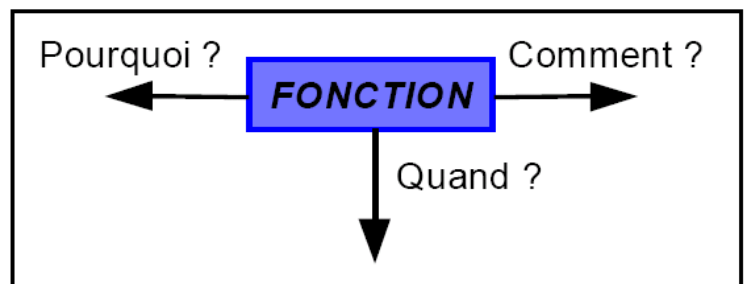
EME	Critère	Niveau
EME3:		
EME4:		

3- ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE (Hors programme en C.P.G.E.) :

Le diagramme F.A.S.T. (Function Analysis System Technic = Technique d'analyse fonctionnelle et systématique

l'objet est la caractérisation des **fonctions techniques** définies par le concepteur pour assurer les fonctions de service. Elles peuvent être ignorées de l'utilisateur.

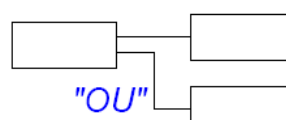
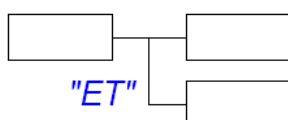
C'est un "arbre" de hiérarchisation des fonctions techniques qui permet de répondre aux questions **Pourquoi? Quand? Comment?**

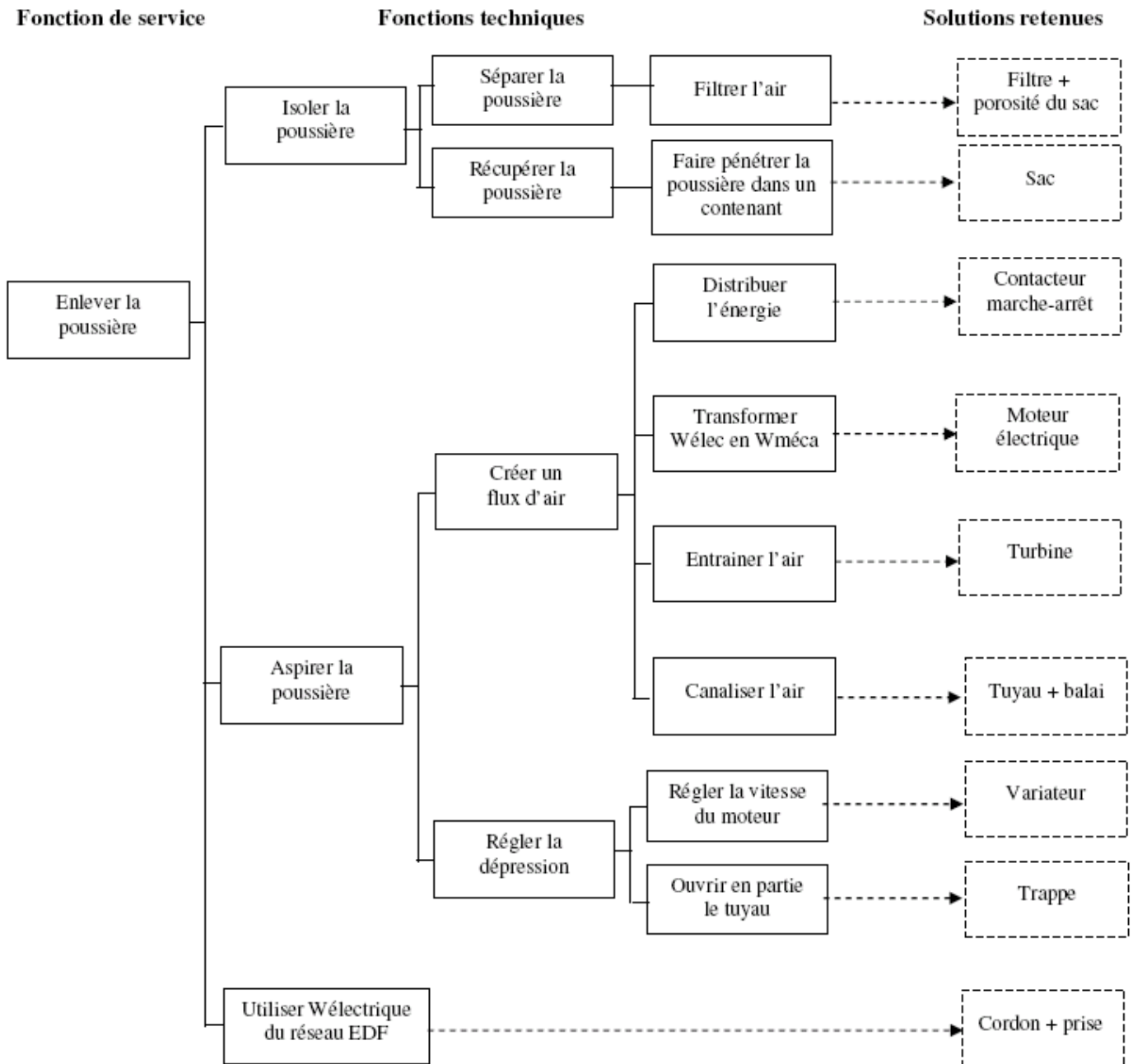


Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme F.A.S.T. recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques définies.

Les règles de syntaxe sont les suivantes :

- Les nombres de lignes et de colonnes ne sont pas fixés, ils dépendent du système.
- La rubrique **Quand** n'est généralement pas spécifiée, pour une description fonctionnelle.
- Pour la question **"Comment ?"** il y a généralement plusieurs éléments de réponse, deux possibilités sont alors prévues :



Exemple : aspirateur**4 – ANALYSE TEMPORELLE :**

Une tâche est une action faite en un temps fini. On peut représenter la succession chronologique des actions de plusieurs façons: chronogramme, certains diagrammes SysML. D'autres représentations qui ne sont pas au programme : Grafcet, algorithme, schéma à contacts, réseau de Petri ...

5 – SIMULER UNE PERFORMANCE :

5.1 – Définition d'une performance :

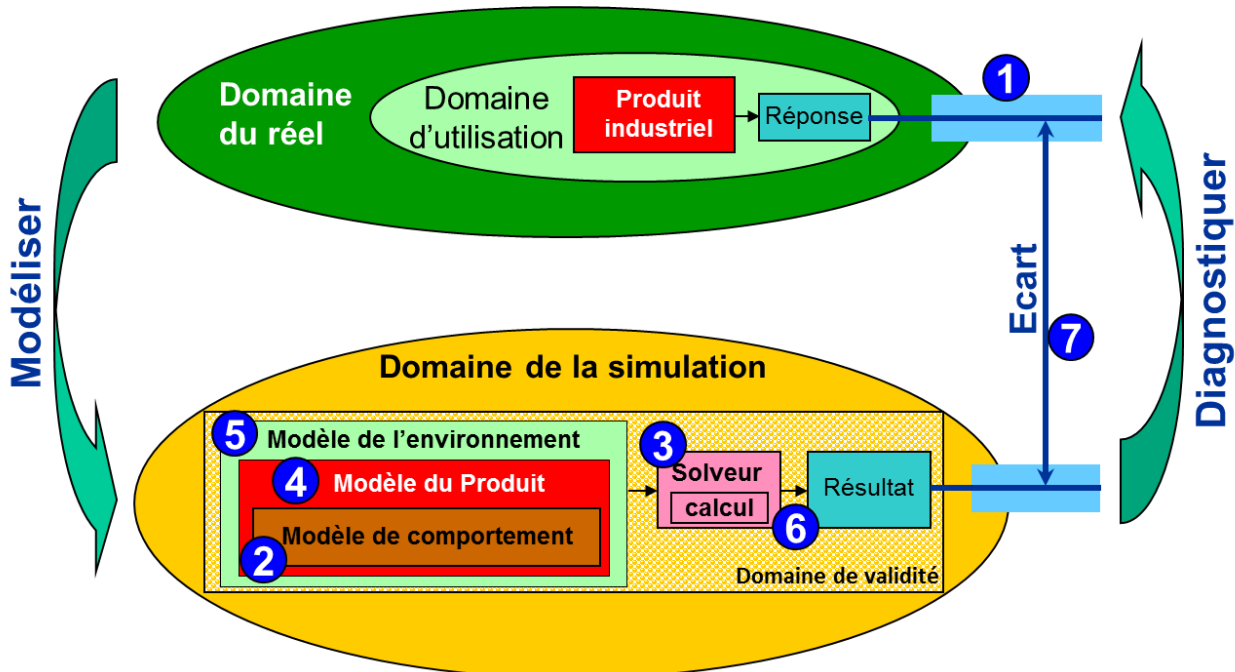
Une performance est un critère, et la valeur associée, d'une fonction de service. Les fonctions de service sont caractérisées dans le cahier des charges fonctionnel.

5.2 – L'environnement :

Une performance est nécessairement réalisée dans un environnement donné : par exemple, un constructeur automobile souhaite concevoir un véhicule qui accélère de 0 à 100km.h⁻¹ en moins de 8 secondes ... mais cette performance doit être réalisée dans un environnement bien défini ! Par exemple avec 1 seul passager (le conducteur) dont la masse est comprise entre 70 et 75kg, sur une route plate et avec un vent inférieur à 15km/h, seulement 10 litres de carburant dans le réservoir, une température ambiante comprise entre 20 et 25°C, un moteur déjà rôdé avec un kilométrage compris entre 5000 et 6000km, ...

La performance étant un critère d'une fonction de service, il est indispensable de prendre en compte la phase de vie associée à cette fonction de service car elle permettra de modéliser l'environnement dans lequel cette performance doit être réalisée.

5.3 – La démarche de modélisation :



Elle peut être décomposée en 7 étapes :

1. identifier et s'approprier l'objectif, le problème industriel,
2. observer le phénomène et choisir le modèle de comportement (et/ou modèle de connaissance),
3. choisir le solveur,
4. modéliser le produit (choix des composants et caractérisation des relations entre eux),
5. modéliser l'environnement (ou les conditions limites) en choisissant une phase de vie,
6. obtenir le résultat (et éventuellement le mettre en valeur),
7. diagnostiquer l'écart (en le quantifiant puis en définissant un plan d'action).

5.4 – La modélisation :

On appelle modélisation la somme de 3 modèles : le modèle de comportement, le modèle du produit et le modèle de l'environnement.

6- MODELISATION EN INGENIERIE SYSTEME :

le langage SysML



6.1 - Contexte :

L'ingénierie des systèmes est une approche scientifique interdisciplinaire de formation récente, dont le but est de formaliser et d'appréhender la conception de systèmes complexes.

Elle se focalise sur la définition des besoins du client et des exigences fonctionnelles, détectés tôt dans le « **cycle de vie du système** », en documentant les exigences, puis en poursuivant avec la synthèse de la conception et la validation du système.

La conception de système donne souvent lieu à une accumulation de documentations qui doivent toutes être croisées et mises à jour pour maintenir la cohérence et respecter les spécifications du système.

6.2 - Objectif :

Le langage **SysML** - **S**ystems **M**odeling **L**anguage - est un moyen de regrouper dans un modèle commun à tous les corps de métiers, les spécifications, les contraintes, et les paramètres de l'ensemble du système.

Le langage **SysML** est un langage de modélisation permettant de décrire tout ou partie d'un système technique, d'un point de vue transversal, comportemental ou structurel. Le langage SysML s'articule autour de neuf types de diagrammes, seuls sept seront étudiés en CPGE, chacun d'eux étant dédié à la représentation des concepts particuliers d'un système.

6.3 – Définition, classification et organisation des 7 diagrammes :

6.3.1 - Diagramme transversal :

Le diagramme d'exigences (SysML requirements Diagram)

noté : req

Il permet de représenter toutes les exigences du système : Exigences environnementales, économiques, fonctionnelles, techniques, etc.

6.3.2 - Diagrammes comportementaux :

Le diagramme de contexte

Il permet de définir les frontières de l'étude, et en particulier de préciser la phase du cycle de vie dans laquelle on situe l'étude (généralement la phase d'utilisation).

Il répond à la question : "Quels sont les acteurs et éléments environnants du système ?".

Le diagramme de cas d'utilisation (SysML Use Case Diagram)

noté : uc

Il permet de montrer les fonctionnalités offertes par le système. Il répond à la question : "quels services rend le système ?".

Fonctionnalité = cas d'utilisation = service rendu en autonomie d'un bout à l'autre par le système.

Le résultat est visible par l'acteur (entité extérieure en interaction avec le système).

Le diagramme de séquence (SysML Sequence Diagram)

noté : sd

Il permet de décrire les scénarios correspondant aux cas d'utilisation, un cas d'utilisation est décrit par au moins un diagramme de séquence. Il répond à la question : "Comment est réalisé ce cas d'utilisation ?".

Il montre également les interactions entre différents éléments d'un point de vue séquentiel, enchaînement et nature des échanges.

Le diagramme d'états (SysML State Machine Diagram)

noté : stm

Il permet de décrire le comportement d'un programme sous forme de machine d'états. Il montre les différents états pris par le système (ou un sous-système) en fonction des interactions. Il répond à la question : "Comment représenter les différents états du système ?"

6.3.3 - Diagrammes structurels :

Le diagramme de définition de bloc (SysML Block Definition Diagram)

noté : **bdd**

Il permet de montrer le système d'un point de vue composé/composant. Il répond à la question "qui contient quoi ?". Il peut aussi montrer les caractéristiques principales de chaque bloc en faisant apparaître les opérations (rôles) et les propriétés (caractéristiques). Il permet également de représenter les liens entre les blocs de même niveau par une association (simple trait entre 2 blocs).

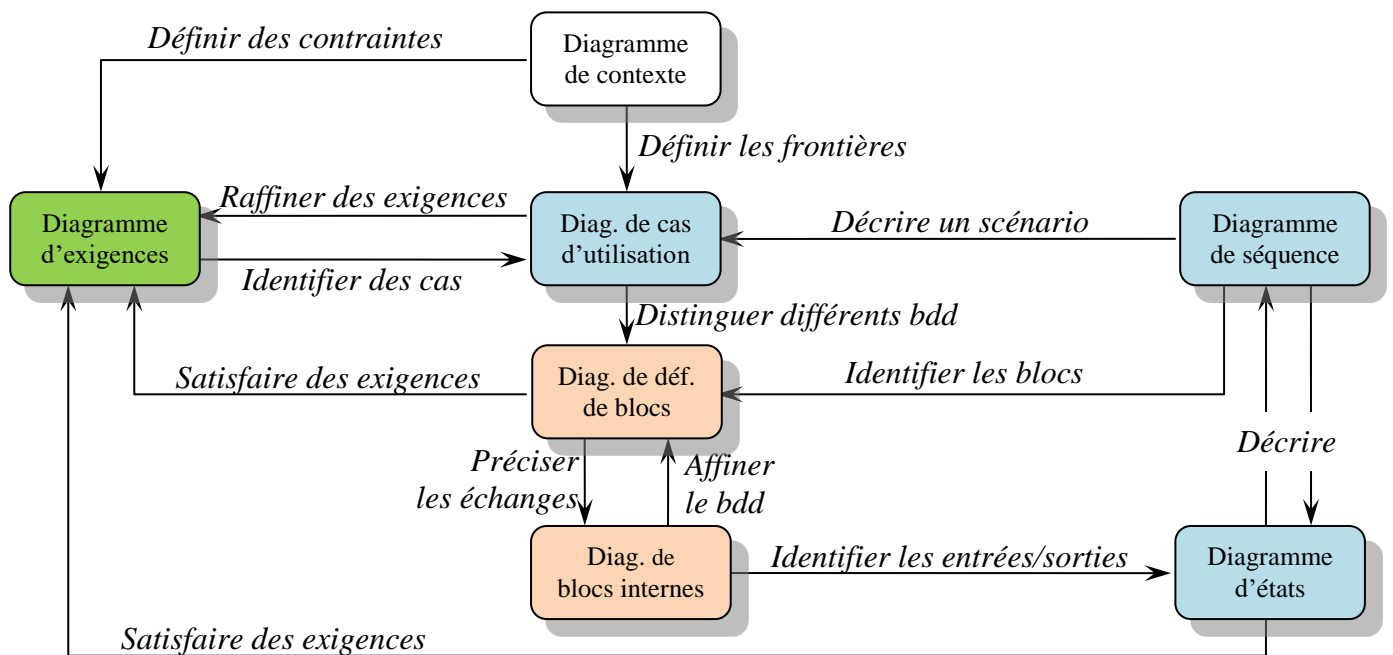
Le diagramme de bloc interne (SysML Internal Block Diagram)

noté : **ibd**

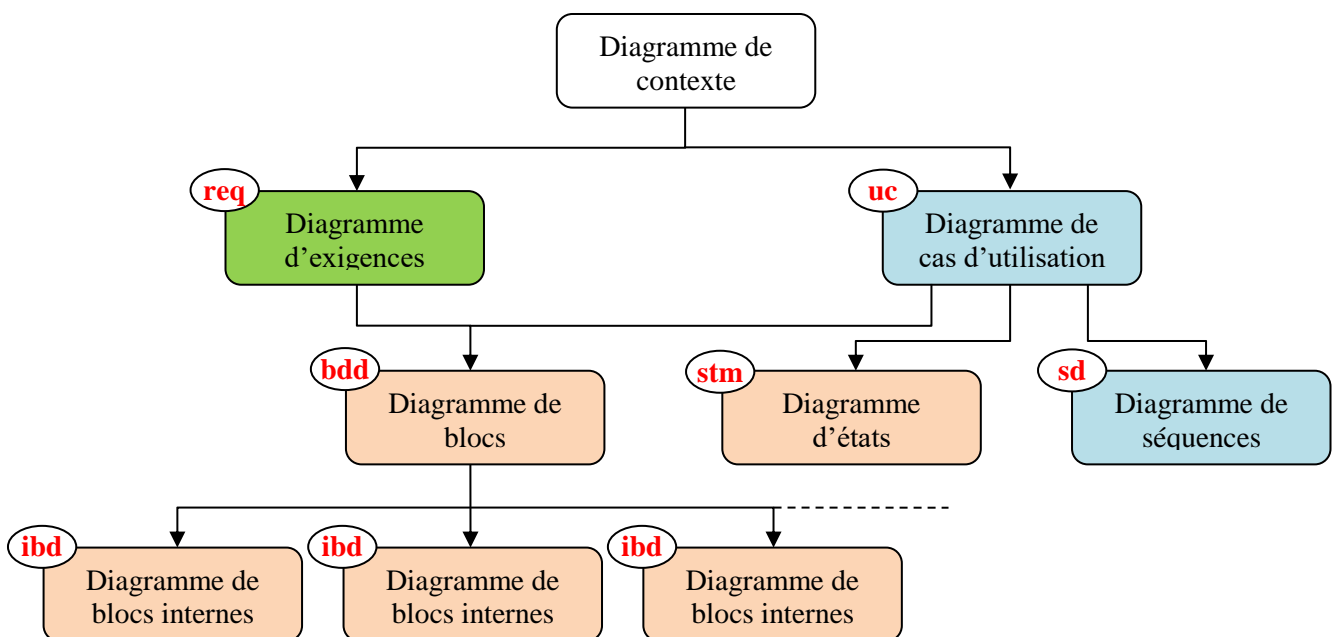
Il permet de représenter les échanges de matière/information/énergie entre blocs de même niveau grâce aux ports de flux (petit carré avec une flèche). Il permet de représenter les services invoqués par un autre bloc grâce aux ports standards (petit carré sans flèche), et par extension toute entrée/sortie de contrôle/commande. Il permet également de représenter les liens entre les blocs de même niveau.

6.3.4 – Relations entre les diagrammes :

Le schéma ci-dessous présente les relations possibles entre chacun de ces 7 diagrammes :



6.3.5 – Arborescence des diagrammes :



6.4 – Sémantique associée au langage SysML :

6.4.1 – Les différents types d'association :

Extend le cas d'utilisation source est une extension possible du cas d'utilisation destination.

Include le cas d'utilisation source comprend obligatoirement le cas inclus.

Derive une ou plusieurs exigences sont dérivées d'une exigence.

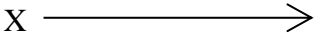
DeriveReq permet de relier une exigence d'un niveau général à une exigence d'un niveau plus spécialisée mais exprimant la même contrainte.

Satisfy un ou plusieurs éléments du modèle permettent de satisfaire une exigence.

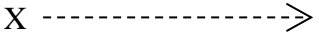
Verify un ou plusieurs éléments du modèle permettent de vérifier et valider une exigence.

Refine un ou plusieurs éléments du modèle redéfinissent une exigence.

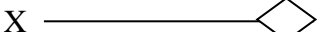
6.4.2 – Les différentes relations dans les diagrammes :

Association : X  Y
(uc – bdd – ibd)


X utilise Y

Dépendance : X  Y
(uc – req – bdd)


X dépend de Y

Agrégation : X  Y
(req – bdd)

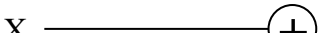
X entre dans la composition de Y
sans être indispensable à son fonctionnement

Composition : X  Y
(req – bdd)

X entre dans la composition de Y
et est indispensable à son fonctionnement

Généralisation : X  Y
(req – bdd – ibd)

X est une sorte de Y

Conteneur : X  Y
(req – bdd)

Y contient X

6.5 – Présentation et illustration des diagrammes :

L'illustration des diagrammes est construite sur un drone, appelé « CinéDrone », utilisé dans le cadre du cinéma.

Une caméra est positionnée sur la nacelle pour pouvoir réaliser des prises de vue aériennes, cette nacelle étant commandée en orientation pour stabiliser l'image.

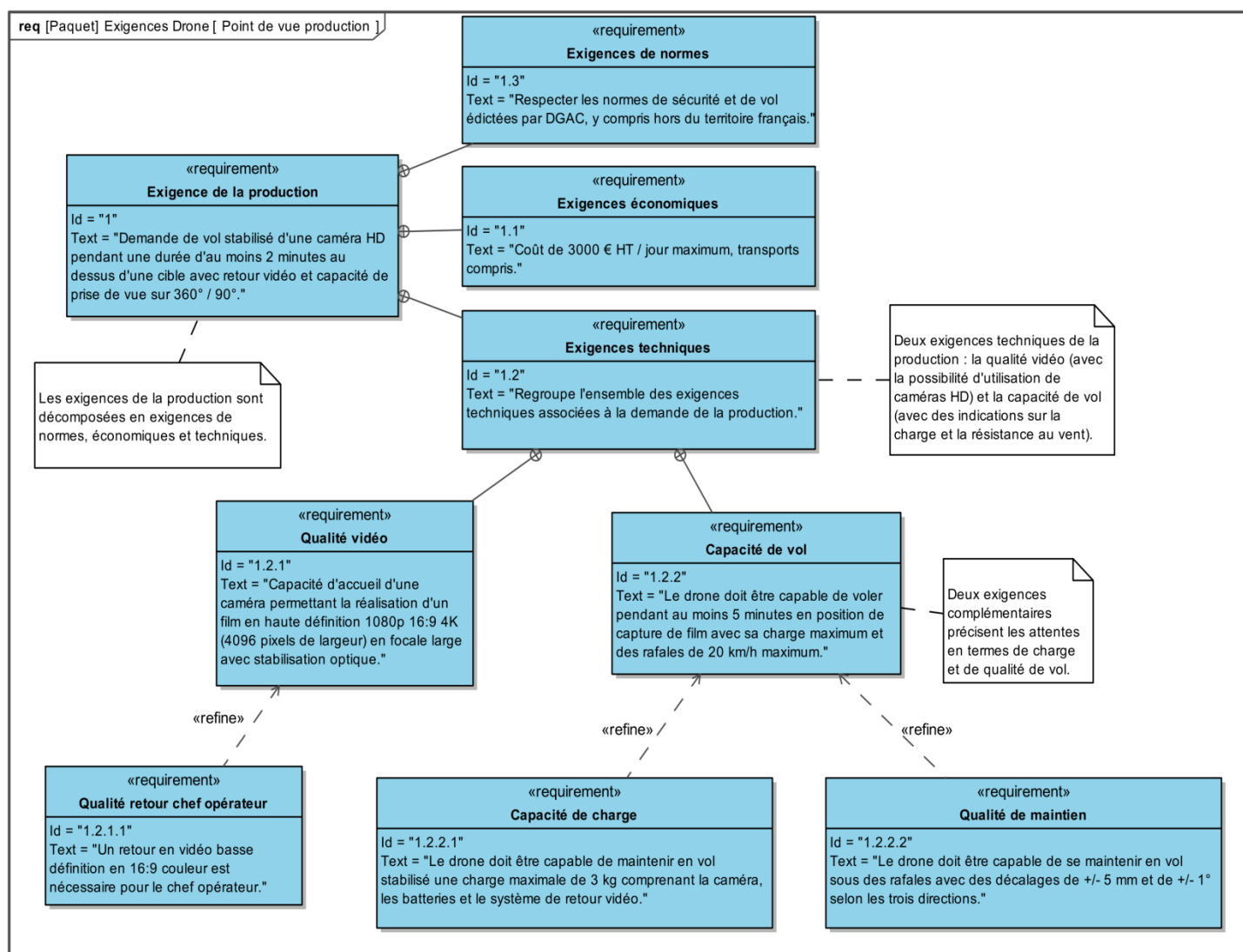


6.5.1 – Le diagramme d'exigence : (req)

L'objectif de ce diagramme est de modéliser les exigences devant être vérifiées par le système en liant les solutions mises en œuvre sur le système avec les besoins définis dans le cahier des charges. Ce diagramme traduit, par des fonctionnalités ou des contraintes, ce qui doit être satisfait par le système.

Il ne faut pas chercher à poser toutes les exigences sur un même diagramme, car sinon il sera illisible. Ainsi il est possible de réaliser plusieurs diagrammes d'exigences, l'idée pouvant être de regrouper les exigences techniques sur un seul diagramme puis les autres groupes d'exigences sur d'autres diagrammes.

Les éléments graphiques utilisés dans ce diagramme sont principalement des rectangles avec un titre représentant les exigences, un identifiant sous forme de numéro et une description textuelle libre mais concise.

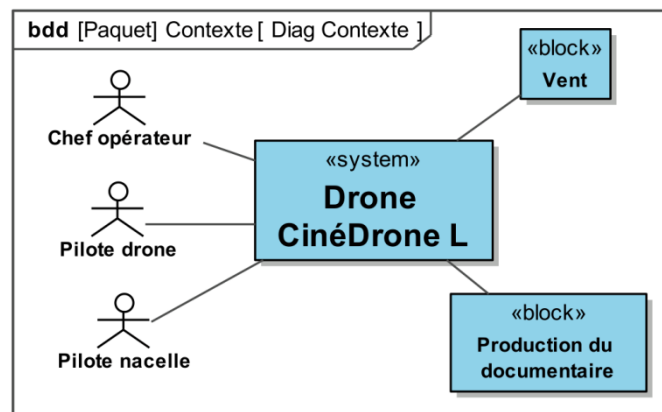


6.5.2 – Le diagramme de contexte :

Le diagramme de contexte est une extension *non normalisée* du langage SysML qui permet de définir les frontières de l'étude et la phase du cycle de vie dans laquelle on situe l'étude (il s'agit généralement de la phase d'utilisation normale du système). Ce diagramme doit être lu avec le diagramme d'exigences pour identifier l'environnement dans lequel les exigences doivent être satisfaites ; modélisation de l'environnement dans le cadre de la simulation de performances.

Ce diagramme devra bien sûr faire apparaître tous les acteurs intervenants dans le diagramme de cas d'utilisation, mais il fera aussi apparaître les différents acteurs ou éléments intervenant dans une exigence.

Il n'y a aucune recommandation spécifique sur la manière dont il sera établi. Il pourra se faire par le plus souvent sous la forme d'un diagramme de définitions de blocs (bdd).



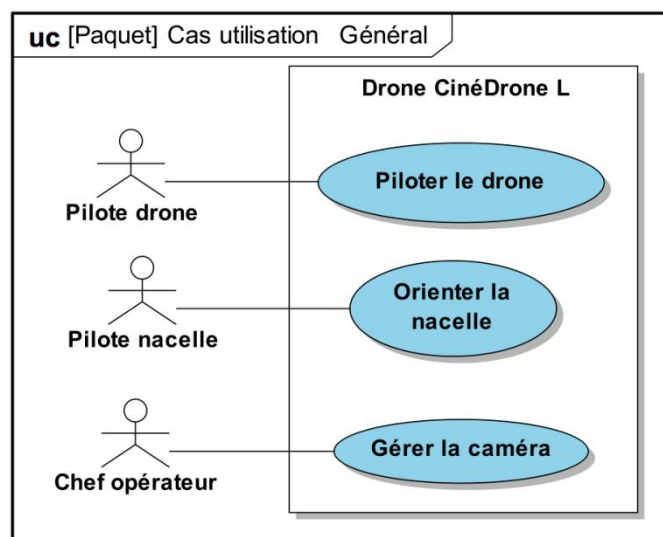
6.5.3 – Le diagramme de cas d'utilisation : (uc)

L'objectif de ce diagramme est de montrer les fonctionnalités offertes par un système en identifiant les services qu'il rend : il permet donc de modéliser les exigences selon un point de vue complémentaire à celui exposé par le diagramme des exigences.

Ce diagramme devra faire apparaître tous les acteurs intervenants dans le diagramme de cas d'utilisation, mais il fera aussi apparaître les différents acteurs ou éléments intervenant dans une exigence.

Ce diagramme permet de délimiter le système étudié, il décrit ce que fera le système (sans spécifier comment) et non ce que fera l'utilisateur. Il précise donc les services (uses cases) satisfaits pour les utilisateurs (actors), ces services sont représentés sous forme de fonctions que les « actors » peuvent réaliser grâce au système.

L'énoncé d'un cas d'utilisation doit se faire *hors technologie*, puisque il est défini en termes de résultats attendus.



6.5.4 – Le diagramme de séquence : (*sd*)

L'objectif de ce diagramme est de décrire les interactions existant entre plusieurs entités, celles-ci pouvant être des acteurs, le système ou ses sous-systèmes. Le diagramme ne montre donc que l'enchaînement séquentiel des différentes interactions.

Un diagramme de séquence est rattaché à un cas d'utilisation et décrit ce dernier en entier ou en partie, ce qui correspond à un scénario de fonctionnement possible.

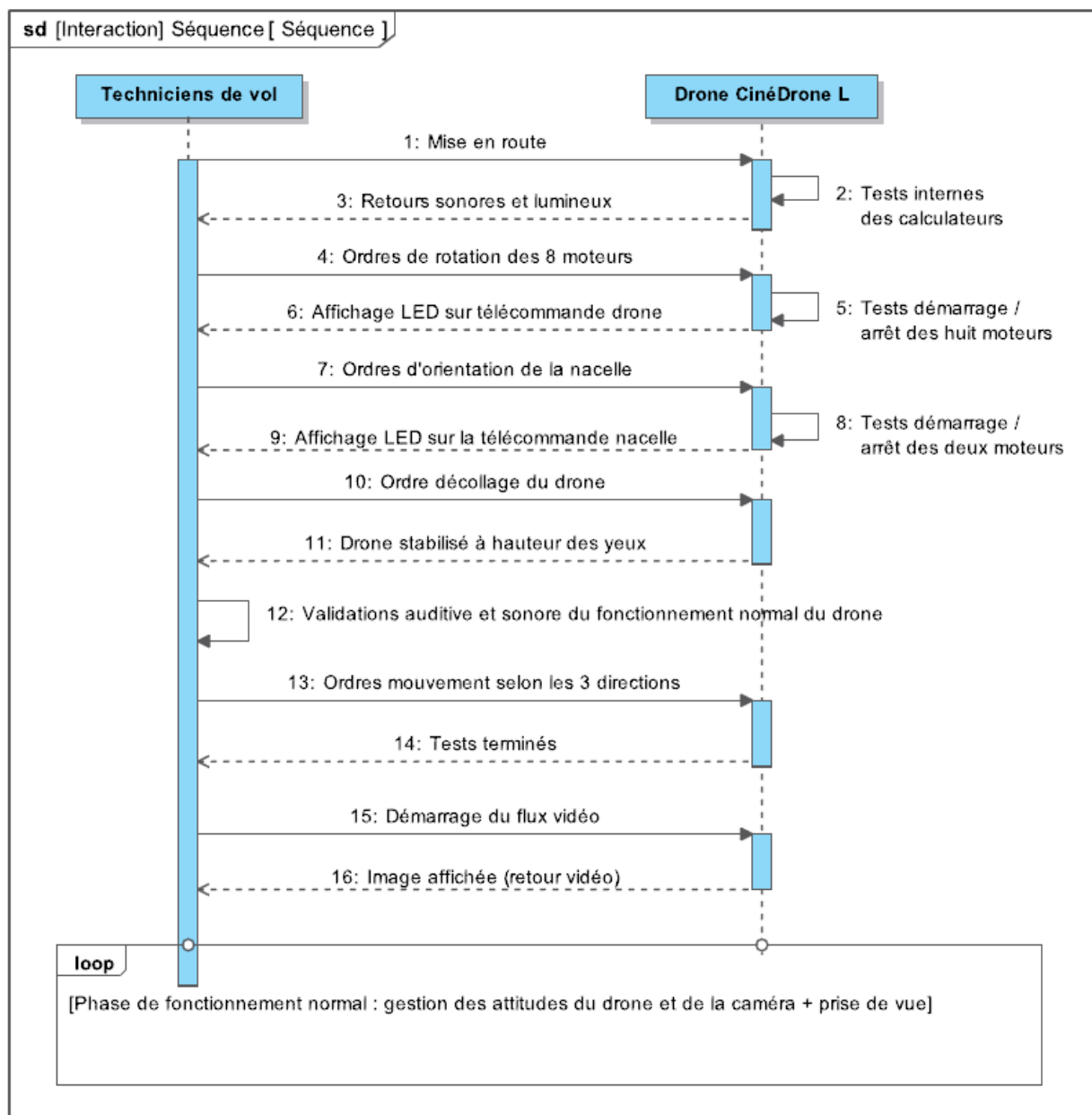
Un scénario se décrit dans un cadre bien précis. Il est donc possible de décrire des scénarios de réussite et des scénarios d'échecs (gestion des problèmes).

Ce diagramme permet de documenter les cas d'utilisation, en effet une description textuelle est indispensable pour communiquer au sein du projet.

Sur ce diagramme apparaissent verticalement des lignes de vie (généralement une pour l'utilisateur et une pour le système), et les flèches horizontales montrent les messages passés lors de la réalisation d'une fonction (séquence). L'évolution du temps se lit verticalement en descendant.

Sémantique propre à ce diagramme :

- Une flèche noircie indique un message attendant une réponse (synchrone)
- Une flèche ouverte indique un message n'attendant aucune réponse (asynchrone)
- Un trait continu indique un message synchrone ou asynchrone
- Un trait pointillé indique une réponse à un message



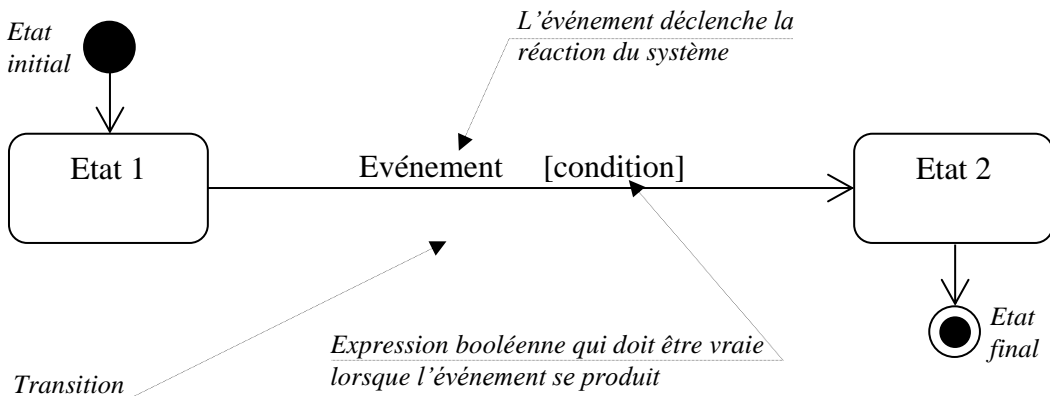
6.5.5 – Le diagramme d'états : (*stm*)

Le diagramme d'états est rattaché à un bloc qui peut être le système, un sous-système ou un composant. Le comportement décrit par ce type de diagramme sert à montrer les différents états pris par le bloc en fonction des évènements qui lui arrivent.

Un état représente une situation d'une durée finie durant laquelle un système exécute une activité, satisfait à une certaine condition ou bien est en attente d'un évènement. Le passage d'un état à un autre se fait en franchissant une transition.

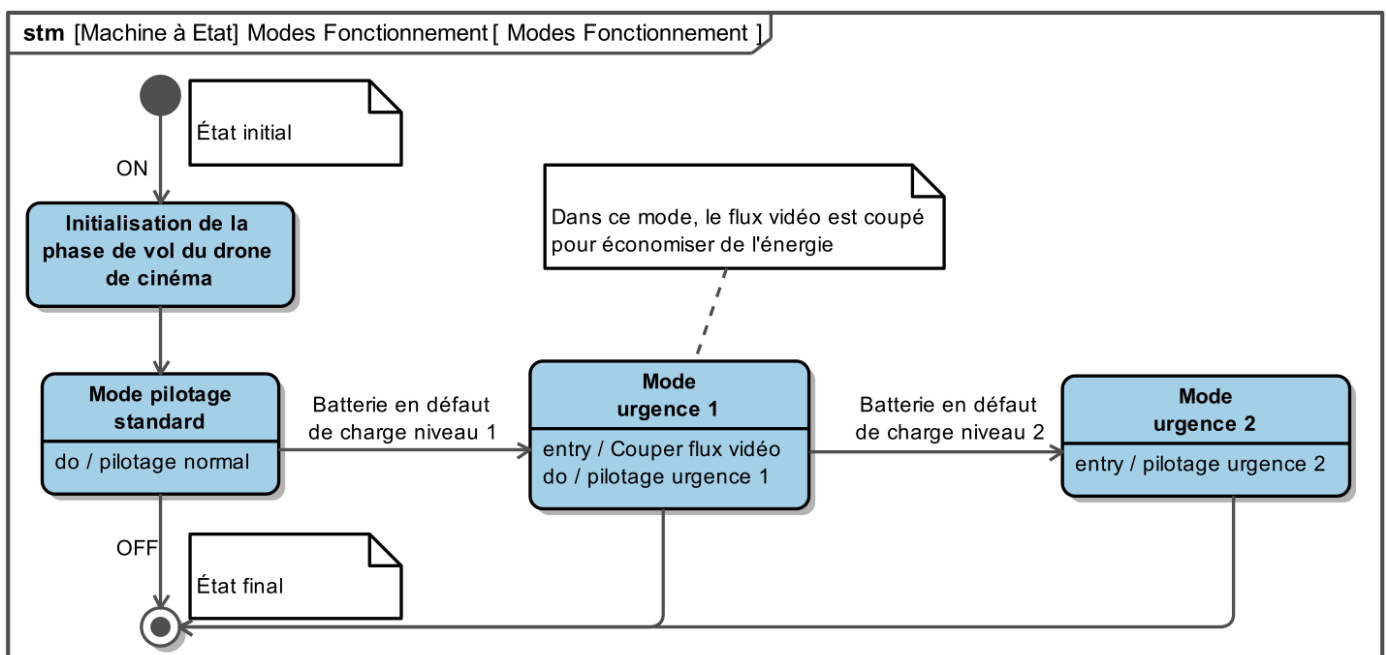
Ce diagramme servira avant tout à décrire le fonctionnement d'un programme. Ce diagramme trouve toute sa place en lien avec les logiciels de simulation comportementale (Matlab, LabView, Modelica,...).

Le diagramme d'états représente la succession des états d'un système ou d'un sous-système ; la dynamique des changements est entretenue par des évènements :



Exemple d'un distributeur de boisson :

- Etat 1 : attendre des pièces
- Etat 2 : préparer une boisson
- Transition : évènement : introduction de pièces
condition : déposer 1 euro au minimum



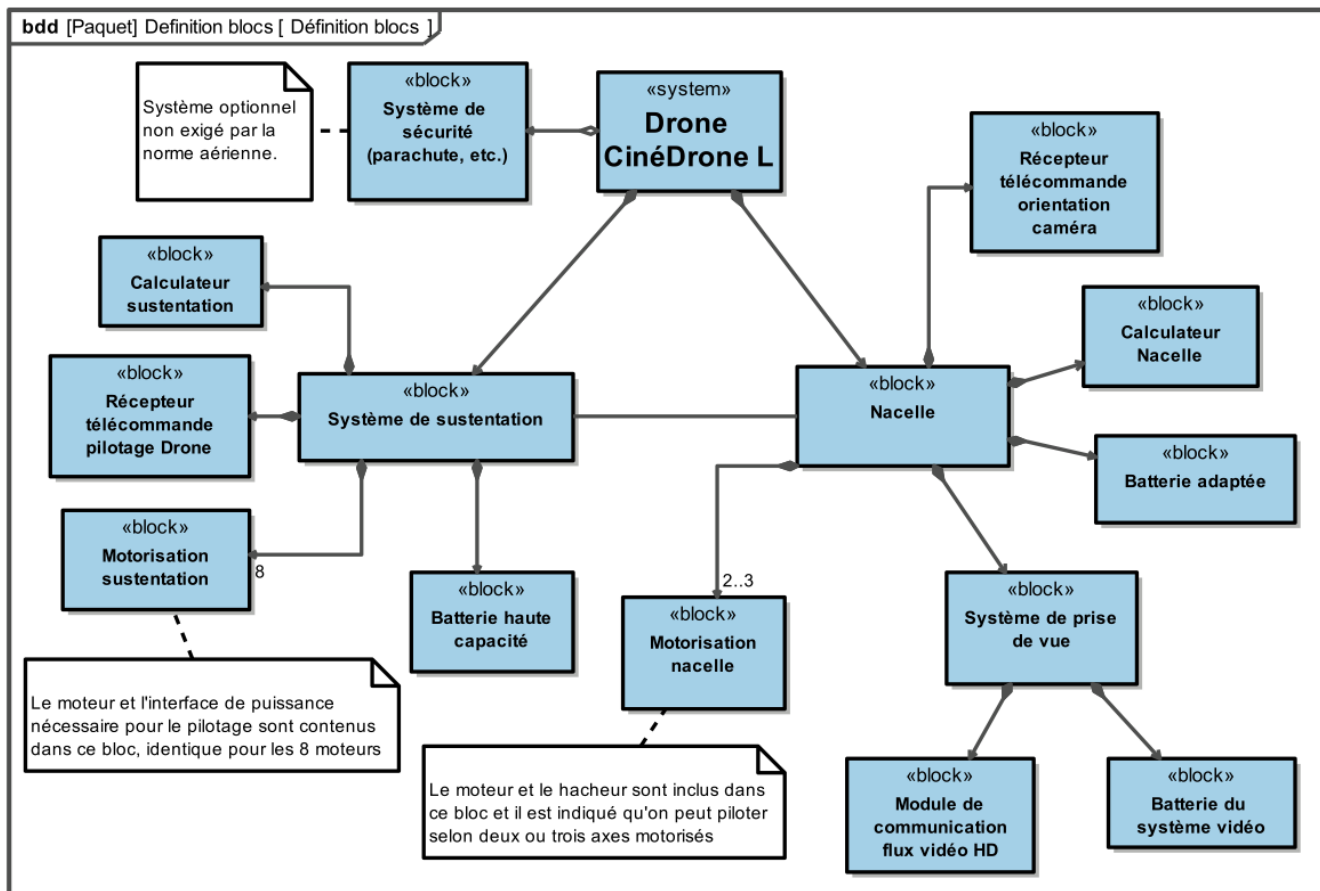
6.5.6 – Le diagramme de définition de bloc : (bdd)

L'objectif de ce diagramme est de décrire le système *via* des blocs (*blocks* dans le langage SysML) et représentant des éléments matériels (cas le plus fréquent) mais également des entités abstraites (regroupement logique d'éléments) ou des logiciels.

Ce diagramme représente les caractéristiques principales de chaque bloc ainsi que les liens entre eux : il permet donc une modélisation de l'architecture du système.

Ce diagramme est utile pour montrer les principaux composants du système. Il n'est pas obligatoire de faire apparaître les propriétés et les opérations dans chaque bloc. Ainsi le diagramme est relativement pauvre en information, mais il offre une vue synthétique de la structure du système.

Graphiquement, un bloc est représenté par un rectangle avec le stéréotype « *block* » comprenant un titre et des compartiments étagés regroupant des propriétés particulières. Il est ensuite possible de relier les blocs au moyen de liens dont la sémantique dépend de la nature particulière de la relation. Sur ces liens, il est possible de préciser la multiplicité d'un bloc en plaçant une valeur au bout du lien.



«block»
Motoréducteur à courant continu
<i>constraints</i>
$cm = kt \cdot i$ $dwm/dt = (cm - f \cdot \omega_m) / J_{eq}$ $u = R \cdot i + L \cdot di/dt + k_e \cdot \omega_m$...
<i>parts</i>
Moteur CC Réducteur planétaire
<i>properties</i>
Couple nominal = 1 Nm Vitesse nominale = 3000 rpm
<i>values</i>
$f_{eq} = 7e-5$ Nms $J_{eq} = 6e-6$ Kgm ² $k_e = 0.02$ Vs $kt = 0.02$ NmA ⁻¹ $L = 7e-4$ H $R = 5$ Ω


Exemple de bloc caractérisé.


6.5.7 – Le diagramme de bloc interne : (*ibd*)


Le diagramme de blocs internes est rattaché à un bloc issu du diagramme de définition de blocs (analyse descendante), le cadre du diagramme représentant la frontière d'un bloc. Le diagramme de définition de blocs introduit la notion fondamentale de « port » qui correspond à un point d'interaction avec l'extérieur du bloc.

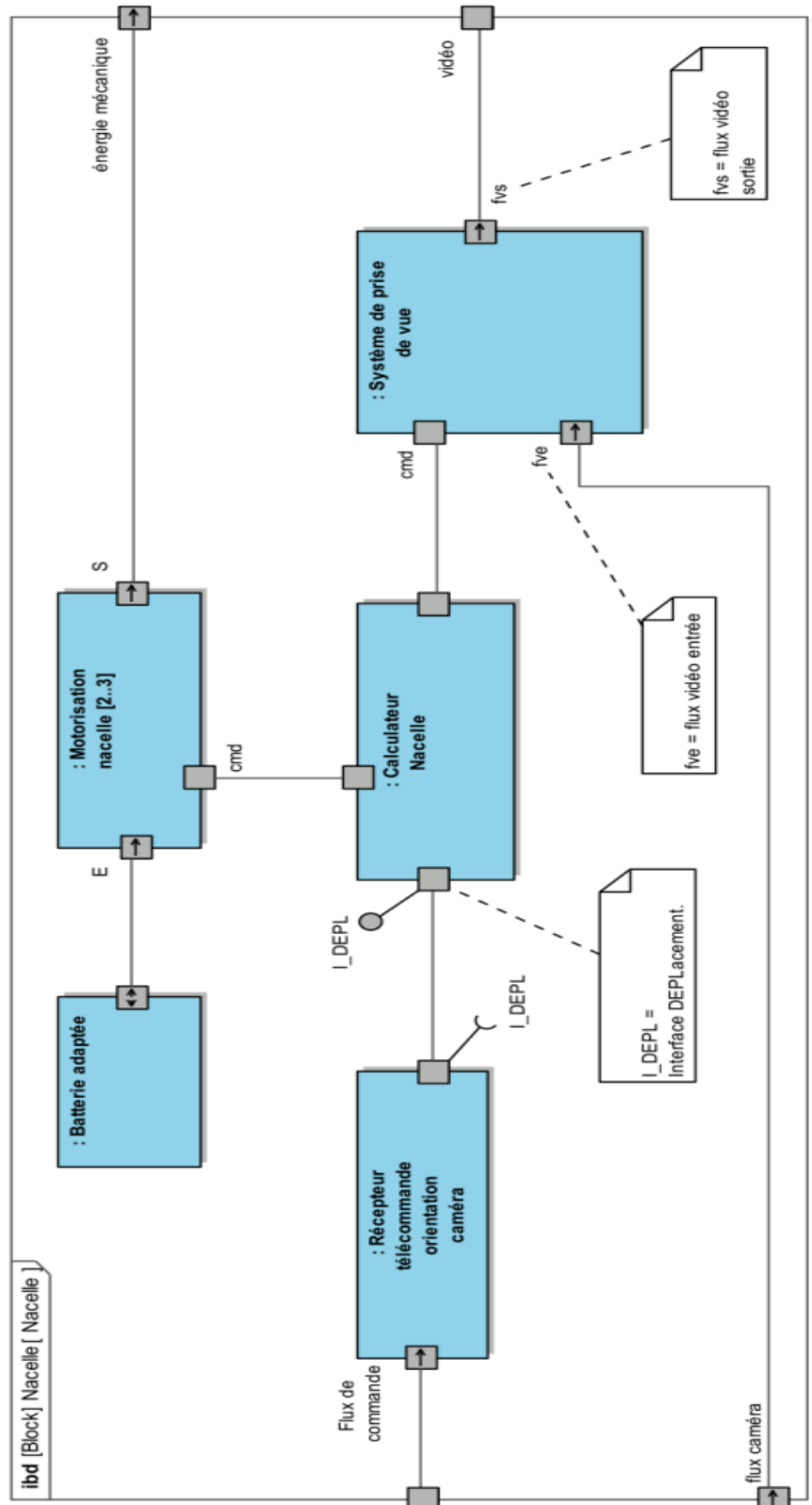
Les connecteurs (traits) entre les ports indiquent soit les associations soit les flux de matière, d'énergie et d'information entre les différents blocs. Sur ce diagramme les liens se représentent entre blocs de même niveau, ils ne se contiennent pas.

Attention à bien faire la différence entre port standard (port de commande) et port de flux :

 **Port standard :**
désigne une interface permettant d'invoquer un service/une opération (événement épisodique)

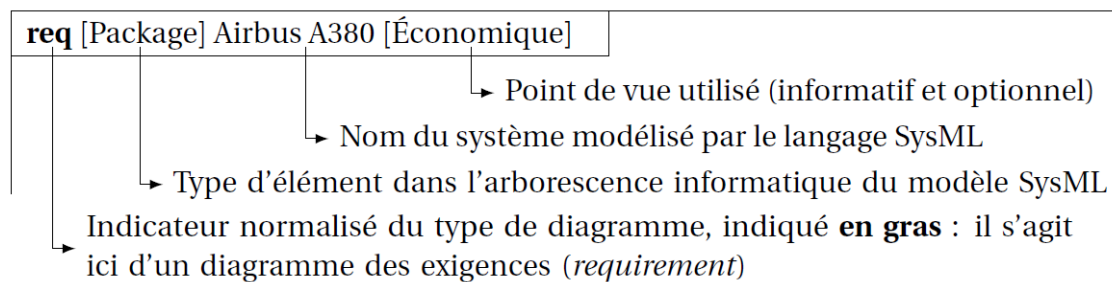
 **Port de flux :**
canal d'Entrée/Sortie par lequel transite de la matière, de l'énergie ou de l'information (MEI).

 Si double sens, mettre une double flèche.



6.6 – Repérage des diagrammes :

Chaque diagramme représente un élément particulier du modèle selon un certain point de vue : afin de le repérer, chaque diagramme comporte un « cartouche » présenté ci-dessous, positionné sur la partie supérieure gauche du cadre.



*Dans le cadre de la préparation aux concours des grandes écoles,
l'objectif est de savoir trouver une information dans un diagramme SysML ...
le niveau de compétence visé est donc de la lecture.*