

Avant-propos

Ce livre a été réalisé à partir des cours de sciences de l'ingénieur de Première et Terminale de trois professeurs de SII (sciences industrielles de l'ingénieur).

Il s'adresse à des élèves qui ont du mal à repérer les fondamentaux dans le cours de sciences de l'ingénieur.

Il reprend la plupart des champs technologiques des systèmes réels supports de sujets de baccalauréat.

Chaque chapitre est décomposé en 3 parties :

- notions de cours ;
- exercices ;
- solutions.

Avec la mise en place du Bac 2021, le cours de sciences de l'ingénieur s'appuie sur une approche STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Il s'agit de renforcer le lien entre les 3 piliers : sciences physiques, mathématiques et technologie.

Pour cela, le cours de sciences de l'ingénieur cible 6 compétences :

Innover	Créer des produits innovants
Analyser	Analyser les produits existants pour appréhender leur complexité
Modéliser et résoudre	Modéliser les produits pour prévoir leurs performances
Expérimenter et simuler	Valider les performances d'un produit par les expérimentations et les simulations numériques
Communiquer	S'informer, choisir, produire de l'information pour communiquer au sein d'une équipe ou avec des intervenants extérieurs

Sommaire

Chapitre 1 – Analyse et modélisation d’un système	1
1. Chaînes d’informations et de puissance ■ 2. Diagramme des inter-acteurs et diagramme FAST ■ 3. Modélisation sysML	
Chapitre 2 – Énergétique	23
1. Chaîne de puissance et bilan énergétique ■ 2. Puissance, énergie ■ 3. Rendement d’un système	
Chapitre 3 – Grandeurs physiques	37
1. Électricité ■ 2. Mécanique ■ 3. Hydraulique ■ 4. Thermique	
Chapitre 4 – Système de numération	57
1. Bases de numération ■ 2. Quelques termes utiles en binaire ■ 3. Conversion entre bases ■ 4. Quelques codes particuliers	
Chapitre 5 – Mécanique	73
1. Représentations graphiques d’un système ■ 2. Transmission d’un mouvement de rotation ■ 3. Actions mécaniques ■ 4. Cinématique ■ 5. Principe fondamental de la dynamique (PFD) ■ 6. Résistance des matériaux (RDM)	
Chapitre 6 – Électronique	117
1. Fonctions logiques ■ 2. Algèbre de Boole ■ 3. Lois générales d’électricité ■ 4. Composants passifs ■ 5. Composants actifs : semi-conducteurs	
Chapitre 7 – Acquisition	169
1. Échantillonnage ■ 2. Numérisation ■ 3. Filtrage ■ 4. Dualité temps / fréquence et décomposition en série de Fourier	
Chapitre 8 – Actionneurs	195
1. Pneumatique, hydraulique ■ 2. Moteurs électriques	
Chapitre 9 – Programmation	215
1. Algorithme ■ 2. Langage C pour cartes Arduino ■ 3. Langage Python pour cartes circuitPython	
Chapitre 10 – Asservissements	253
1. Fonction de transfert ■ 2. Boucle ouverte / boucle fermée ■ 3. Réponse à un échelon ■ 4. Correcteur PID ■ 5. Méthode d’identification de Strejc	
Chapitre 11 – Transmission de données. Bus de terrain	279
1. Définitions ■ 2. Liaison série UART ■ 3. Liaison série I ² C ■ 4. Bus CAN ■ 5. Modulations	
Chapitre 12 – Réseaux	315
1. Définitions ■ 2. Constitution physique d’un réseau ■ 3. Adresse MAC ■ 4. Adresse IPv4 ■ 5. Routage de paquets ■ 6. Les protocoles ■ 7. Couches réseau : modèle OSI et TCP/IP ■ 8. Serveurs DNS et DHCP	
Chapitre 13. Modélisation multiphysique et écarts	347
1. Modélisation multiphysique ■ 2. Écarts et erreur relative	

Chapitre 1

Analyse et modélisation d'un système

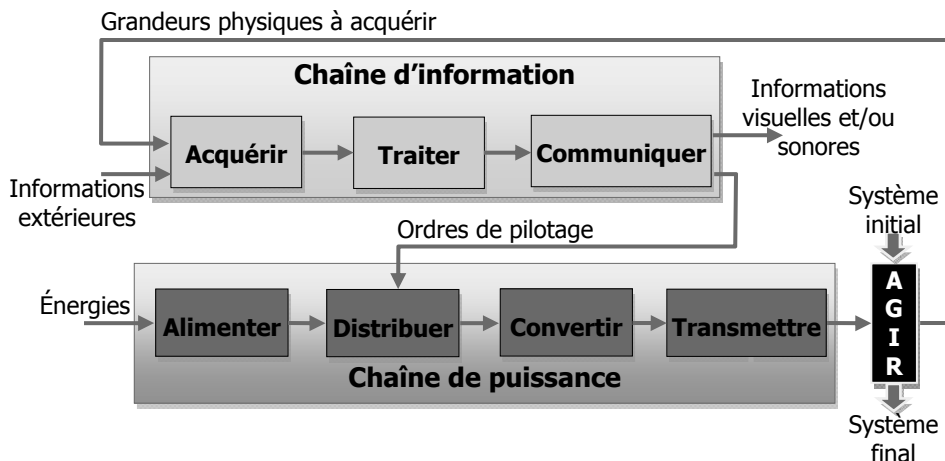
La première étape d'une étude consiste à analyser les besoins et à décrire le plus précisément possible le système étudié à l'aide de schémas ou diagrammes lisibles par tous les intervenants.

Suivant le niveau de détail nécessaire, le système peut être décrit :

- à l'aide d'outils globaux d'ingénierie système : SysML ;
- ou de graphes descriptifs des solutions envisagées : Diagramme des acteurs et/ou FAST.

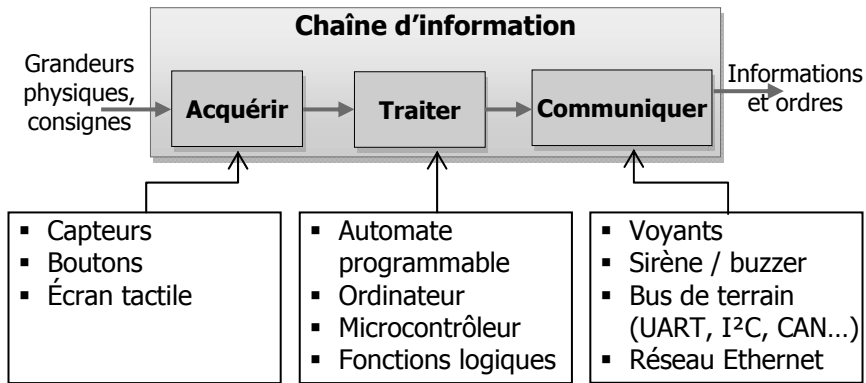
1. Chaînes d'information et de puissance

Tout système est traversé par un flux d'énergies et un flux d'informations ; la circulation des informations et de l'énergie peut être représentée par un schéma-bloc :

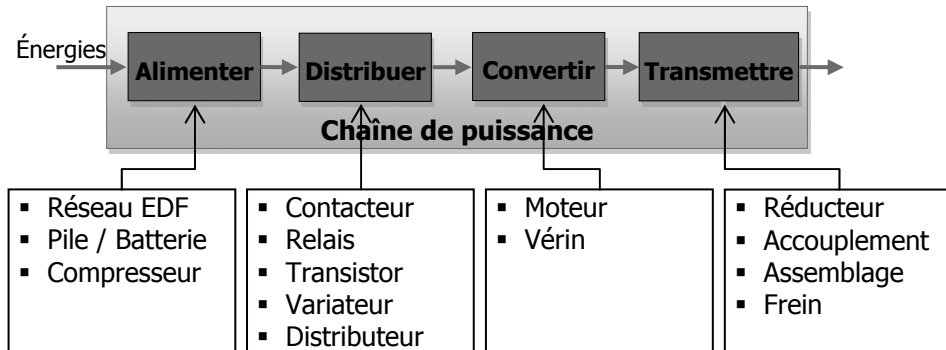


N.B. : on peut aussi remplacer le nom « chaîne de puissance » par « chaîne d'énergie » car l'énergie correspond à la puissance consommée par le système pendant un certain temps.

- Exemple de technologies associées à la chaîne d'information

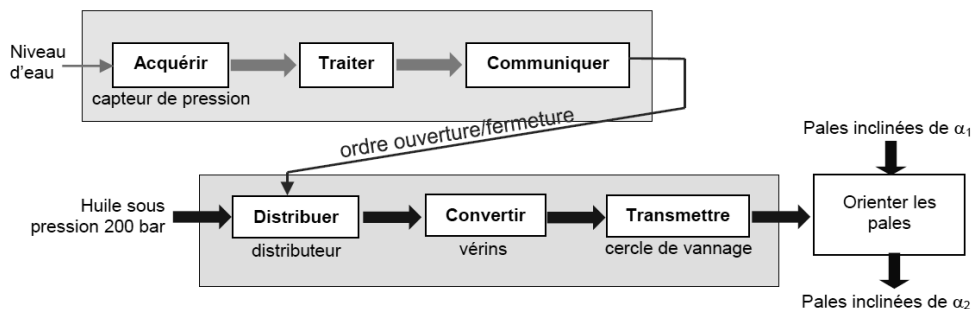


- Exemple de technologies associées à la chaîne de puissance



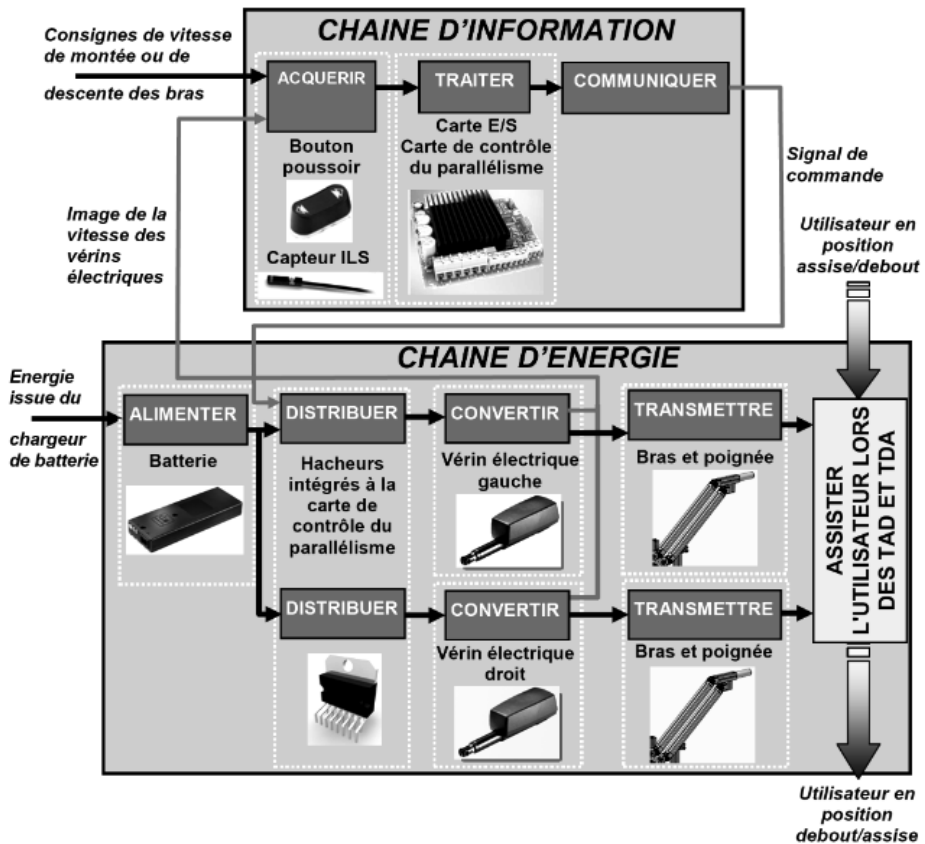
Exemple 1 : Production hydroélectrique (extrait concours général SI)

Dans une centrale hydroélectrique, le système pilote l'orientation des pales de la turbine suivant le niveau de la rivière.



Exemple 2 : Déambulateur Robuwalker (extrait Bac SI 2016)

Il est possible de dupliquer certains blocs pour bien identifier les différentes fonctions du système étudié. Dans le cas du « déambulateur Robuwalker », il y a une chaîne pour la commande de chacun des 2 vérins :



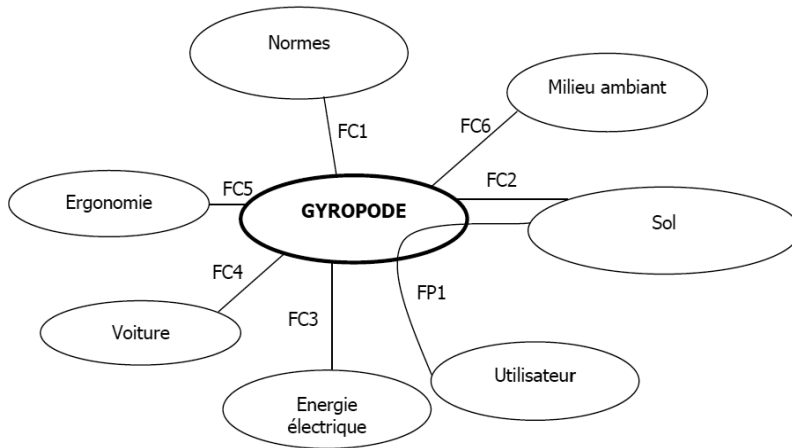
2. Diagramme des inter-acteurs et diagramme FAST

2.1. Diagramme des inter-acteurs

Le diagramme des inter-acteurs présente les éléments qui sont en relation avec le système.

Les liaisons entre ces éléments et le système représentent les « fonctions de service » :

- fonctions principales (notées FP...)
- et fonctions contraintes (notées FC...).

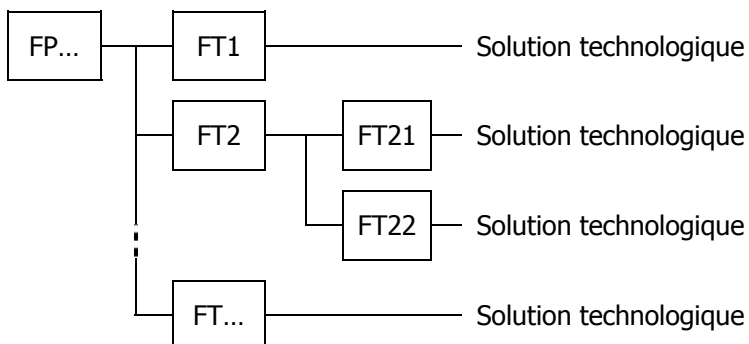
Exemple : Diagramme des inter-acteurs du Gyropode*Fonctions de services*

FP1	Permettre un déplacement de l'utilisateur par rapport au sol
FC1	Respecter les normes
FC2	Franchir, en toute sécurité, les obstacles présents sur le sol
FC3	Permettre la recharge en énergie électrique (secteur EDF)
FC4	Être transportable dans une voiture
FC5	S'adapter à la taille de l'utilisateur
FC6	Résister au milieu ambiant (poussières, humidité, ...)

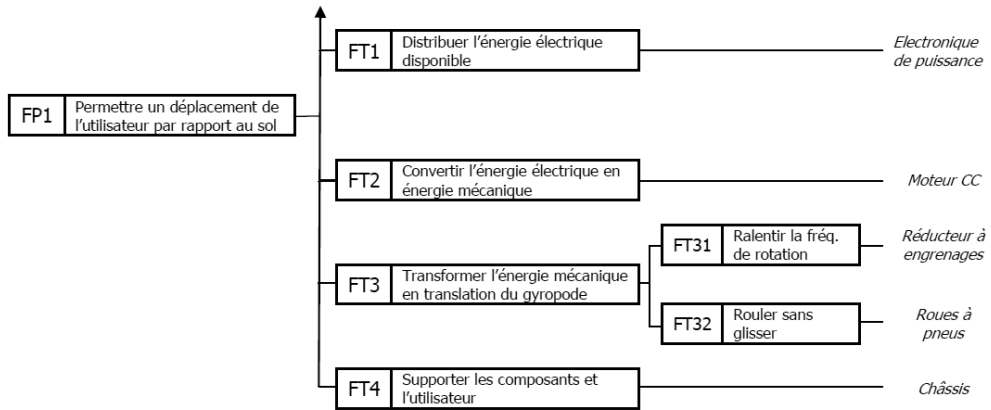
2.2. Diagramme FAST

Le diagramme FAST (Function Analysis System Technique) détaille les fonctions.

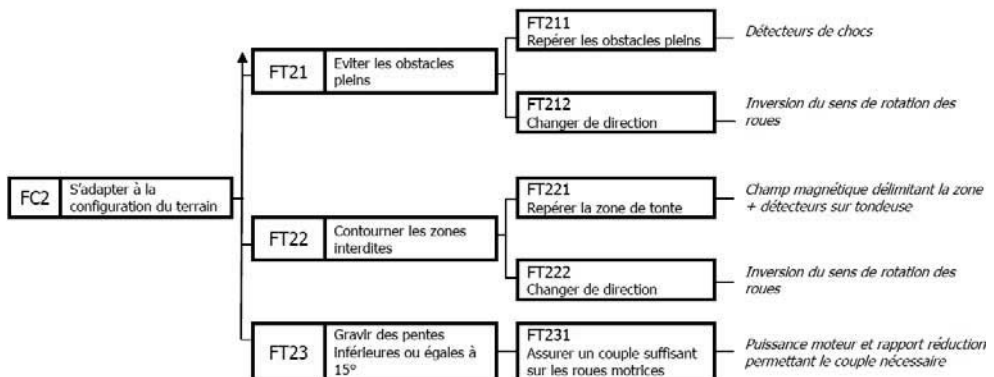
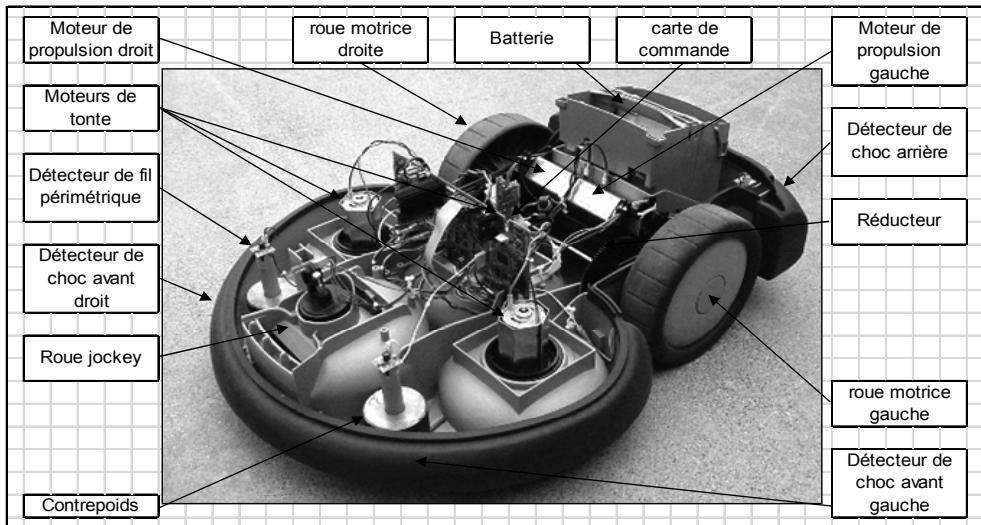
Les fonctions de service (FP... et FC...) sont décomposées en fonctions techniques (FT...). Les solutions technologiques sont données pour chaque fonction technique élémentaire.



Exemple 1 : Diagramme FAST de la fonction principale FP1 du Gyropode

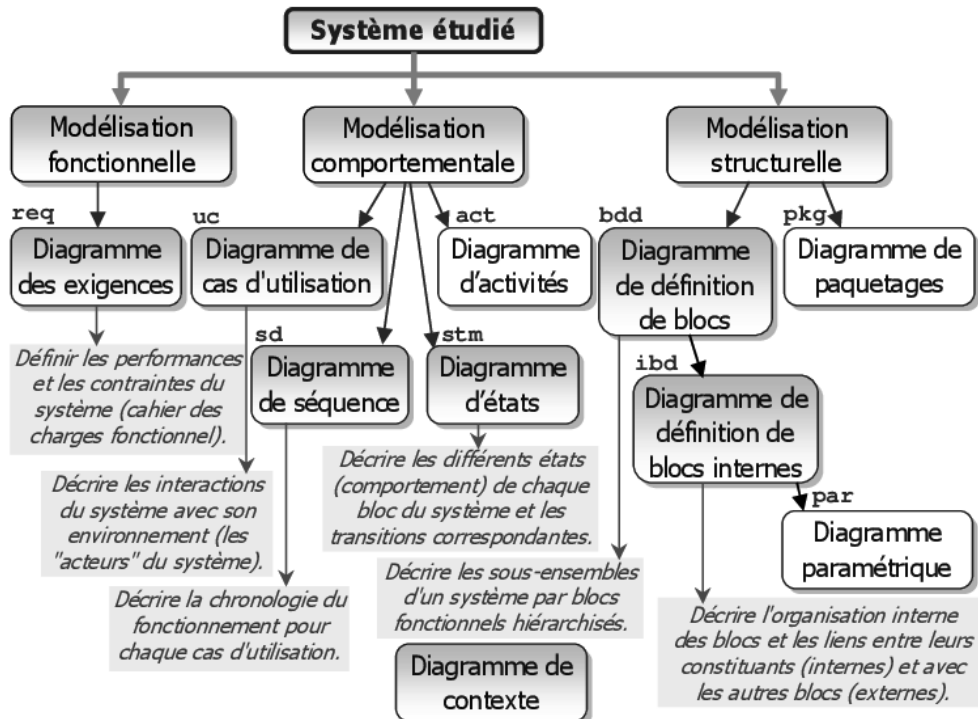


Exemple 2 : Diagramme FAST de la fonction contrainte FC2 de la tondeuse RL500



3. Modélisation sysML

SysML (Systems Modeling Language) est un outil universel normalisé, utilisé dans l'ingénierie système pour décrire un système. En fonction de ce qu'on souhaite décrire, on utilise un ou plusieurs des diagrammes répartis en 3 catégories :



Chacune des 3 catégories répond à une question :

- modélisation fonctionnelle : « *que doit faire le système ?* »
- modélisation comportementale : « *comment le système doit-il se comporter ?* »
- modélisation structurelle : « *comment le système est-il construit ?* ».

Tous les diagrammes comportent un cartouche dans lequel sont indiqués :

- le type du diagramme : uc, sd, req, bdd, ibd, stm, ... ;
- la nature de l'élément concerné : modèle, bloc, acteur, ... (entre crochets) ;
- le « contexte » : nom du diagramme (entre crochets).

uc [nature_du_contexte] contexte [nom_du_diagramme]

Dans les diagrammes, on trouve des blocs reliés entre eux. Il existe différents types de relations qui expriment les dépendances des blocs les uns avec les autres :

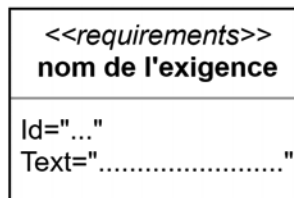
Relation	Symbole	Description	Diagrammes concernés
Association	X ———> Y	X utilise Y	uc – bdd – ibd
Dépendance	X - - - - -> Y	X dépend de Y	uc – req – bdd
Agrégation	X ———◇ Y	X entre dans la composition de Y <u>sans être indispensable</u> à son fonctionnement	req – bdd
Composition	X ———◆ Y	X entre dans la composition de Y <u>et est indispensable</u> à son fonctionnement	req – bdd
Généralisation	X ———▷ Y	X est une sorte de Y	req – bdd – ibd
Conteneur	X ———⊕ Y	Y contient X	req – bdd

3.1. Modélisation fonctionnelle

Diagramme des exigences (Requirements Diagram : req)

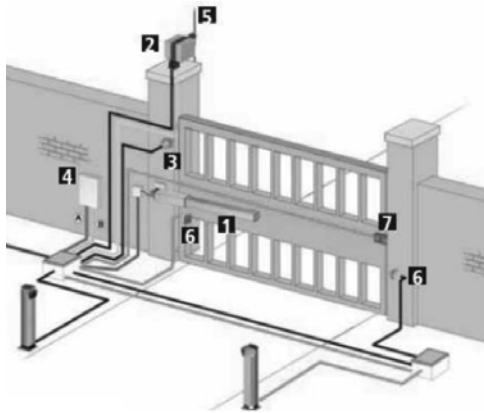
Il permet de collecter et d'organiser toutes les exigences du système (caractéristiques ou performances attendues), sous forme textuelle. Chaque exigence est identifiée par :

- un nom ;
- un identifiant (numéro de l'exigence) ;
- un texte décrivant l'exigence.



Les exigences peuvent être reliées entre elles par différents types de dépendances :

derive	une exigence source dérive d'une exigence destinataire
derivReq	relie une exigence générale à une exigence plus spécialisée (mais liée à 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 satisfaire une exigence
refine	ajoute des précisions à une exigence

Exemple : Ouvre-portail**Description des éléments du système :**

1. actionneur FAAC 402
2. lampe clignotante
3. bouton poussoir à clé
4. armoire de commande
5. antenne HF
6. cellules photoélectriques
7. serrure électronique

