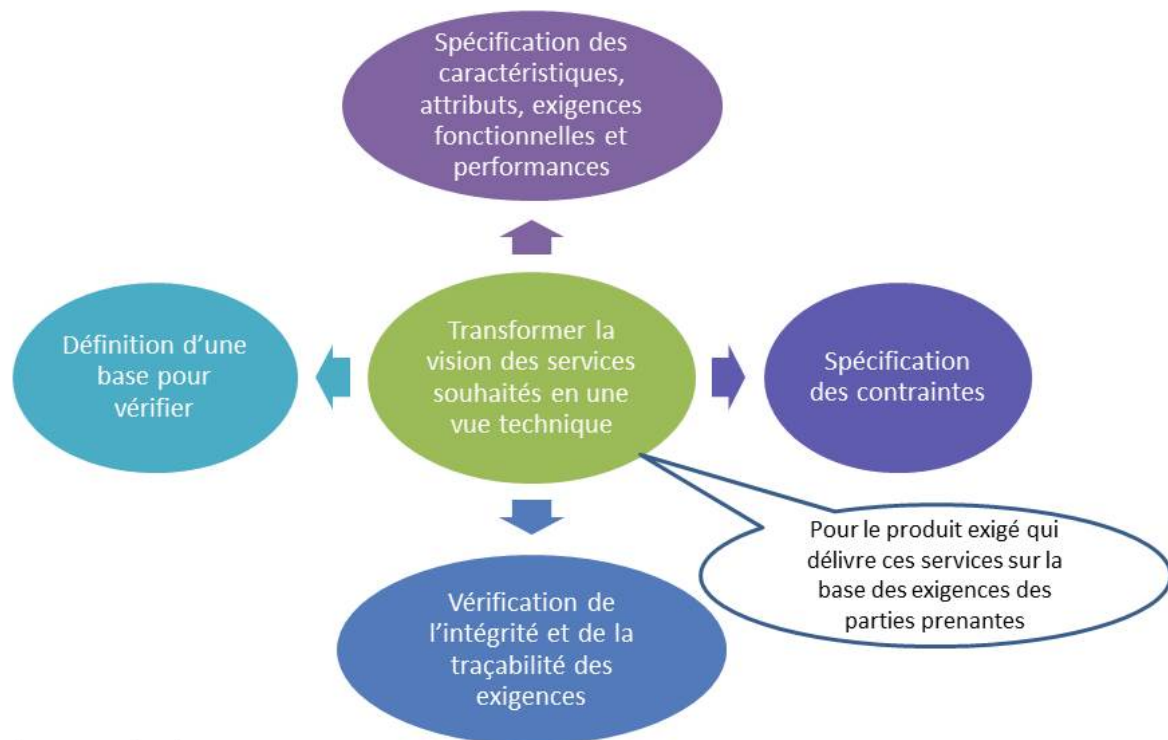


Processus technique 2 (PCS T2)

Analyse des exigences

Ce que dit l'ISO 15288 - 1/2



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

2

ISO 15288 - PROCESSUS D'ANALYSE DES EXIGENCES

Objet du processus d'analyse des exigences

L'objet du processus d'analyse des exigences est de transformer la vision des services souhaités, basée sur les besoins des parties prenantes, en une vue technique d'un produit exigé qui délivre ces services.

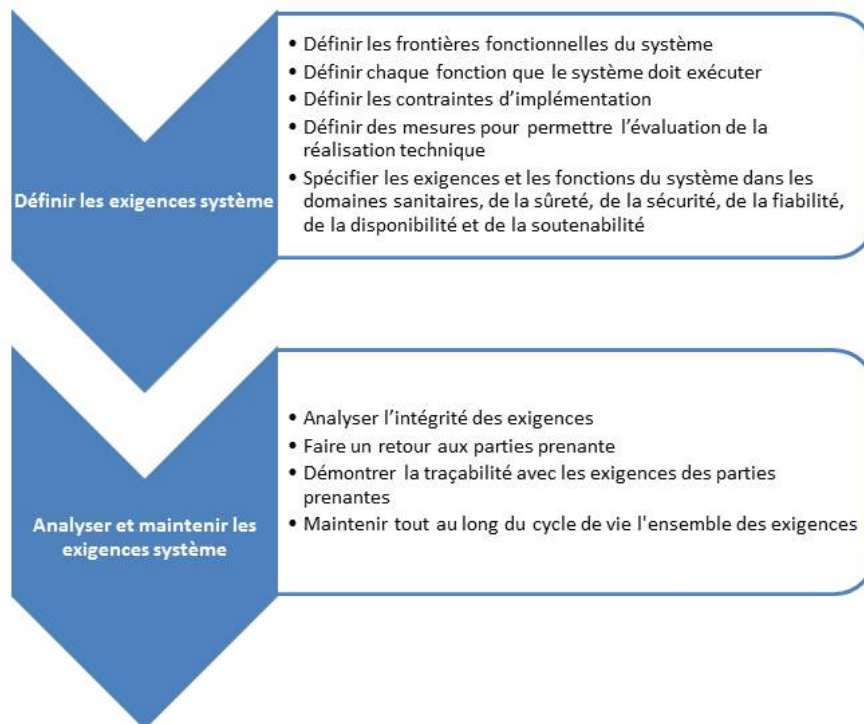
Ce processus construit une représentation d'un futur système qui satisfera aux besoins des parties prenantes et qui, pour autant que les contraintes le permettent, est indépendant des solutions d'implémentation. Il résulte de ce processus un ensemble d'exigences mesurables et applicables au système qui spécifient, du point de vue du concepteur, les propriétés qui doivent caractériser le système pour satisfaire les besoins des parties prenantes, ainsi que leurs grandeurs.

Résultats du processus d'analyse des exigences

La bonne exécution du processus d'analyse des exigences conduit aux résultats suivants :

- a) les caractéristiques et attributs requis, ainsi que les exigences fonctionnelles et performances associées sont spécifiés ;
- b) les contraintes qui influent sur la conception de l'architecture du système et sur les moyens de le réaliser sont spécifiées ;
- c) l'intégrité et la traçabilité des exigences du système par rapport aux besoins des parties prenantes sont vérifiées ;
- d) une base pour vérifier que les exigences du système sont satisfaites et définies.

Ce que dit l'ISO 15288 – 2/2



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

3

Activités du processus d'analyse des exigences

Le projet doit exécuter les activités et tâches suivantes, dans le respect des règles et procédures applicables au processus d'analyse des exigences :

a) Définir les exigences système

1) Définir les frontières fonctionnelles du système, exprimées sous la forme du comportement attendu et de ses propriétés.

NOTE : Cette activité comporte les sollicitations du système et les réactions vis-à-vis des utilisateurs et du comportement de l'environnement, ainsi qu'une analyse et une description des interactions requises entre le système et son environnement, en termes de contraintes d'interfaces de type mécanique, électrique, masse, thermique, informations et procédures. Ainsi est établi le comportement attendu du système à ses interfaces.

2) Définir chaque fonction que le système doit exécuter.

NOTE 1 : Ceci inclut les critères qualitatifs exigés du système et de ses opérateurs ainsi que les conditions à réunir pour que le système soit capable d'exécuter, de démarrer et de cesser cette fonction.

NOTE 2 : Les conditions d'exécution des fonctions peuvent intégrer des références à des états et à des modes d'exploitation exigés du système. Les exigences du système dépendent fortement de la représentation abstraite des caractéristiques du système proposé. Elles peuvent employer plusieurs techniques de modélisation et de multiples points de vue pour décrire de façon complète les exigences souhaitées du système.

3) Définir les contraintes d'implémentation qui proviennent des besoins des parties prenantes ou de limitations incontournables de la solution.

NOTE : Cette activité inclut les contraintes nées de l'implémentation des décisions d'allocation effectuées pour la conception des niveaux supérieurs du système.

Ingénierie système et SysML dans l'éducation nationale

4) Définir des mesures tant techniques que liées à la qualité d'utilisation pour permettre l'évaluation de la réalisation technique.

NOTE : Cette activité comporte la définition de paramètres critiques d'exécution, associés à chaque mesure d'efficacité identifiée dans les besoins des parties prenantes. Les mesures critiques d'exécutions sont analysées et revues pour s'assurer que les besoins des parties prenantes sont satisfaits, ainsi que pour s'assurer de la détection de risques associés à des non-conformités relatives aux coûts, aux délais ou à la qualité. ISO/IEC 15939 propose un processus pour identifier, définir et utiliser des mesures appropriées. ISO/IEC 9126 peut proposer des mesures applicables à la qualité des produits.

5) Spécifier, à partir des risques identifiés et de la criticité du système, les exigences et les fonctions du système relatives à des qualités critiques dans les domaines sanitaires, de la sûreté de fonctionnement, de la sécurité, de la fiabilité, de la disponibilité et de la soutenabilité.

NOTE : Ceci comporte la définition et l'analyse de considérations liées à la sûreté de fonctionnement, dont celles liées aux modes d'exploitation et de maintenance, à l'influence sur l'environnement et à l'intégrité des personnes. Ceci comprend également la spécification de toutes les fonctions liées à la sûreté de fonctionnement et l'intégrité de celles-ci. Cette spécification exprime les risques que l'on cherche à réduire ainsi que l'allocation de ces fonctions à un système désigné pour la sûreté de fonctionnement. Les standards applicables sont utilisés, comme les normes NF EN 61508 pour la sûreté de fonctionnement ou ISO 14001 pour l'environnement. Les considérations liées à la sécurité sont analysées, notamment celles relatives à l'exposition et à la protection des informations, données et matériels classifiés. Les risques liés à la sécurité sont définis, entre autres ceux touchant à l'administration, au personnel, aux installations, aux ordinateurs, aux communications, aux réseaux, aux émissions et aux facteurs de l'environnement, par application, le cas échéant, des normes de sécurité applicables.

b) Analyser et maintenir les exigences système

1) Analyser l'intégrité des exigences du système pour vérifier chaque exigence, chaque couple d'exigence ou ensemble d'exigences.

NOTE : Chaque expression d'une exigence du système est vérifiée pour établir qu'elle est unique, complète, non-ambiguë, cohérente avec les autres exigences, réalisable et vérifiable. Les déficiences, conflits et faiblesses sont identifiés et résolus au sein de l'ensemble des exigences du système. Les exigences du système sont analysées pour contrôler qu'elles sont complètes, cohérentes, réalisables (dans l'état des technologies actuelles et futures) et exprimées à un niveau de détail approprié. Se référer à l'ISO/IEC 26702 pour avoir plus de détails concernant les attributs et la qualité qui caractérisent de bonnes exigences.

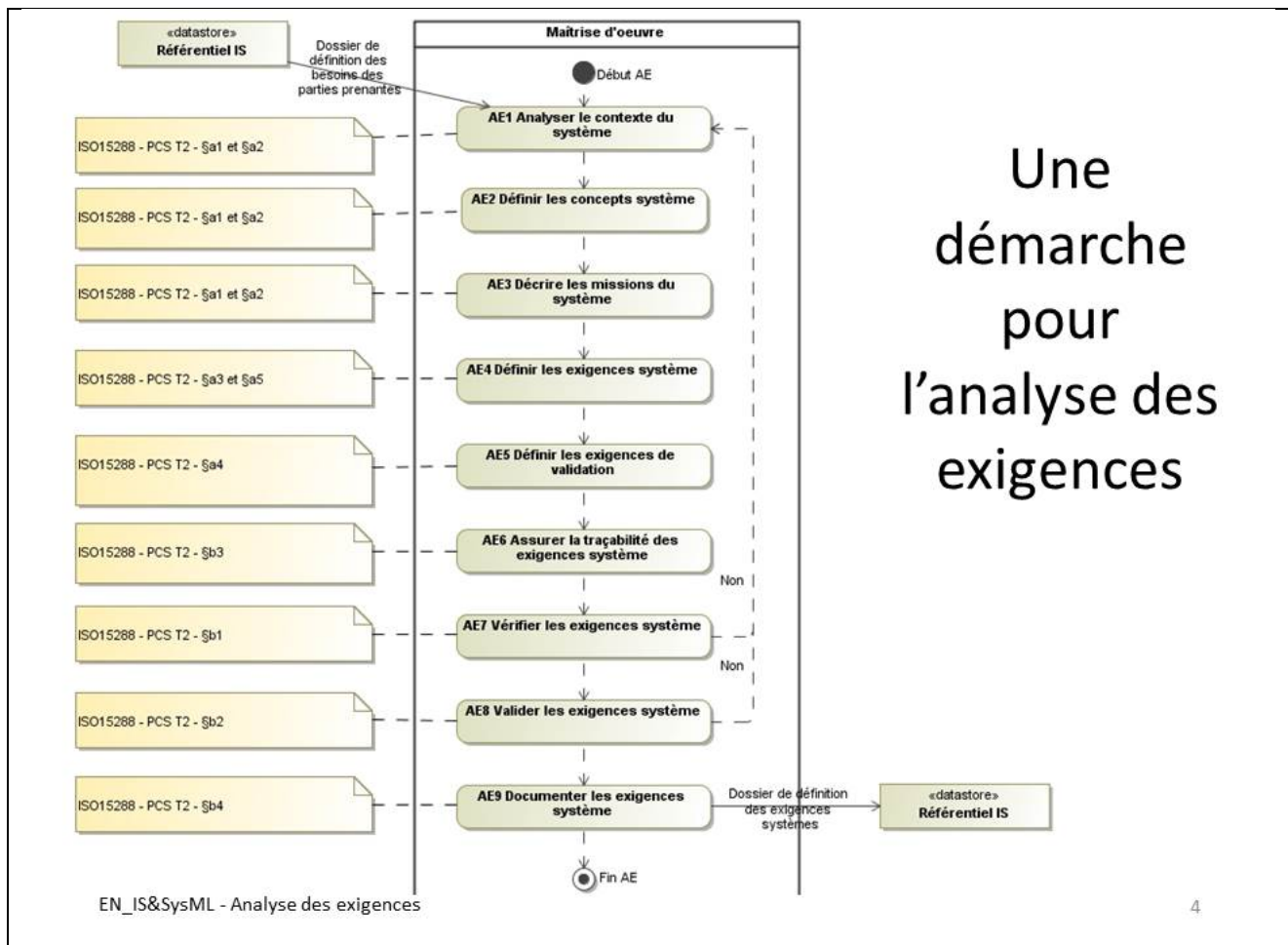
2) Faire un retour aux parties prenantes sur les exigences analysées pour s'assurer que les exigences système spécifiées reflètent bien les besoins des parties prenantes pour répondre à leurs attentes.

NOTE : On contrôle que les exigences du système répondent correctement aux besoins des parties prenantes et qu'elles sont nécessaires et suffisantes pour engager les autres processus, et notamment celui de conception de l'architecture.

3) Démontrer la traçabilité entre les exigences du système et les besoins des parties prenantes.

NOTE : La traçabilité entre les exigences du système et les besoins des parties prenantes doit être maintenue dans les deux sens, pour établir que, d'une part, tous les besoins réalisables des parties prenantes sont satisfaits par une ou plusieurs exigences du système et que, d'autre part, toutes les exigences du système satisfont ou contribuent à la satisfaction d'au moins un besoin d'une partie prenante. Les exigences du système sont conservées sous une forme appropriée qui permette la traçabilité entre les besoins des parties prenantes et l'architecture.

4) Maintenir tout au long du cycle de vie du système l'ensemble des exigences, leurs justifications, les décisions et les hypothèses.



UNE DÉMARCHE GÉNÉRALE POUR L'ANALYSE DES EXIGENCES

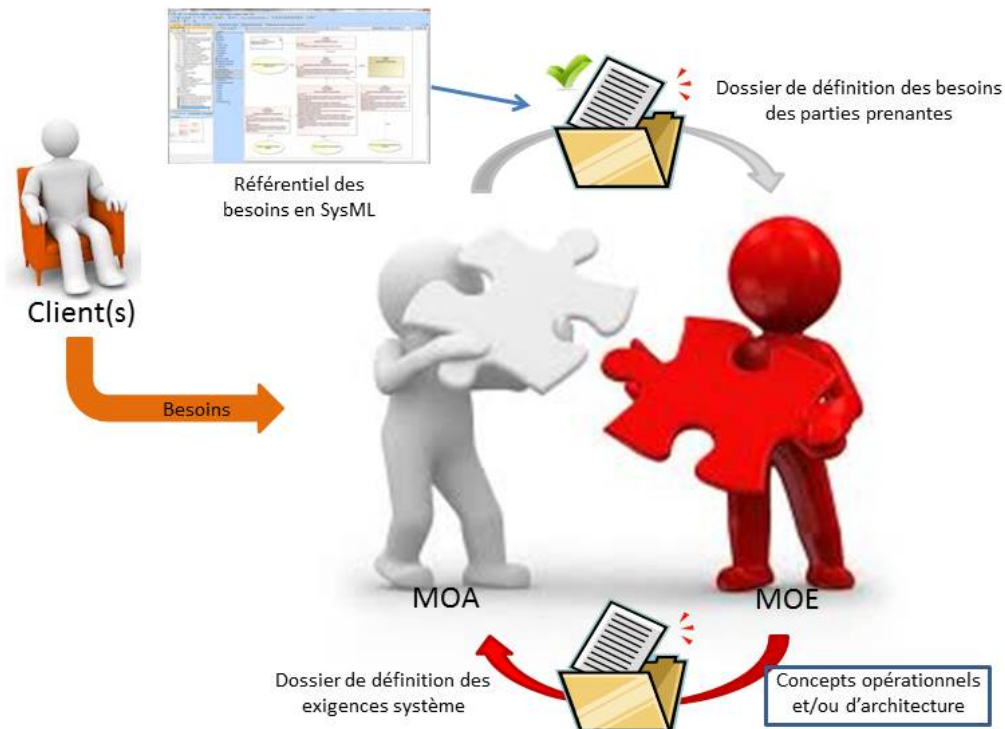
Dans le respect de l'ISO15288, une démarche générale d'analyse pour définir les exigences système peut s'établir de la façon suivante :

1. Analyser le contexte du système ;
2. Définir les concepts système ;
3. Décrire les missions du système et ses interactions avec les éléments externes ;
4. Définir les exigences système (fonctionnelle, opérationnelle, performance, interface, contrainte);
5. Définir les exigences de validation qui permettront de valider le système vis-à-vis des exigences système ;
6. Assurer la traçabilité des exigences système vis-à-vis des besoins des parties prenantes ;
7. Vérifier l'ensemble des étapes précédentes sur la base de critères définis à chaque niveau ;
8. Faire valider les exigences système par la MOA ou le(s) client(s) ;
9. Documenter les exigences système en rédigeant un document d'expression des exigences système.

L'élaboration des exigences système est en général du ressort de la maîtrise d'œuvre (MOE).

NB : Les diagrammes SysML proposés à titre d'exemple peuvent être et sont le plus souvent partiels (incomplets, non exhaustifs, incohérents entre eux, ...).

Spécifier ce que le système doit faire



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

5

SPÉCIFIER CE QUE LE SYSTÈME DOIT FAIRE

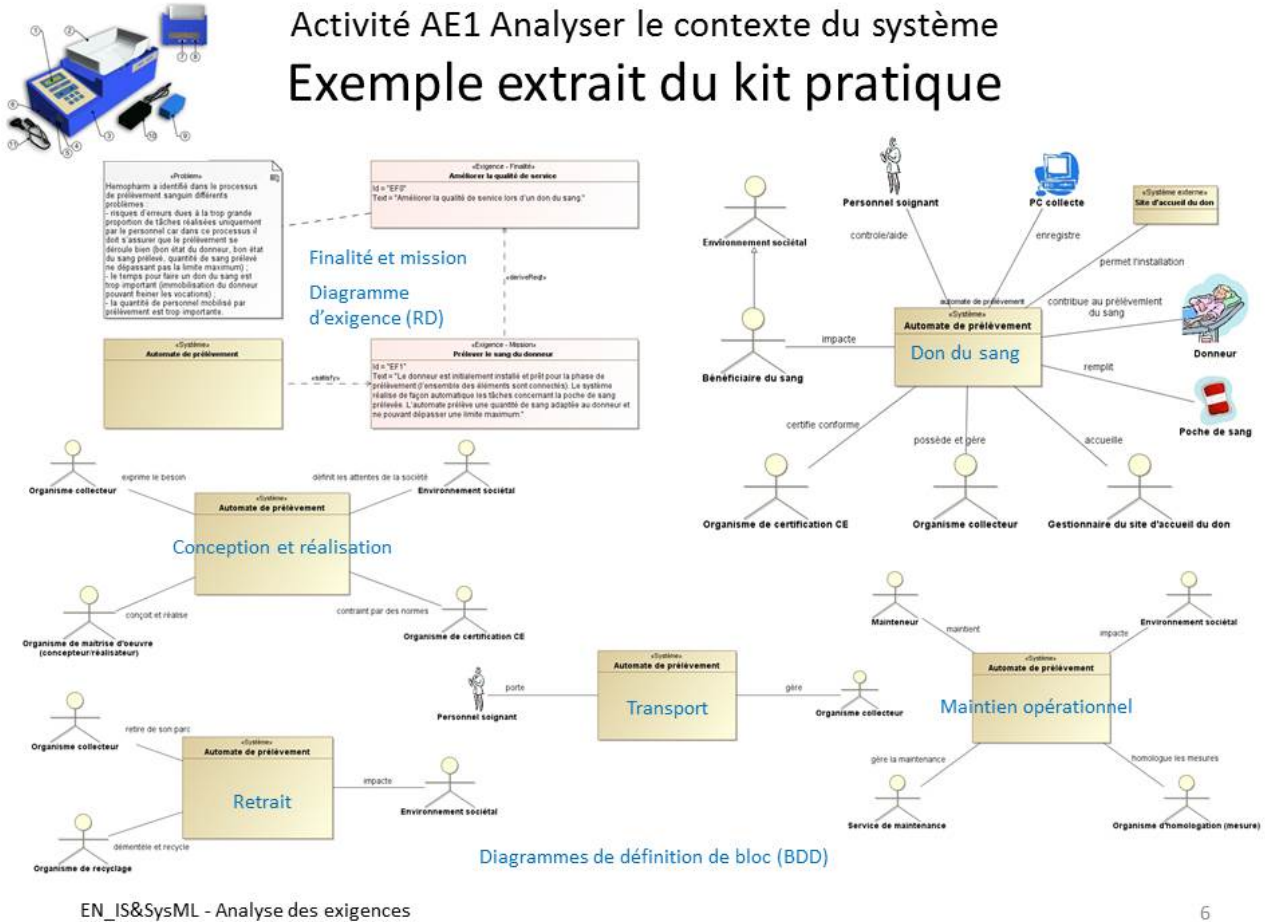
L'analyse des exigences vise à spécifier ce que le système doit faire pour répondre aux besoins des parties prenantes.

Le document d'expression des besoins des parties prenantes élaboré précédemment par la MOA regroupe les données d'entrées principales de ce processus.

La MOE doit alors spécifier ce que le « système à faire » doit faire en explicitant sa compréhension du problème, en introduisant d'éventuels concepts système, en prenant en compte les contraintes de toutes les parties prenantes et en restant dans l'espace du problème.

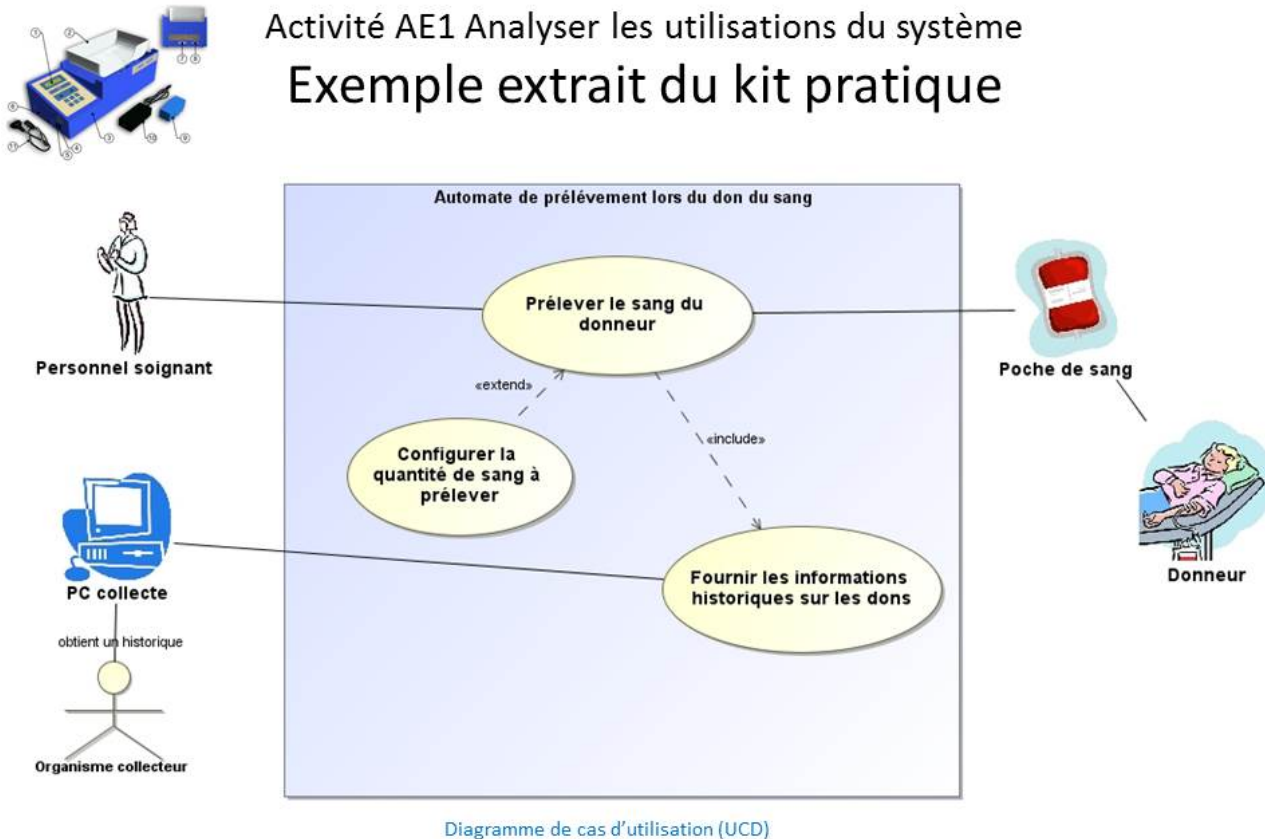
Activité AE1 Analyser le contexte du système

Exemple extrait du kit pratique



Activité AE1 Analyser les utilisations du système

Exemple extrait du kit pratique



ACTIVITÉ AE1 – ANALYSER LE PÉRIMÈTRE DU SYSTÈME

Analyser le contexte du système

Dans un premier temps, on complète éventuellement, avec la vision du Maître d'œuvre :

- La finalité et la mission du système ;
 - Les phases de vie à considérer ;
 - Les parties prenantes et autres éléments du contexte dans les différentes phases de vie (y compris celles qui éventuellement n'étaient pas encore connues à la phase précédente : concepteurs, réalisateurs, ...).
- ⇒ Reprendre les diagrammes de définition de bloc (BDD SysML) du contexte.

Analyser les utilisations du système

De même, et dans tous les cas, il faut définir ou vérifier les grandes fonctionnalités à réaliser pour chaque phase de vie où le système doit rendre des services, avec le point de vue de la MOE.

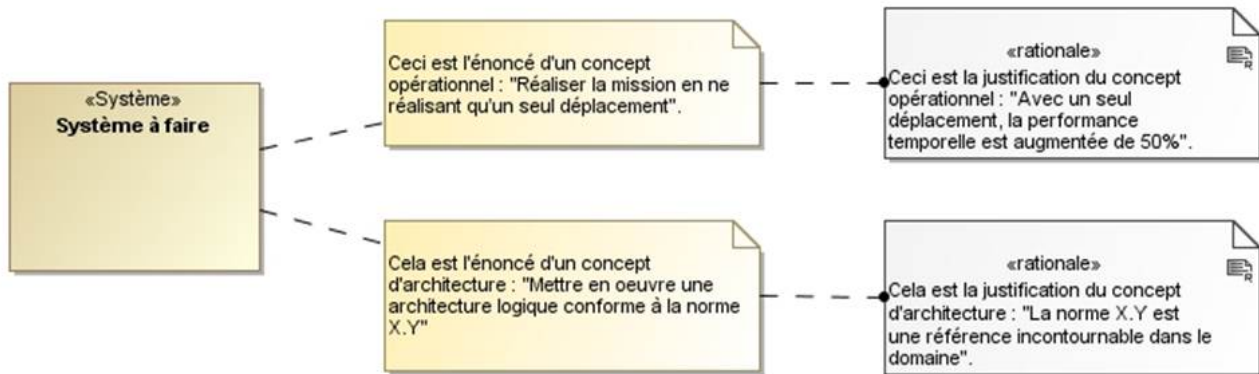
Dans un deuxième temps, on complète éventuellement, avec la vision du Maître d'œuvre :

- Les cas d'utilisation - missions et services attendus - pour chaque phase de vie :
- ⇒ Reprendre les diagrammes de cas d'utilisation (UC SysML).

Activité AE2 Définir les concepts système

Savoir faire un diagramme des concepts système

Diagramme de définition de bloc (BDD)



Activité AE2 Définir les concepts système

Exemple extrait du kit pratique

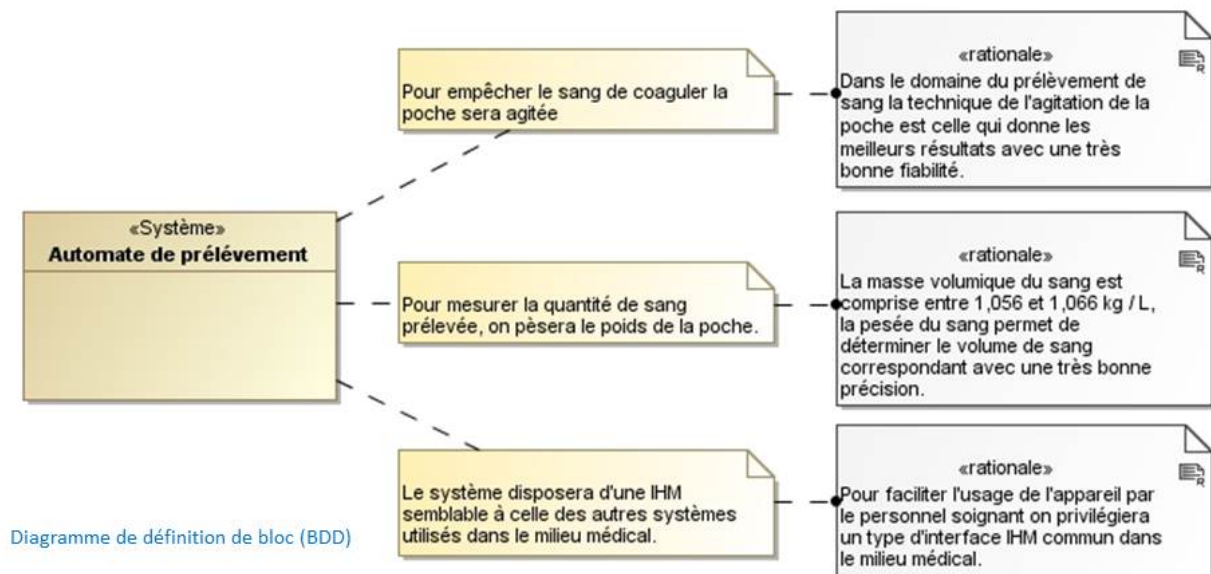


Diagramme de définition de bloc (BDD)

Ingénierie système et SysML dans l'éducation nationale

ACTIVITÉ AE2 - DÉFINIR LES CONCEPTS SYSTÈME

La MOE peut sur la base de son expertise et de sa compréhension du problème introduire d'éventuels concepts système.

Les concepts système peuvent être :

- Des concepts opérationnels, comme par exemple « Réaliser la mission en ne réalisant qu'un seul déplacement » ou « Réaliser la mission en totale autonomie énergétique » ;
- Des concepts d'architecture logique ou physique, comme par exemple « Mettre en œuvre une architecture logique conforme à la norme X.Y » ou « Utiliser un robot mobile ».

ATTENTION : Rester le plus possible dans l'espace du problème (cf. Document d'introduction). Les exigences système prescrivent ce que le système doit faire et non comment il doit le faire !

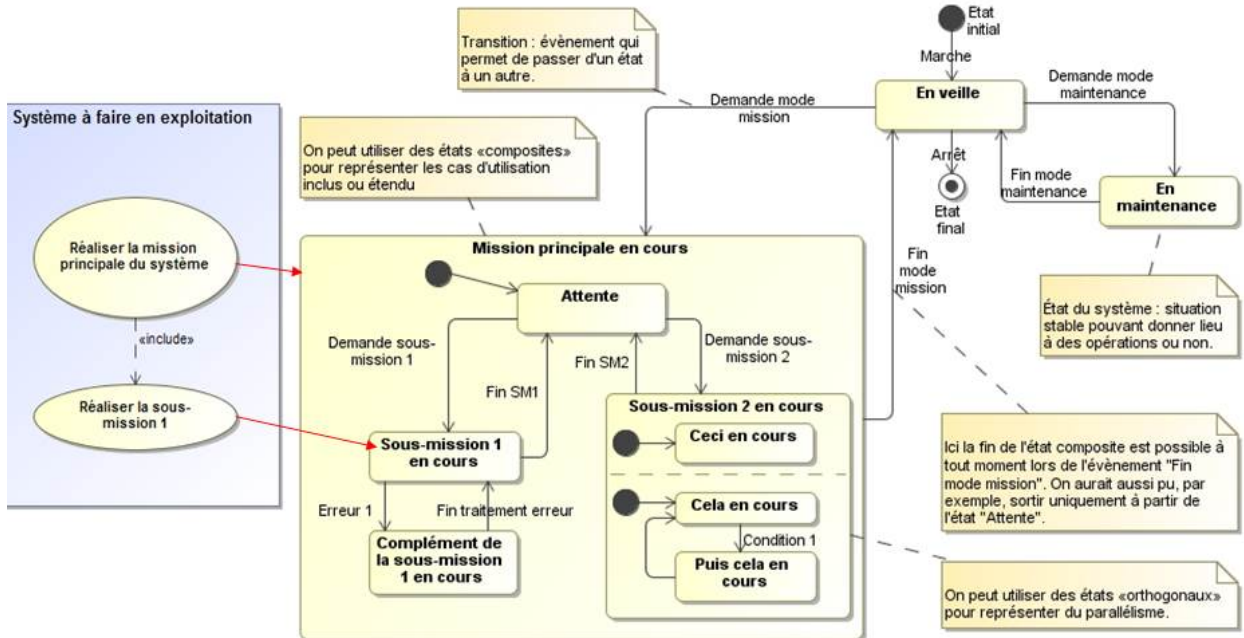
Pour formaliser les concepts système, il est possible de réaliser un diagramme de définition de bloc (BDD SysML) :

- Le système est au centre des préoccupations :
 - Mettre le bloc « Système à faire » ;
- Les concepts système retenus par la MOE y sont reliés :
 - Utiliser des notes « comment » pour définir ces concepts ;
 - Utiliser pour chaque concept au moins une note « rational » pour justifier le choix du concept.

Activité AE3 Décrire les missions du système

Savoir faire un diagramme d'état du système

Diagramme d'état (SMD)



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

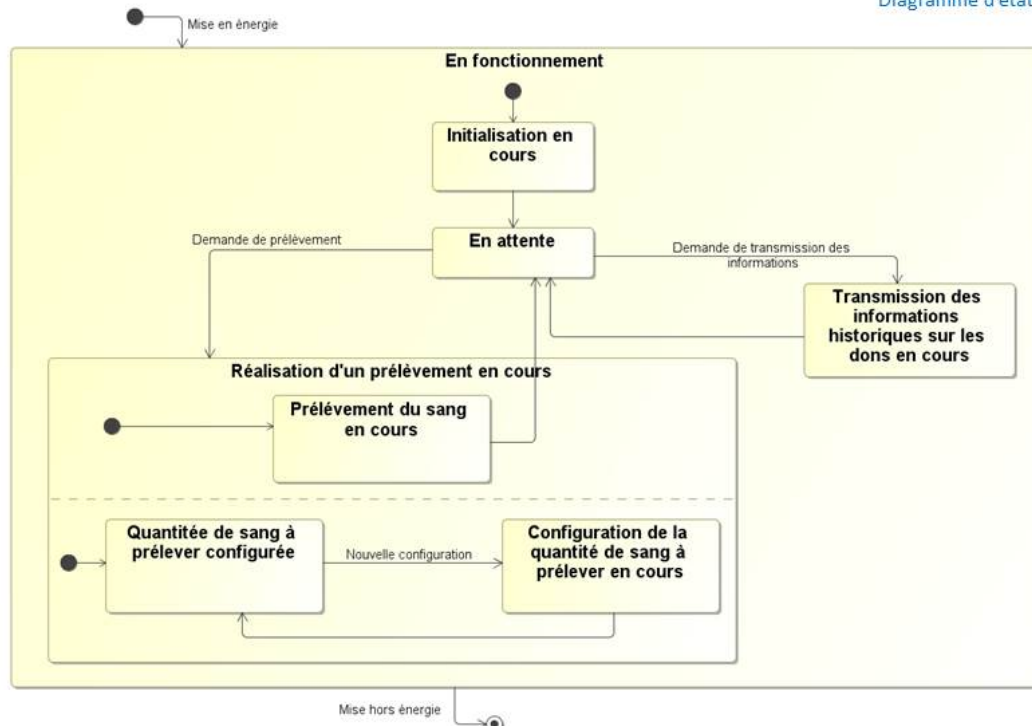
10



Activité AE3 Décrire les missions du système

Exemple extrait du kit pratique

Diagramme d'état (SMD)



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

11

ACTIVITÉ AE3 – DÉCRIRE LES MISSIONS DU SYSTÈME

Pour débiter l'analyse des exigences système, on doit décrire les missions du système. Le système est vu comme une boîte noire.

L'étape consiste à identifier les états du système. Il est possible sur la base des cas d'utilisations et des modes opératoires associés de définir les états du système et les conditions de passage de l'un à l'autre.

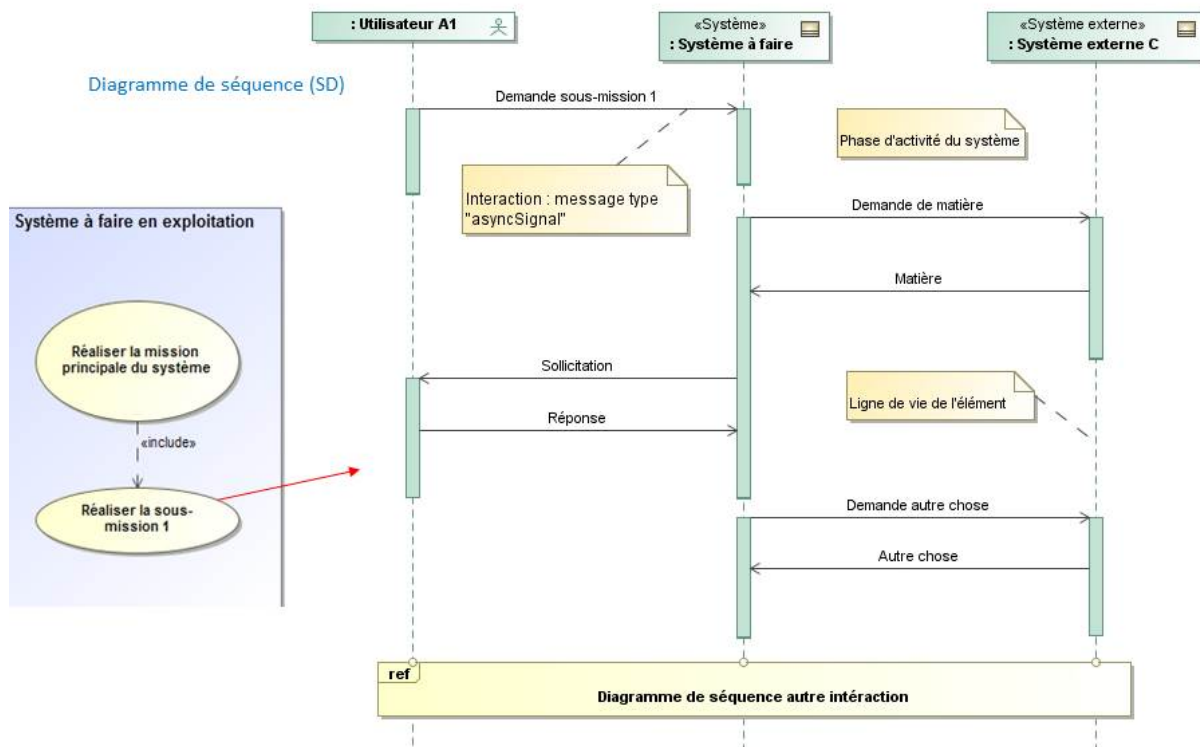
Dans un premier temps, et afin de réaliser un diagramme d'état « système », chaque cas d'utilisation déjà identifié peut être formalisé, sans que cela soit automatique, par un état du système dans un diagramme d'état (SMD SysML) :

- Identifier chaque situation de vie du système sur la base des cas d'utilisation :
 - ⇒ Créer les états correspondants, utiliser des états « composites » pour représenter les cas d'utilisation inclus et des états « orthogonaux » pour représenter du parallélisme ;
 - ⇒ Créer un état initial et les éventuels états finaux ;
- Identifier les chemins possibles suivant les scénarios opérationnels (modes de marche, ...) et les conditions associées :
 - ⇒ Relier les différents états ;
 - ⇒ Identifier les conditions de passage d'un état à l'autre, en associant des événements et éventuellement des conditions de garde en fonction des situations. On peut aussi utiliser la condition de garde [sinon] ou [else] ;
 - ATTENTION : Les chemins issus d'un état doivent toujours être mutuellement exclusifs (événements ou conditions de garde exclusifs) !
 - Normalement un diagramme d'état doit utiliser des événements comme transition entre états, si on a majoritairement des conditions de garde cela signifie sûrement que l'on aurait dû favoriser l'utilisation d'un diagramme d'activité !

Les états supplémentaires comme « En veille » ou « Attente » sont à définir. Ils dépendent largement du savoir-faire de la MOE. Il ne faut pas négliger l'aspect itératif de la démarche qui amène à remettre en cause autant que nécessaire l'ensemble des modèles.

Activité AE3 Décrire les missions du système

Savoir faire un diagramme de séquence

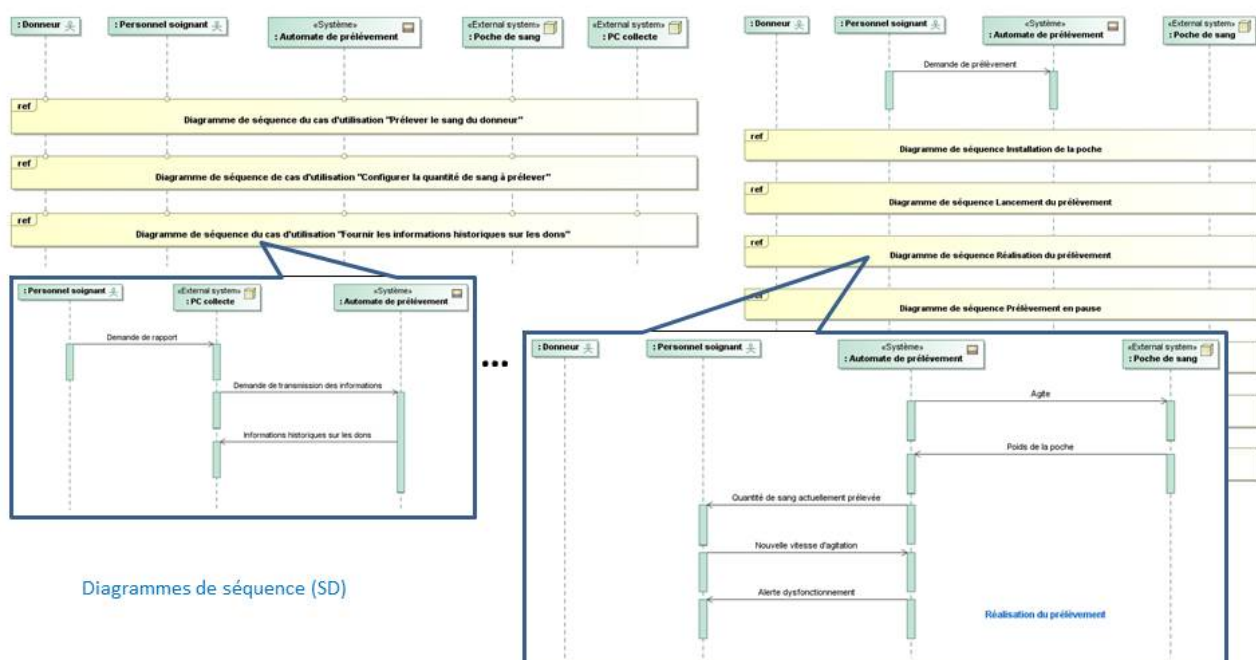


EN_IS&SysML - Analyse des exigences

12

Activité AE3 Décrire les missions du système

Exemple extrait du kit pratique



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

13

ACTIVITÉ AE3 – DÉCRIRE LES MISSIONS DU SYSTÈME

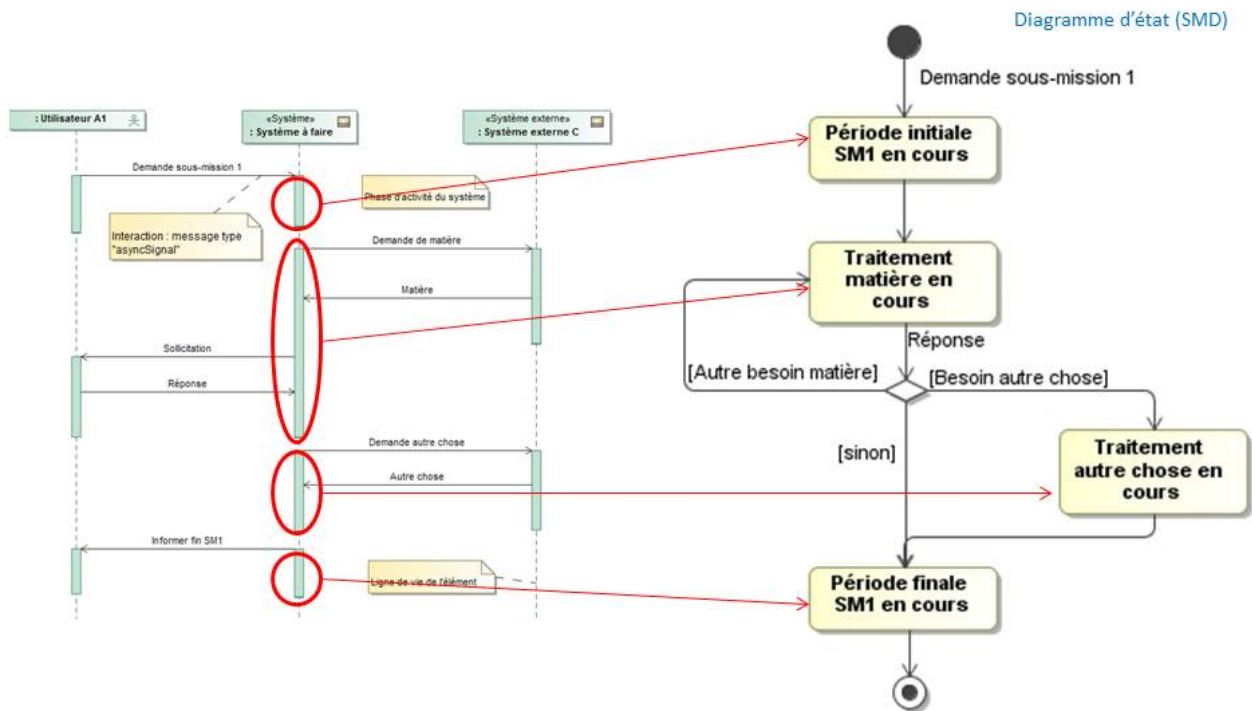
Le scénario associé à chaque cas d'utilisation doit être décrit pour mettre en évidence les interactions du système avec son environnement : déclencheurs ; échanges ; ... ; résultats en lien avec les services rendus par le système.

Pour formaliser les interactions du système avec son environnement, on réalise pour chaque cas d'utilisation au moins un diagramme de séquence (SD SysML) basé sur les scénarios décrits textuellement à l'étape précédente en tenant compte des concepts système éventuellement définis :

- Le système est au centre des préoccupations :
 - ⇒ Mettre le bloc « système » au milieu ;
- Identifier les éléments externes en interaction avec le système :
 - ⇒ Mettre les acteurs identifiés (opérateur, mainteneur, ...) à gauche du système ;
 - ⇒ Mettre les entités externes (autres acteurs : systèmes, matériels, ...) à droite du système ;
- Définir les interactions entre le système et ces autres éléments :
 - ⇒ Mettre les messages SysML entre les lignes de vie ;
 - A cette étape seul le type de message asynchrone (asyncSignal en SysML v1.3) peut être utilisé, car il s'agit d'identifier les interactions ;
 - NB1 : En SysML, les messages supportent indifféremment des flux d'information, de matière ou d'énergie.
 - NB2 : d'autres types de messages seront utilisés lors de la conception de l'architecture ;
- Définir les périodes d'activation du système :
 - ⇒ Structurer des périodes d'activation (ou d'exécution) du système en regroupant les situations d'exécution des opérations et en les séparant lors de changements de situation ou lors de périodes d'inactivité ;
 - Représenter ses périodes d'activation par des bandes verticales le long des lignes de vie ;
- Définir si nécessaire la référence à une autre séquence d'interaction :
 - ⇒ Utiliser un cadre « Ref » et lui associer un autre diagramme de séquence ;
 - ⇒ Cela permet de donner plus de clarté aux diagrammes et donc améliore la communication.

Activité AE3 Décrire les missions du système

Savoir faire un diagramme d'état d'un cas d'utilisation



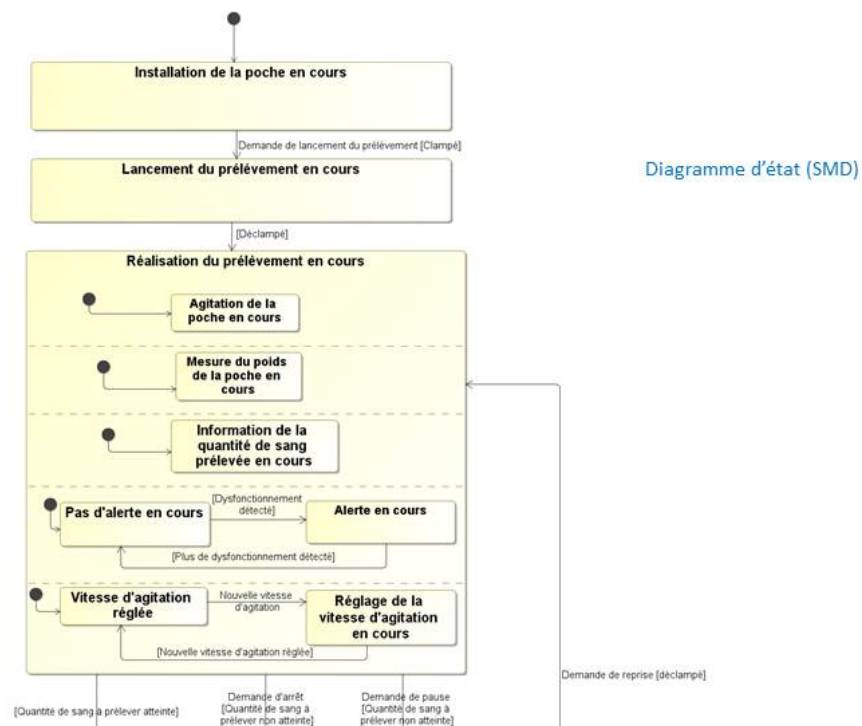
EN_IS&SysML - Analyse des exigences

14



Activité AE3 Décrire les missions du système

Exemple extrait du kit pratique



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

15

ACTIVITÉ AE3 – DÉCRIRE LES MISSIONS DU SYSTÈME

L'étape suivante consiste à décrire des états plus élémentaires du système. A partir des diagrammes de séquence, il est possible de définir des états et des conditions d'évolution associées (messages du diagramme de séquence, ...) en identifiant les périodes d'activité ou d'inactivité du système.

Chaque état du diagramme d'état « système » peut lui-même être décrit par un diagramme d'état plus élémentaire (SMD SysML) :

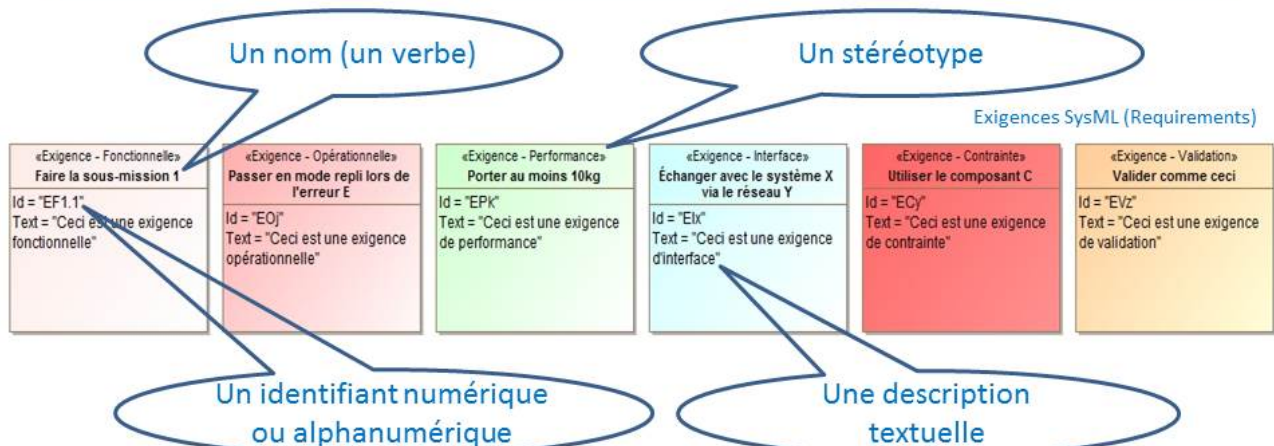
- Identifier les périodes d'activation et/ou d'inactivité des diagrammes de séquence associés :
 - ⇒ Créer les états correspondants si nécessaire on peut, là encore, utiliser des états « composites » et « orthogonaux » ;
 - ⇒ Créer un état initial et les éventuels états finaux ;
- Définir les transitions suivant les interactions des diagrammes de séquence :
 - ⇒ Relier les différents états ;
 - ⇒ Identifier les conditions de passage d'un état à l'autre, en associant des événements et des conditions de garde en fonction des situations. On peut aussi utiliser la condition de garde [sinon] ou [else] ;
 - **ATTENTION** : Les chemins issus d'un état doivent toujours être mutuellement exclusifs !

Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Savoir formaliser une exigence

Une exigence prescrit une propriété jugée nécessaire :

- Un service ou une fonction, une caractéristique, une aptitude, ou une limitation



Qualité de la spécification d'une exigence

- ✓ Unicité, Précision, Non ambiguïté, Pure prescription de résultat, Vérifiabilité
- ✓ Faisabilité, Réalisme (avec les experts du domaine)

ACTIVITÉ AE4 - DÉFINIR LES EXIGENCES SYSTÈME

Définition d'une exigence d'après l'AFIS

Une exigence prescrit une propriété jugée nécessaire. Son énoncé peut être :

- ⇒ un service ou une fonction (Transporter ...) ;
- ⇒ une caractéristique (Tenir dans un volume de ...) ;
- ⇒ une aptitude (Supporter une température de ...) ;
- ⇒ ou une limitation (Utiliser uniquement ...) ;

à laquelle doit satisfaire un système, un produit ou un processus.

Rédaction d'une exigence d'après l'AFIS

Lors de la rédaction, il est recommandé de commencer par un verbe à l'infinitif, avec un verbe d'action pour les exigences fonctionnelles.

Caractéristiques des exigences d'après l'AFIS

Afin d'obtenir la rigueur nécessaire à une bonne spécification, une exigence doit présenter des caractéristiques de qualité telles que :

- unicité - une exigence ne traite que d'un sujet ;
- précision - une exigence est rigoureuse dans son expression ;
- non ambiguïté - une exigence ne permet qu'une interprétation possible ;
- pure prescription de résultat - une exigence porte sur le quoi ? (service/fonction attendu), non sur le comment ? On est dans l'espace du problème ! ;
- vérifiabilité - à toute exigence est associée au moins une méthode permettant de vérifier son obtention (il serait inutile d'écrire une exigence dont on ne saurait montrer que le système y satisfait) ;
- faisabilité - une exigence doit pouvoir être satisfaite dans le contexte de l'état de l'art technologique, à l'horizon envisagé ;
- réalisme - une exigence doit pouvoir être satisfaite dans le contexte des contraintes du projet.

NB : Ces deux dernières caractéristiques correspondent à la prise en compte des besoins des parties prenantes impliquées dans la réalisation.

Formaliser les exigences système

Pour formaliser les exigences système, on utilise le concept SysML d'exigence (Requirement SysML).

Les exigences sont décrites par différents attributs : un nom, un identifiant, une description textuelle.

Dans SysML des extensions non normatives sont proposées : source (origine du besoin), risque (si non satisfaite), méthode de vérification. Dans le cas où l'outil ne supporte pas ces extensions, il est toujours possible d'utiliser l'attribut description. Par exemple, l'origine (source) du besoin (partie prenante, CdC, courriel, norme, ...) peut être précisée dans l'attribut « description ».

Afin d'aider à la définition des exigences système et de faciliter leur lecture, on peut ajouter les identifiants et les stéréotypes suivants :

EFi – « Exigence - Fonctionnelle » ;

EOj – « Exigence - Opérationnelle » (mode de fonctionnement, condition d'évolution, ...) ;

EPk – « Exigence - Performance » ;

Elx – « Exigence - Interface » (physique, ergonomie, interopérabilité, ...) ;

ECy – « Exigence - Contrainte » (liée à une phase de vie, environnement du système, réglementation, coût, délai, ...) ;

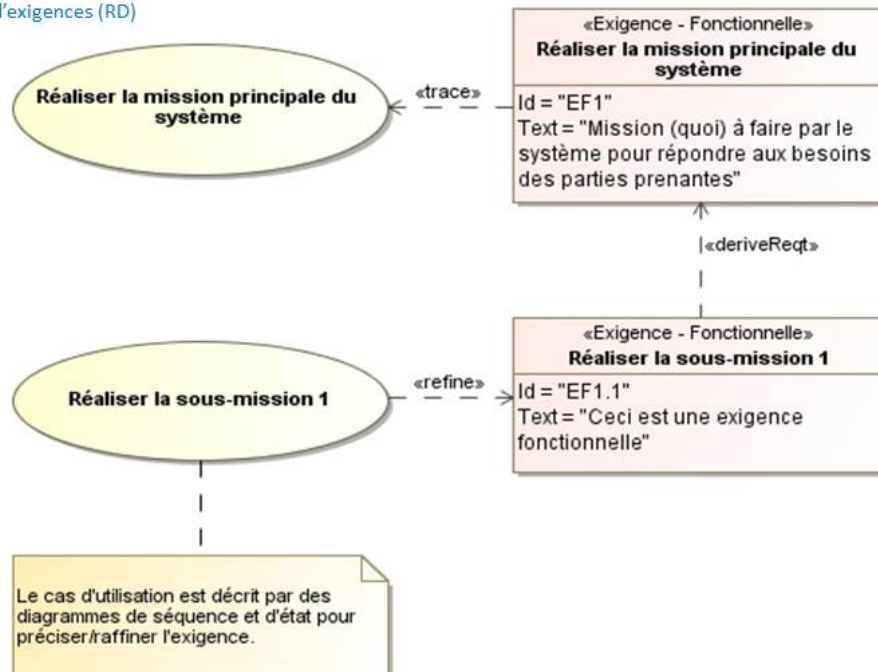
EVz – « Exigence - Validation » (Tests ou essais, inspections, revues ou audits, ...).

On peut noter que dans un contexte particulier (organisation, industrie, secteur d'activité, ...) des types beaucoup plus détaillés peuvent être utilisés.

Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Savoir faire un diagramme des exigences système (1)

Diagramme d'exigences (RD)



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

17



Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique

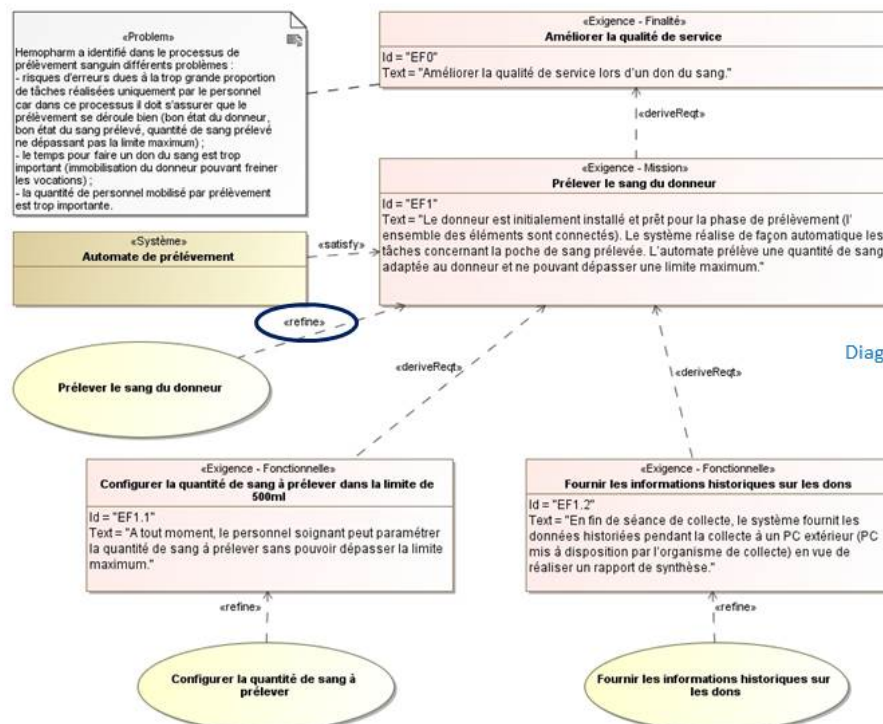


Diagramme d'exigences (RD)

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

18

ACTIVITÉ AE4 - DÉFINIR LES EXIGENCES SYSTÈME

Pour définir les exigences système, on s'appuie sur :

- les éléments issus du document de définition des besoins des parties prenantes :
 - étude des services attendus (diagramme de cas d'utilisation) ;
 - étude du contexte (diagramme de définition de bloc) ;
 - définition des besoins (diagrammes d'exigences) ;
- complétés sur la base des analyses précédentes :
 - étude des interactions (diagramme de séquence) ;
 - étude des états du système (diagramme d'état).

Etape 1 :

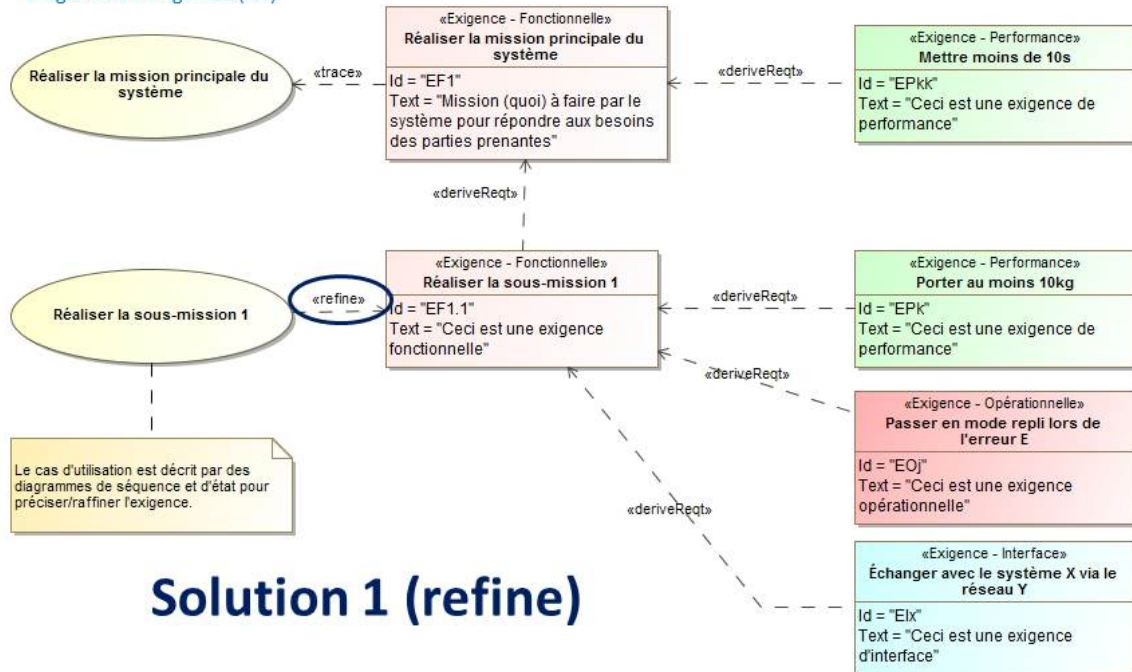
Pour formaliser les exigences système, on réalise, en fonction de la complexité, au moins un diagramme d'exigences (RD SysML) pour chacune des phases de vie :

- Chaque cas d'utilisation est associé à une exigence fonctionnelle formalisée par une exigence :
 - ⇒ Utiliser le lien « trace » ou un lien « refine » (cf. Etape 2 – Solution 1) pour les associer et faire en sorte que chaque cas d'utilisation soit représenté (tracé) par une exigence fonctionnelle ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Fonctionnelle » ou « Exigence - Mission » ;
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq »¹ en relation avec les liens « include » et « extend » des cas d'utilisation.

¹ Le lien de décomposition/contenance n'est pas très clair dans SysML (lien de classement avec peu de sémantique), de nombreux auteurs préconisent de ne pas l'utiliser et de le remplacer par « deriveReq » ou « refine ».

Savoir faire un diagramme des exigences système (2)

Diagramme d'exigences (RD)



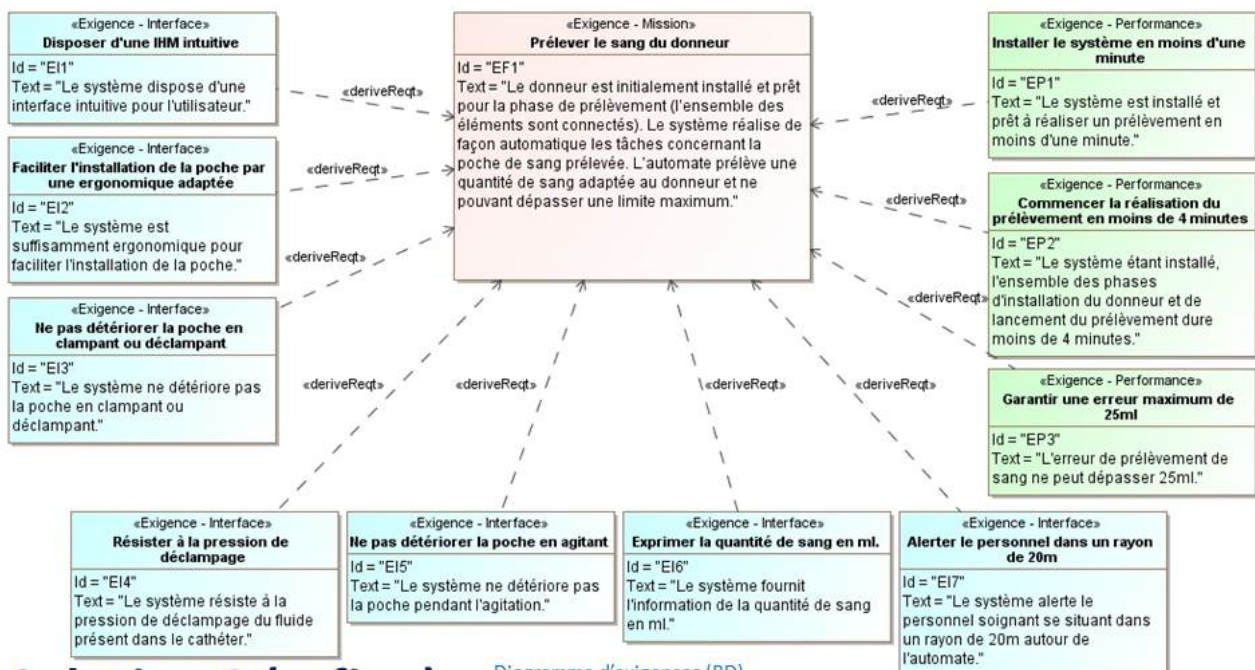
EN_IS&SysML - Analyse des exigences

19



Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique



Solution 1 (refine)

Diagramme d'exigences (RD)

EN IS&SysML - Analyse des exigences

20

ACTIVITÉ AE4 - DÉFINIR LES EXIGENCES SYSTÈME

À ce stade deux solutions peuvent être retenues, suivant que l'on souhaite poursuivre ou non la décomposition des exigences fonctionnelles.

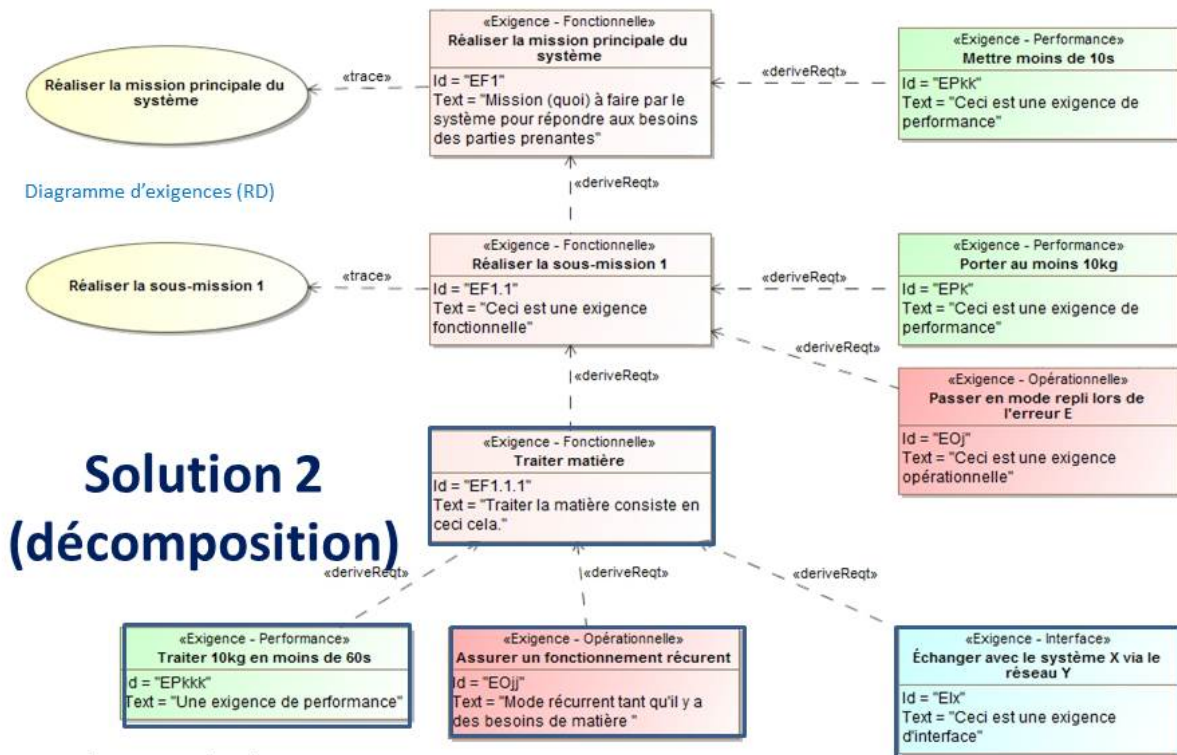
Etape 2 – Solution 1 :

Pour ne pas décomposer systématiquement et ainsi limiter le nombre d'exigences, tout en ayant une spécification suffisamment précise, on peut exprimer le fait qu'une exigence fonctionnelle est raffinée par les spécifications du cas d'utilisation correspondant :

- Chaque exigence fonctionnelle est raffinée par son cas d'utilisation, qui doit être décrit par des diagrammes de séquence et/ou d'état :
 - ⇒ Utiliser le lien « refine » pour les relier en remplacement du lien « trace »
- Des exigences de performance peuvent y être associées en se posant la question pour chaque cas d'utilisation « Quelles sont les performances attendues ? » :
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq » pour les relier aux exigences fonctionnelles concernées ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Performance ».
- Pour chaque interaction, on pose la question « Quelles sont les interfaces permettant l'interaction ? » pour définir les exigences d'interface :
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq » pour les relier aux exigences fonctionnelles concernées ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Interface ».
- Chaque transition du diagramme d'état du système peut permettre de définir une exigence opérationnelle :
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq » pour les relier aux exigences fonctionnelles concernées ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Opérationnelle ».

Activité AE4 Définir les exigences systèmes

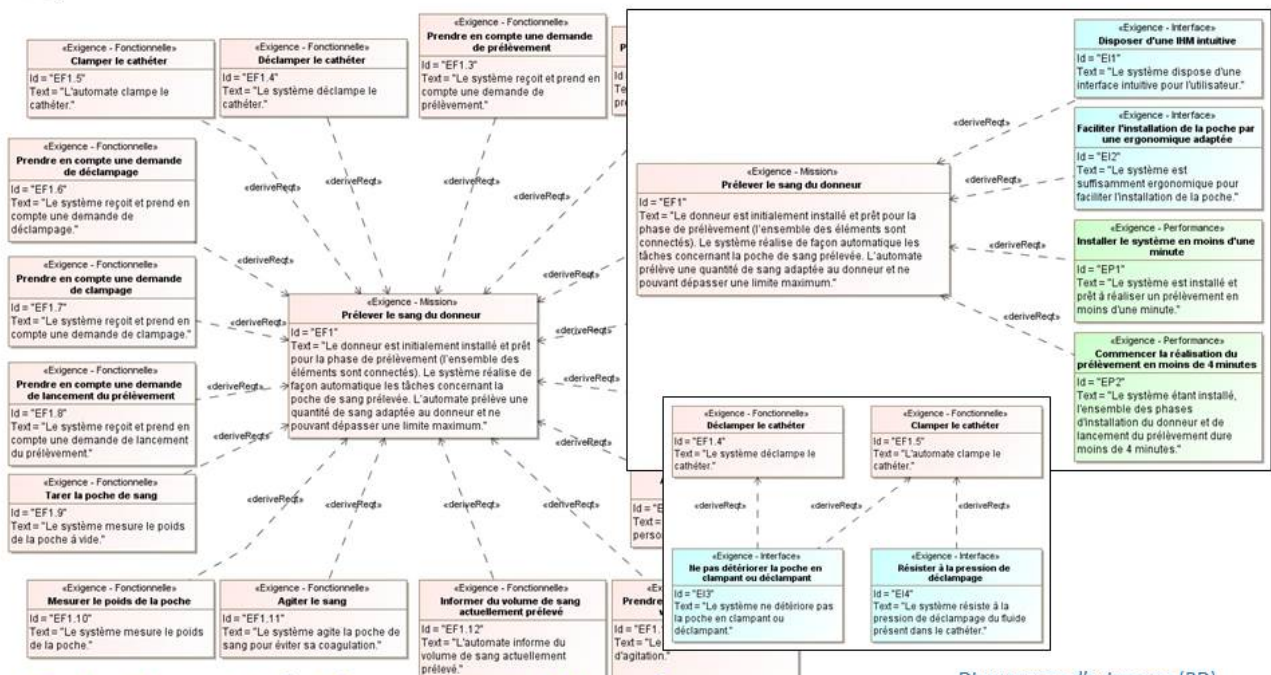
Savoir faire un diagramme des exigences système (2bis)



21

Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique



Solution 2 (décomposition)

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

22

ACTIVITÉ AE4 - DÉFINIR LES EXIGENCES SYSTÈME

Etape 2 bis – Solution 2 :

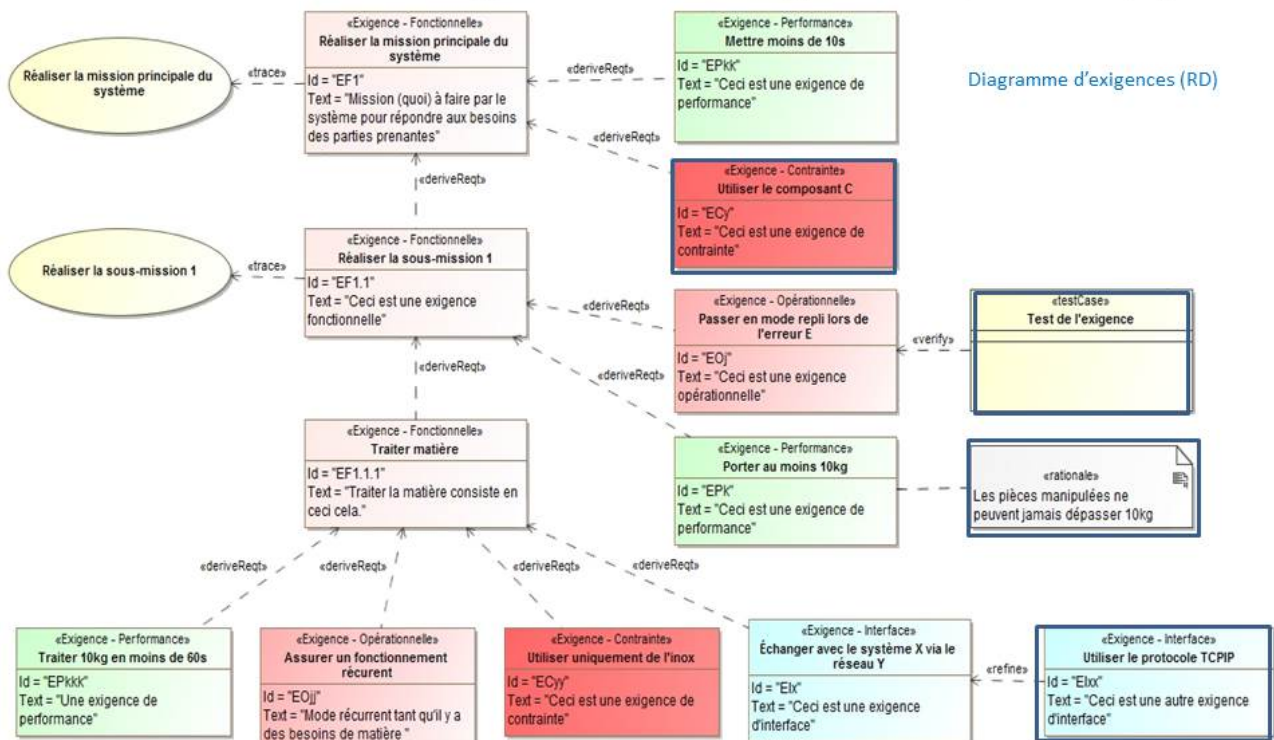
Si on fait le choix d'aller plus loin dans la décomposition :

- Chaque période d'activation d'un diagramme de séquence devient une exigence fonctionnelle formalisée par une exigence :
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Fonctionnelle » ;
 - ⇒ Utiliser des liens de décomposition des exigences fonctionnelles déduites des cas d'utilisation ou encore des liens de dérivation « deriveReq »².
- Ensuite, et comme précédemment, on doit pour chacune de ses exigences fonctionnelles identifier les éventuelles exigences associées de performance, d'interface ou opérationnelles.

² Le lien de décomposition/contenance n'est pas très clair dans SysML (lien de classement avec peu de sémantique), de nombreux auteurs préconisent de ne pas l'utiliser et de le remplacer par « deriveReq » ou « refine ».

Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Savoir faire un diagramme des exigences système (3)



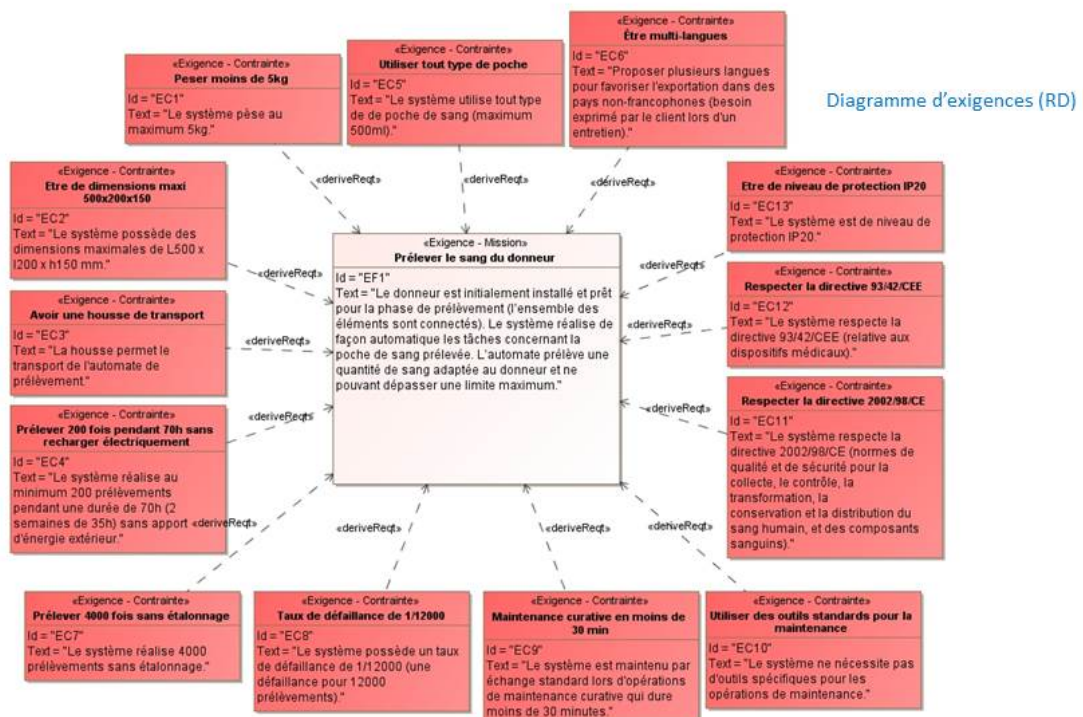
EN_IS&SysML - Analyse des exigences

23



Activité AE4 Définir les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique



EN_IS&SysML - Analyse des exigences

24

ACTIVITÉ AE4 - DÉFINIR LES EXIGENCES SYSTÈME

Etape 3 :

Il faut considérer un par un chaque diagramme de contexte des différentes phases de vie (BDD précédents) :

- Pour chaque partie prenante des diagrammes de contexte des différentes phases de vie, on pose la question « Quelles sont les contraintes de la partie prenante dans ce contexte ? » pour définir les exigences de contrainte :
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq » pour les relier aux exigences fonctionnelles concernées ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Contraintes ».

Enfin, il est encore possible de compléter ces exigences :

- Pour préciser certaines exigences système, définir de nouvelles exigences système :
 - ⇒ Utiliser des liens de raffinement « refine » pour les relier aux exigences système ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes en cohérence.
- Pour justifier un élément (exigence, lien, ...) on peut utiliser les notes de justification :
 - ⇒ Utiliser les notes stéréotypées « Rationale » et les relier aux éléments à justifier.
- Pour indiquer comment on peut vérifier une exigence en spécifiant un cas de test :
 - ⇒ Utiliser les « testCase » pour définir des diagrammes de séquence ou d'état décrivant les scénarios de test.
 - ⇒ Utiliser des liens de vérification « verify » pour les relier aux exigences système.

Activité AE5 Définir les exigences de validation

Savoir faire un diagramme des exigences système (4)

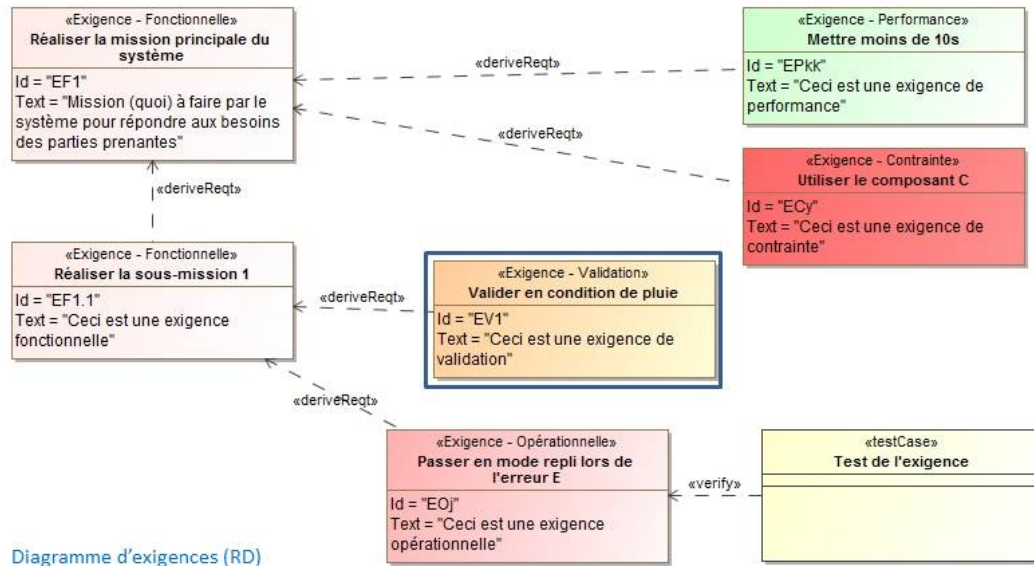


Diagramme d'exigences (RD)



Activité AE5 Définir les exigences de validation

Exemple extrait du kit pratique

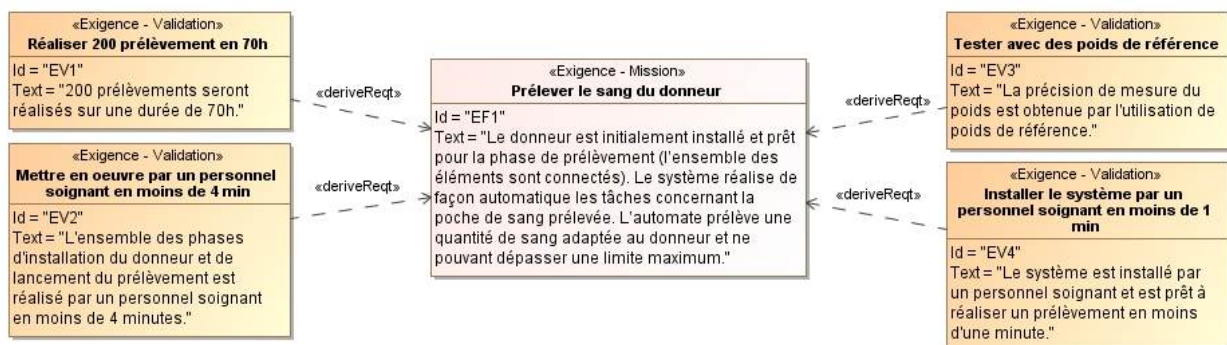


Diagramme d'exigences (RD)

ACTIVITÉ AE5 - DÉFINIR LES EXIGENCES DE VALIDATION

Etape 4 :

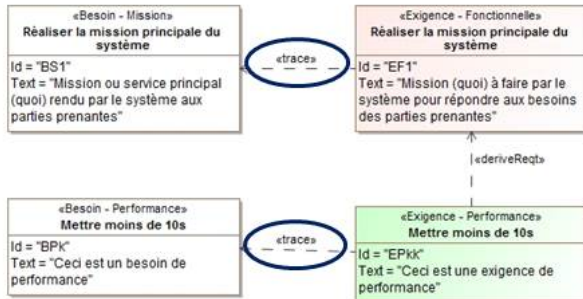
Il est alors possible d'introduire des exigences de validation :

- Pour chaque exigence fonctionnelle, on pose la question « Existe-il des modalités spécifiques de validation ? » pour définir les exigences de validation :
 - ⇒ Utiliser des liens de dérivation « deriveReq » pour les relier aux exigences fonctionnelles concernées ;
 - ⇒ Utiliser les stéréotypes « Exigence - Validation ».
- NB : Dans tous les cas les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles devront être vérifiées pour valider le système !

Activité AE6 Assurer la traçabilité des exigences systèmes

Savoir faire un diagramme des exigences système (5)

Diagramme d'exigences (RD)



Matrice de traçabilité Exigences / Besoins

Exigences système	BS1 Faire cec [AEO-Analyse des exigences]	BS0 Justifier la mission principale du système [...]	BPk Mettre moins de 10s [AEO-Analyse des exi...]	BC1 Prendre en compte la contrainte 1 [AEO-A...]	BO1 Prévoir les modes A, B et C [AEO-Analyse ...]	BO1.1 Rendre le mode A prioritaire [AEO-Analyse...]	BS1.1.1 Réaliser en complément de la sous-mi...	BO1 Réaliser l'objectif 1 [AEO-Analyse des exi...]	BS1 Réaliser la mission principale du système [...]	BS1.1 Réaliser la sous-mission 1 [AEO-Analyse ...]	BS1.2 Réaliser la sous-mission 2 [AEO-Analyse ...]	BS1.1.2 Service élémentaire [AEO-Analyse des...]	BO1 Utiliser le composant Z [AEO-Analyse des ...]	BO1 Échanger avec le système Y [AEO-Analyse...]
Exigences système			1						1					
EOj Assurer un fonctionnement récurrent														
EPk Mettre moins de 10s														
EOj Passer en mode repli lors de l'erreur E														
EPk Porter au moins 10kg														
EF1 Réaliser la mission principale du système														
EF1.1 Réaliser la sous-mission 1														
EPkkk Traiter 10kg en moins de 60s														
EF1.1.1 Traiter matière														
ECy Utiliser le composant C														
Elxx Utiliser le protocole TCP/IP														
ECyy Utiliser uniquement de l'inox														
EVz Valider comme ceci														
EV1 Valider en condition de pluie														
Elx Échanger avec le système X via le réseau Y														

Pour un nombre important d'exigences la matrice est plus simple à utiliser !

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

27



Activité AE6 Assurer la traçabilité des exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique

Matrices de traçabilité Exigence/Besoin

1 - Définition des besoins des parties prenantes	2 - Analyse des exigences
BC1 Etre compact et facilement transportable	EC1 Prendre moins de 5kg
BC2 Etre autonome en énergie	EC2 Etre de dimensions maxi 500x200x150
BC3 Etre facile d'utilisation	EC3 Avoir une housse de transport
BC4 Utiliser tout type de poche	EC4 Prélever 200 fois pendant 70h sans recharger électriquement
BC5 Respecter les directives 93/42/CEE et 2002/98/CE	EC5 Utiliser tout type de poche
BC6 Etre multi-langues	EC6 Etre multi-langues
BI1 Disposer d'une interface intuitive	EC7 Prélever 4000 fois sans éblouissement
BI2 Utiliser le protocole standard	EC8 Taux de déviance de 1/10000
BO1 Etre mis en marche par le personnel	EC9 Maintenance curative en moins de 30 min
BP1 Mettre en oeuvre en moins de 5 minutes	EC10 Utiliser des outils standards pour la maintenance
BP2 Garantir une erreur maximum de 25ml	EC11 Respecter la directive 2002/98/CE
BS0 Améliorer la qualité de service	EC12 Respecter la directive 93/42/CEE
BS1.1 Configurer la quantité de sang prélevée	EC13 Etre de niveau de protection IP20
BS1.2 Fournir les informations historiques sur les dons	EF0 Améliorer la qualité de service
BS1.3 Veiller à conserver la viabilité du sang	EF1.1 Configurer la quantité de sang à prélever dans la limite de 500ml
BS1.4 Informer du volume de sang actuellement prélevé	EF1.2 Fournir les informations historiques sur les dons
	EF1 Prélever le sang du donneur
	EF1.1 Disposer d'une IHM intuitive
	EF1.2 Faciliter l'installation de la poche par une ergonomie adaptée
	EF1.3 Ne pas déborder la poche en claquage ou déclapage
	EF1.4 Résister à la pression de déclapage
	EF1.5 Ne pas déborder la poche en agitant
	EF1.6 Exprimer la quantité de sang en ml
	EF1.7 Alerter le personnel dans un rayon de 20m
	EF1.8 Utiliser le protocole X de l'organisme de collecte
	EF1.9 Disposer d'une interface intuitive pour configurer la quantité de sang à p...
	EF1.10 Installer le système en moins d'une minute
	EF1.11 Commencer la relaxation du prélèvement en moins de 4 minutes
	EF1.12 Garantir une erreur maximum de 25ml
	EF1.13 Réaliser 200 prélèvements en 70h
	EF1.14 Mettre en oeuvre par un personnel soignant en moins de 4 min
	EF1.15 Tester avec des poids de référence
	EF1.16 Installer le système par un personnel soignant en moins de 1 min

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

28

ACTIVITÉ AE6 - ASSURER LA TRAÇABILITÉ DES EXIGENCES SYSTÈME

Etape 5 :

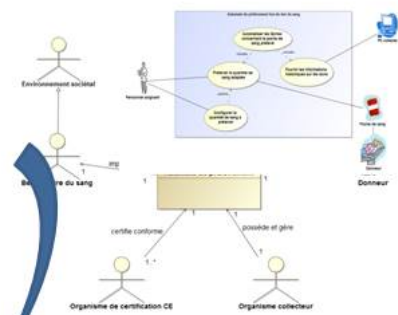
Chaque besoin exprimé dans le document des besoins des parties prenantes doit se retrouver exprimé (tracé), voire précisé, par au moins une exigence système.

- Pour chaque besoin des diagrammes des besoins des parties prenantes, identifier sa prise en compte par les exigences système :
 - ⇒ Utiliser au minimum des liens de traçabilité « trace » pour les relier aux exigences système ;
 - Un besoin est tracé par au moins une exigence système ;
 - ⇒ Lorsque cela a un sens, ils peuvent être remplacés par des liens de dérivation « deriveReq » ou éventuellement de raffinement « refine » pour les relier aux exigences système.

Activité AE7 Vérifier les exigences systèmes

Vérifier les exigences système

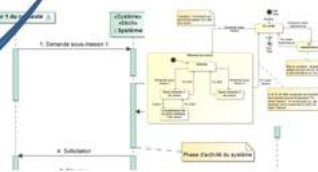
Processus d'analyse des exigences



BDD et UCD SysML



RD SysML



SD et SMD SysML

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

29



Activité AE7 Vérifier les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique

Table des exigences

#	Id	Nom	Text
1	EC1	Être pesé moins de 5kg	Le système pèse au maximum 5kg.
2	EC2	Être de dimensions maxi 500x200x150	Le système possède des dimensions maximales de 500 x 200 x 150 mm.
3	EC3	Avoir une housse de transport	La housse permet le transport de l'automate de prélèvement.
4	EC4	Prélever 200 fois pendant 70h sans recharger électriquement	Le système réalise au minimum 200 prélèvements pendant une durée de 70h (2 semaines de 39h) sans apport d'énergie extérieur.
5	EC5	Utiliser tout type de poche	Le système utilise tout type de poche de sang (maximum 500ml).
6	EC6	Être multi-langues	Proposer plusieurs langues pour favoriser l'exportation dans des pays non-francophones (besoin exprimé par le client lors d'un entretien).

Matrice Exigence / Exigence

#	Id	Nom	Text
1	EC1	Être pesé moins de 5kg	Le système pèse au maximum 5kg.
2	EC2	Être de dimensions maxi 500x200x150	Le système possède des dimensions maximales de 500 x 200 x 150 mm.
3	EC3	Avoir une housse de transport	La housse permet le transport de l'automate de prélèvement.
4	EC4	Prélever 200 fois pendant 70h sans recharger électriquement	Le système réalise au minimum 200 prélèvements pendant une durée de 70h (2 semaines de 39h) sans apport d'énergie extérieur.
5	EC5	Utiliser tout type de poche	Le système utilise tout type de poche de sang (maximum 500ml).
6	EC6	Être multi-langues	Proposer plusieurs langues pour favoriser l'exportation dans des pays non-francophones (besoin exprimé par le client lors d'un entretien).

Matrice Exigence / CU

#	Id	Nom	Text
1	EC1	Être pesé moins de 5kg	Le système pèse au maximum 5kg.
2	EC2	Être de dimensions maxi 500x200x150	Le système possède des dimensions maximales de 500 x 200 x 150 mm.
3	EC3	Avoir une housse de transport	La housse permet le transport de l'automate de prélèvement.
4	EC4	Prélever 200 fois pendant 70h sans recharger électriquement	Le système réalise au minimum 200 prélèvements pendant une durée de 70h (2 semaines de 39h) sans apport d'énergie extérieur.
5	EC5	Utiliser tout type de poche	Le système utilise tout type de poche de sang (maximum 500ml).
6	EC6	Être multi-langues	Proposer plusieurs langues pour favoriser l'exportation dans des pays non-francophones (besoin exprimé par le client lors d'un entretien).

EN_IS&SysML - Analyse des exigences

30

ACTIVITÉ AE7 - VÉRIFIER LES EXIGENCES DU SYSTÈME

Vérification au fil de l'eau et à la fin du processus

Le résultat du travail doit être vérifié tout au long de son avancement, ainsi que de façon plus globale à la fin dans une étape spécifique de vérification.

L'ensemble des exigences système doit être vérifié, il est donc nécessaire de contrôler la qualité de cette spécification.

Vérification des exigences :

- Sur le plan élémentaire :
 - ⇒ Unicité, Précision, Non ambiguïté, Pure prescription de résultat, Vérifiabilité
 - ⇒ Faisabilité, Réalisme
- Sur le plan global :
 - ⇒ Cohérence, complétude

Vérification des diagrammes d'exigences :

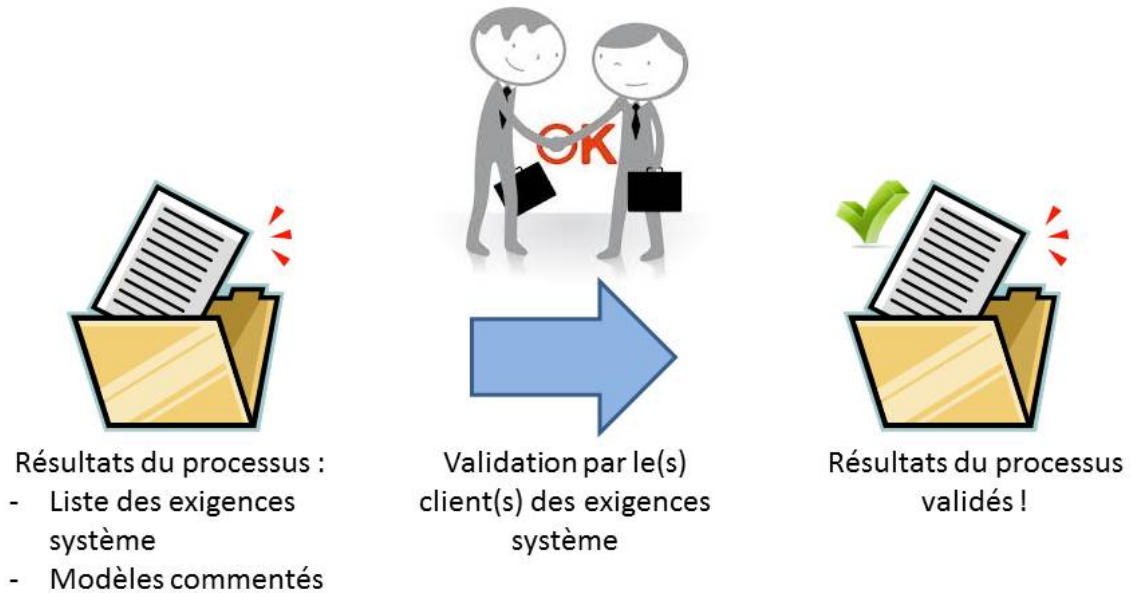
- Manque de liens de traçabilité avec les besoins des parties prenantes :
 - ⇒ Chaque besoin doit être tracé par au moins une exigence système ;
 - ⇒ Chaque exigence doit tracer un besoin des parties prenantes directement ou indirectement ;
- Manque de liens de traçabilité avec les cas d'utilisation ;
 - ⇒ Cas d'utilisation non associé et donc un risque de non satisfaction ;
 - ⇒ Exigence fonctionnelle non associée et donc risque de sur-contrainte ;

NB : Avec les outils d'ingénierie SysML (MagicDraw, ...) on peut utiliser des matrices pour la mise en évidence des liens (traçabilité) présents ou non.

Pièges à éviter

Le piège le plus classique à ce niveau est de trop rapidement définir une solution au problème posé par les parties prenantes. Il est essentiel de rester au niveau de la prescription du résultat attendu (exprimé par les besoins). Ceci doit permettre de laisser des degrés de liberté et place à l'innovation lors des phases de conception.

Activité AE8 Valider les exigences systèmes
Faire valider les exigences système



Ingénierie système et SysML dans l'éducation nationale

ACTIVITÉ AE8 - VALIDER LES EXIGENCES SYSTÈMES

Comme lors de la phase de définition des besoins des parties prenantes, les résultats des travaux réalisés doivent être transmis à la maîtrise d'ouvrage (ou au client) pour qu'elle puisse statuer sur la bonne compréhension et formalisation de ses besoins et que les compromis éventuels soient acceptables.

Attention, il faut que les modèles SysML soient compréhensibles par tous :

- Associer une légende ou une fiche de lecture ;
- Limiter le nombre de concepts utilisés (éviter certains liens, ...).

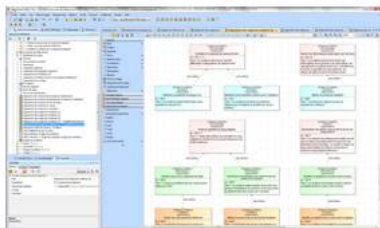
Si nécessaire le travail d'analyse doit être repris jusqu'à obtenir un consensus avec le client.

Activité AE9 Documenter les exigences systèmes

Documenter les exigences système



Document d'analyse des exigences système



Référentiel des exigences en SysML



Dossier de définition des exigences système



Pour réaliser la conception de l'architecture du système



Activité AE9 Documenter les exigences systèmes

Exemple extrait du kit pratique



EN_SysML Automate de prélèvement Exigences.docx



EN_SysML Automate de prélèvement Exigences.mdzip



Dossier de définition des exigences système



Pour réaliser la conception de l'architecture du système

Ingénierie système et SysML dans l'éducation nationale

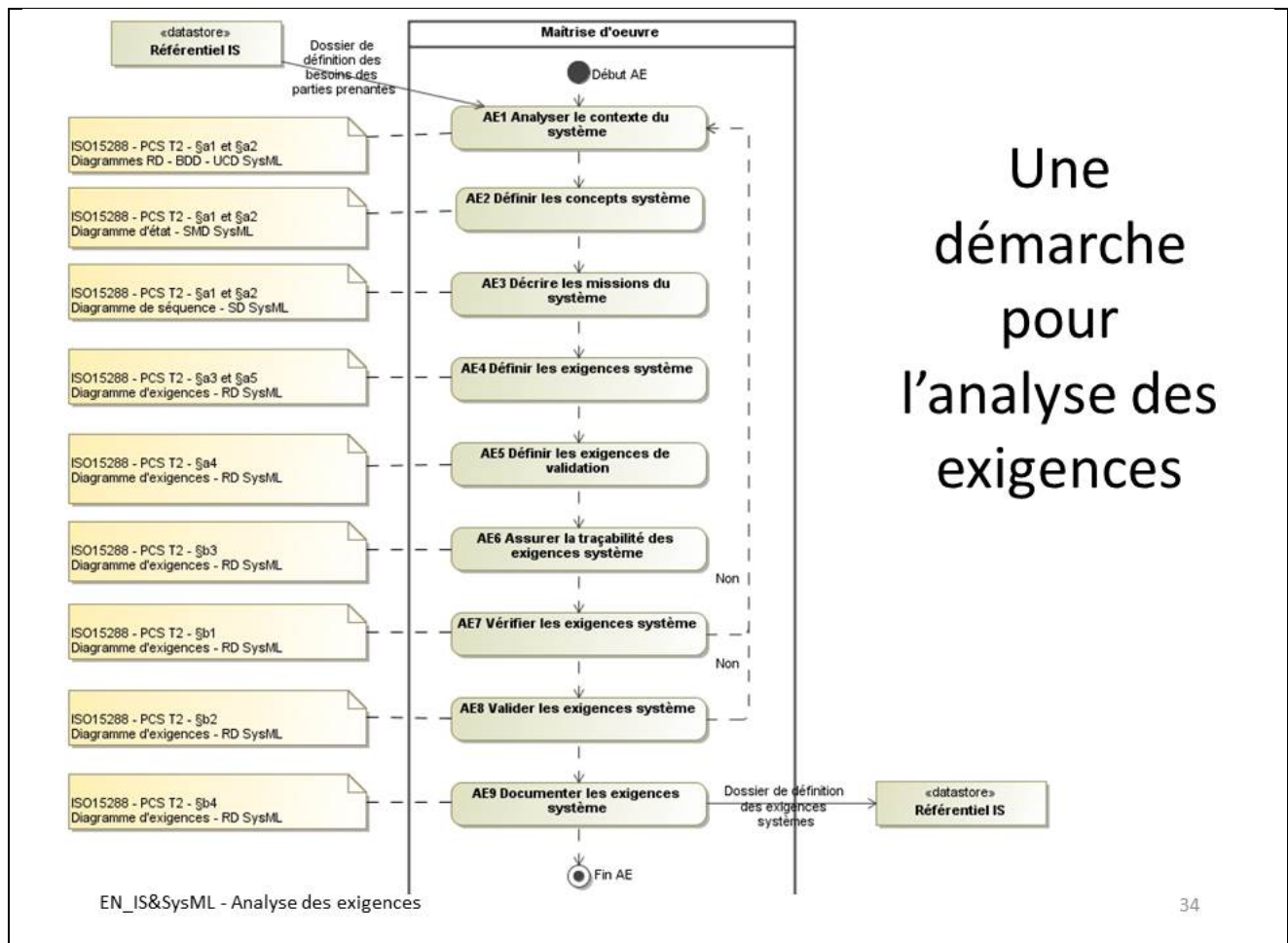
ACTIVITÉ AE9 DOCUMENTER LES EXIGENCES SYSTÈME

En guise de synthèse du processus d'analyse des exigences système et après validation par le client, il est nécessaire d'enregistrer convenablement les exigences système obtenues :

- Un document de définition des exigences système est souvent élaboré ;
 - ⇒ Ce document permet ensuite de concevoir l'architecture du système ;
- Le référentiel des exigences dans l'outil SysML permet de les gérer tout au long du cycle de vie du système ;

⇒ **Dossier de définition des exigences système**

Il faudra ensuite en assurer la gestion durant tout le cycle de vie du système. Elles seront donc éventuellement soumises à modification mais de façon contractuelle avec le client, d'autant que l'ingénierie système est une démarche récursive.



SYNTHÈSE

Diagrammes SysML manipulés lors de la définition des exigences système.