

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

Cahier des charges des systèmes

COURS

Programme - Compétences		
A11	ANALYSER	Cahier des charges: - diagramme des exigences - diagramme des cas d'utilisation
A12	ANALYSER	Impact environnemental
A22	ANALYSER	Flux échangés
A31	ANALYSER	Architectures fonctionnelle et structurelle : - diagrammes de définition de blocs
A33	ANALYSER	Chaîne d'information et d'énergie: - diagramme de blocs internes - diagramme paramétrique
B12	MODELISER	Flux de matière Flux d'information

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A. Cahier des charges des systèmes	3
A.I. Le langage SysML.....	3
A.II. Préliminaires aux diagrammes	4
A.II.1 Système souhaité	4
A.II.1.a Besoin	4
A.II.1.b Exigences	4
A.II.1.c Acteurs et interacteurs	4
A.II.1.d Cas d'utilisation	4
A.II.2 Système réel.....	5
A.II.2.a Chaîne d'information	6
A.II.2.b Chaîne d'énergie	6
A.III. Les diagrammes du SysML.....	7
A.III.1 Système souhaité	7
A.III.1.a Diagramme transversal	7
A.III.1.a.i Diagramme d'exigences - req	7
A.III.1.b Diagrammes comportementaux.....	8
A.III.1.b.i Diagramme de contexte	8
A.III.1.b.ii Diagramme des cas d'utilisation - uc.....	8
A.III.1.b.iii Diagramme de séquence - sd	8
A.III.1.b.iv Diagramme d'états - stm	8
A.III.2 Système réel.....	9
A.III.2.a Diagrammes structurels.....	9
A.III.2.a.i Diagramme de définition de bloc - bdd.....	9
A.III.2.a.ii Diagramme de bloc interne - ibd	9
A.IV. Les diagrammes dans le langage SysML.....	10
A.IV.1 Arborescence des diagrammes.....	10
A.IV.2 Relations entre diagrammes	10
A.V. Vocabulaire	11
A.V.1 Les éléments d'association	11
A.V.2 Les relations	11
A.VI. Exemple : Ouvre portail FAAC	12
A.VI.1 Système souhaité.....	13
A.VI.1.a Diagramme de contexte	13
A.VI.1.b Diagramme des exigences req.....	14
A.VI.1.c Diagramme des cas d'utilisation uc	15
A.VI.1.d Diagramme de séquence sd	16
A.VI.1.e Diagramme d'états *	17
A.VI.2 Système réel	18
A.VI.2.a Diagramme de définition de blocs.....	18
A.VI.2.b Diagramme de bloc interne	19

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A. Cahier des charges des systèmes

A.I. Le langage SysML

Dans un système complexe

- les flux de matière **M**
- les flux d'énergie **E**
- les flux d'informations **I** échangées entre les composants
- les relations orientées ou non
- les bouclages

ne peuvent être représentés à l'aide de texte. Dans les systèmes complexes, la présence de niveaux hiérarchiques nécessite souvent un assemblage de représentations graphiques organisées par niveaux et par points de vue.

L'outil SysML **SYSTEM MODELING LANGUAGE** est l'un des outils à notre disposition pour représenter les systèmes.

En CPGE, vous devrez apprendre à les lire, à en extraire les données importantes et à les expliquer.

Ce langage est un langage de modélisation permettant de décrire tout ou partie d'un système technique, d'un point de vue transversal, comportemental ou structurel. Il s'articule autour de neuf types de diagrammes. Toutefois, dans le cadre du programme, seuls sept seront étudiés :

Diagramme transversal	Diagramme d'exigences	req
Diagrammes comportementaux	Diagramme de contexte	
	Diagramme des cas d'utilisation	uc
	Diagramme de séquence	sd
	Diagramme d'états	stm
Diagrammes structurels	Diagramme de définition de bloc	bdd
	Diagramme de bloc interne	ibd

Chacun d'eux est dédié à la représentation des concepts particuliers d'un système.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.II. Préliminaires aux diagrammes

Plaçons-nous dans la situation d'un système existant que l'on souhaite analyser. Cette démarche est quelque peu différente de la démarche de développement normal où le produit à créer n'est pas connu.

A.II.1 Système souhaité

A.II.1.a Besoin

Tout système répond à un besoin.

« J'ai besoin de ... »

Il est primordial d'identifier correctement le besoin auquel répond le système avant d'aller plus en détail dans son analyse.

A.II.1.b Exigences

Le besoin étant exprimé, des exigences y sont associées en termes de **performances** attendues: efforts, puissances, vitesses, temps, dimensions, débits...

Le système doit en parallèle satisfaire à des exigences liées à des **contraintes** : encombrement, résistance au milieu ambiant, adaptation à l'énergie disponible, sécurité, normes et bien d'autres

Une exigence doit être caractérisée par un critère, un niveau et une flexibilité :

Critère	Niveau	Flexibilité
Temps d'ouverture	30 secondes	± 1 seconde

A.II.1.c Acteurs et interacteurs

Lors de l'étude d'un système, il convient de définir la phase d'utilisation ou phase de vie. Parmi les différentes phases d'utilisation, on trouve par exemple la fabrication, le transport, le stockage, l'usage « normal », le recyclage.. En général, on étudie la « phase d'utilisation normale » en précisant ce que représente le « normal ».

Il convient ensuite d'identifier les acteurs et interacteurs de celui-ci. Pour cela, il faut définir la frontière de l'étude puis dénombrer tous les éléments du milieu extérieur en interaction avec lui.

A.II.1.d Cas d'utilisation

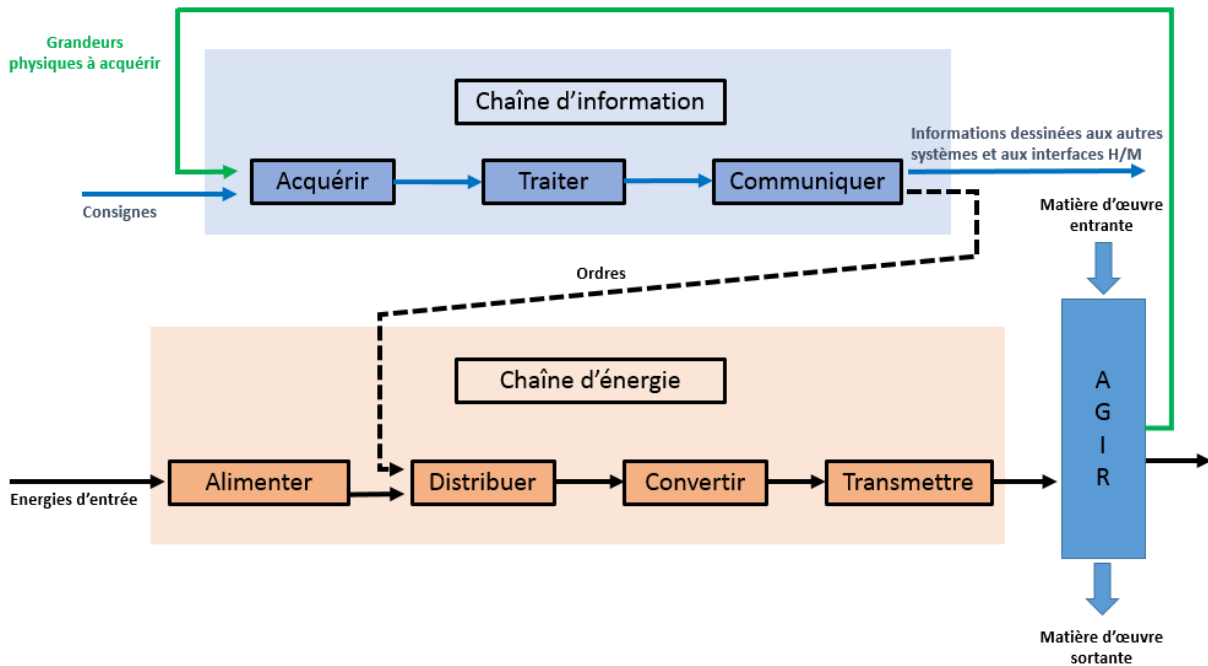
Avant d'analyser un système dans le détail, il convient de déterminer les cas d'utilisation de celui-ci. Un cas d'utilisation est un service rendu en autonomie par le système dont le résultat est visible de l'extérieur par une entité en interaction avec lui.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.II.2 Système réel

La matérialisation d'un système se décompose en deux grandes chaînes appelées « chaîne d'information » et « chaîne d'énergie ». On parle quelque fois de chaîne topo fonctionnelle.

L'ensemble de ces deux chaînes échange des données, de l'énergie et de la matière avec le milieu extérieur afin d'agir sur la matière d'œuvre entrante et de lui donner une valeur ajoutée.

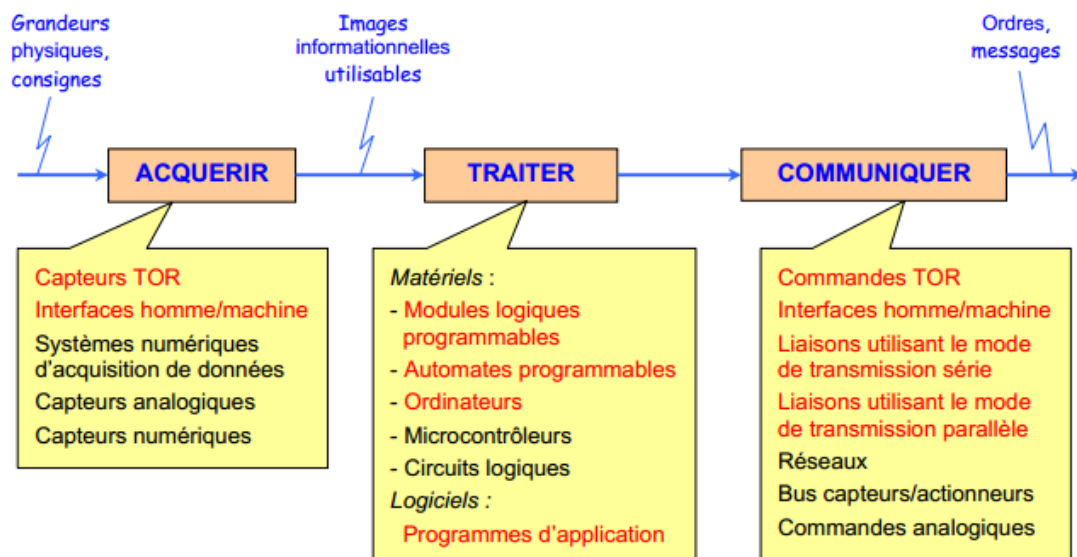


Remarque : la matière d'œuvre, parfois difficile à identifier, correspond à ce qui est modifié par le système. Le système est à l'origine de la modification de la matière d'œuvre dans le but de répondre au besoin.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

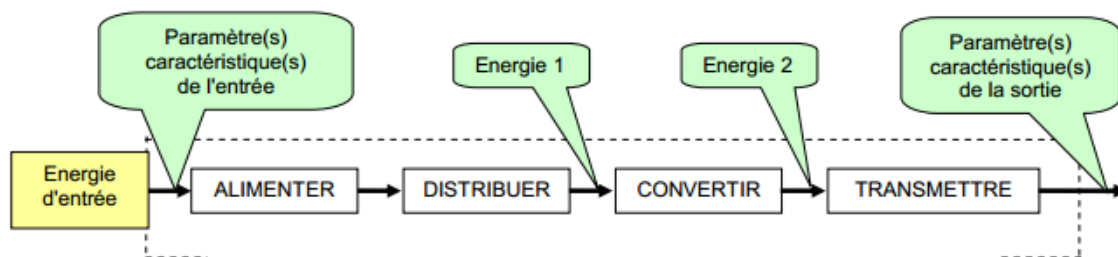
A.II.2.a Chaîne d'information

Les éléments de la chaîne d'information agissent sur les flux de données.



A.II.2.b Chaîne d'énergie

Les éléments de la chaîne d'énergie agissent sur les flux de matière et d'énergie. Ils mettent en œuvre plusieurs types d'énergie et, pour l'essentiel d'entre eux, les transforment (en grandeur) et/ou les convertissent (en nature). Généralement, on trouve des énergies électriques, mécaniques, pneumatiques et hydrauliques.



Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.III. Les diagrammes du SysML

A.III.1 Système souhaité

Les diagrammes qui suivent font appel aux caractéristiques attendues du produit. Ils permettent de définir ce que l'on attend du système et comment les objectifs seront atteints.

A.III.1.a Diagramme transversal

A.III.1.a.i Diagramme d'exigences - req

Le diagramme d'exigences noté **req** (SysML Requirements Diagram) permet de représenter toutes les exigences du système (environnementales, économiques, fonctionnelles, techniques...). Elles sont en général organisées de haut en bas du général au particulier. Un chiffre ordonne les exigences et permet de juger de leur niveau hiérarchique. Il est possible que des exigences de sous niveaux apparaissent au cours du développement du système.

« Quelles sont les exigences auxquelles le système doit répondre ? »

Les exigences peuvent être reliées entre elles par des relations de contenance, de raffinement, ou de dérivation :

- La contenance (ligne terminée par un cercle contenant une croix du côté conteneur) permet de décomposer une exigence composite en plusieurs exigences unitaires, plus faciles ensuite à tracer vis-à-vis de l'architecture ou des tests
- Le raffinement ("refine") consiste en l'ajout de précisions, par exemple de données quantitatives
- La dérivation ("deriveReq") consiste à relier des exigences de niveaux différents, par exemple des exigences système à des exigences de niveau sous-système, etc. Elle implique généralement des choix d'architecture.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.III.1.b Diagrammes comportementaux

A.III.1.b.i Diagramme de contexte

Dans une phase d'utilisation définie, le diagramme de contexte permet de définir les frontières de l'étude et précisant les différents interacteurs du milieu extérieur avec le système. Chaque élément du milieu extérieur (EME) représenté interagit avec le système et cette interaction peut s'exprimer sous la forme : EME 1 – verbe d'action – EME 2. Si on a X fois un même élément extérieur, un nombre X est noté en bout de connecteur de l'EME avec le système.

« Quels sont les acteurs et éléments environnants du système ? »

A.III.1.b.ii Diagramme des cas d'utilisation - uc

Le diagramme des cas d'utilisation noté uc (SysML Use Case Diagram) permet de montrer les fonctionnalités du système en précisant dans des bulles les cas d'utilisation.

« Quels services rend le système ? »

A.III.1.b.iii Diagramme de séquence - sd

Le diagramme de séquence noté sd (SysML Sequence Diagram) permet de décrire les scénarios correspondant aux cas d'utilisation. Il se lit chronologiquement de haut en bas selon des lignes de vie (lignes verticales en pointillés) correspondant à l'existence d'un élément participant et décrit le fonctionnement du système. Il montre les interactions entre différents éléments d'un point de vue séquentiel, enchaînement et nature des échanges. Des « messages » (flèches) sont représentés afin d'apporter des éléments de communication entre les lignes de vie. A tout cas d'utilisation correspond au moins un diagramme de séquence.

« Comment est réalisé ce cas d'utilisation ? »

Remarque : l'utilisation de la notation « ref » dans un « fragment combiné » permet de faire appel à un sous graphique qui définit l'action associée de manière détaillée, ceci dans un souci de lisibilité.

A.III.1.b.iv Diagramme d'états - stm

Le diagramme d'états noté stm (SysML State Machine Diagram) permet de décrire le fonctionnement 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.

« Comment représenter les différents états du système ? »

Les états sont encadrés, les événements sont représentés avec des flèches et un texte les décrit. Les transitions sont liées aux événements et sont réalisées lorsque les événements associés ont lieu. Le point de départ est un point noir extérieur aux états, le point de fin est un point noir entouré d'un cercle noir.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.III.2 Système réel

A.III.2.a Diagrammes structurels

Les diagrammes qui suivent font appel aux solutions techniques du système, c'est-à-dire aux éléments réels le constituant et permettent de décrire les blocs de la solution et leurs interactions.

A.III.2.a.i Diagramme de définition de bloc - bdd

Le diagramme de définition de bloc noté bdd (SysML Block Definition Diagram) permet de :

- décrire la structure du système
- décrire une partie des fonctions du système
- représenter les liens entre les blocs

« Qui contient quoi ? »

A.III.2.a.ii Diagramme de bloc interne - ibd

Le diagramme de bloc interne reprend les caractéristiques du diagramme de bloc, à la différence que dans celui-ci les flux doivent être intégrés. Les flux peuvent être de tout type parmi le tryptique MEI :

- Matière (métaux rare, matière composite,...)
- Energie (chaleur, électricité, ...)
- Information (signaux analogique ou numérique, binaire,...)

MEI

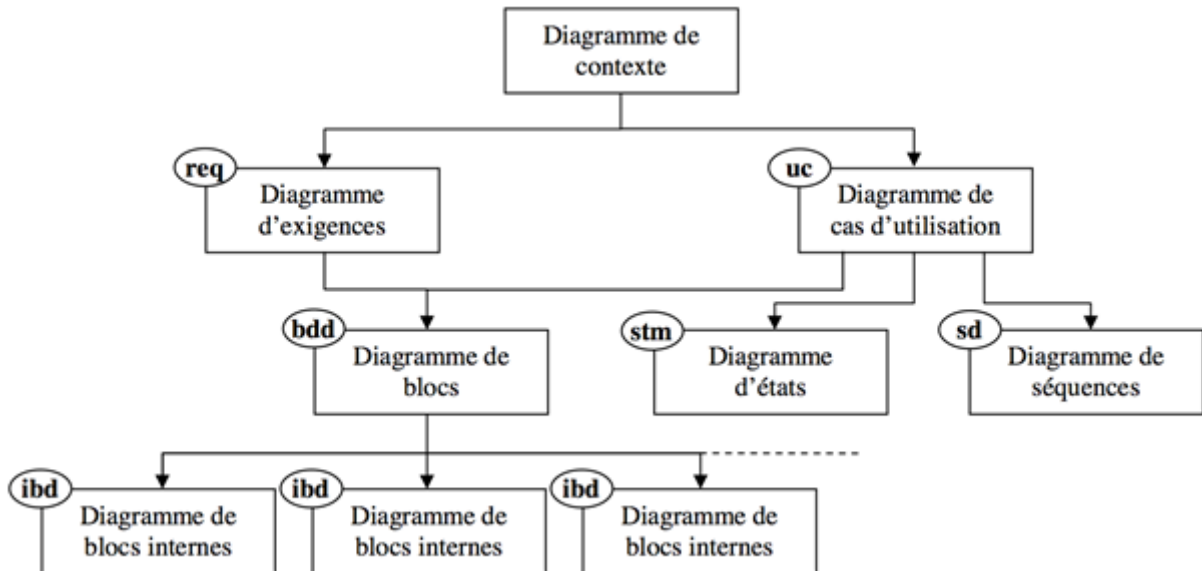
« Comment les blocs interagissent-ils ? »

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.IV. Les diagrammes dans le langage SysML

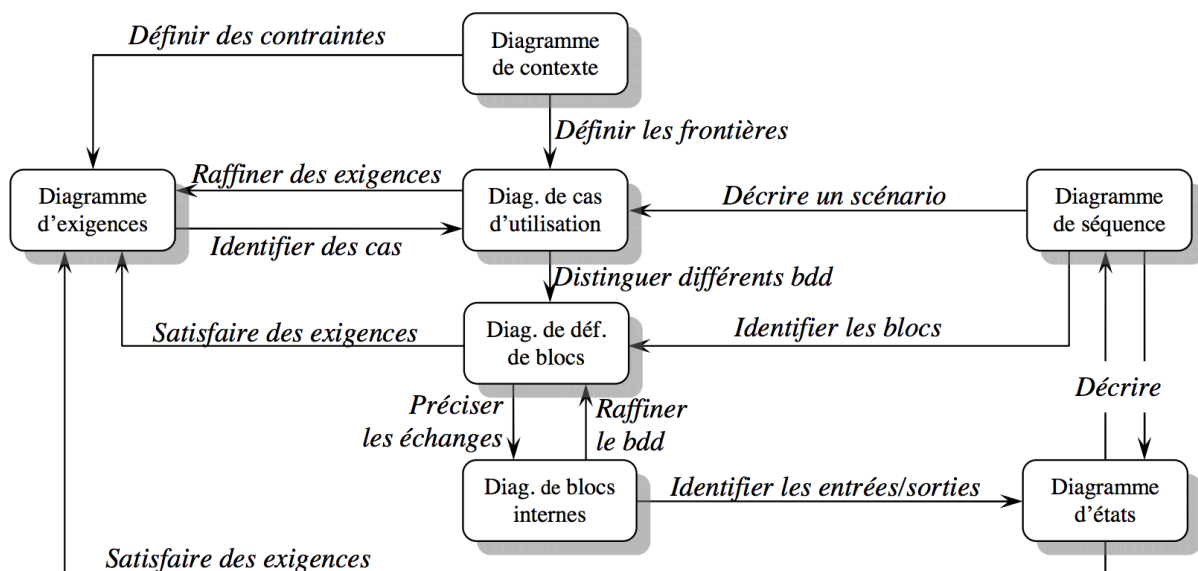
A.IV.1 Arborescence des diagrammes

La démarche d'étude d'un système conduit logiquement à un ordonnancement des différents diagrammes.



A.IV.2 Relations entre diagrammes

Le schéma ci-dessous permet de montrer les liens logiques conduisant à l'établissement des différents diagrammes.



Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.V. Vocabulaire

A.V.1 Les éléments 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

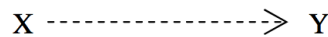
A.V.2 Les relations

Association :
(uc - bdd - ibd)



X utilise Y

Dépendance :
(uc - req - bdd)



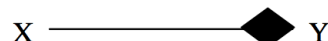
X dépend de Y

Agrégation :
(req - bdd)



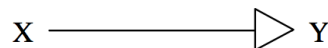
X entre dans la composition de Y
sans être indispensable à son fonctionnement

Composition :
(req - bdd)



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

Généralisation :
(req - bdd - ibd)



X est une sorte de Y

Conteneur :
(req - bdd)

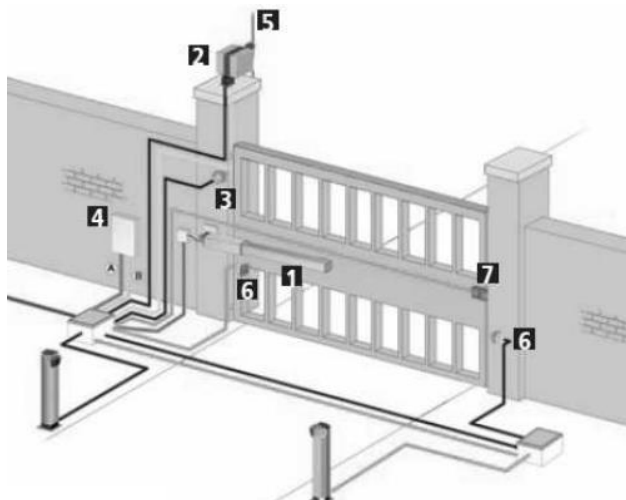


Y contient X

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.VI. Exemple : Ouvre portail FAAC

Traisons l'exemple d'un système de portail automatique FAAC issu du livre « Prépas Sciences » édition Ellipses.



- 1 : Actionneur FAAC 402
- 2 : Lampe clignotante
- 3 : Bouton poussoir à clé
- 4 : Armoire de commande
- 5 : Antenne H.F.
- 6 : Cellules photoélectriques
- 7 : Serrure électrique

L'ouvre portail FAAC est un système qui répond au besoin :

« Protéger l'accès à une zone privée »

Des exigences diverses y sont associées (performances, contraintes...) et différentes phases d'utilisation existent.

Hormis pour l'élaboration du diagramme d'exigence qui est indépendant de la phase d'utilisation choisie, plaçons-nous dans la « phase d'utilisation normale », lorsque le système est relié aux vantaux du portail, alimenté et en présence d'une voiture et de son conducteur voulant provoquer l'ouverture/fermeture.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.VI.1 Système souhaité

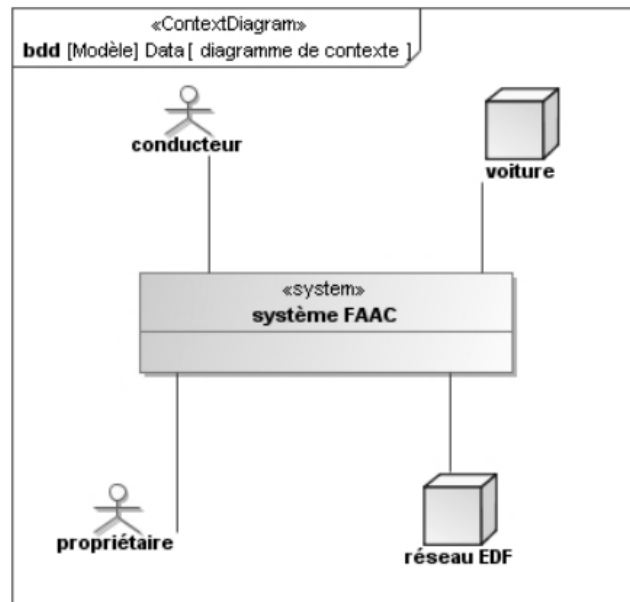
A.VI.1.a Diagramme de contexte

Les principaux acteurs dans cette phase sont :

- Le conducteur de la voiture
- La voiture
- Le propriétaire de la maison
- Le réseau EDF

Selon le niveau de détail souhaité, d'autres interacteurs peuvent être ajoutés, le mur, le milieu ambiant etc.

On met alors en place le diagramme de contexte suivant :



Les liens montrent des échanges qui à ce stade, ne sont pas encore définis.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

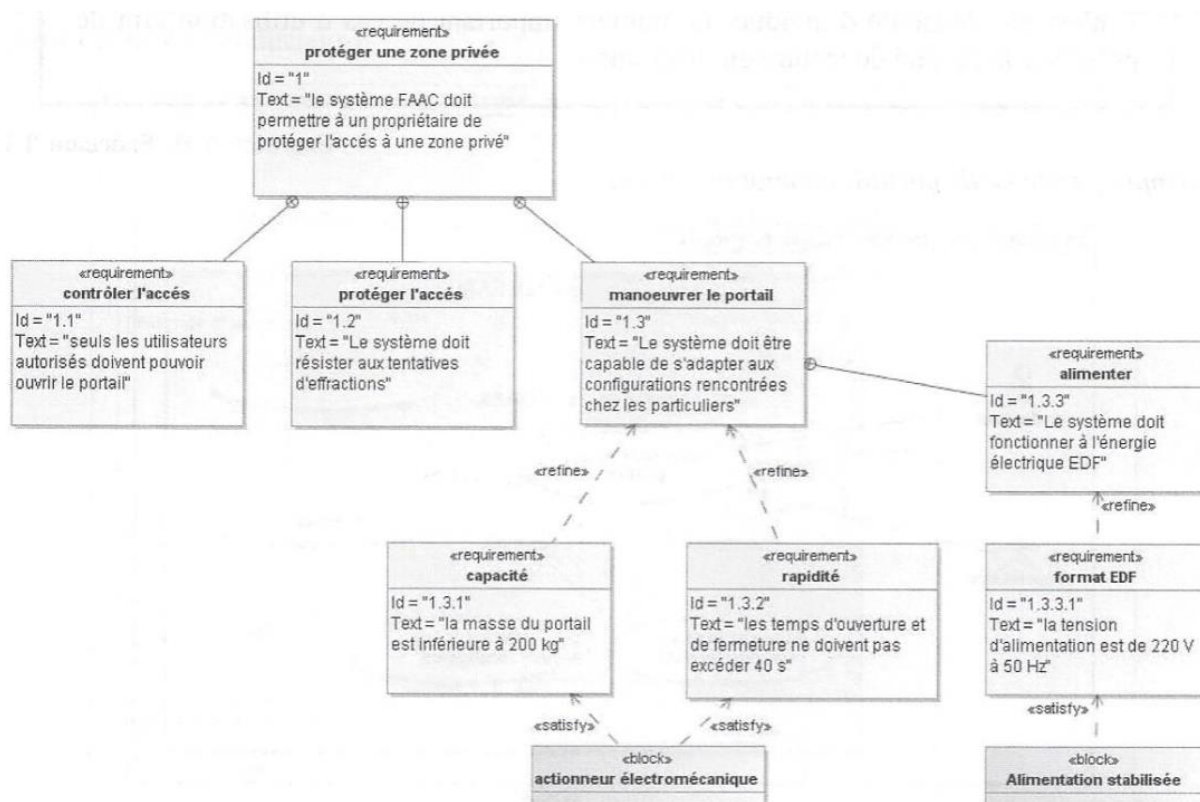
A.VI.1.b Diagramme des exigences req

On retrouve comme exigence principale 1 le besoin auquel répond l'ouvre portail : « protéger une zone privée ».

Cette exigence se décompose en 3 exigences :

- 1.1 « contrôler l'accès » afin que seuls les utilisateurs puissent ouvrir le portail
- 1.2 « protéger l'accès » afin que le système résiste en cas d'effraction
- 1.3 « manœuvrer le portail » afin de permettre à l'ouvre portail de manœuvrer les vantaux selon les contraintes du lieu où il sera disposé.

Le diagramme des exigences de l'ouvre portail FAAC est proposé ci-dessous :



Exigences	Critères	Niveaux
Exigence "1.3.1 "	Masse	200 kg
Exigence "1.3.2"	Temps d'ouverture Temps de fermeture	40 s 40 s
Exigence "1.3.3.1"	Energie électrique	220 V – 50 Hz

Deux conditions « refine » permettent de redéfinir plus précisément l'exigence 1.3 en deux exigences :

- 1.3.1 « capacité » afin de préciser la masse du portail à mouvoir
- 1.3.2 « rapidité » afin de définir le temps d'ouverture

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

L'exigence 1.3 présente une exigence supplémentaire 1.3.3 « alimenter » précisant que l'ouvre portail doit fonctionner à l'énergie électrique, exigence précisée par l'exigence 1.3.3.1 à l'aide d'un « refine » précisant le type de courant.

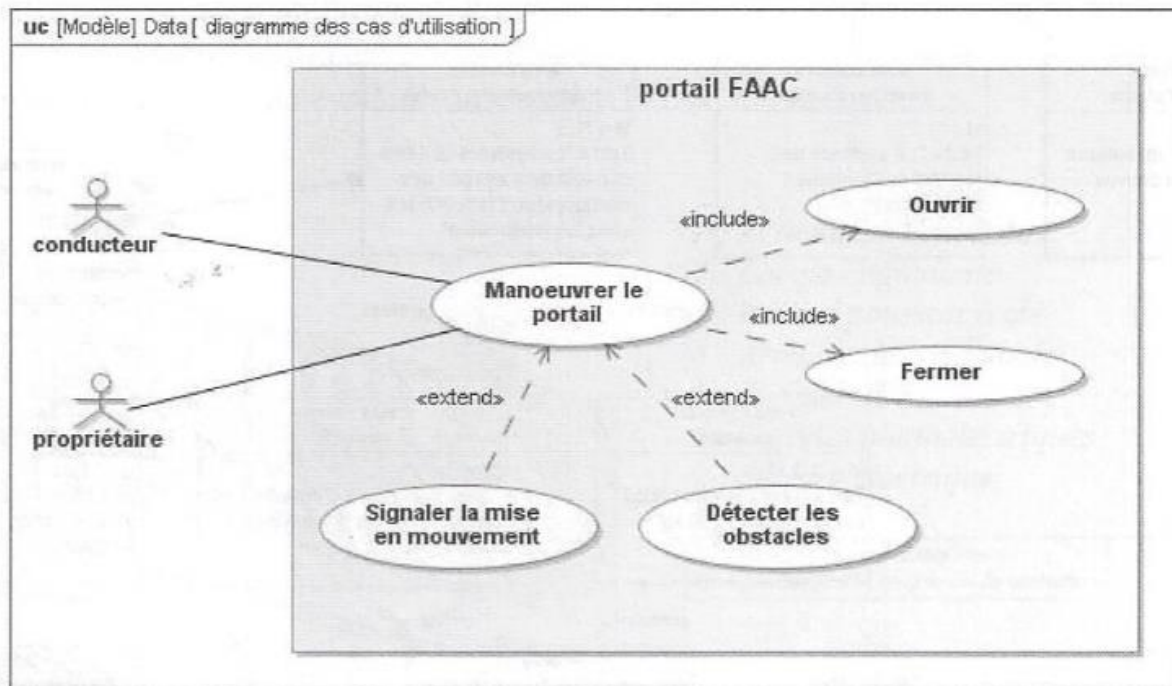
Les blocs « block » précisent par des conditions « satisfy » les éléments qui permettent de satisfaire les exigences ciblées.

A.VI.1.c Diagramme des cas d'utilisation uc

Les fonctionnalités attendues de l'ouvre portail FAAC sont les suivantes :

- Ouvrir
- Fermer
- Détecter les obstacles
- Signaler la mise en mouvement

Elles sont représentées dans le diagramme des cas d'utilisation.



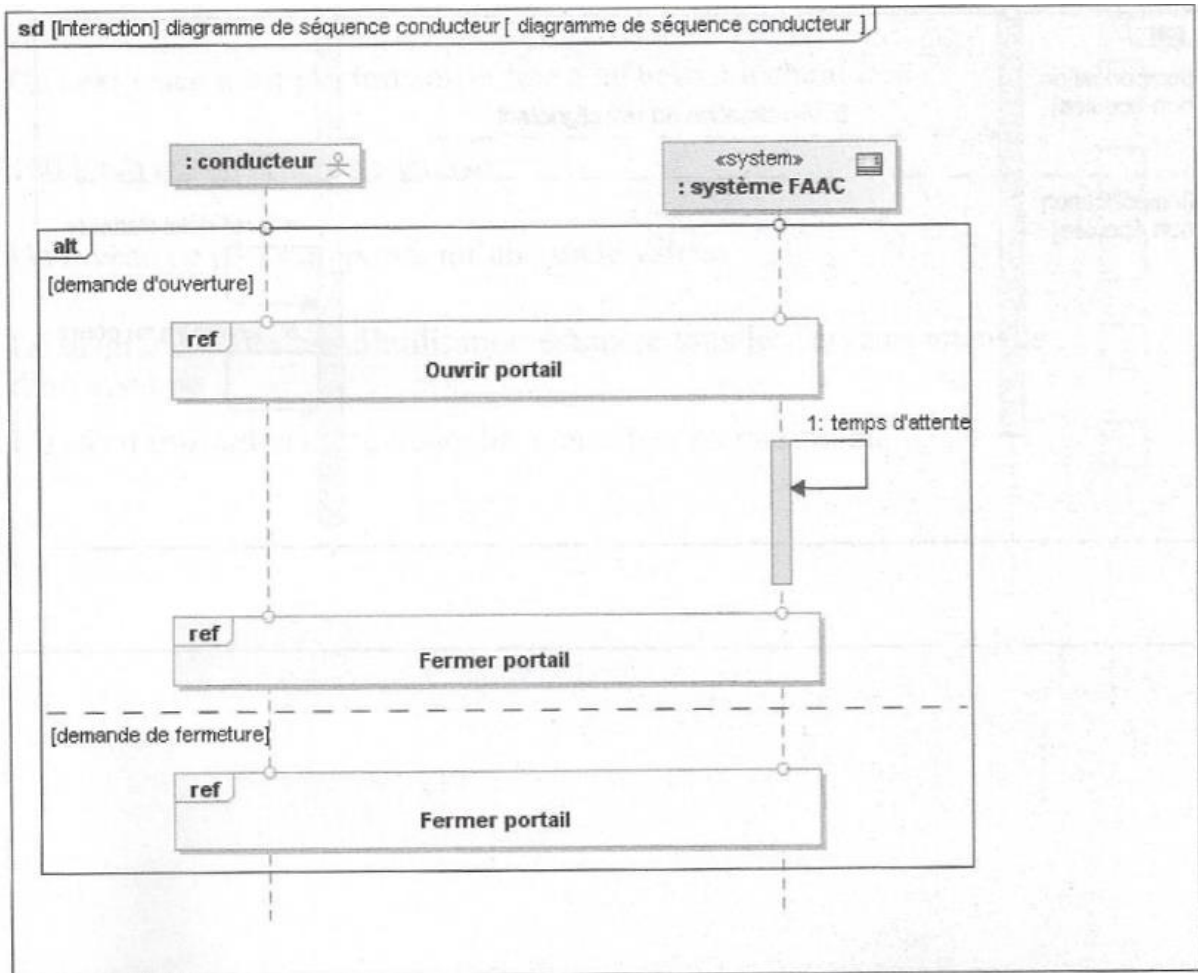
Les cas d'utilisation « Ouvrir » et « fermer » sont des cas d'utilisation obligatoirement inclus (include) du cas d'utilisation « Manœuvrer le portail ».

Les cas d'utilisation « Signaler la mise en mouvement » et « Détecter les obstacles » sont des extensions possibles (extend) du cas d'utilisation « Manœuvrer le portail ».

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.VI.1.d Diagramme de séquence sd

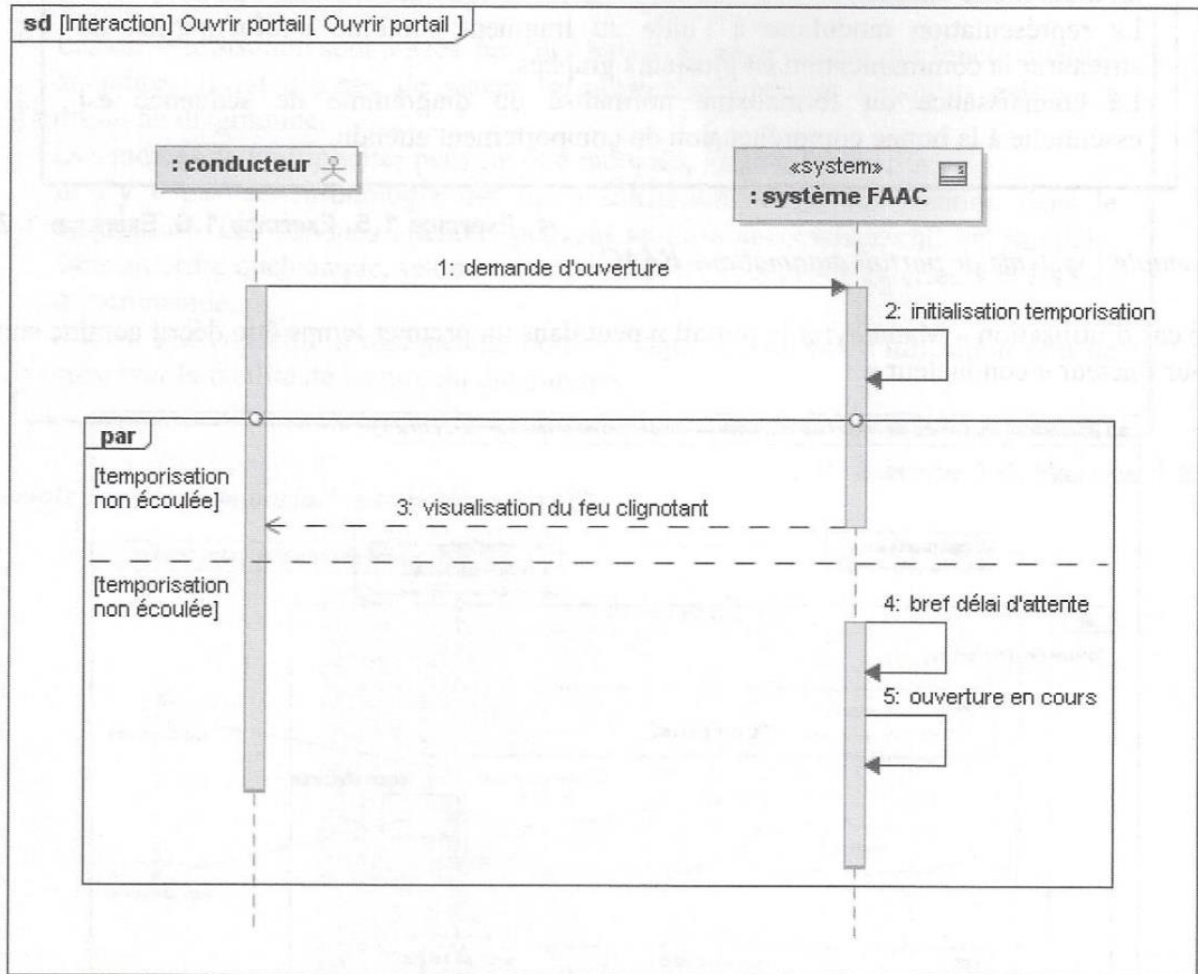
Le cas d'utilisation « Manœuvrer le portail » s'accompagne d'un diagramme de séquence précisant l'enchaînement des actions permettant de réaliser le cas d'utilisation concerné.



Le choix a été fait de provoquer une fermeture automatique du portail lorsque l'ouverture a été demandée et suite à un délai après la fin de l'ouverture.

Ce diagramme est composé de trois fragments combinés avec la notation « ref » faisant appel à des sous graphiques.

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h



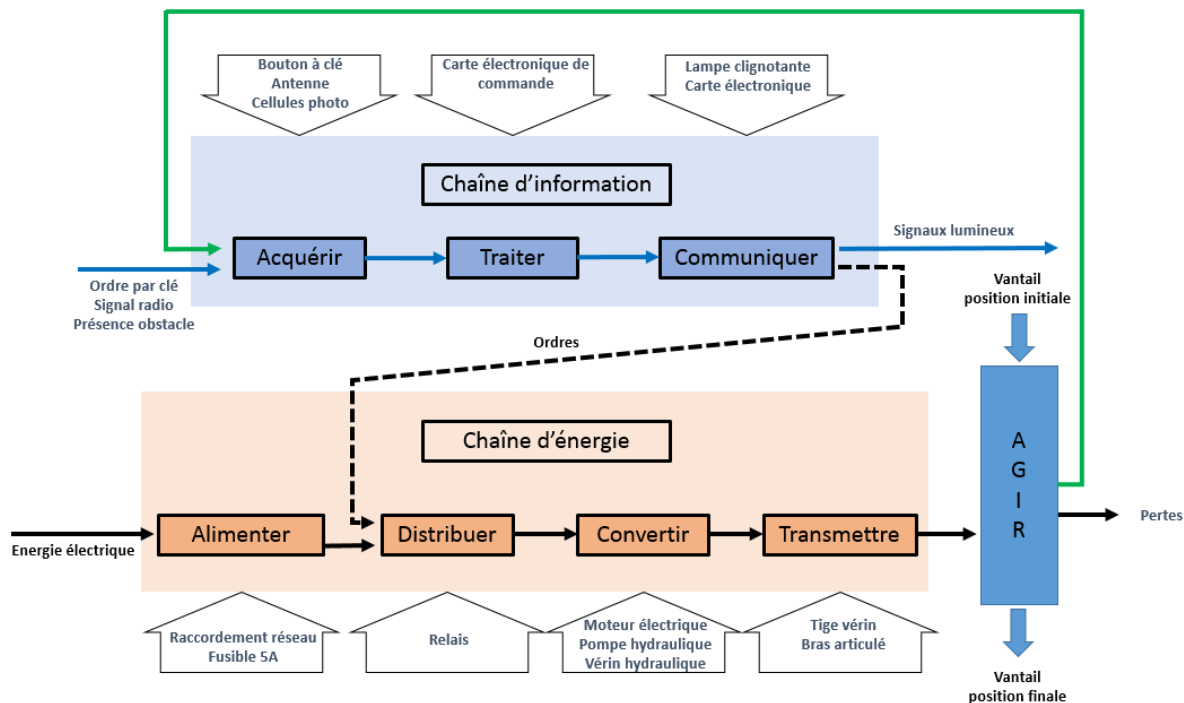
A.VI.1.e Diagramme d'états *

A trouver

Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.VI.2 Système réel

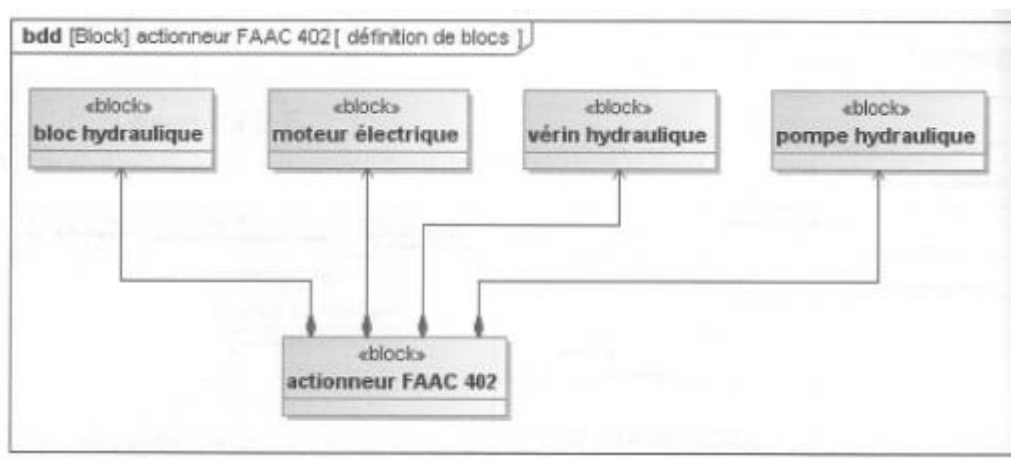
Les diagrammes de blocs sont en rapport avec la solution existante. Il faut donc mettre en place les chaînes d'information et d'énergie du système afin d'en définir les constituants.



Intéressons-nous aux diagrammes de blocs et bloc interne de l'actionneur FAAC.

A.VI.2.a Diagramme de définition de blocs

Ce diagramme décrit les différents blocs constitutifs de l'actionneur.



Dernière mise à jour	Cours	Denis DEFAUCHY
05/12/2015	Cahier des charges des systèmes	1 cours / 1 h

A.VI.2.b Diagramme de bloc interne

Ce diagramme décrit clairement les échanges d'énergie entre les différents constituants de l'actionneur FAAC.

