

SysML : les diagrammes

DIDIER FAGNON, STÉPHANE GASTON ^[1]

L'outil SysML est un langage constitué de nombreux diagrammes. Nous vous proposons une ressource sous la forme de fiches-outils qui trouveront une bonne place dans vos aide-mémoire de TP.

Dans les pages « Décryptage » de la revue, nous vous avons présenté l'utilisation raisonnée de SysML (*Systems Modeling Language*) dans l'analyse fonctionnelle d'un système existant. Ce langage, commun à tous les champs disciplinaires, est composé de diagrammes qui permettent d'aborder plus facilement les systèmes pluritechniques, que ce soit en phase de

Mots-clés

lycée technologique,
modélisation,
outil & méthode



[1] Respectivement professeur agrégé de génie mécanique au lycée Chaptal de Paris (75008) et professeur de construction mécanique au lycée Denis-Papin de La Courneuve (93).

| | |
|--------|--|
| A → B | Association : relation d'égal à égal entre deux éléments A utilise B Est utilisé dans 2 diagrammes : cas d'utilisation, définition de blocs |
|→ | Dépendance : 2 items distincts mais dont l'un dépend de l'autre A dépend de B Est utilisé dans 3 diagrammes : exigences, cas d'utilisation, définition de blocs |
| —◇ | Agrégation : un élément est une composante facultative de l'autre A entre dans la composition de B sans être indispensable à son fonctionnement Est utilisé dans 2 diagrammes : exigences, définition de blocs |
| —◆ | Composition : un élément est une composante obligatoire de l'autre A entre dans la composition de B et lui est indispensable Est utilisé dans 2 diagrammes : exigences, définition de blocs |
| —▷ | Généralisation : dépendance de type « filiation » entre 2 items A est une sorte de B Est utilisé dans 2 diagrammes : cas d'utilisation, définition de blocs |
| —⊕ | Conteneur : relation d'inclusion entre 2 items B contient A Est utilisé dans 3 diagrammes : exigences, cas d'utilisation, définition de blocs |

Les principales relations entre les blocs

OUVRAGE DE RÉFÉRENCE

SysML par l'exemple
Un langage de modélisation pour systèmes complexes

Auteur : Pascal Roques

Éditeur : Eyrolles

Ce livre de 235 pages est exclusivement disponible en version PDF, payante, à télécharger sur le site de l'éditeur :

<http://izibook.eyrolles.com>

De la naissance du SysML aux exemples concrets, il consacre un chapitre entier à chacun des diagrammes. Il est très illustré et prend pour fil conducteur une étude de cas sur le radio-réveil. C'est l'ouvrage de référence en français. Indispensable.

conception ou en phase d'analyse d'un existant. Il peut également décrire le cheminement de la matière, de l'énergie et de l'information (les trois domaines essentiels du référentiel des STI2D), ses diagrammes offrant la possibilité de représenter à la fois les composants et les flux de toute nature. Nous allons donc nous attacher ici à décoder le vocabulaire et la grammaire de cet outil d'aide à la modélisation.

Les diagrammes SysML, le plus souvent, sont liés entre eux (interconnectés) et ont leur description propre. Ils peuvent remplacer la plupart des autres outils de description auparavant utilisés (Grafset, Fast, SADT, etc). Voici, parmi les neuf types de diagrammes SysML, les six qui ont été retenus par le référentiel :

diagramme des exigences (*requirement diagram*)
diagramme des cas d'utilisation (*use case diagram*)
diagramme de séquence (*sequence diagram*)
diagramme d'état (*state diagram*)
diagramme de définition de blocs (*definition block diagram*)
diagramme de blocs internes (*internal block diagram*)

Ils décrivent différents aspects :

● Aspects comportementaux :

– diagrammes fonctionnels (que doit faire le système?) :

diagramme des exigences
diagramme des cas d'utilisation

– diagrammes dynamiques (comment le système doit-il se comporter?) :

diagramme de séquence
diagramme d'état (état et transitions)

● Aspects structurels :

– diagrammes statiques (comment le système est-il construit?) :

diagramme de définition de blocs
diagramme de blocs internes



Dans les diagrammes, 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 (voir la figure page précédente).

Nous allons détailler les éléments graphiques relatifs à chaque diagramme pour en faciliter la lecture, sous forme de fiches-outils que vous pourrez utiliser ou fournir au fur et à mesure aux élèves. Ces fiches

peuvent aussi constituer un document ressource dans un dossier de TP. Il n'est surtout pas question de les utiliser comme support de cours pour apprendre le langage SysML. En revanche, elles permettent, au fur et à mesure que l'enseignant aborde dans ses pratiques l'analyse des trois points de vue (comportemental, structurel et fonctionnel), d'introduire les diagrammes adaptés aux besoins pédagogiques. ■

FICHE-OUTIL 1

Diagramme des exigences

En anglais : *requirement diagram*
Notation SysML: *req*

C'est un diagramme fonctionnel.
Il décrit les exigences du cahier des charges fonctionnel.
Une exigence exprime une capacité ou une contrainte à satisfaire par un 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...

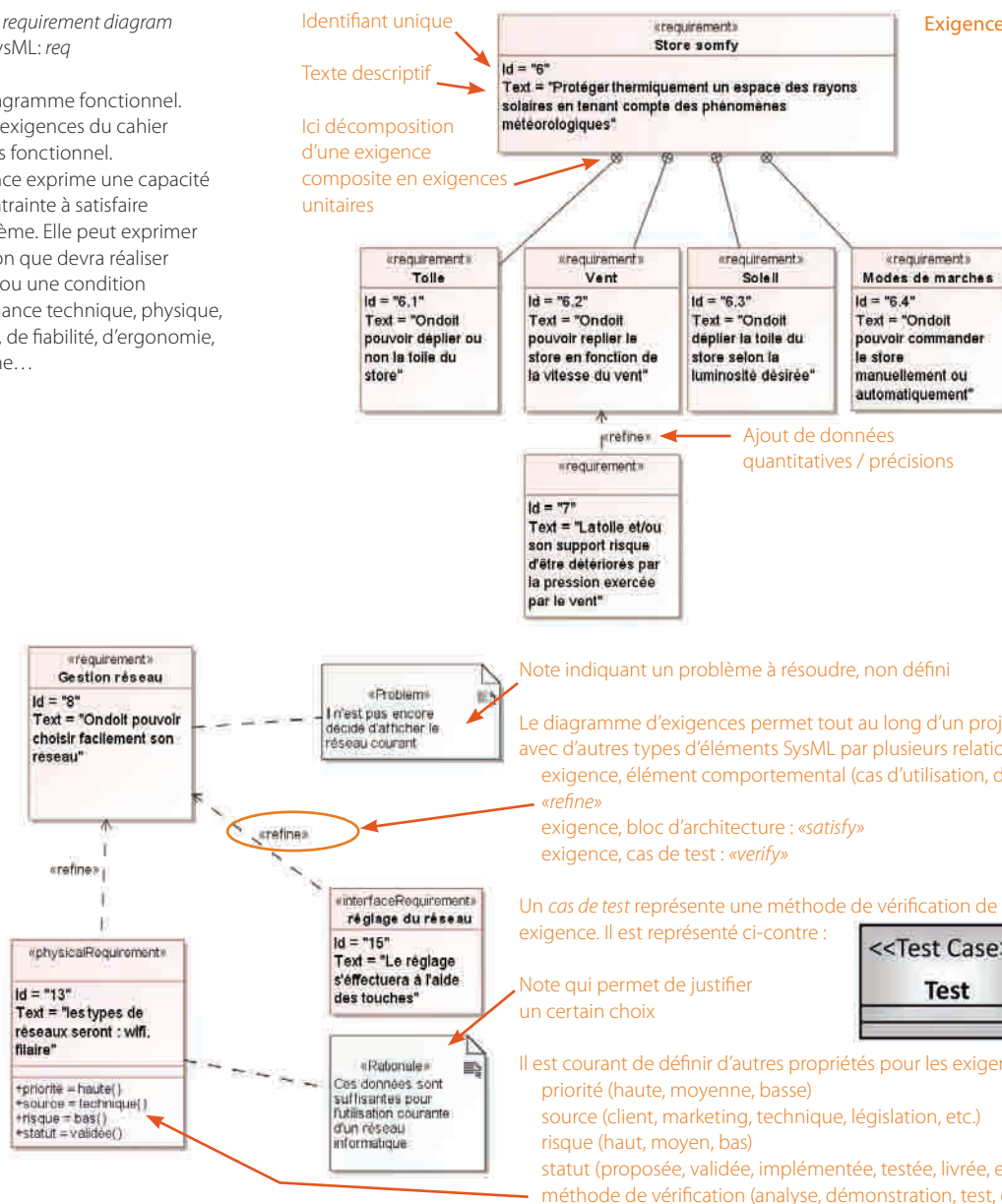
Identifiant unique

Texte descriptif

Ici décomposition d'une exigence composite en exigences unitaires

Exigence du système

Exigences unitaires



FICHE-OUTIL 2

Diagramme des cas d'utilisation

En anglais : *use case diagram*
Notation SysML: *uc*

C'est un diagramme fonctionnel.
Il montre les interactions fonctionnelles des acteurs et du système d'étude.
Il délimite précisément le système, décrit ce que fera le système sans spécifier comment (et non ce que fera l'utilisateur).
Il exprime les services (*use cases*) offerts par le système aux utilisateurs (*actors*).

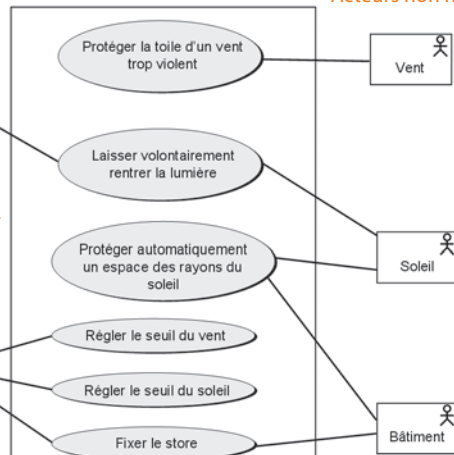
Acteurs humains

Les acteurs peuvent être reliés entre eux soit par une flèche bidirectionnelle (chaque acteur agit sur l'autre) soit par une flèche unidirectionnelle (un acteur agit sur l'autre)

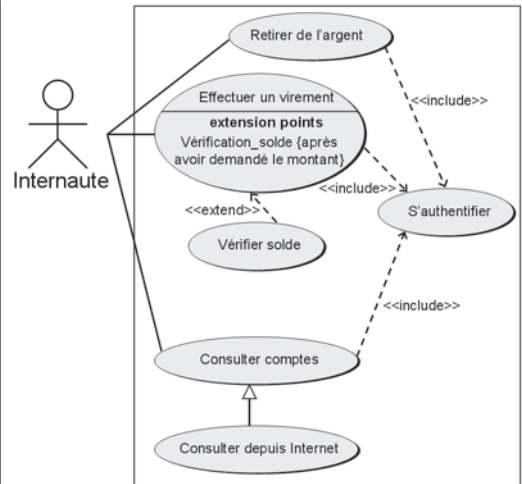
Signification des couleurs des acteurs utilisées par les logiciels :

- En bleu : échange, modifie de la matière
- En rouge : échange, modifie de l'énergie
- En vert : échange de l'information

Acteurs non humains



Cadre délimitant le système et contenant un ensemble de séquences d'actions. Elles peuvent aussi être liées entre elles



Relations standardisées entre cas d'utilisation

<<include>> : le cas d'utilisation de base « ne peut se faire sans » ou « impose que »
<<extend>> : le cas d'utilisation de base « peut éventuellement se faire avec »
Ci-dessus : *Vérifier solde* est une extension d'*Effectuer un virement*

FICHE-OUTIL 3

Diagramme de séquence

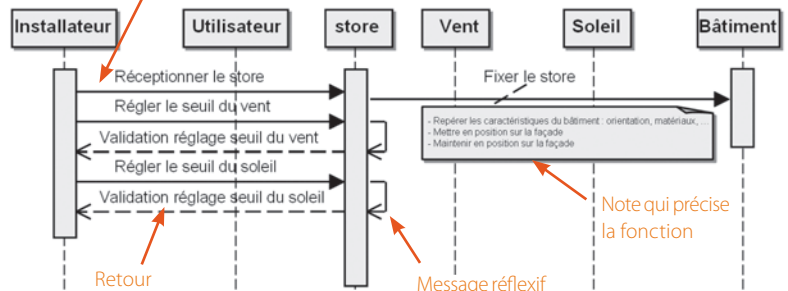
En anglais : *sequence diagram*
Notation SysML: *sd*

C'est un diagramme dynamique.
Il représente les échanges de messages entre les acteurs et le système ou entre des parties durant une séquence temporelle d'actions appelée *scénario*.
Il permet de représenter la dynamique d'un *use case* ou la collaboration d'un ensemble d'objets internes au système.
Il montre la séquence, représentation verticale chronologique, des messages passés entre blocs au sein d'une interaction.
Nota : Il y a autant de diagrammes de séquence que de scénarios possibles.

Lignes de vie

Trait pointillé vertical surmonté d'un rectangle de description

Message synchrone. Met en relation les différentes lignes de vie. La flèche possède une tête pleine. Ce sera une flèche ouverte pour un message asynchrone



Un cas d'utilisation peut dépendre d'autres cas d'utilisation. Il s'appelle alors *fragment*.
Chaque *fragment* possède un opérateur et peut être divisé en opérandes. Les principaux opérateurs sont :
loop : boucle. Le *fragment* ou autre cas d'utilisation peut s'exécuter plusieurs fois, et la condition de garde (voir « Diagramme d'état ») explicite l'itération
opt : optionnel. Le *fragment* ou autre cas d'utilisation ne s'exécute que si la condition fournie est vraie
alt : fragments alternatifs. Seul le *fragment* possédant la condition vraie s'exécutera
par : parallèle. Il est utilisé pour représenter des interactions ayant lieu en parallèle

FICHE-OUTIL 4

Diagramme d'état

En anglais : *state diagram*
Notation SysML: *stm*

C'est un diagramme dynamique.
Il montre les différents états successifs et les transitions possibles des blocs dynamiques.
Il représente la succession des états d'un système ou d'un sous-système.
La dynamique des changements est entretenue par des événements.

L'état satisfait une certaine condition, exécute une certaine activité, attend un certain événement

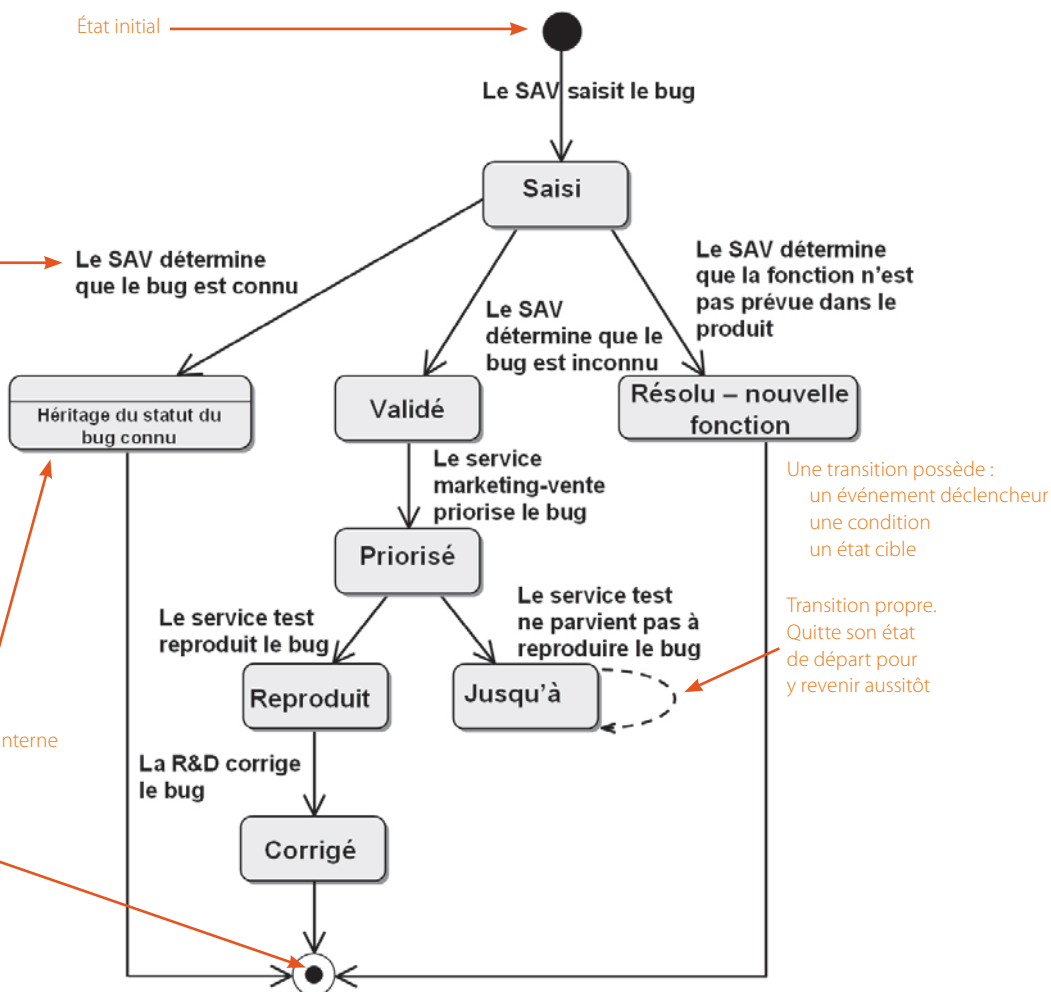
État initial

Événement

L'événement est une spécification qui peut déclencher une réaction, peut porter des paramètres qui matérialisent le flot d'informations ou de données reçues. Il peut être accompagné de conditions (voir ci-dessous)

Transition interne

État final



Condition ou condition de garde

C'est une expression booléenne qui doit être vraie lorsque l'événement arrive pour que la transition soit déclenchée. Elle est notée entre crochets. S'il y a plusieurs transitions avec un même événement, elles doivent avoir des conditions différentes.

Lorsqu'il y a plus de deux conditions, il est recommandé d'utiliser le mot-clé *else* pour garantir l'exhaustivité.

Les changements d'état interne se modélisent en utilisant le mot-clé *when* suivi d'une expression booléenne dont le passage de faux à vrai déclenche la transition. Le passage du temps se modélise en utilisant le mot-clé *after* suivi d'une expression représentant une durée, décomptée à partir de l'entrée dans l'état courant.



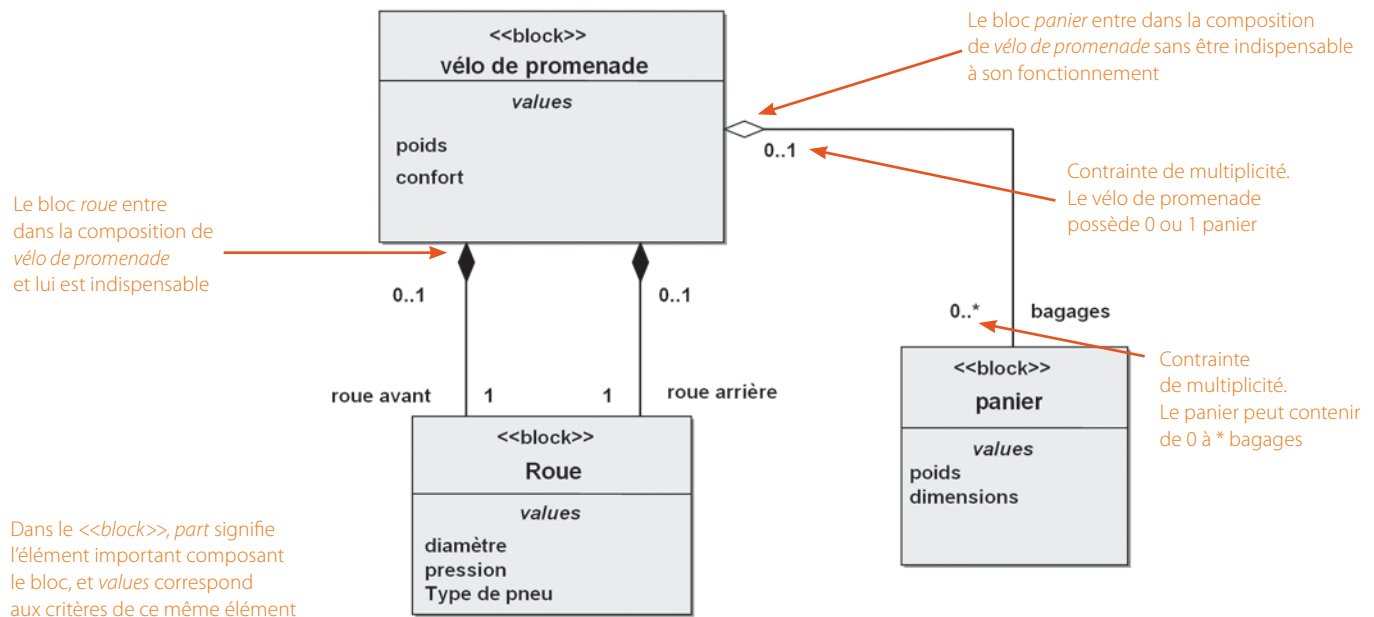
FICHE-OUTIL 5

Diagramme de définition de blocs

En anglais : *block definition diagram*
Notation SysML: *bdd*

C'est un diagramme statique. Il montre les briques statiques : blocs, composition, associations...

Il est utilisé pour décrire l'architecture matérielle du système.
Un bloc est une entité bien délimitée qui encapsule principalement des attributs (variables d'état), des opérations (procédures comportementales), des contraintes, des ports (échange de flux avec l'extérieur) et des *parts* (sous-blocs internes).
Un bloc peut modéliser tout le système, un élément matériel ou logiciel.



FICHE-OUTIL 6

Diagramme de blocs internes

En anglais : *internal block diagram*
Notation SysML: *ibd*

C'est un diagramme statique.
Il est utilisé pour décrire l'architecture matérielle du système.

Il montre l'organisation interne d'un élément statique complexe.
Il représente les instances des *parts* d'un bloc (objets). L'IBD est cadré à l'intérieur des frontières du bloc concerné. Les circulations de flux (MEI) entre les *parts* s'effectuent grâce aux connecteurs qui relient leurs ports.
L'IBD d'un bloc est défini à partir du BDD correspondant. Un flux entre ou sort d'une *part* via un port.

