

Centre d'Intérêt 1 :  
**ANALYSE  
FONCTIONNELLE**

## OUTILS D'ANALYSE FONCTIONNELLE :

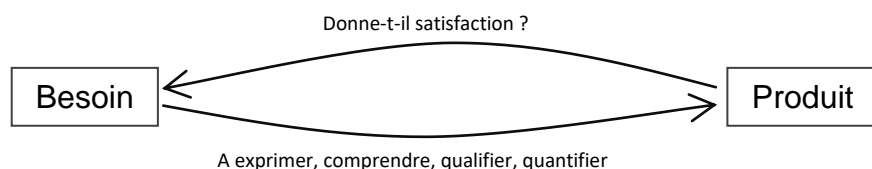
Ingénierie système - Diagrammes SysML  
Diagramme Chaîne d'Energie et Chaîne d'Information

COURS

TP

TD

- Le désir et le rêve des personnes mais aussi la nécessité (concurrence internationale, enjeux sociétaux : **développement durable, accès à l'énergie** ...) se traduisent par des **besoins** qui sont à l'origine de la conception de nouveaux systèmes ou de l'amélioration de systèmes existants.



- L'analyse fonctionnelle consiste à **déterminer, caractériser et hiérarchiser les fonctions** attendues et générées par le système puis à y **faire correspondre des éléments matériels**.

Les outils présentés ci-après relèvent ce défi !

## A- L'INGENIERIE SYSTEME

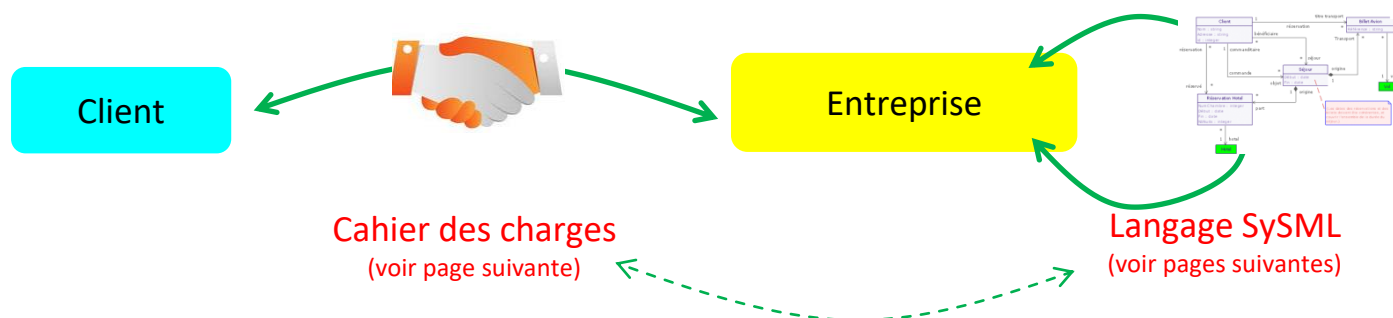
- Face à la complexité sans cesse croissante des systèmes que nous utilisons quotidiennement, l'industrie s'est dotée de moyens de plus en plus performants pour piloter (coût, délai, qualité, impact environnemental, etc.) les différentes phases de conception, d'intégration et de validation de systèmes apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client.

Cet objectif est atteint grâce à :

- une prise en compte rationnelle et précise de la demande du client,
- une coordination efficiente des nombreux métiers sollicités lors du développement,
- une décomposition ordonnée de l'architecture du système étudié,
- la prise en compte, tout au long du projet, de son **cycle de vie** (voir ci-contre).



Cette démarche porte le nom **d'Ingénierie système**. Elle s'appuie majoritairement sur les outils de communication suivants :



## B- LIEN CLIENT-ENTREPRISE : LE CAHIER DES CHARGES

- A partir de la demande du client, un document intitulé "**Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)**" formalise avec précision le **besoin** et l'ensemble des **caractéristiques attendues des fonctions**.



Ce tableau de bord contractuel entre l'entreprise et le client contient aussi des contraintes économiques, environnementales, humaines, logistiques, calendaires et réglementaires.

## C- LE LANGAGE COMMUN A L'ENTREPRISE : SYSML

- Afin de faciliter :
  - la collaboration transdisciplinaire,
  - l'interprétation, le stockage et le partage des données,
  - les modélisations communes,

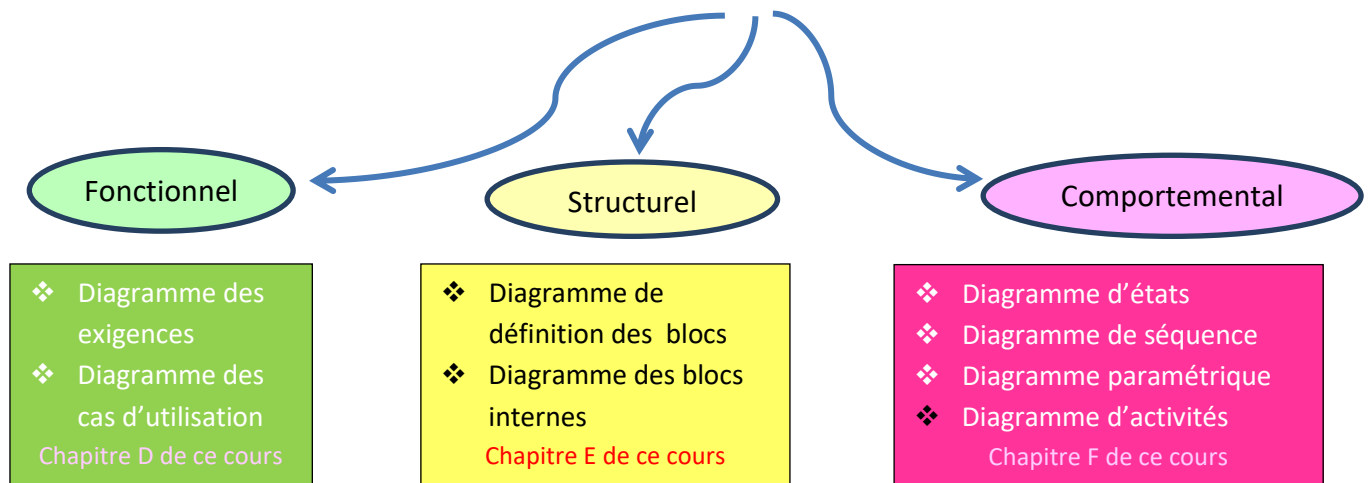
dans les phases :

- de conception,
- d'intégration,
- et de validation du projet étudié,

un langage est utilisé : **SysML**. (Systems Modeling Language).



- Sous une forme graphique (diagrammes), ce langage décrit le système selon les 3 approches suivantes :



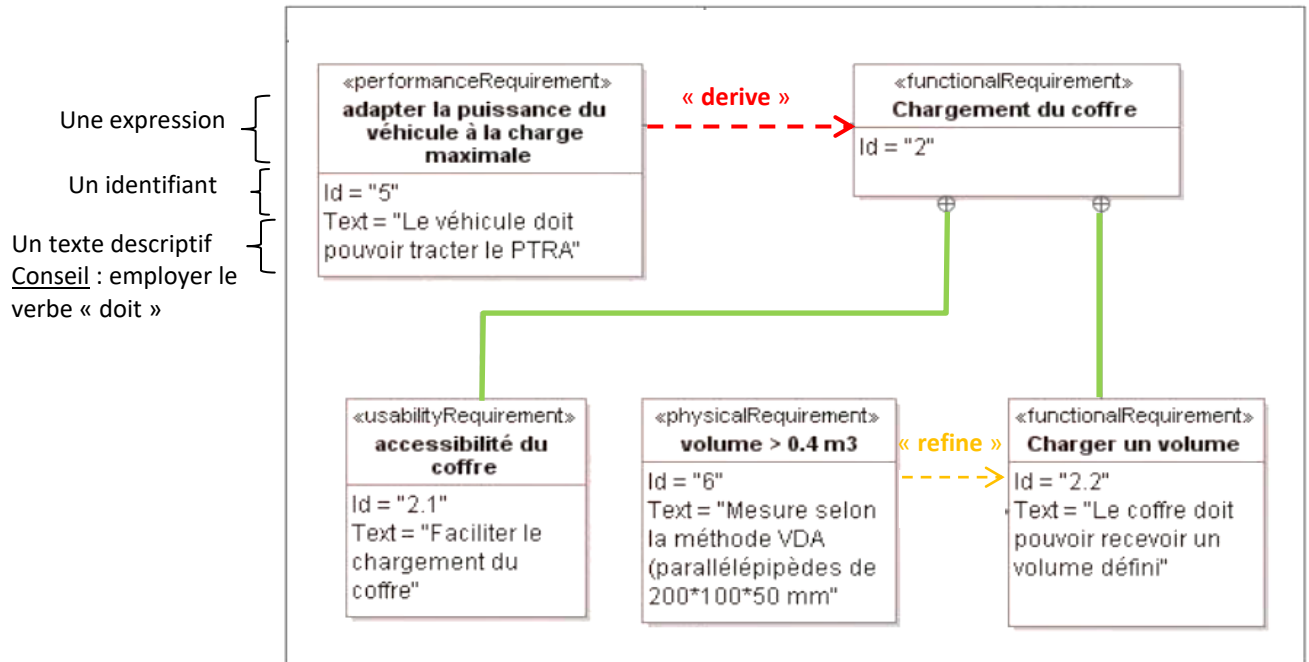
Ces diagrammes sont présentés dans les pages suivantes.

## D- APPROCHE FONCTIONNELLE ET DIAGRAMMES ASSOCIES

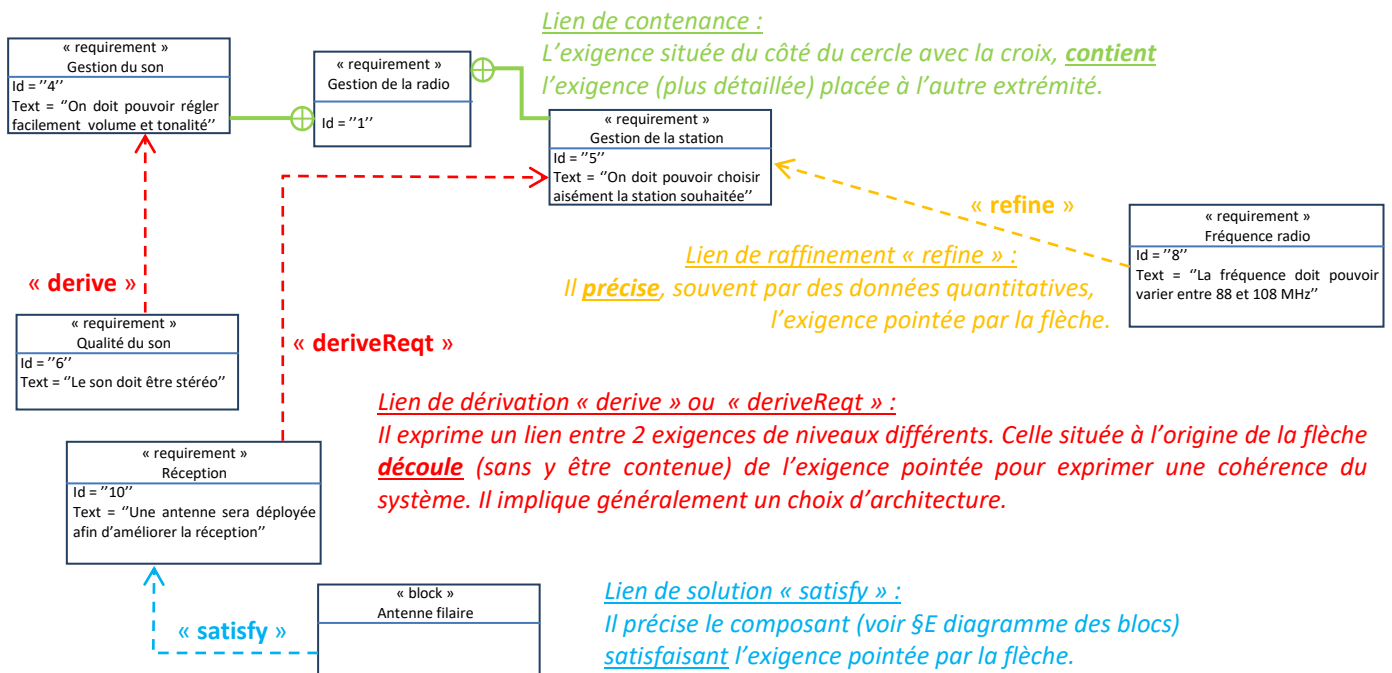
### D.1 : Diagramme des exigences (REQ : Requirements)

1- **Son rôle** : Il représente, hiérarchise, spécifie et documente les **exigences** fonctionnelles, techniques, environnementales et économiques du système. Une **exigence** permet de spécifier une capacité, une contrainte, une condition de performance, de fiabilité ou de sécurité que doit satisfaire le système.

#### 2- Sa représentation graphique



#### 3- Les relations au sein du diagramme des exigences (l'exemple ci-dessous porte sur un poste radio FM)



#### 4- Remarques, conseils, limites

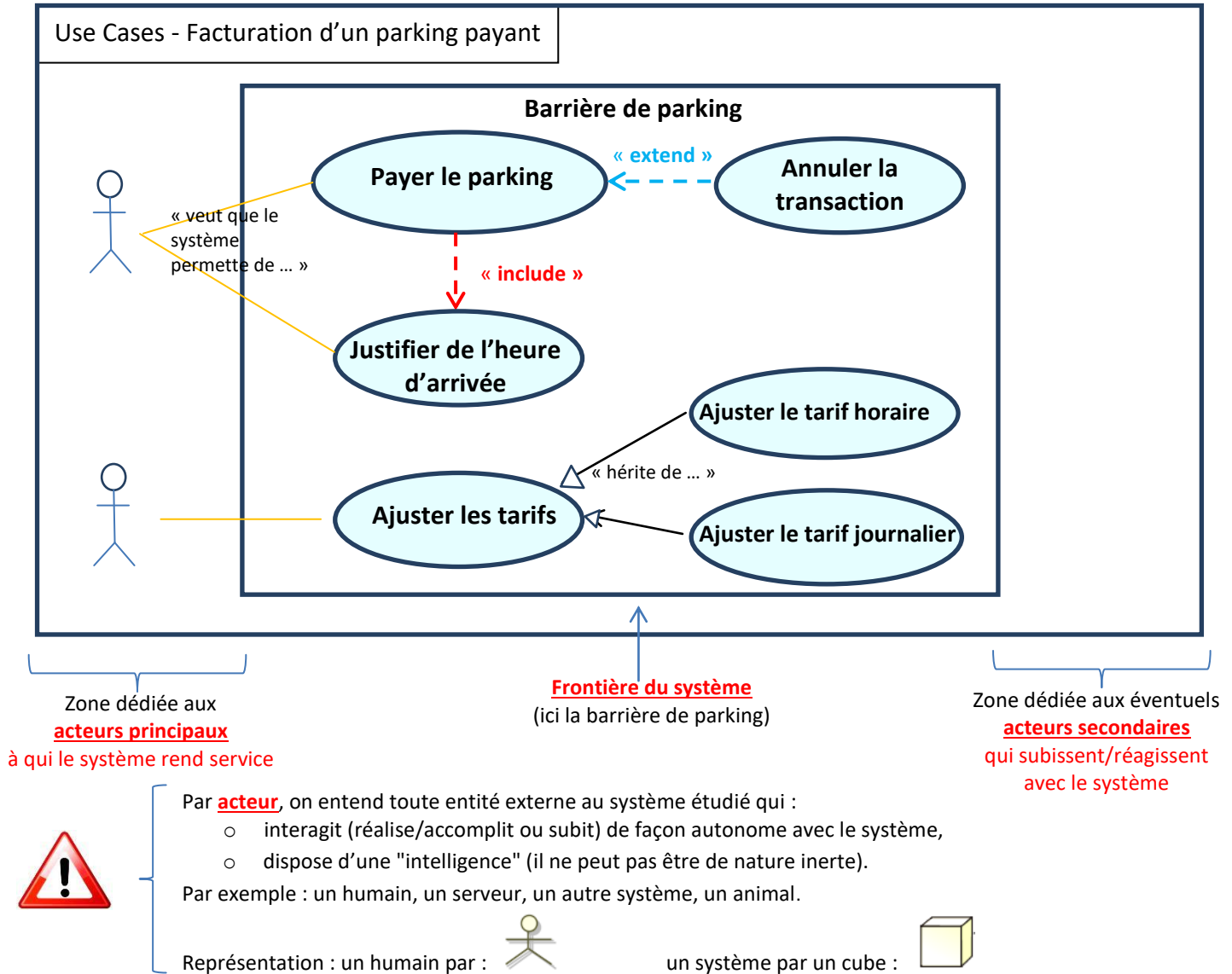
- Ne pas placer toutes les exigences sur un seul diagramme qui deviendrait alors illisible.
- La possibilité d'ajouter des commentaires (« problem » et « rationale ») sera présentée en TD.

## D.2 : Diagramme des cas d'utilisation (UC : Use Cases)

1- Son rôle : Il représente les fonctionnalités ou les services attendus par le système du point de vue de l'acteur.

### 2- Sa représentation graphique

Les cas d'utilisation sont placés dans des ovals et exprimés par **un verbe à l'infinitif suivi de complément(s)**.



### 3- Les relations au sein du diagramme des cas d'utilisation

- « **include** » **Lien d'inclusion** : Le cas d'utilisation de base incorpore systématiquement celui placé à l'extrémité de la flèche.
- « **extend** » **Lien d'extension** : Le cas d'utilisation de base peut (option) incorporer celui placé à l'origine de la flèche.
- **Liens de spécialisation/généralisation** : Ils relient des cas d'utilisation descendants qui héritent de la description d'un cas d'utilisation supérieur (parent commun).

### 4- Remarques, conseils, limites

- Ce diagramme ne doit indiquer ni la manière dont il va assurer les services, ni les solutions technologique envisagées.
- Plusieurs diagrammes d'utilisation peuvent être établis pour un système afin d'en améliorer la compréhension.
- Prendre connaissance de l'intitulé du diagramme (situé en haut à gauche).

## E- APPROCHE STRUCTURELLE ET DIAGRAMMES ASSOCIES

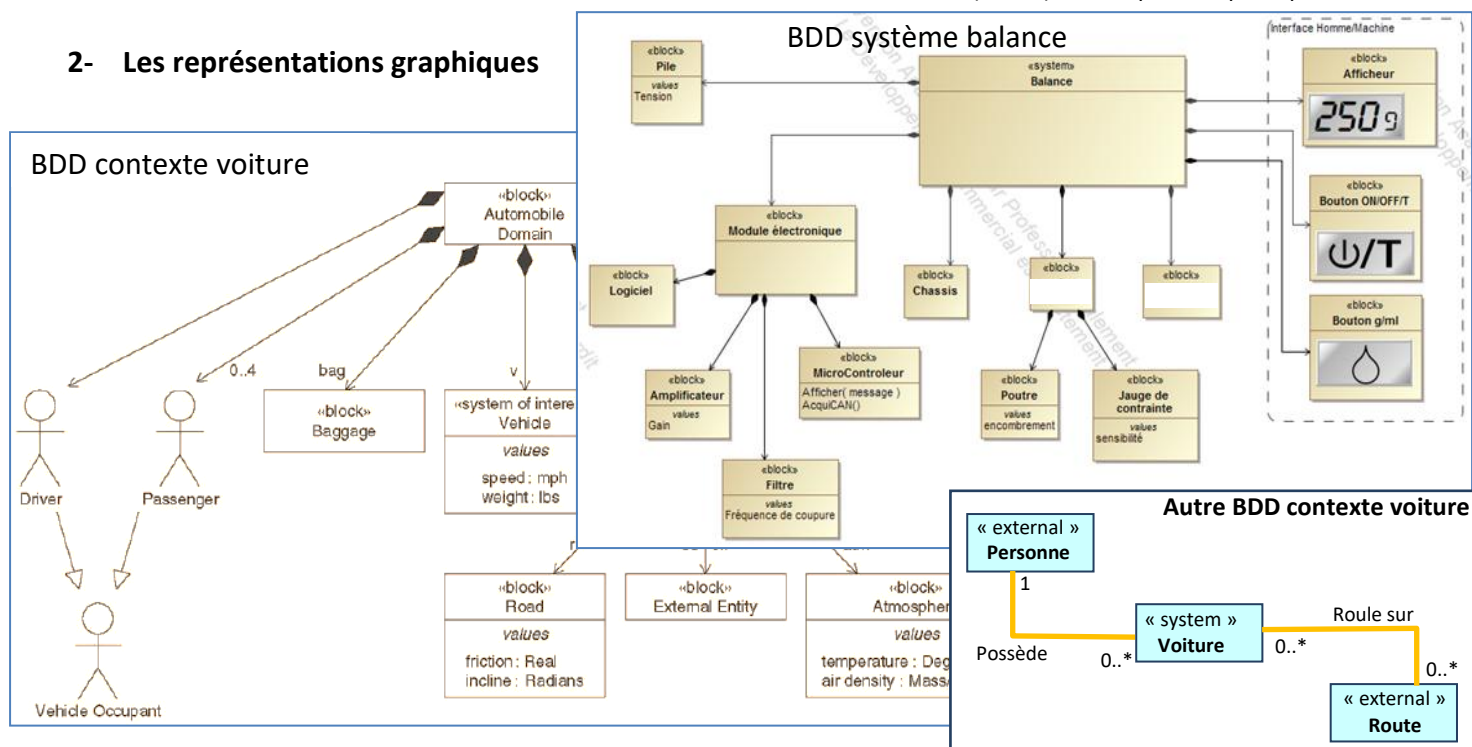
### E.1 : Diagrammes de Définition des Blocs (BDD)

BDD du contexte  
BDD du système

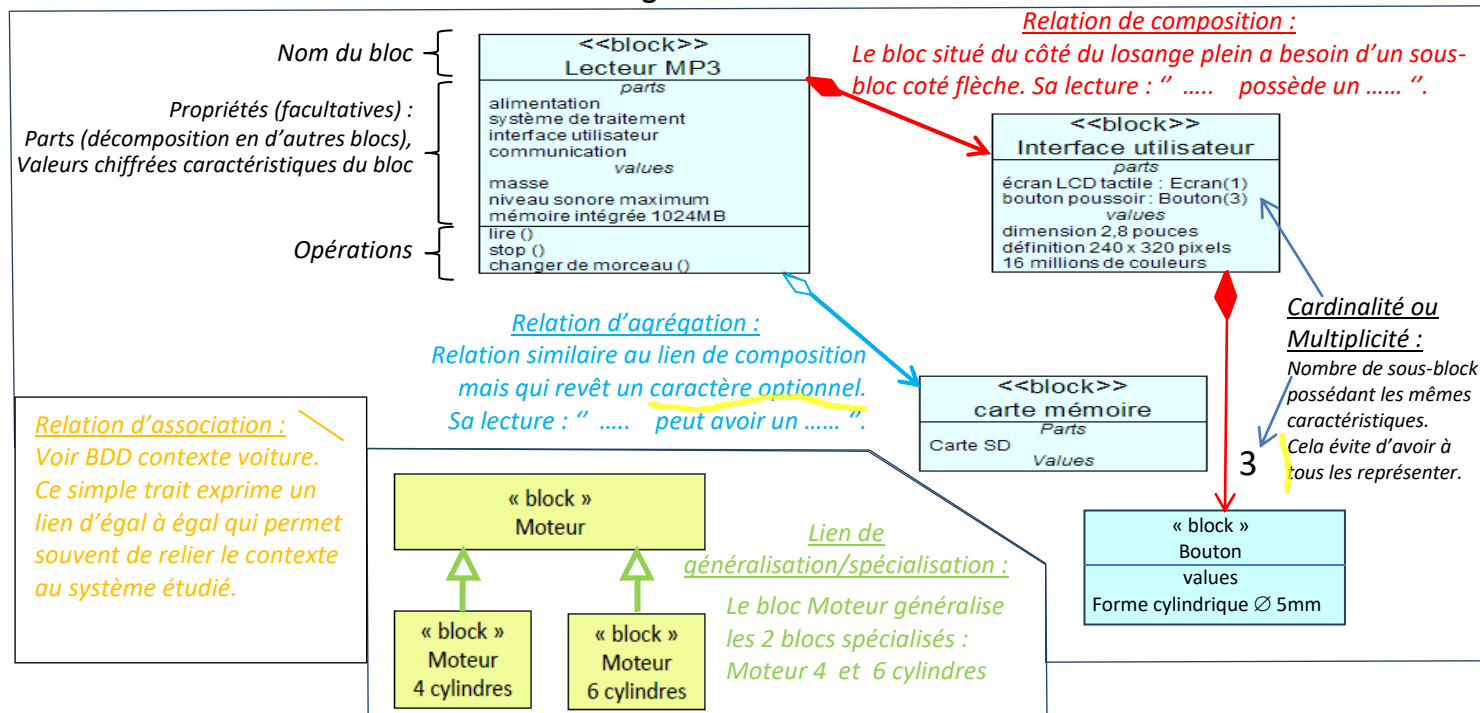
#### 1- Leurs rôles

- **BDD du contexte** : Il définit le système dans son environnement (éléments humains et matériels qui interagissent avec lui)
- **BDD du système** : Il définit l'architecture matérielle et logicielle globale du système sous une représentation arborescente de blocs. Chacun d'eux se limite à la définition d'une famille (classe) de composants principaux.

#### 2- Les représentations graphiques



#### 3- Le bloc et ses 4 relations au sein des diagrammes



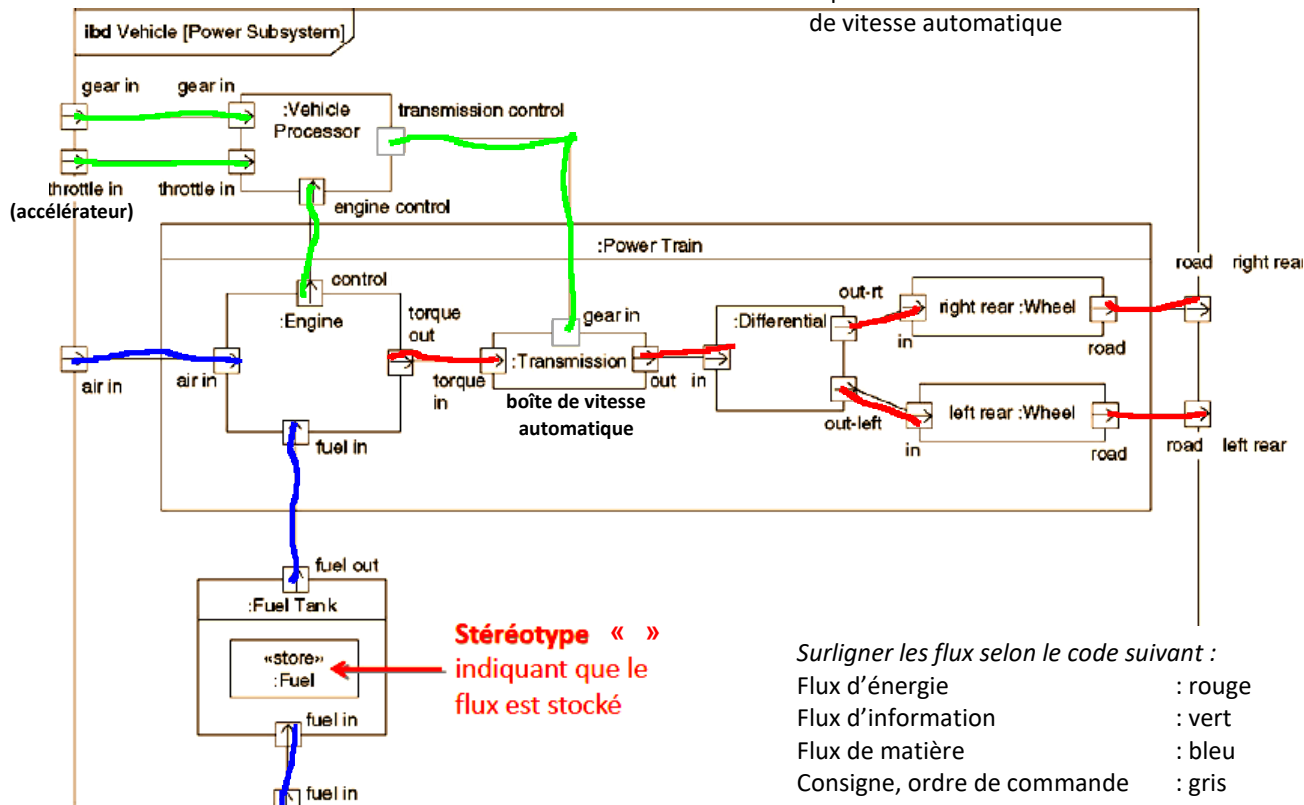
#### 4- Remarques, conseils, limites : Un BDD ne décrit ni les fonctions, ni le comportement du système.

## E.2 : Diagramme de blocs internes (IBD)

1- **Son rôle** : Il décrit la structure interne d'un bloc issu du BDD, c'est-à-dire ses composants et les échanges (flux de matière, d'énergie ou d'information) entre les blocs internes.

### 2- La représentation graphique

Gestion de la puissance sur une voiture à boîte de vitesse automatique



### 3- Blocs et flux au sein du diagramme

**Le port de flux :**

Cette interface autorise l'entrée et/ou la sortie du flux (matière, énergie, information) vis-à-vis d'un bloc.

Elle possède au moins un sens, son nom est facultatif.

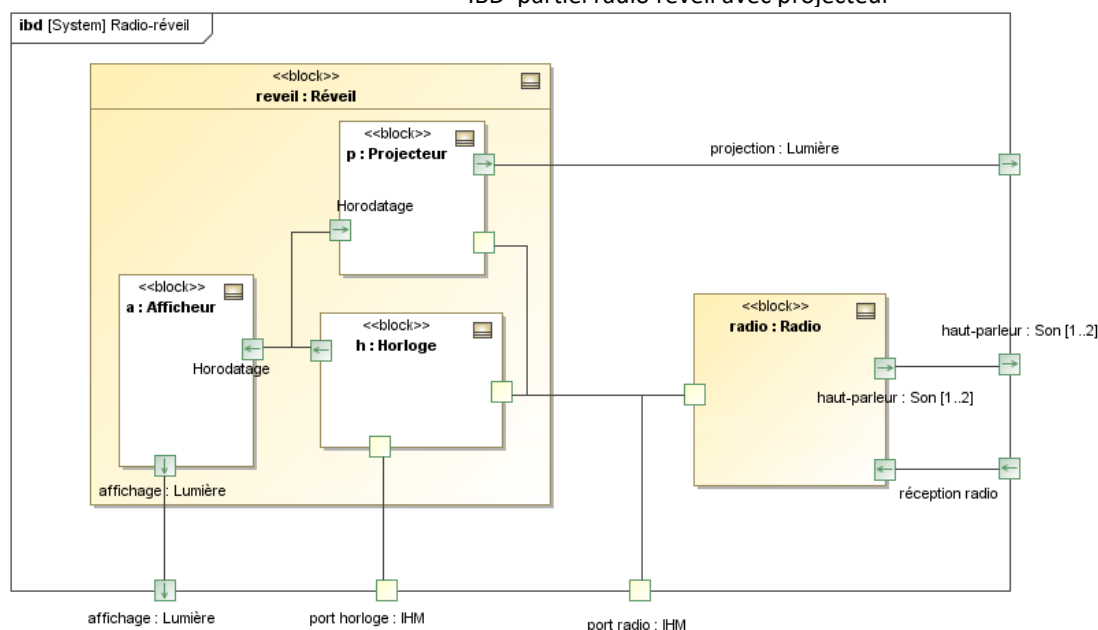
**Le port standard :**

représente une interface qui n'est pas liée à un flux mais à un service, une opération, une consigne ou un ordre de commande.

**Le connecteur :**

Ce lien relie 2 ports. En cas de flux, sa nature peut être précisée.

IBD partiel radio réveil avec projecteur



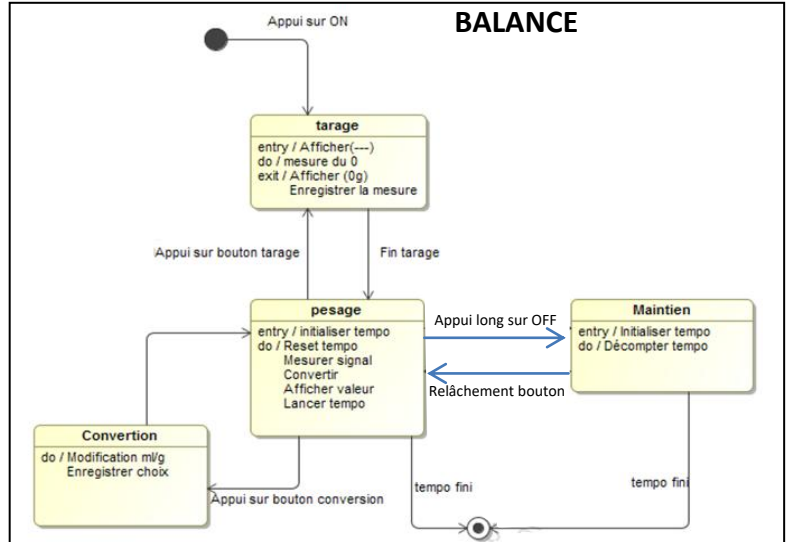
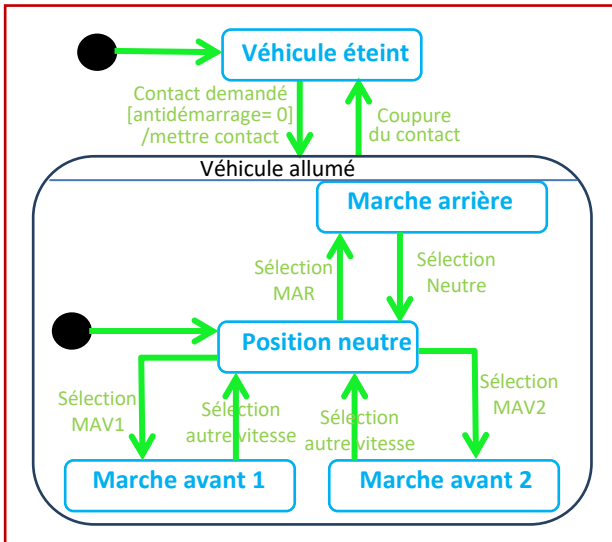


**F- APPROCHE COMPORTEMENTALE ET DIAGRAMMES ASSOCIES**

**F.1 : Diagramme d'états (STM : State Machine)**

1- **Son rôle** : Il décrit les états que peut prendre le système et les transitions qui régissent les changements d'états.

2- **Sa représentation graphique, liens et états**



3- **La symbolique du diagramme**

- : Etat initial      ● (cercle) : Etat final
  - Marche arrière** : Etat exclusif d'un bloc qui correspond à une séquence = entrée → phase active (ou attente) → sortie
  - Contact** → : La transition entre 2 états se formalise par une flèche et un évènement (simple expression)
- Pour préciser une transition, l'évènement peut nécessiter une condition (expression booléenne) et induire un effet (action). La syntaxe est alors la suivante : évènement [condition] / effet.  
 Par exemple, dans le cas d'une boîte automatique avec sélection au volant, la transition de l'état neutre vers la vitesse 1 s'écrira : Sélection MAV1 [Vitesse < 40 Km/h] / passer la vitesse.

**F.2 : Diagramme de séquence (SD : Sequence Diagram)**

1- **Son rôle** : Décrire les enchaînements de messages entre les acteurs et le système, pour un cas d'utilisation donné.

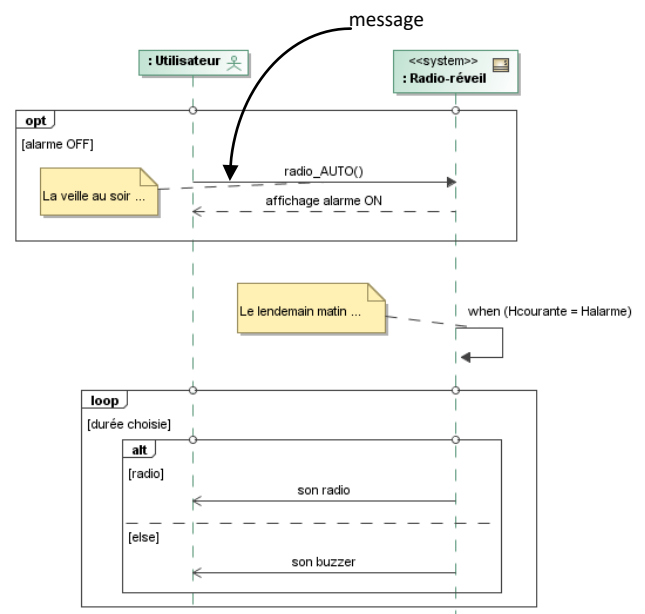
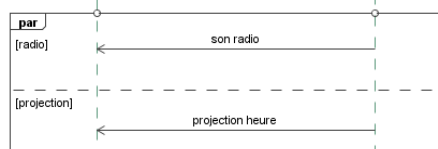
2- **Sa représentation graphique**

Radio-réveil avec le cas d'utilisation « Etre réveillé à l'heure » :

3- **La symbolique du diagramme**

L'ordre chronologique est vers le bas ; les rectangles, appelés « fragments combinés », permettent de représenter les comportements suivants :

- opt** = optionnel ; le fragment ne s'exécute que si la condition fournie est vraie
- loop** = boucle ; le fragment peut s'exécuter plusieurs fois
- alt** = alternatif (l'un ou l'autre) ; le fragment ne s'exécute que si la condition est vraie
- par** = parallèle ; plusieurs messages sont envoyés en même temps.



**F.3 : Diagramme paramétrique** : à voir en 2<sup>ème</sup> année

**G- LE DIAGRAMME CHAÎNE D'ÉNERGIE CHAÎNE D'INFORMATION**

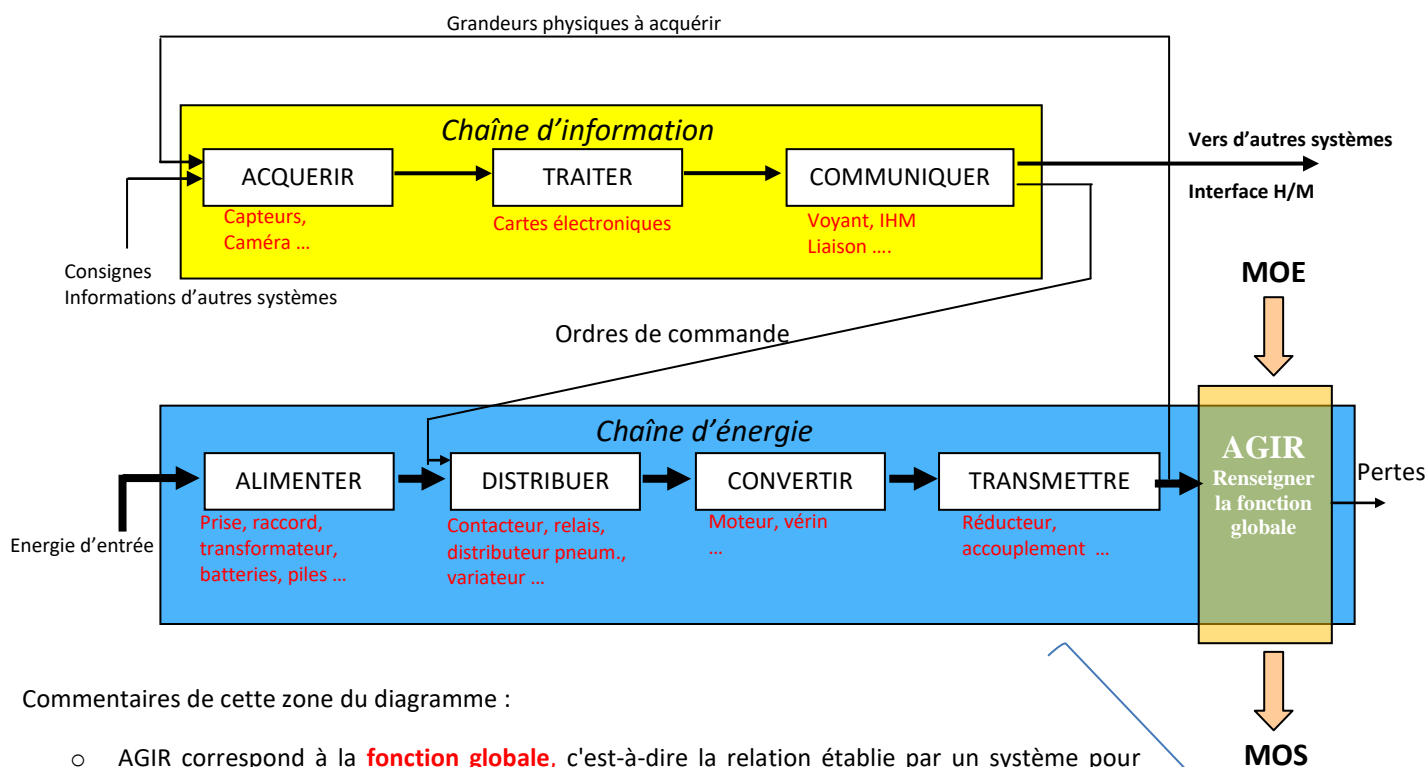
**1- La modélisation**

Les systèmes pluritechniques complexes s'organisent autour :

- d'une (parfois plusieurs) chaîne d'information qui transfère, stocke et transforme l'information,
- d'une (parfois plusieurs) chaîne d'énergie qui transforme l'énergie et permet d'agir sur la matière d'œuvre.

L'architecture fonctionnelle qui en découle se représente en schémas blocs de la façon suivante :

(Remarque : un système peut n'être concerné que par une partie de ce schéma)



Commentaires de cette zone du diagramme :

- AGIR correspond à la **fonction globale**, c'est-à-dire la relation établie par un système pour transformer une **Matière d'Œuvre** (MO : **Energie, matière ou information**) en la faisant passer d'un état initial donné à un état final souhaité pour satisfaire à un besoin.
- Rappels : Cette **fonction globale** se décompose en plusieurs **fonctions de service** qui correspondent aux fonctions attendues d'un produit (ou réalisé par lui) pour répondre au besoin d'un utilisateur donné (NF X 50 150).

**2- Nature et caractéristiques des flux**

- La **nature** du **flux** échangé entre 2 blocs est : **matière, énergie, information**.
- Deux **grandeurs physiques** caractérisent un flux de nature énergétique. L'une d'elle est une **variable potentielle** et l'autre une **variable de flux**.  
Remarque : Leur multiplication donne la puissance.

Le tableau ci-contre donne quelques exemples courants :

Nature du flux	Caractéristiques du flux	
	Variable potentielle	Variable de flux
Energie Electrique	Tension	Courant
Energie Mécanique rotation	Vit. ang.	Couple
Energie Mécanique translation	Vit. lin.	Force
Energie Pneumatique/Hydraul.	Pression	Débit
Information		
Matière		
Energie Thermique	Tempér.	Entropie