

Formalisation des processus de l'Ingénierie Système :

Proposition d'une méthode d'adaptation des processus génériques
à différents contextes d'application

Samuel ROCHET, sous la direction de Claude BARON

26 novembre 2007

Plan

1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

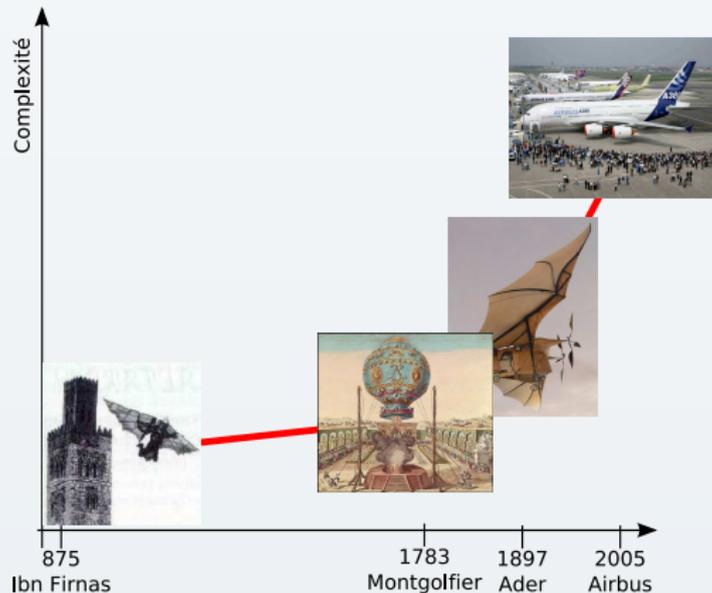
- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

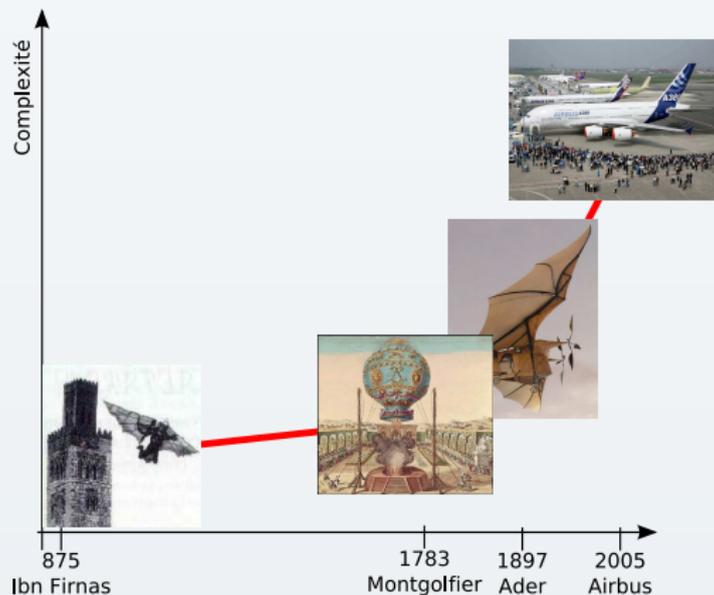
Complexité croissante des systèmes

Exemple de l'aviation



Complexité croissante des systèmes

Exemple de l'aviation



2 axes de complexité :

- 1 complexité technique
- 2 complexité organisationnelle

Gérer la complexité

Ingénierie Système (IS) (1970)



Ingénierie système (IS) :

une approche et des moyens interdisciplinaires permettant la réalisation et le déploiement de systèmes réussis.

Gérer la complexité

Ingénierie Système (IS) (1970)



Ingénierie système (IS) :

une approche et des moyens interdisciplinaires permettant la réalisation et le déploiement de systèmes réussis.

Elle peut être vue comme

- 1 l'application de techniques d'ingénierie à l'ingénierie des systèmes,

Gérer la complexité

Ingénierie Système (IS) (1970)



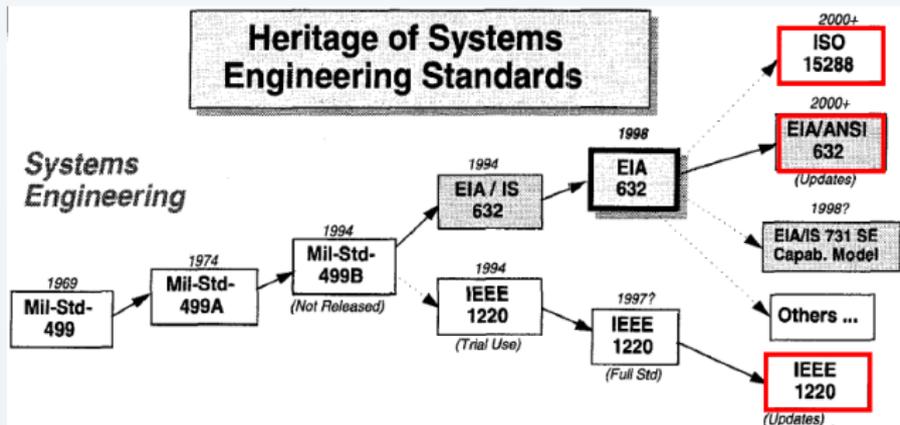
Ingénierie système (IS) :

une approche et des moyens interdisciplinaires permettant la réalisation et le déploiement de systèmes réussis.

Elle peut être vue comme

- 1 l'application de techniques d'ingénierie à l'ingénierie des systèmes,
- 2 aussi bien que comme l'application d'une approche systématisée aux efforts d'ingénierie.

Standards de l'ingénierie système



[Martin98]

L'utilisation d'une approche systématisée passe par la définition de standards.

- construits sur de nombreuses années par des organismes comme l'INCOSE ou l'AFIS
- à partir des acquis expérimentaux des entreprises
- amenés à évoluer

Les processus de l'ingénierie système

Les standards de l'IS définissent des **processus de référence**.

Un processus est [EIA632] :

Un ensemble d'**activités** qui transforment les **éléments d'entrée** en **éléments de sortie**.

Ces éléments sont soit des objets matériels soit des informations, soit les deux.

1 Contexte & problématique

- Contexte
- **Problématique**

2 Propositions

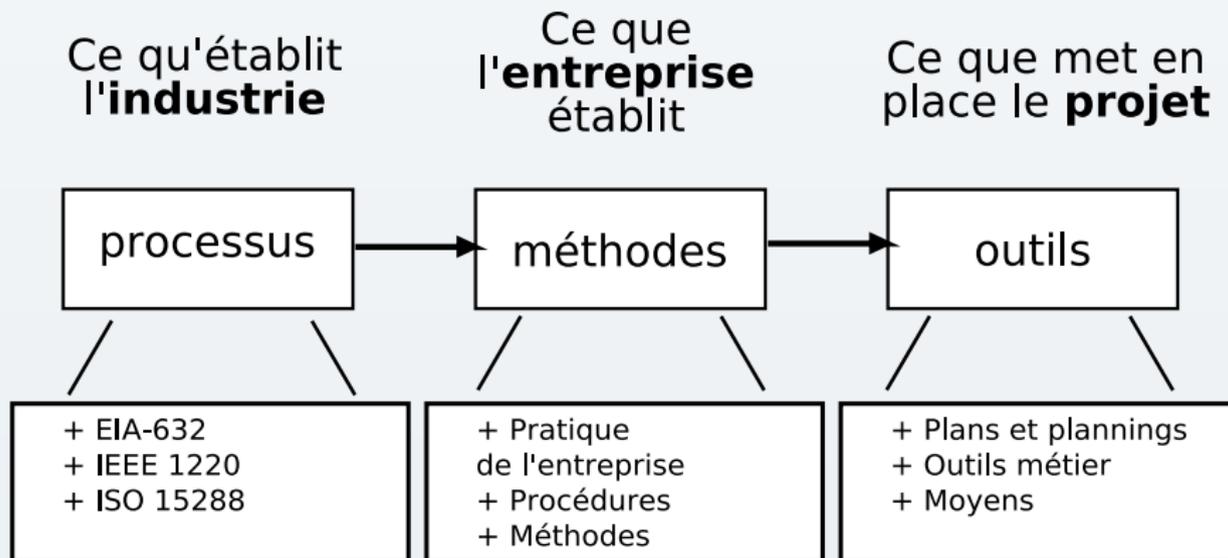
- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

Application des recommandations de l'IS

[AFIS]



En pratique





Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?
- Comment intégrer les aspects métier ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?
- Comment intégrer les aspects métier ?
- Comment intégrer les aspects projet ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?
- Comment intégrer les aspects métier ?
- Comment intégrer les aspects projet ?
- Comment s'assurer du respect des recommandations ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?
- Comment intégrer les aspects métier ?
- Comment intégrer les aspects projet ?
- Comment s'assurer du respect des recommandations ?
- Les standards sont-ils compatibles ?



Comment appliquer les processus décrits ?

- Par où commencer, quels processus retenir ?
- Comment intégrer et partager des recommandations textuelles ?
- Comment intégrer les aspects métier ?
- Comment intégrer les aspects projet ?
- Comment s'assurer du respect des recommandations ?
- Les standards sont-ils compatibles ?
- Quelle part de réutilisation ?

Problématique générale

Comment définir et mettre en œuvre toutes les activités nécessaires au développement du produit complexe que l'on projette ?

Problématique

Problématique générale

Comment définir et mettre en œuvre toutes les activités nécessaires au développement du produit complexe que l'on projette ?

Moyens

Se reposer sur l'expérience acquise \Rightarrow **les standards de l'ingénierie système.**

Problématique

Problématique générale

Comment définir et mettre en œuvre toutes les activités nécessaires au développement du produit complexe que l'on projette ?

Moyens

Se reposer sur l'expérience acquise \Rightarrow **les standards de l'ingénierie système.**

Problématique particulière

Comment, en pratique, appliquer des **recommandations génériques** à des **projets**, par nature, **spécifiques** ?

Propositions de thèse

- 1 **Partir d'un scénario** donné par les standards de l'ingénierie système (EIA-632).

Propositions de thèse

- 1 **Partir d'un scénario** donné par les standards de l'ingénierie système (EIA-632).
- 2 En **extraire un modèle global** générique d'interaction multiprocessus.

Propositions de thèse

- 1 **Partir d'un scénario** donné par les standards de l'ingénierie système (EIA-632).
- 2 En **extraire un modèle global** générique d'interaction multiprocessus.
- 3 **L'enrichir** de toutes les particularités propres à l'entreprise et spécifiques au projet.

Propositions de thèse

- 1 **Partir d'un scénario** donné par les standards de l'ingénierie système (EIA-632).
- 2 En **extraire un modèle global** générique d'interaction multiprocessus.
- 3 **L'enrichir** de toutes les particularités propres à l'entreprise et spécifiques au projet.
- 4 **Assurer la cohérence** de la démarche par un mécanisme de validation.

1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- **Choix d'un processus de référence**
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

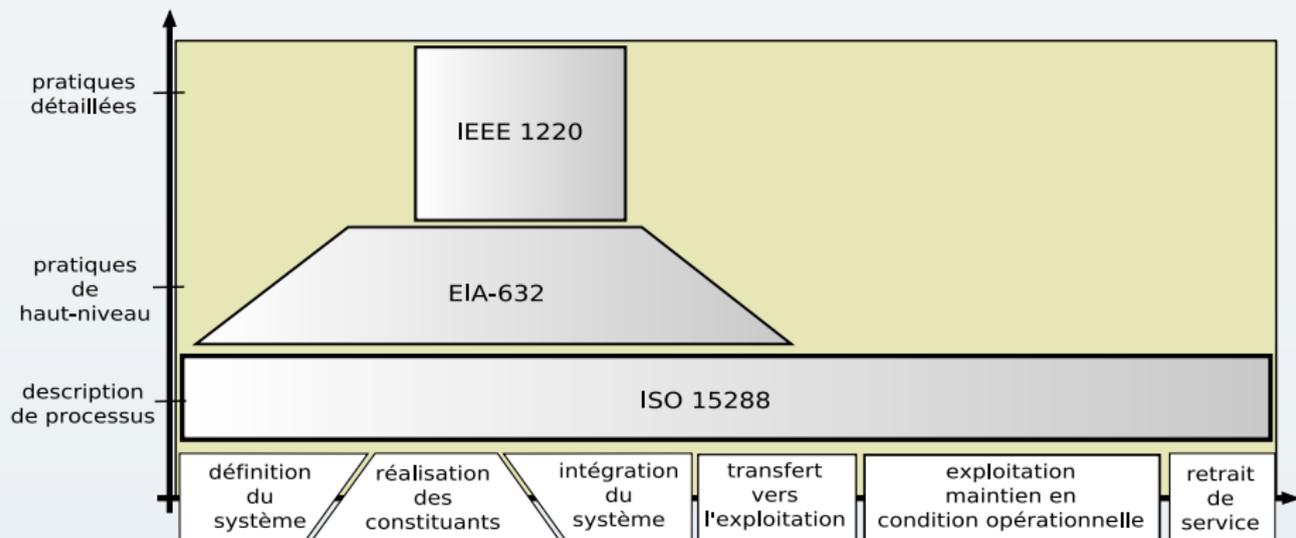
Les standards de l'ingénierie système

Trois grands standards d'ingénierie système :

IEEE 1220,

EIA-632,

ISO 15288



Choix du standard

Validation de la méthode sur un standard.

Sélection de l'EIA-632 :

- Compromis entre couverture du cycle de vie et détail des pratiques.

Choix du standard

Validation de la méthode sur un standard.

Sélection de l'EIA-632 :

- Compromis entre couverture du cycle de vie et détail des pratiques.
- Forte utilisation de l'EIA-632 dans le milieu industriel Toulousain (Airbus, TOPCASED).

Précision

Le choix de l'EIA-632 n'est pas limitatif :

Les techniques et méthodes qui seront présentées sont **valables sur d'autres standards** d'Ingénierie système.

Le standard peut être :

- **Un** standard (l'IEEE 1220, l'EIA-632 ou l'ISO 15288) ;
- **Une combinaison** de ces standards.

Présentation de l'EIA-632

généralités

Standard co-développé par :

- l'Electronic Industries Alliances (EIA)
- International Council on System Engineering (INCOSE)

Contenu :

- **13 processus** (en 5 groupes)
- **33 exigences** sur ces processus

Présentation de l'EIA-632

généralités

Standard co-développé par :

- l'Electronic Industries Alliances (EIA)
- International Council on System Engineering (INCOSE)

Contenu :

- **13 processus** (en 5 groupes)
- **33 exigences** sur ces processus
≠ des exigences du produit.

Présentation de l'EIA-632

généralités

Standard co-développé par :

- l'Electronic Industries Alliances (EIA)
- International Council on System Engineering (INCOSE)

Contenu :

- **13 processus** (en 5 groupes)
- **33 exigences** sur ces processus associées à des processus décrits par des **tâches**.

Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

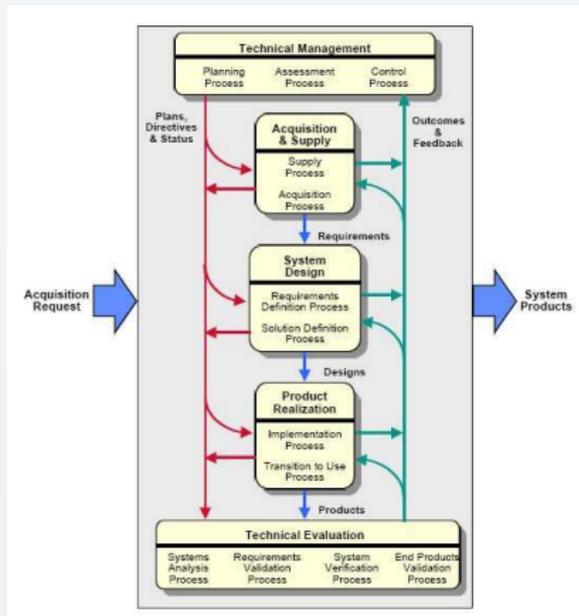
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

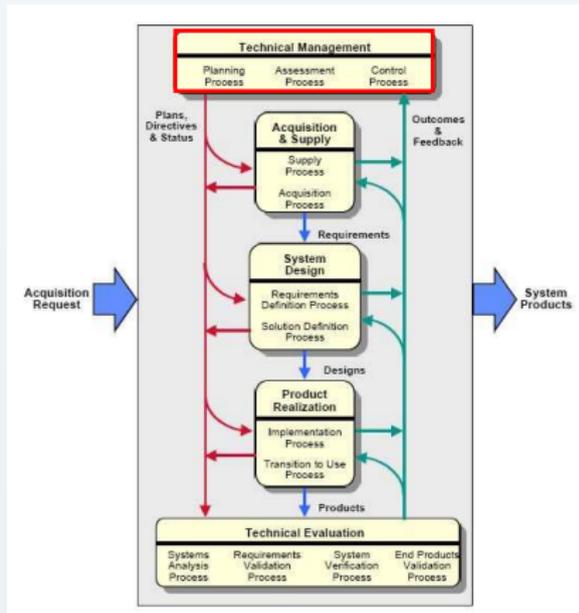
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

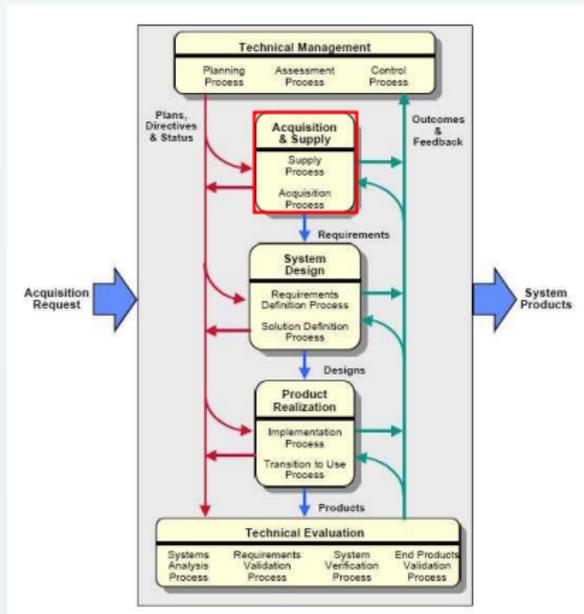
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

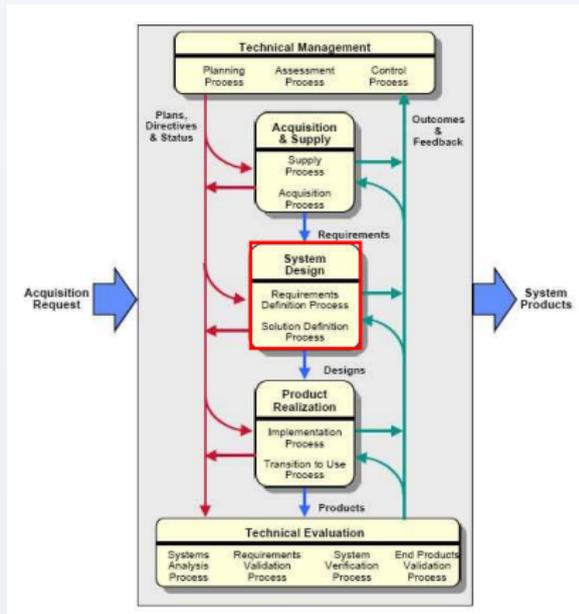
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

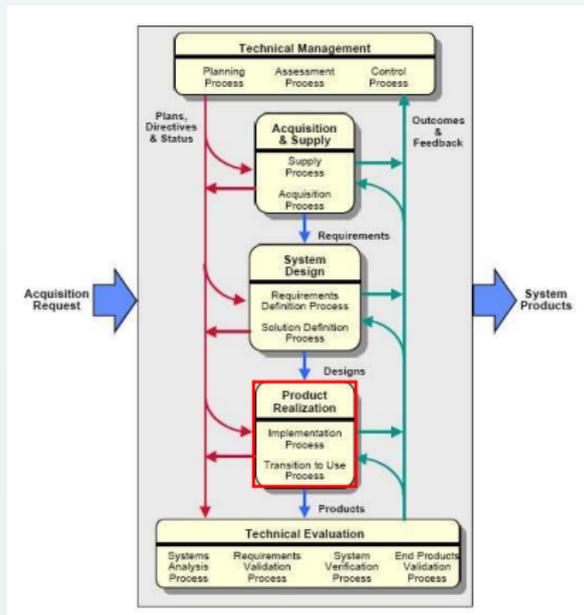
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



Présentation de l'EIA-632

Groupes et processus de l'EIA-632

● Gestion technique

- ▶ Processus de planification
- ▶ Processus d'évaluation
- ▶ Processus de contrôle

● Fourniture et acquisition

- ▶ Processus de fourniture
- ▶ Processus d'acquisition

● Conception système

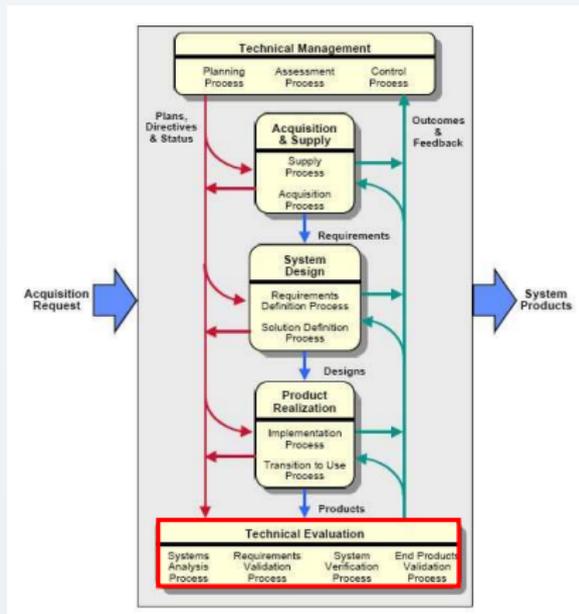
- ▶ Processus de définition des exigences
- ▶ Processus de définition de la solution

● Réalisation du produit

- ▶ Processus d'implémentation
- ▶ Processus de transition vers l'utilisation

● Évaluation technique

- ▶ Processus d'analyse du système
- ▶ Processus de validation des exigences
- ▶ Processus de vérification du système
- ▶ Processus de validation des produits finaux



1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- Choix d'un processus de référence
- **Formalisation des processus d'ingénierie système**
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

Modèle de l'EIA-632

Concepts à intégrer dans le modèle :

- processus
- système et blocs de construction
- cycle de vie

Modèle de l'EIA-632

Concepts à intégrer dans le modèle :

- processus
- système et blocs de construction
- cycle de vie

	OSSAD	BPMN	UML	SPEM
Sémantique de processus	✓	✓	✗	✓
Métamodèle	✗	✗	✓	✓
Concept de cycle de vie	✗	✗	✗	✓
Supporté par des outils	✓	✓	✓	en tant que profil UML

Modèle de l'EIA-632

Concepts à intégrer dans le modèle :

- processus
- système et blocs de construction
- cycle de vie

	OSSAD	BPMN	UML	SPEM
Sémantique de processus	✓	✓	✗	✓
Métamodèle	✗	✗	✓	✓
Concept de cycle de vie	✗	✗	✗	✓
Supporté par des outils	✓	✓	✓	en tant que profil UML

Choix du **Software Process Engineering Metamodel** (UML et profil SPEM).

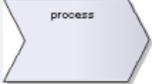
Modèle de l'EIA-632

processus

Processus de l'EIA-632 en SPEM-UML

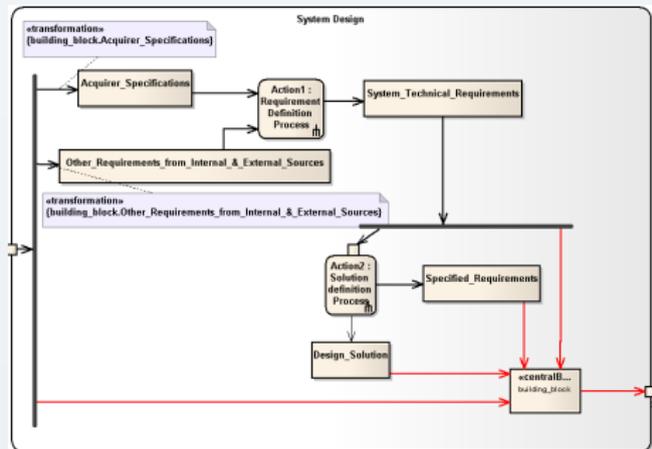
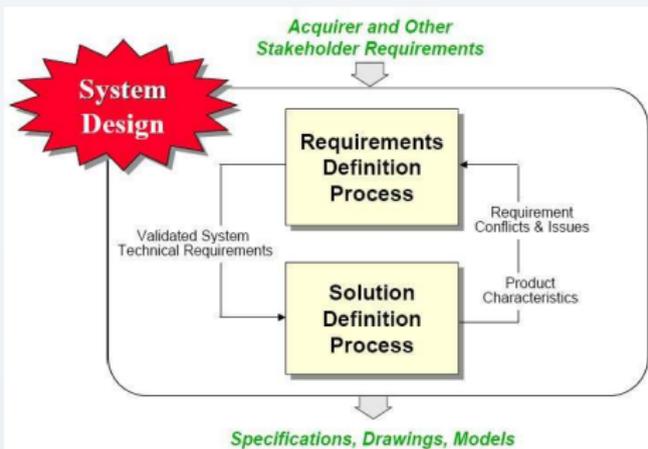
Correspondances EIA-632 / SPEM-UML

Processus modélisés dans des **diagrammes d'activité**.

EIA-632	Type UML	Stéréotype SPEM	Icône
Groupe	Activité	Discipline	
Processus	Activité	Process	
Exigence	Activité	Activity	
Tâche	Action	Step	

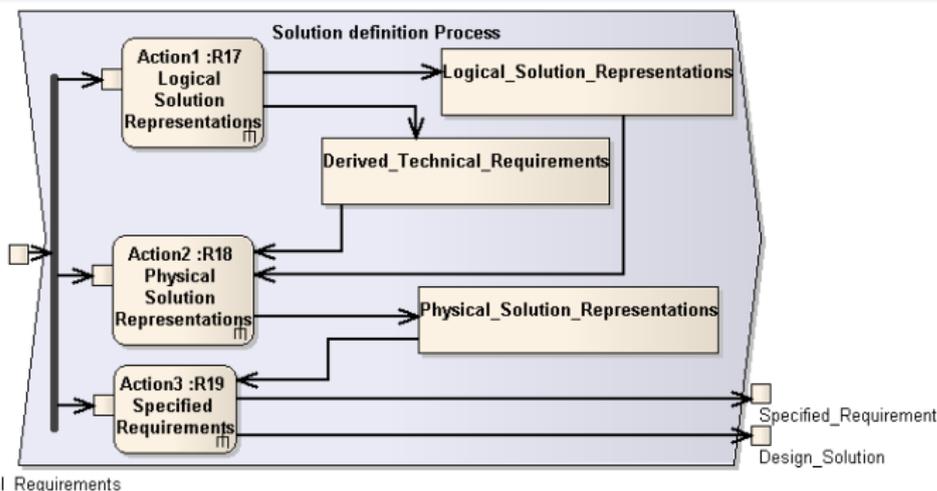
Exemple de construction de modèle métier

Exemple de la « validation du produit final »



Processus de l'EIA-632 en SPEM-UML

Processus : Solution Definition Process



System Technical Requirements

Exigences du processus de définition de la solution :

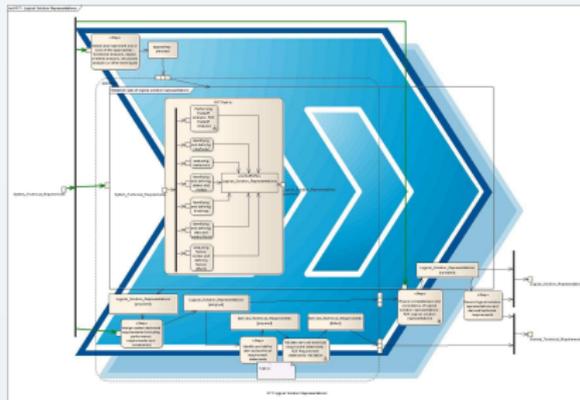
- représentations logiques de la solution
- représentations physiques de la solution
- exigences spécifiées

Processus de l'EIA-632 en SPEM-UML

Requirement : R17-Logical Solution Representations

Tâches nécessaires à la satisfaction de l'exigence 17 :

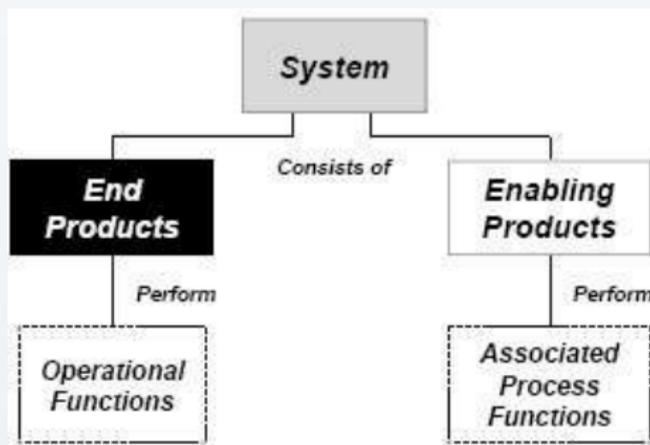
- a Select and implement one or more appropriate approaches to providing an abstract definition of the solution to the system technical requirements. For the approaches selected, complete the appropriate tasks from (b) through (d) below that aid in defining logical solution representations.
- b Establish sets of logical solution representations by (1) doing tradeoff analyses (see Requirement 23), (2) identifying and defining interfaces, states and modes, timelines, and data and control flows, (3) analyzing behaviors, and (4) analyzing failure modes and defining failure effects.
- c Assign system technical requirements (especially performance requirements and constraints from the system technical requirements) to elements of the logical solution representations, e.g., subfunctions, groups of subfunctions, objects, and data structures.
- d ...



Modèle de l'EIA-632

processus + système et blocs de construction

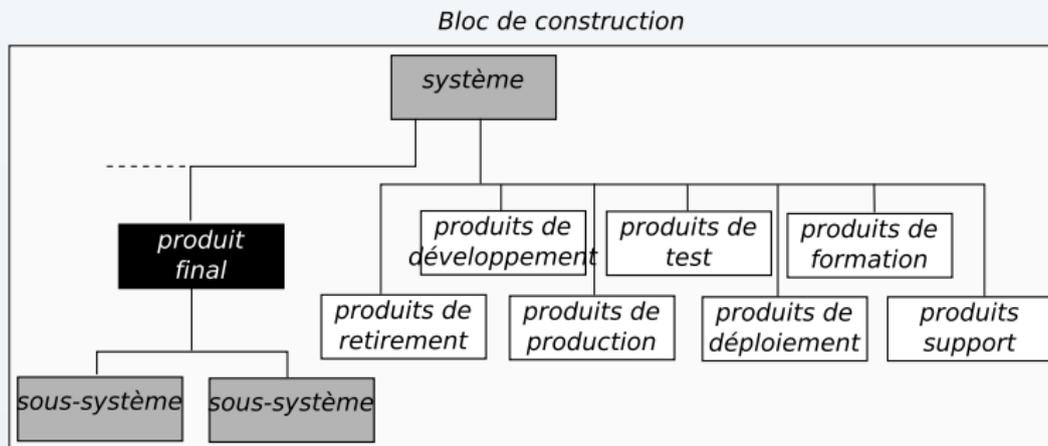
Structure de système dans l'EIA-632



Système et de bloc de construction

- Un système est composé de **produits finaux** et de **produits contributeurs**

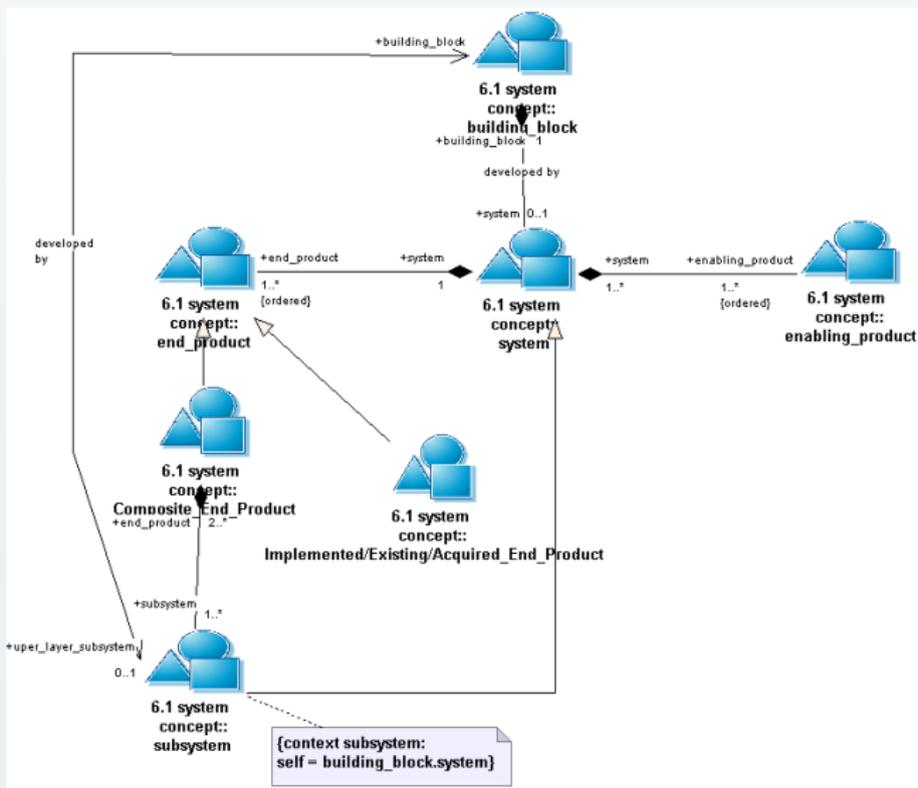
Structure de système dans l'EIA-632



Système et de bloc de construction

- Un système est composé de **produits finaux** et de **produits contributeurs**
- Un **bloc de construction** est la base unitaire d'un système

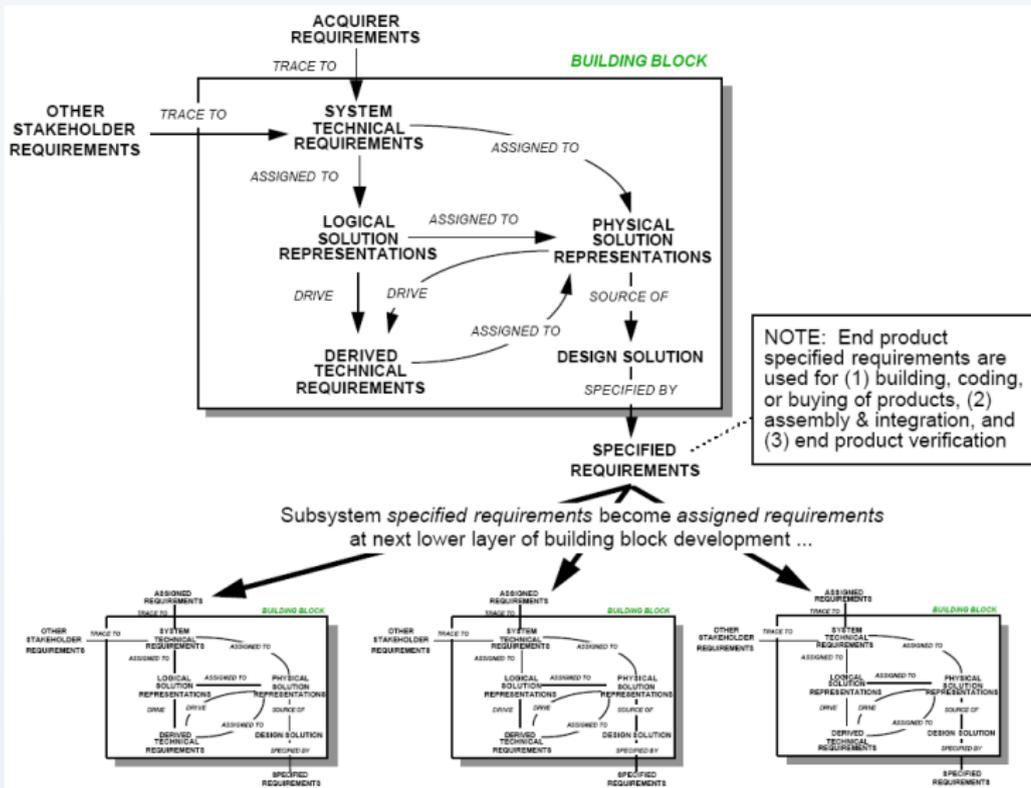
Modèle du concept de structure du système



Modèle de l'EIA-632

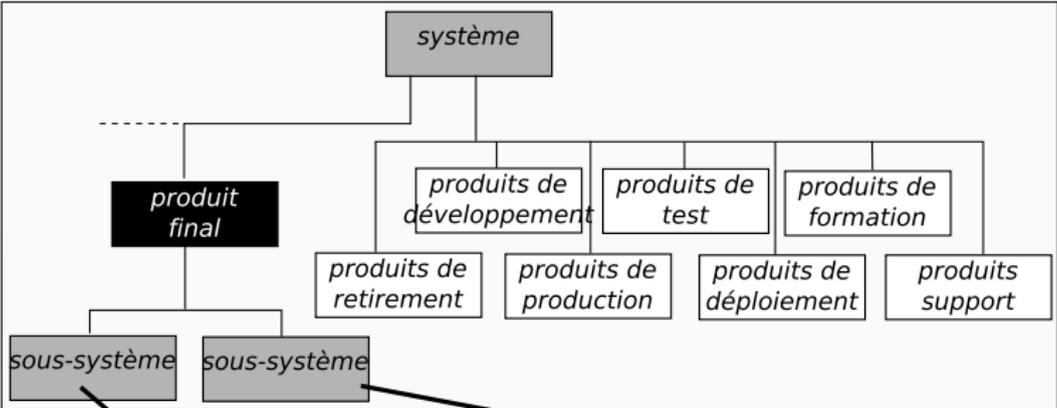
processus + système et blocs de construction + cycle de vie

Exigences et blocs de construction

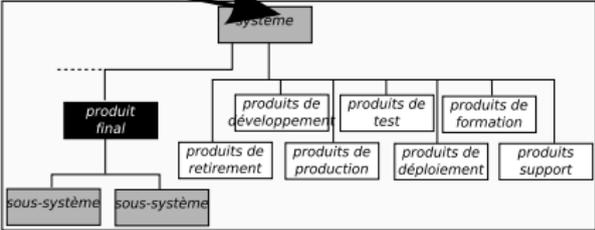
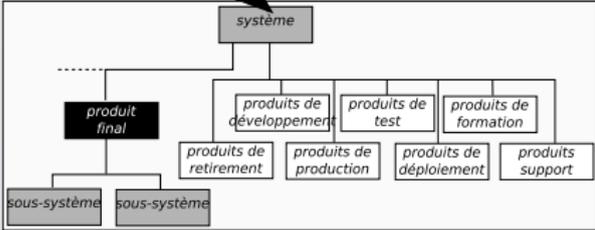


Exigences et blocs de construction

Bloc de construction de couche N

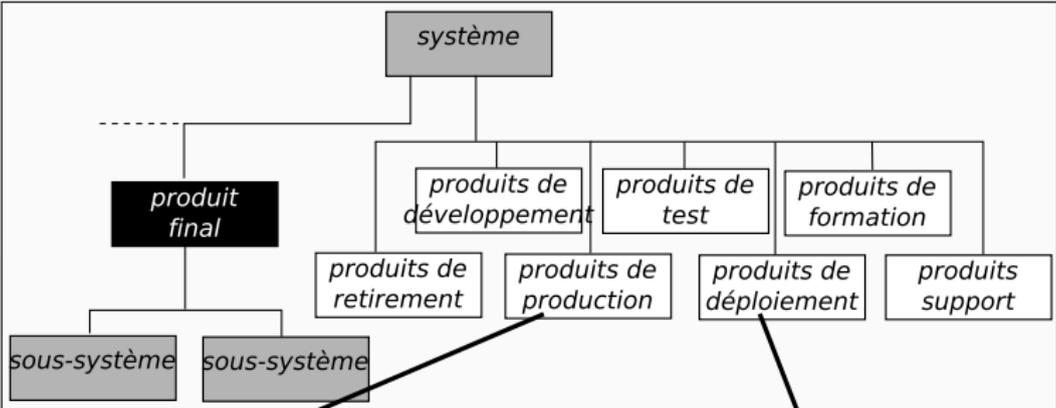


Blocs de construction de couche N+1

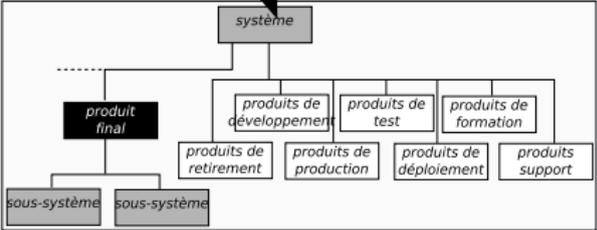
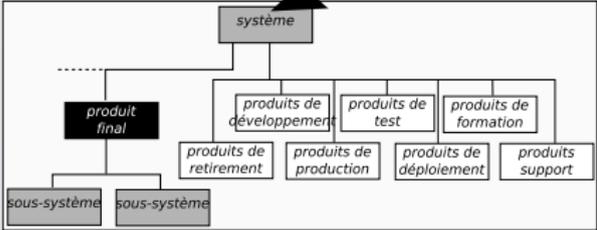


Exigences et blocs de construction

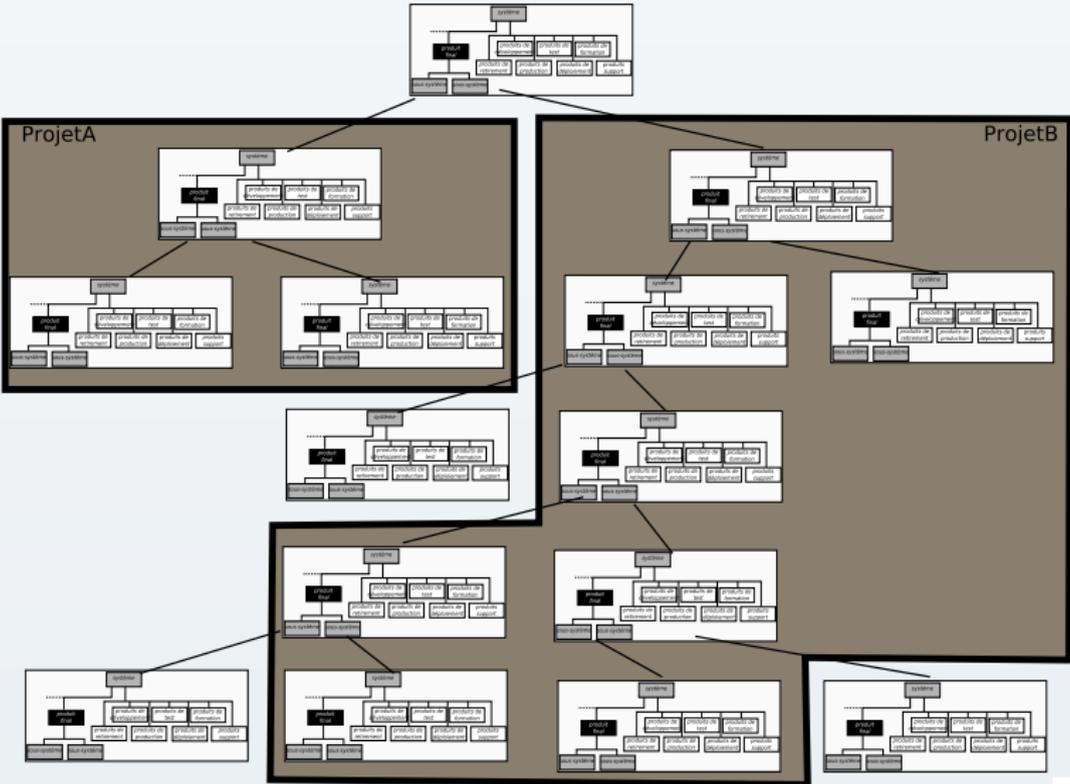
Bloc de construction de couche N



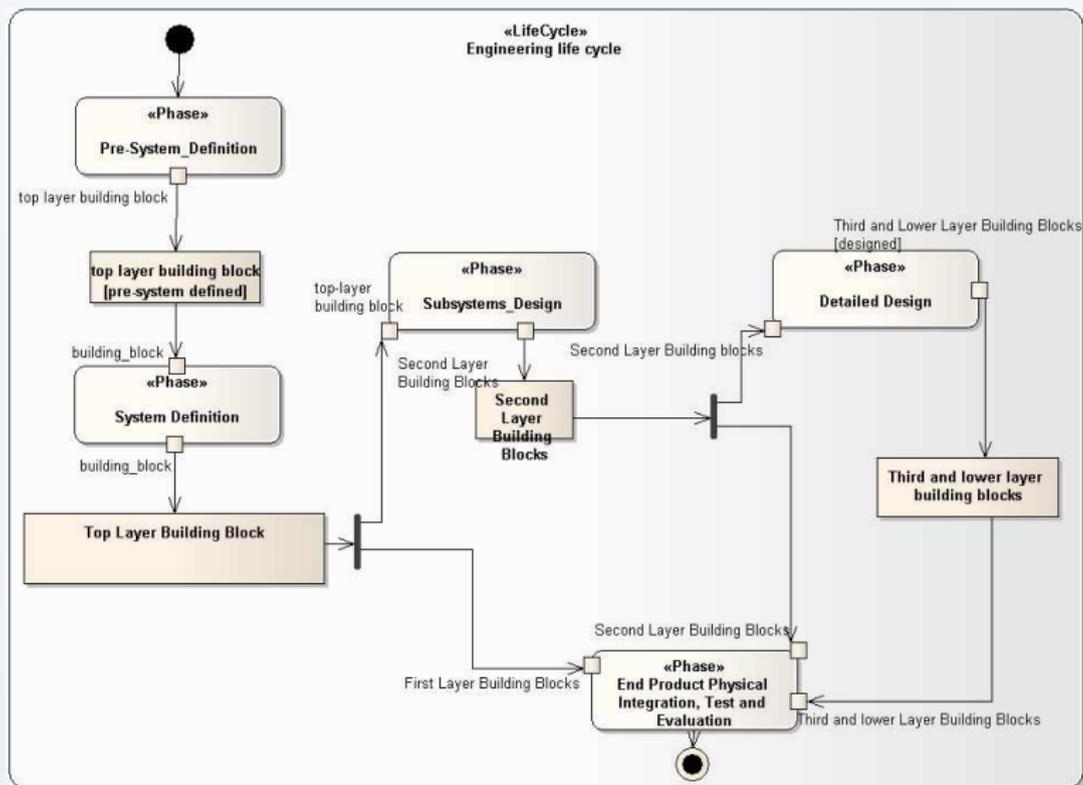
Blocs de construction de couche N+1



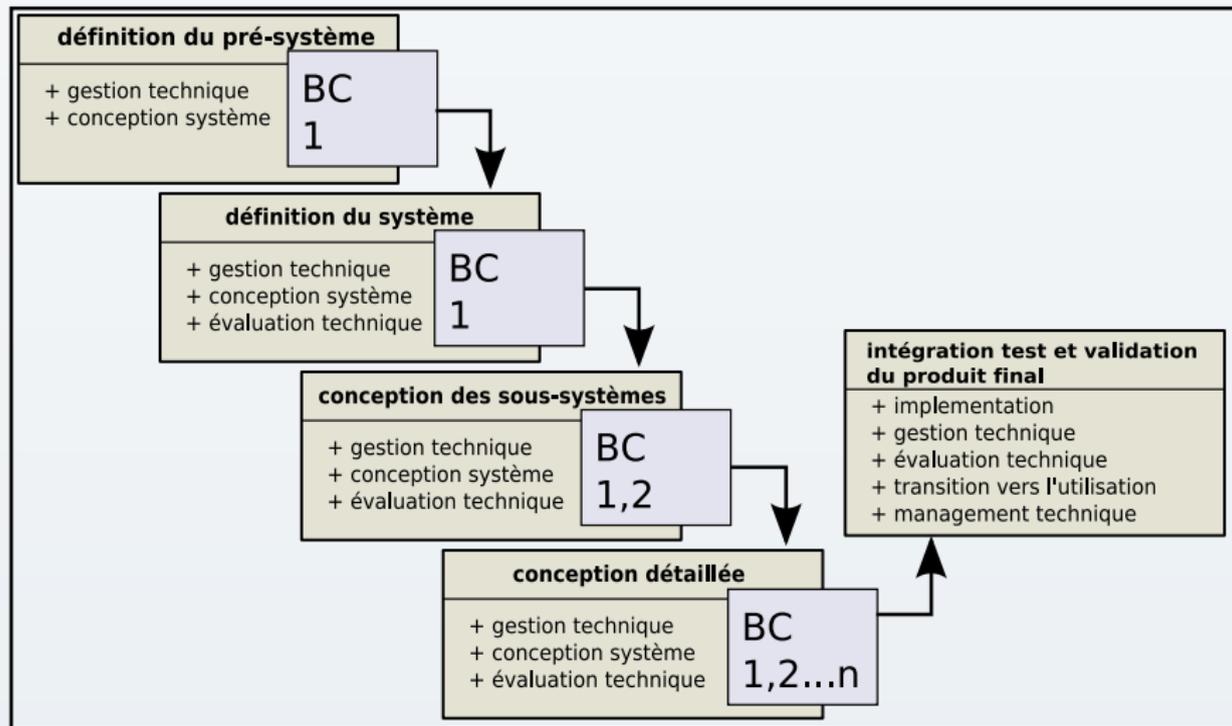
Développement en couches



Modèle du cycle de vie



Cycle de vie



- Les processus définissent les composants du système
- L'ingénierie de chacun d'eux se fait via des processus

Analyse de l'EIA-632 à partir de son modèle

Quelques chiffres :

de 140 pages à 69 paquetages, 79 diagrammes, 1534 éléments, 1502 connections...

<http://www.lesia.insa-toulouse.fr/~rochet/>

Analyse de l'EIA-632 à partir de son modèle

Quelques chiffres :

de 140 pages à 69 paquetages, 79 diagrammes, 1534 éléments, 1502 connections...

<http://www.lesia.insa-toulouse.fr/~rochet/>

Le modèle a mis en évidence :

- un comportement descendant puis ascendant (cycle de vie),

Analyse de l'EIA-632 à partir de son modèle

Quelques chiffres :

de 140 pages à 69 paquetages, 79 diagrammes, 1534 éléments, 1502 connections...

<http://www.lesia.insa-toulouse.fr/~rochet/>

Le modèle a mis en évidence :

- un comportement descendant puis ascendant (cycle de vie),
- des rôles différents pour des éléments de même niveau (groupes et processus),

Analyse de l'EIA-632 à partir de son modèle

Quelques chiffres :

de 140 pages à 69 paquetages, 79 diagrammes, 1534 éléments, 1502 connections...

<http://www.lesia.insa-toulouse.fr/~rochet/>

Le modèle a mis en évidence :

- un comportement descendant puis ascendant (cycle de vie),
- des rôles différents pour des éléments de même niveau (groupes et processus),
- la cohérence du flot de données (processus récursifs).

1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- **Adaptation des processus aux métiers et aux projets**
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

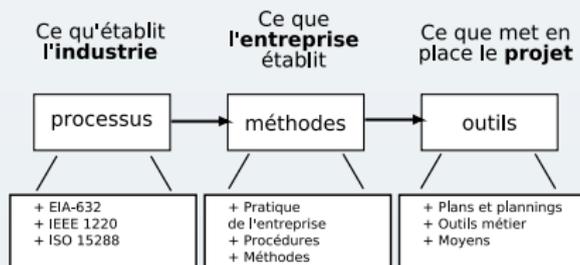
- Conclusion

Comment intégrer les aspects métier ? Comment intégrer les aspects projet ?

Les processus décrits sont génériques ; ils doivent être adaptés à un contexte d'application.

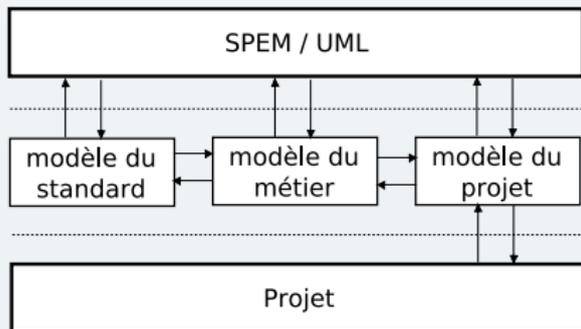
On doit intégrer des spécificités liées :

- au métier de l'entreprise ;
- à un projet particulier ;



Démarche proposée

Du standard aux métiers et des métiers aux projets

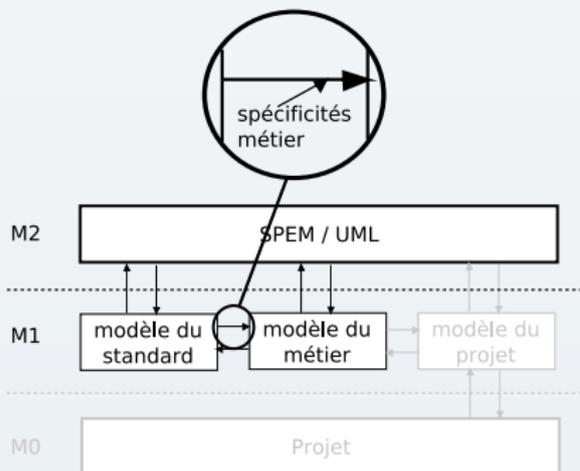


Modélisation des processus en 3 phases :

- 1 modèle de standard ;
- 2 modèle du métier ;
- 3 modèle du projet.

Le projet réel est une instance du modèle de projet.

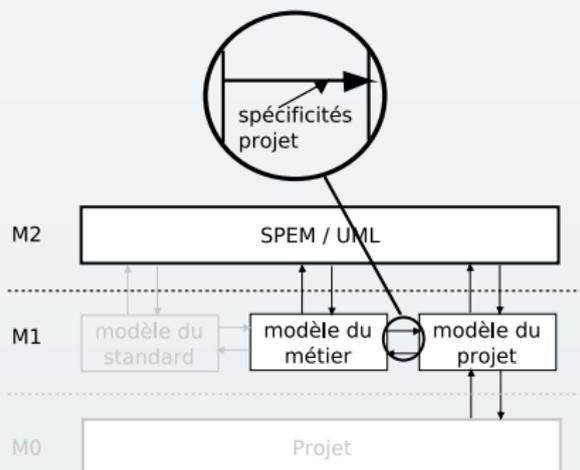
Passage du modèle de standard au modèle métier



Les spécificités du métier proviennent des **normes** du domaine d'activité :

- 1 aéronautique,
- 2 ferroviaire,
- 3 médical,
- 4 défense...

Passage du modèle métier au modèle de projet



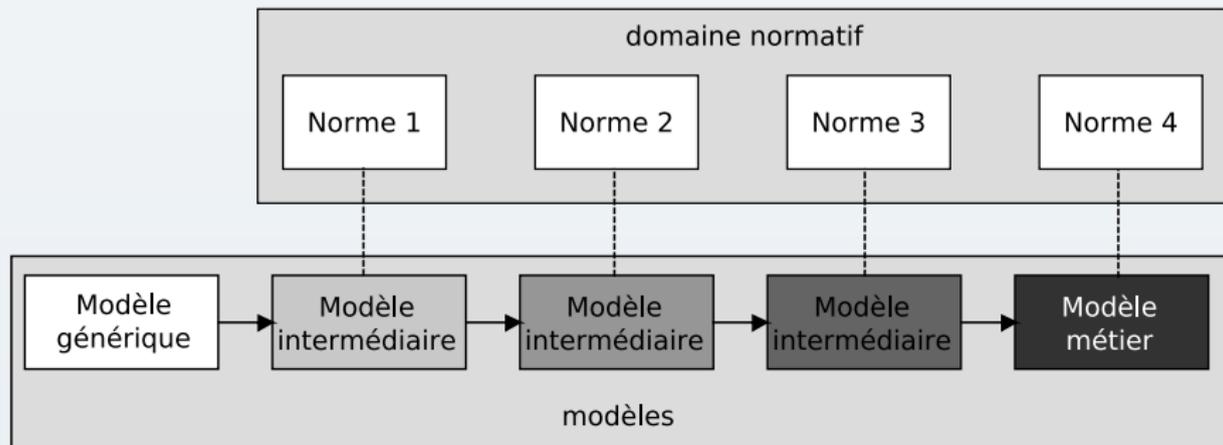
Les spécificités du projet proviennent des **procédures** et des **pratiques** de l'entreprise :

- 1 méthodes,
- 2 procédures internes,
- 3 structure et organisation de l'entreprise...

Construction incrémentale des modèles

Méthodologie de construction

- 1 Identifier les spécificités dans les normes, recommandations ou pratiques de l'entreprise.
- 2 Les intégrer manuellement dans le modèle transformé.



Opérations de construction

La construction des modèles se fait par :

- ajout (nouvelles tâches)

Opérations de construction

La construction des modèles se fait par :

- **ajout** (nouvelles tâches)
- **spécialisation** (format des produits de travail)

Opérations de construction

La construction des modèles se fait par :

- **ajout** (nouvelles tâches)
- **spécialisation** (format des produits de travail)
- **affinage** (tâche décrite par un processus)

Exemple de construction

Cas des Équipements de Protection Individuelle (EPI)

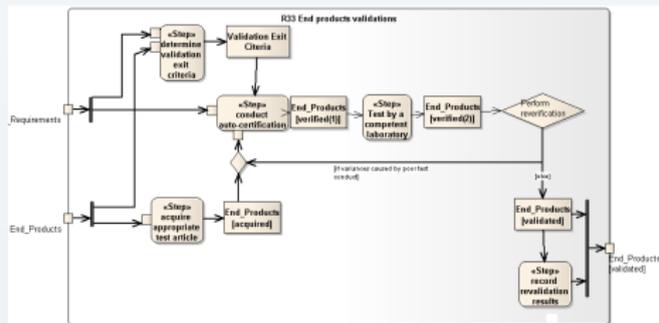
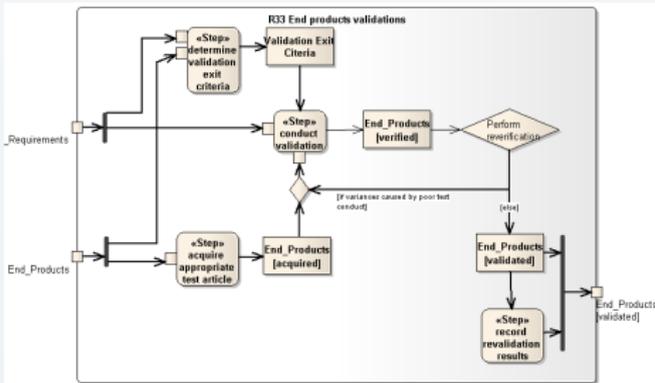


Exemple des EPI (89-656-CEE) :

- marquage spécifique du produit ;
- notice imposée ;
- vérifications périodiques ;
- test par un laboratoire indépendant
- ...

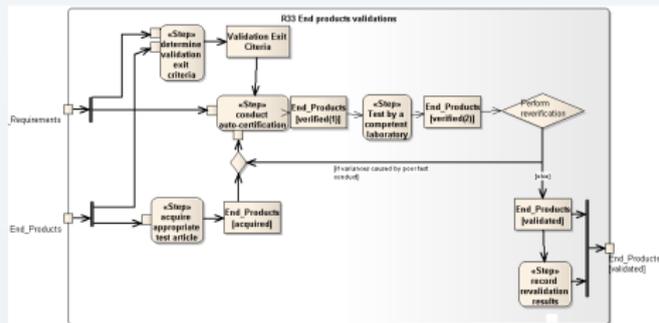
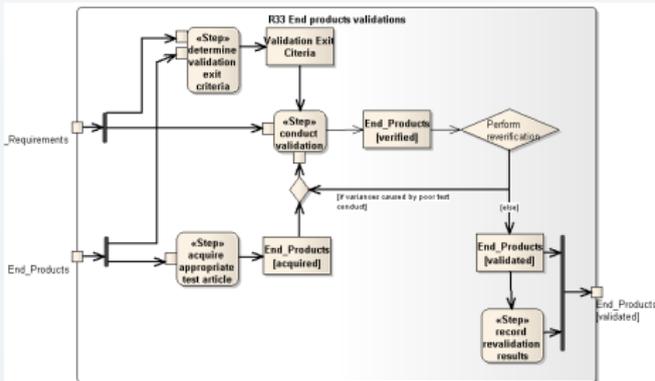
Exemple de construction de modèle métier

Exemple de la « validation du produit final »



Exemple de construction de modèle métier

Exemple de la « validation du produit final »

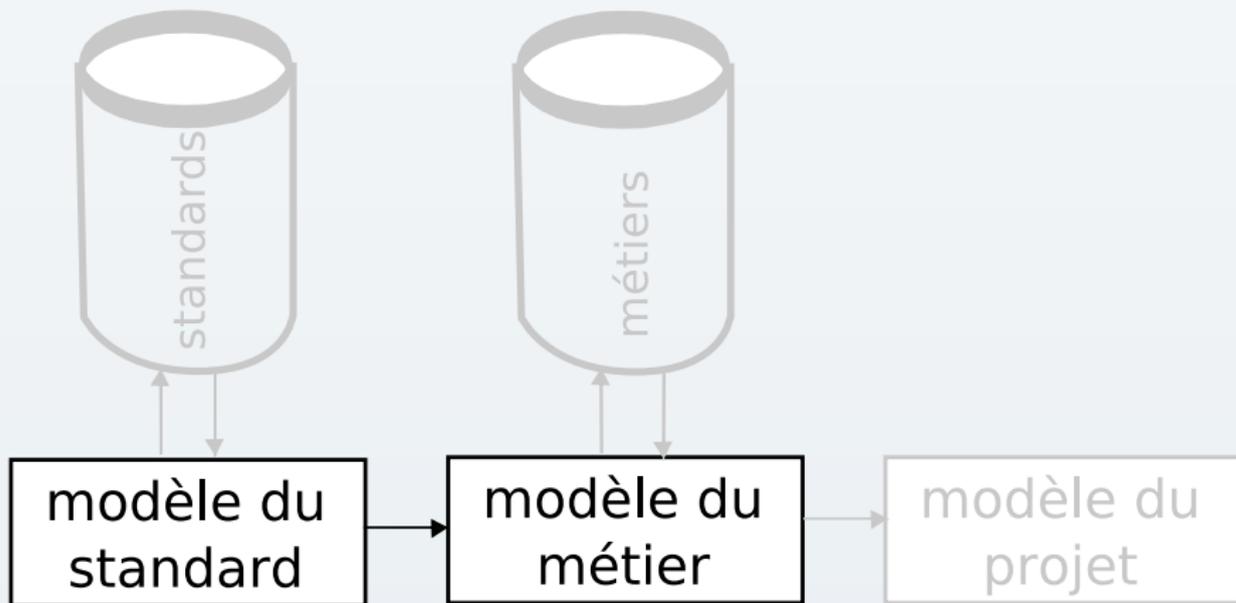


modifications :

- nouvelle activité de « validation par un laboratoire indépendant »
- « conduite de la validation » renommée en « conduite de l'auto-certification »
- mise à jour des produits de travail correspondants

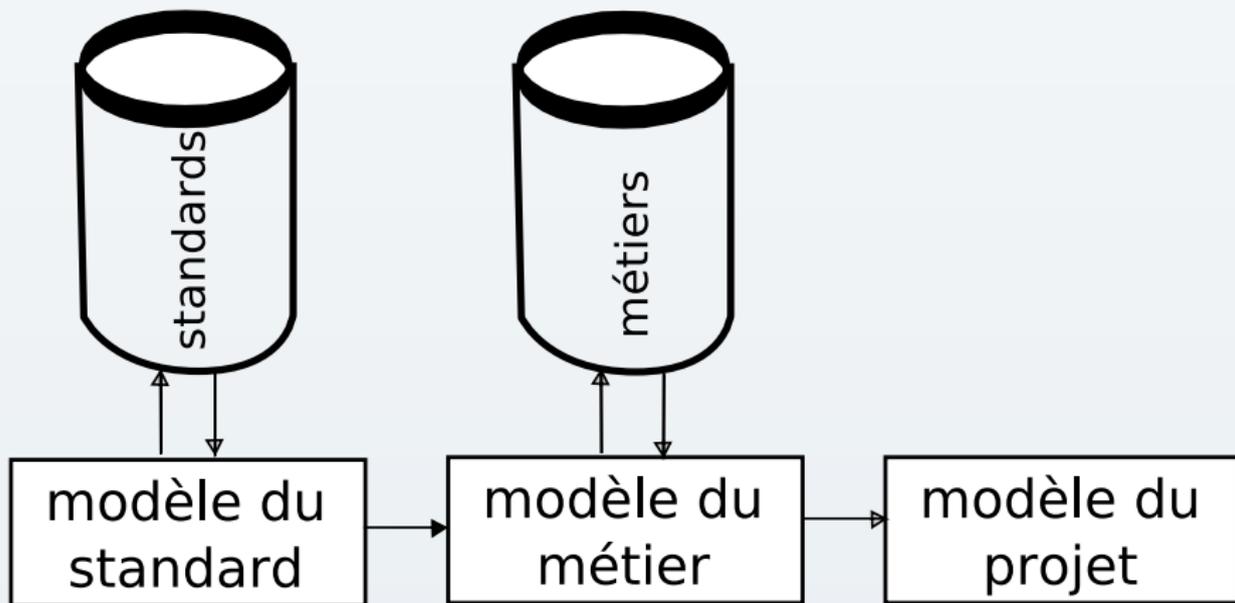
En pratique

Construction de tous les modèles ou réutilisation de modèles

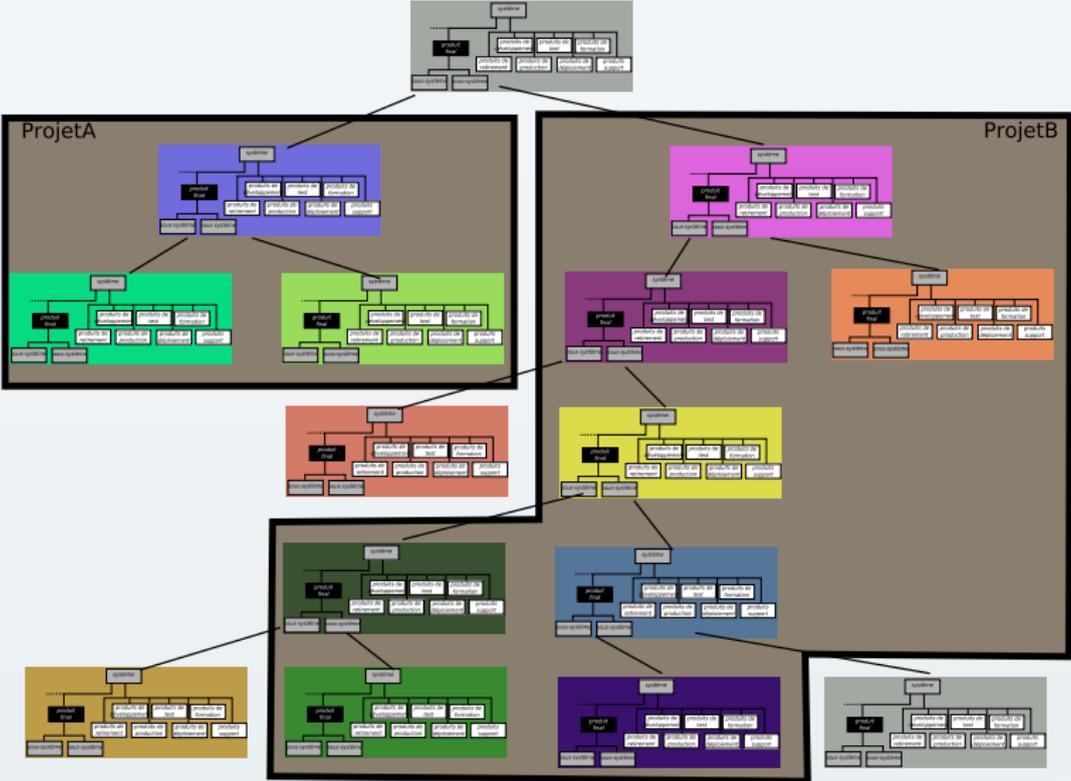


En pratique

Construction de tous les modèles ou réutilisation de modèles



Implications sur le cycle de vie



Implications de la démarche

Les processus associés à chaque produit dépendent du modèle de son métier.

- Chaque produit suit un **développement spécifique à son métier.**

Implications de la démarche

Les processus associés à chaque produit dépendent du modèle de son métier.

- Chaque produit suit un **développement spécifique à son métier**.
- L'emploi d'un référentiel commun assure la **cohérence globale** du projet.

1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- **Validation et Vérification des modèles de processus**

3 Conclusion

- Conclusion

Le besoin de validation

Hypothèse :

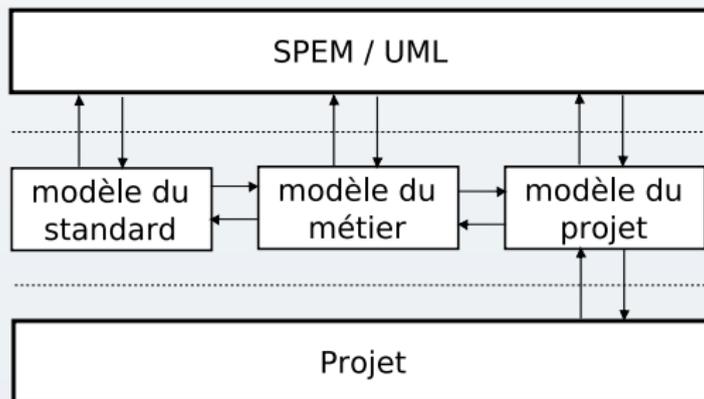
Transmission des propriétés dans les modèles.

Problèmes :

Quelles sont ces propriétés et comment s'assurer qu'elles sont présentes dans les modèles.

Les types de propriétés

On considère deux types de propriétés :

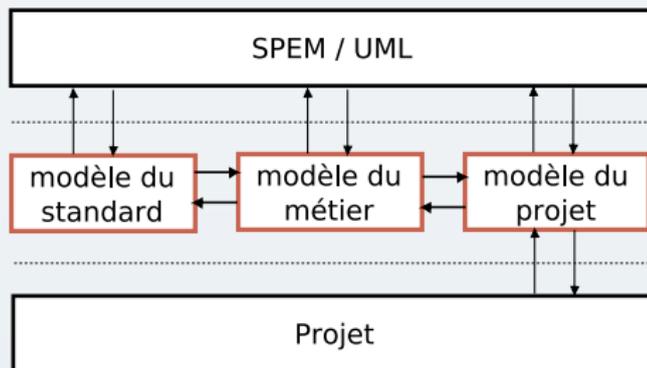


Les types de propriétés

On considère deux types de propriétés :

- les propriétés intra-modèle

propriétés intra-modèle



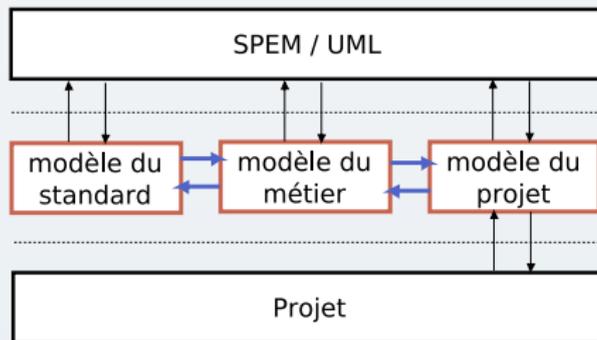
Les types de propriétés

On considère deux types de propriétés :

- les propriétés intra-modèle
- les propriétés inter-modèles

propriétés intra-modèle

propriétés inter-modèle

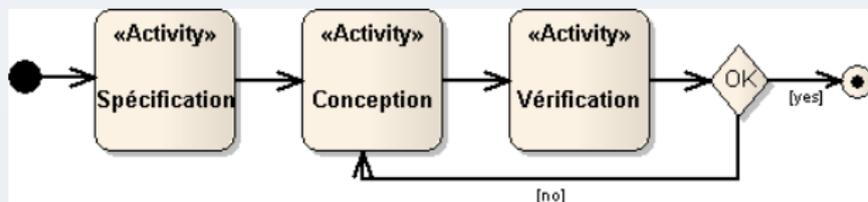
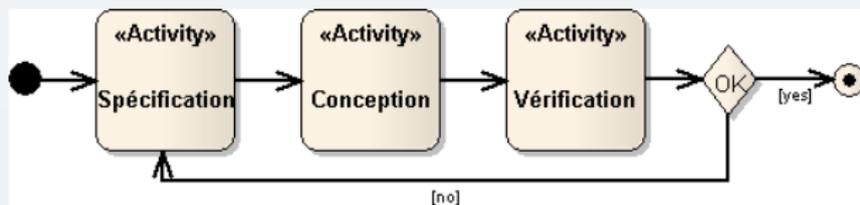


Exemple de propriétés

Propriétés d'un modèle

Propriétés internes au modèle

« Il doit être possible de revenir sur chacune des étapes du processus »

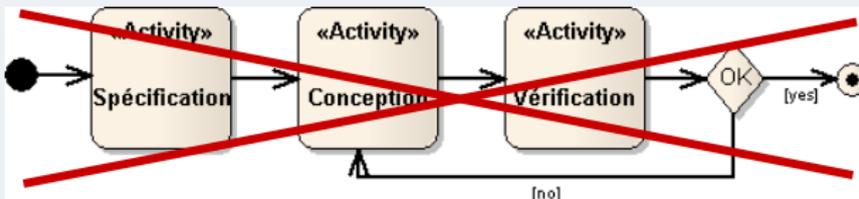
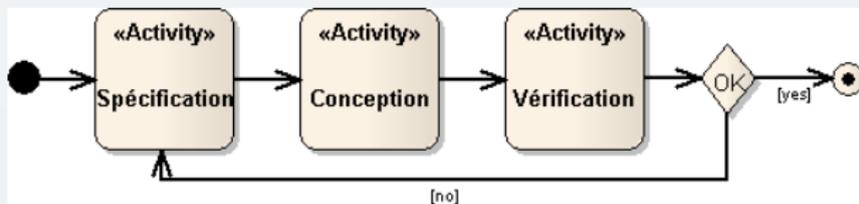


Exemple de propriétés

Propriétés d'un modèle

Propriétés internes au modèle

« Il doit être possible de revenir sur chacune des étapes du processus »

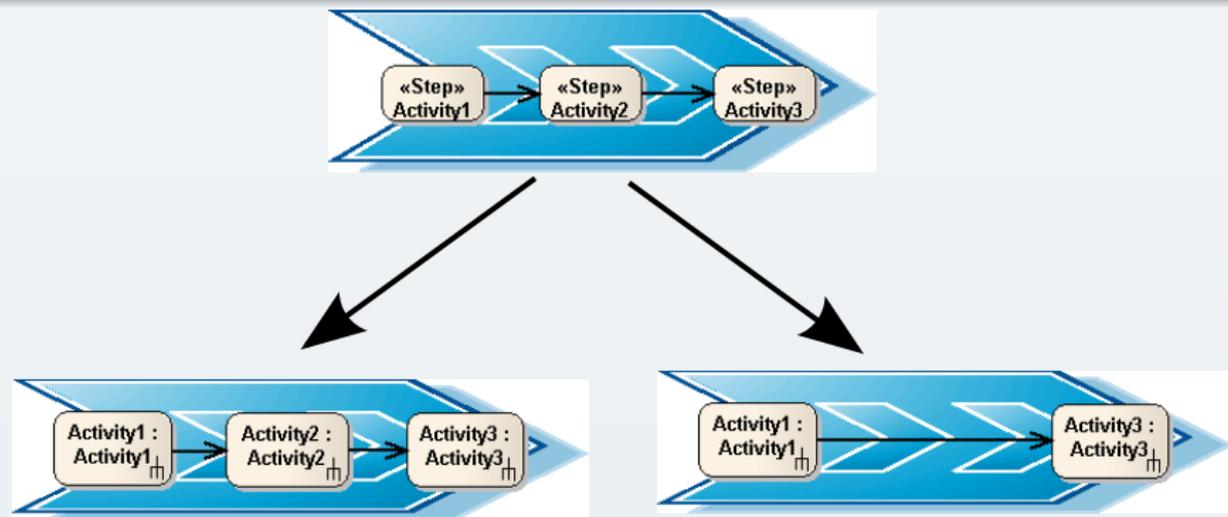


Exemple de propriétés

Propriétés inter modèles

Propriétés entre modèles

« Toutes les activités du modèle original doivent être présentes dans le modèle modifié »

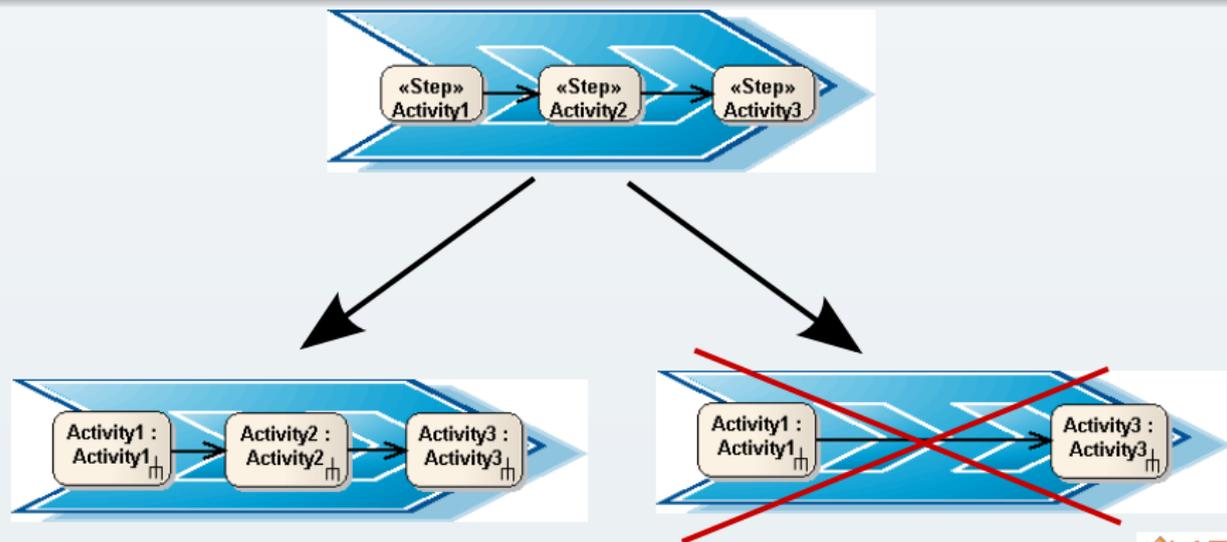


Exemple de propriétés

Propriétés inter modèles

Propriétés entre modèles

« Toutes les activités du modèle original doivent être présentes dans le modèle modifié »



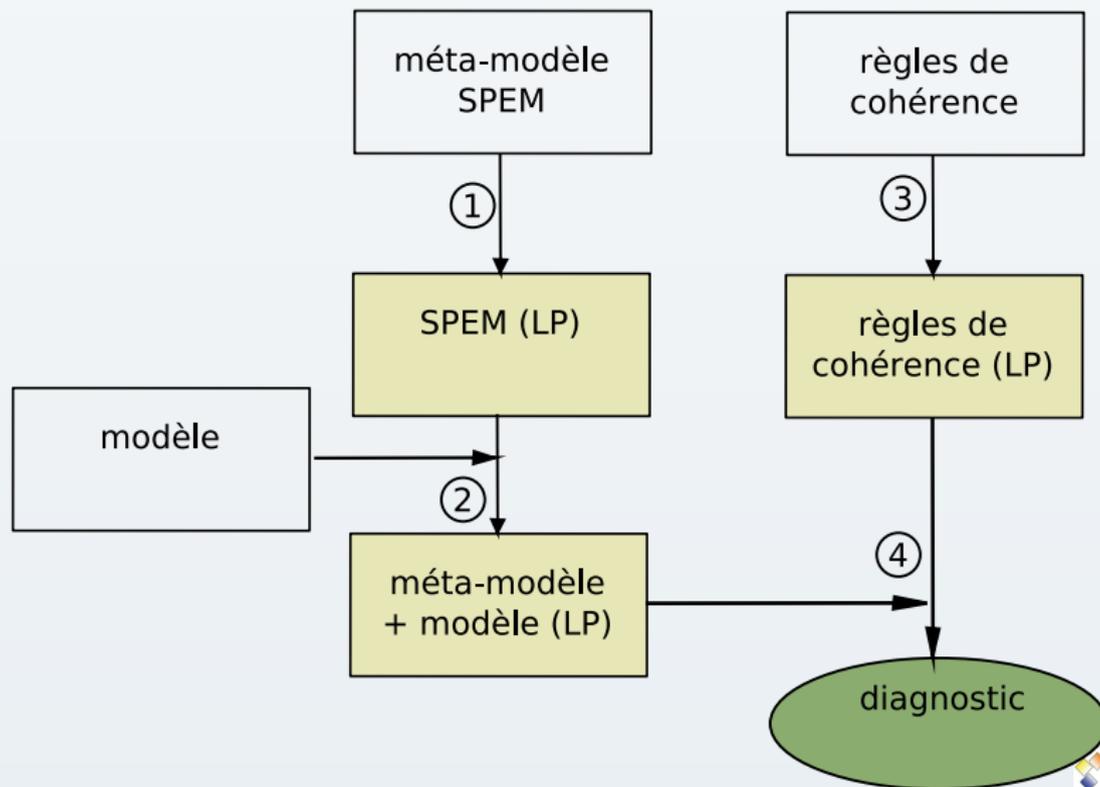
Principe de la vérification

Vérification basée sur la programmation logique.

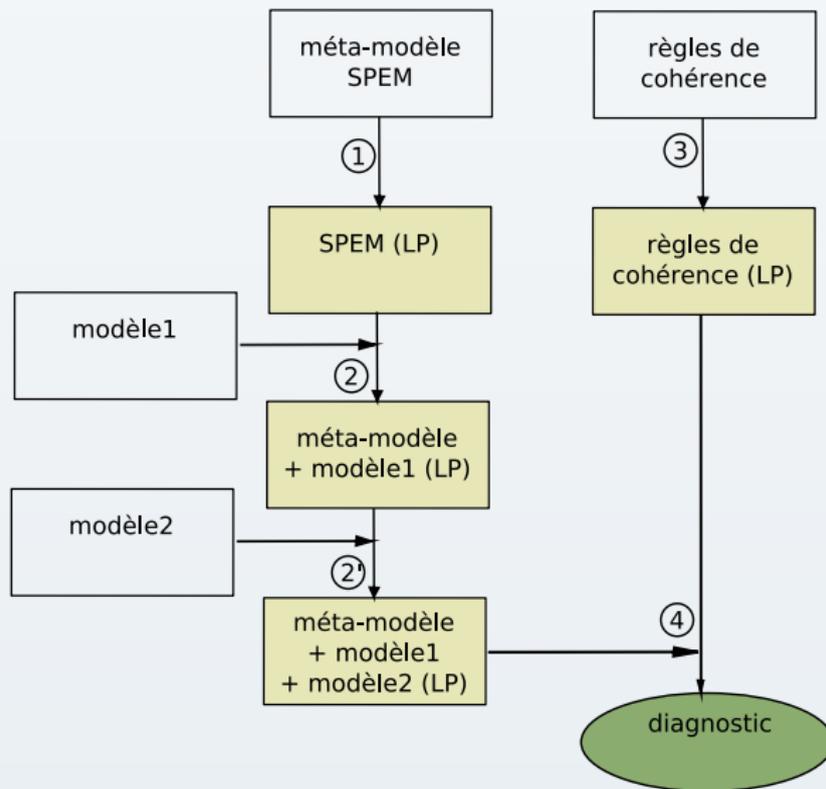
Adaptation des travaux de [Malgouyres2006].

Programmation logique	Modèle
Base de connaissance (faits)	Modèle (vu comme des informations)
Base de déduction (règles)	Expression des incohérences
Interrogation de la base de connaissance et de déduction (buts)	Détection automatique des incohérences

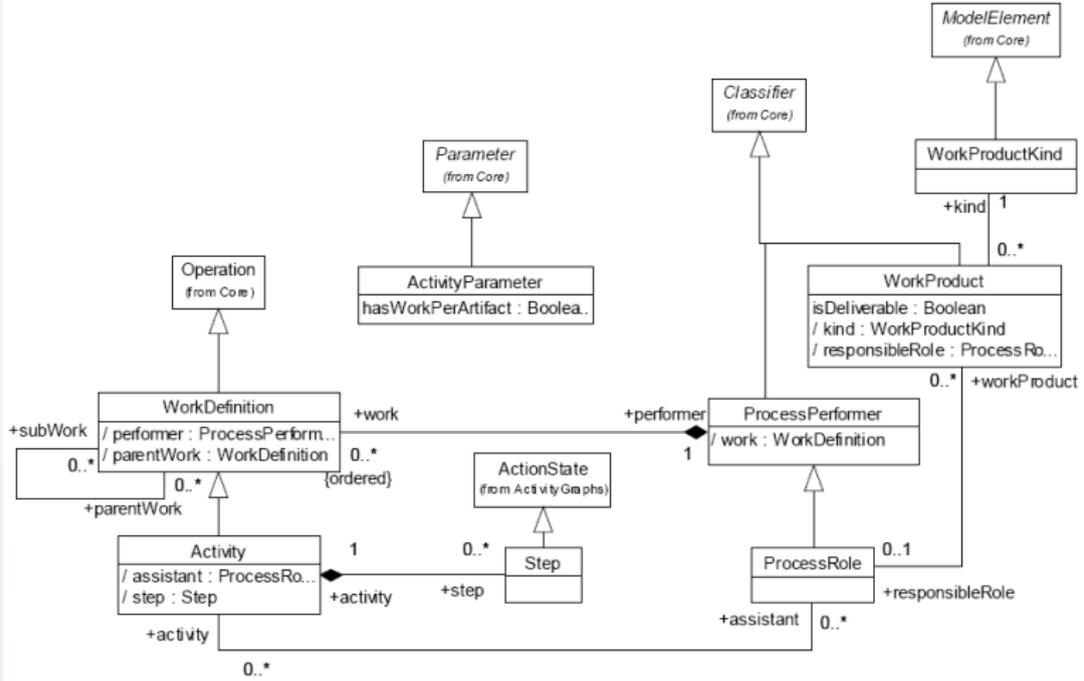
Principe de vérification de règles de cohérence sur un modèle



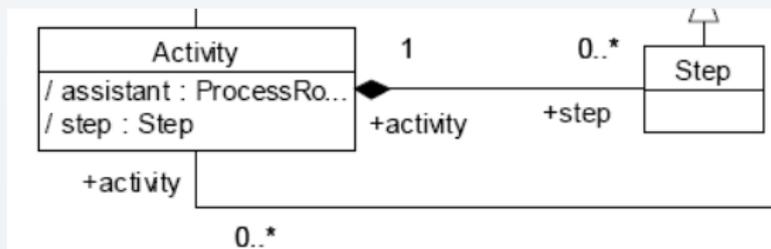
Principe de vérification de règles de cohérence entre modèles



Extraction des méta-faits

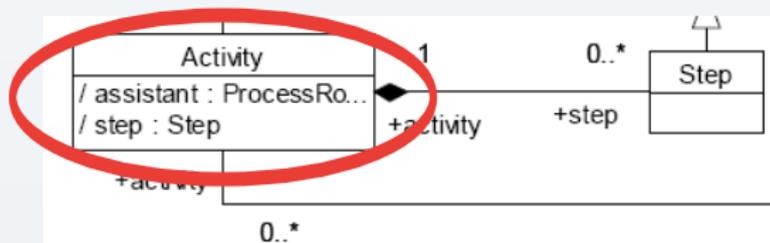


Extraction des méta-faits



Ajout à la base de faits :

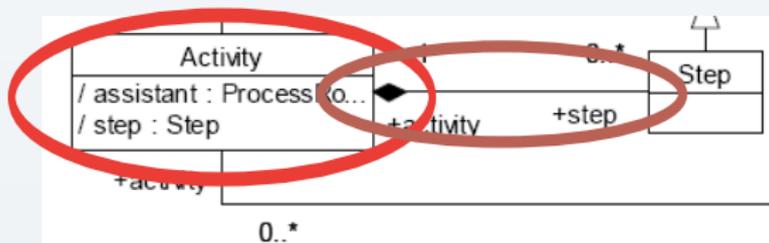
Extraction des méta-faits



Ajout à la base de faits :

- des éléments du métamodèle

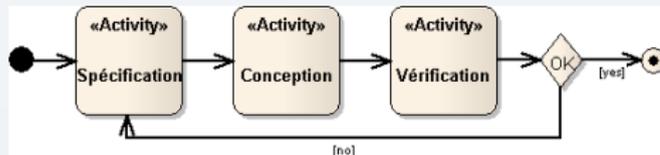
Extraction des méta-faits



Ajout à la base de faits :

- des éléments du métamodèle
- de leurs relations

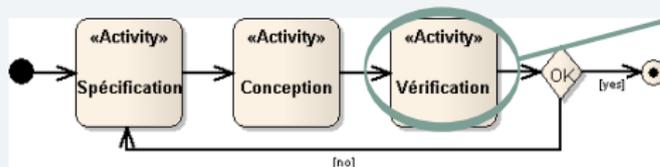
Extraction des faits



```
...  
callBehaviorAction(id5,...).  
callBehaviorAction(id4,...).  
callBehaviorAction(id3,...).  
controlFlow(id13,...).  
...  
literalInteger(id15,...).  
package(id0,...).  
sPEMActivity(id5,...).  
...
```

Ajout à la base de faits :

Extraction des faits

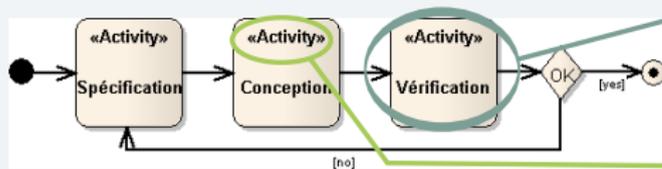


```
...
callBehaviorAction(id5,...).
callBehaviorAction(id4,...).
callBehaviorAction(id3,...).
controlFlow(id13,...).
...
literalInteger(id15,...).
package(id0,...).
sPEMActivity(id5,...).
...
```

Ajout à la base de faits :

- des éléments du modèle

Extraction des faits



```
...
callBehaviorAction(id5,...).
callBehaviorAction(id4,...).
callBehaviorAction(id3,...).
controlFlow(id13,...).
...
literalInteger(id15,...).
package(id0,...).
SPEMActivity(id5,...).
...
```

Ajout à la base de faits :

- des éléments du modèle
- des stéréotypes

Formalisation des règles de cohérence

Règle en langage naturel	Règle codée
<i>« Une activité A est non-vérifiable si elle peut atteindre une activité B alors que cette activité B ne peut l'atteindre. »</i>	<pre>noVerifiable(IdAct1) :- isActivity(IdAct1, _), isActivity(IdAct2, _), IdAct1 \= IdAct2, reach(IdAct1, IdAct2), not(reach(IdAct2, IdAct1)).</pre>
<i>« Une activité est manquante si elle est présente dans le modèle original et n'est pas présente dans le modèle modifié. »</i>	<pre>missing(IdAct) :- isActivity(IdAct, _), getName(IdMdOriginal, modeloriginal), getName(IdMdDerive, modelderive), inModel(IdAct, IdMdOriginal), not(inModel(IdAct, IdMdDerive)).</pre>

Outil de validation

The screenshot shows the UML2LP application window. The interface includes a menu bar (Menu, Options, Help) and a toolbar (Transform, Compare, Analyze). A table lists various rules with their names, arities, and evaluation results. A 'Request' field and a 'Results' pane are also visible. Numbered annotations (1-10) point to specific UI elements.

#	Rule name/Arity	Evaluation
73	getNode/2	Yes
74	getMustIsolate/2	Yes
75	getName/2	Yes
76	getOrdering/2	Yes
77	getPackageableEl...	Yes
78	getQualifiedName/2	Yes
79	getSetting/2	Yes
80	getSymbol/2	Yes
81	getUpper/2	Yes
82	getValue/2	Yes
83	getViewpoint/2	Yes
84	getVisibility/2	Yes
85	isAbstraction/1	No
86	isAcceptCallAction/1	No
87	isAcceptEventActi...	No
88	isAction/1	Yes
89	isActivity/1	Yes
90	isActivityEdge/1	Yes
91	isActivityFinalNode...	Yes
92	isActivityNode/1	Yes
93	isActivityParamete...	No
94	isActivityPartition/1	Yes
95	isActor/1	Yes
96	isAddStructuralFe...	Yes
97	isAddVariableValu...	Yes
98	isAnyTrigger/1	Yes
99	isApplyFunctionAc...	Yes
100	isArtifact/1	Yes
101	isAssociation/1	Yes
102	isAssociationClass/1	Yes

Request:

Results:

```
Arg0 = id5 (_KTK:WYFU_EdycVlhX7a-IHg)
Yes.

Arg0 = id7 (_T7xKglU_EdycVlhX7a-IHg)
Yes.

Arg0 = id6 (_SH84slU_EdycVlhX7a-IHg)
Yes.

Arg0 = id5 (_KTK:WYFU_EdycVlhX7a-IHg)
Yes.

No.

-----
?- IsActivityParameterNode(Arg0)
No.
```

Buttons:

Emploi des règles de validation

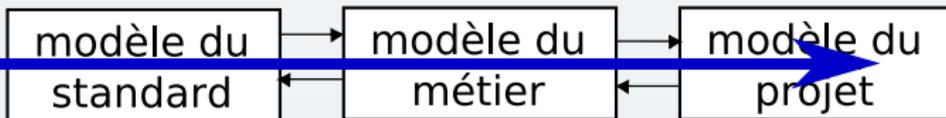
Les règles peuvent être employées comme :

Emploi des règles de validation

Les règles peuvent être employées comme :

- règles de construction

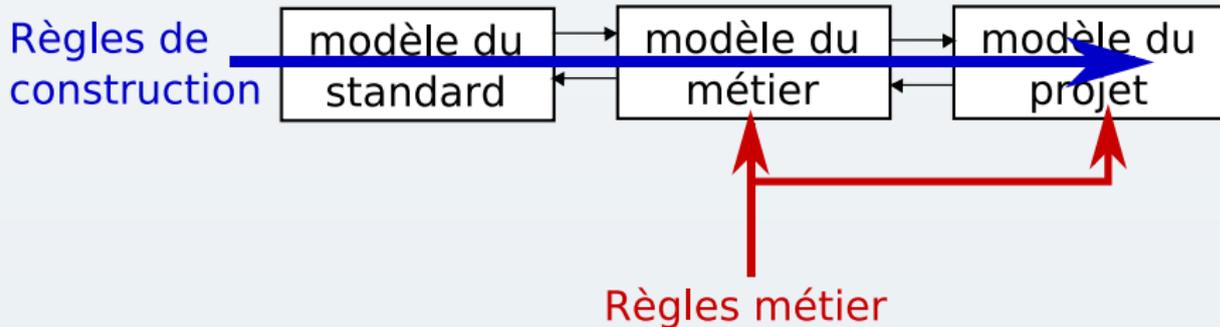
Règles de
construction



Emploi des règles de validation

Les règles peuvent être employées comme :

- règles de construction
- règles métier



1 Contexte & problématique

- Contexte
- Problématique

2 Propositions

- Choix d'un processus de référence
- Formalisation des processus d'ingénierie système
- Adaptation des processus aux métiers et aux projets
- Validation et Vérification des modèles de processus

3 Conclusion

- Conclusion

Travail réalisé :

- 1 **Étude** des scénarios recommandés pour l'ingénierie d'un système complexe (standards de l'IS, EIA-632)

Résumé

Travail réalisé :

- 1 **Étude** des scénarios recommandés pour l'ingénierie d'un système complexe (standards de l'IS, EIA-632)
- 2 **formalisation** d'un standard en un modèle générique

Travail réalisé :

- 1 **Étude** des scénarios recommandés pour l'ingénierie d'un système complexe (standards de l'IS, EIA-632)
- 2 **formalisation** d'un standard en un modèle générique
- 3 proposition d'une méthode de **spécialisation** des processus d'ingénierie système

Travail réalisé :

- 1 **Étude** des scénarios recommandés pour l'ingénierie d'un système complexe (standards de l'IS, EIA-632)
- 2 **formalisation** d'un standard en un modèle générique
- 3 proposition d'une méthode de **spécialisation** des processus d'ingénierie système
- 4 proposition d'un moyen de **validation** des modèles assurant la cohérence de la démarche

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,
- moyen de les **adapter aux différents métiers** d'un projet,

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,
- moyen de les **adapter aux différents métiers** d'un projet,
- moyen de **certification** des processus par rapport aux recommandations et par rapport à des règles métier,

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,
- moyen de les **adapter aux différents métiers** d'un projet,
- moyen de **certification** des processus par rapport aux recommandations et par rapport à des règles métier,
- **réutilisation** de modèles sur des projets similaires.

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,
- moyen de les **adapter aux différents métiers** d'un projet,
- moyen de **certification** des processus par rapport aux recommandations et par rapport à des règles métier,
- **réutilisation** de modèles sur des projets similaires.

Apports

Apports :

- **méthode d'application** pratique des recommandations de l'IS,
- moyen de les **adapter aux différents métiers** d'un projet,
- moyen de **certification** des processus par rapport aux recommandations et par rapport à des règles métier,
- **réutilisation** de modèles sur des projets similaires.

Réponse à la gestion de la complexité

- Les standards fournissent des réponses de haut niveau sans liens avec les éléments concrets des projets.
- La méthodologie développée ici permet de lier ces derniers.

Perspectives

Analyses et retours sur l'EIA-632 :

- poursuite de l'analyse du standard
- mise en avant des ambiguïtés et **retours à l'INCOSE**

Perspectives

Analyses et retours sur l'EIA-632 :

- poursuite de l'analyse du standard
- mise en avant des ambiguïtés et **retours à l'INCOSE**

Compléments à la méthode :

- définition d'une **base de règles** de cohérence
- extension à la validation de **propriétés dynamiques**

Perspectives

Analyses et retours sur l'EIA-632 :

- poursuite de l'analyse du standard
- mise en avant des ambiguïtés et **retours à l'INCOSE**

Compléments à la méthode :

- définition d'une **base de règles** de cohérence
- extension à la validation de **propriétés dynamiques**

Application :

- application dans un **cadre industriel**

Dans l'immédiat

Diffusion de la démarche :

- projet ANR **ATLAS**

Dans l'immédiat

Diffusion de la démarche :

- projet ANR **ATLAS**
- collaboration scientifique avec le **LAAS-CNRS**

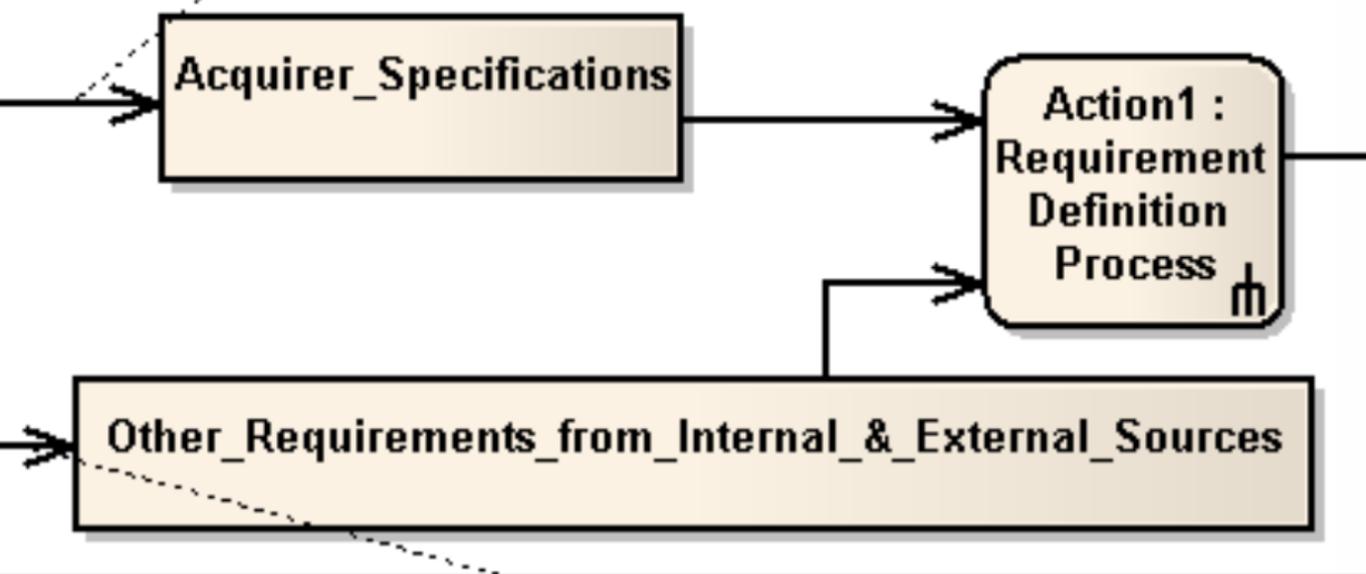
Dans l'immédiat

Diffusion de la démarche :

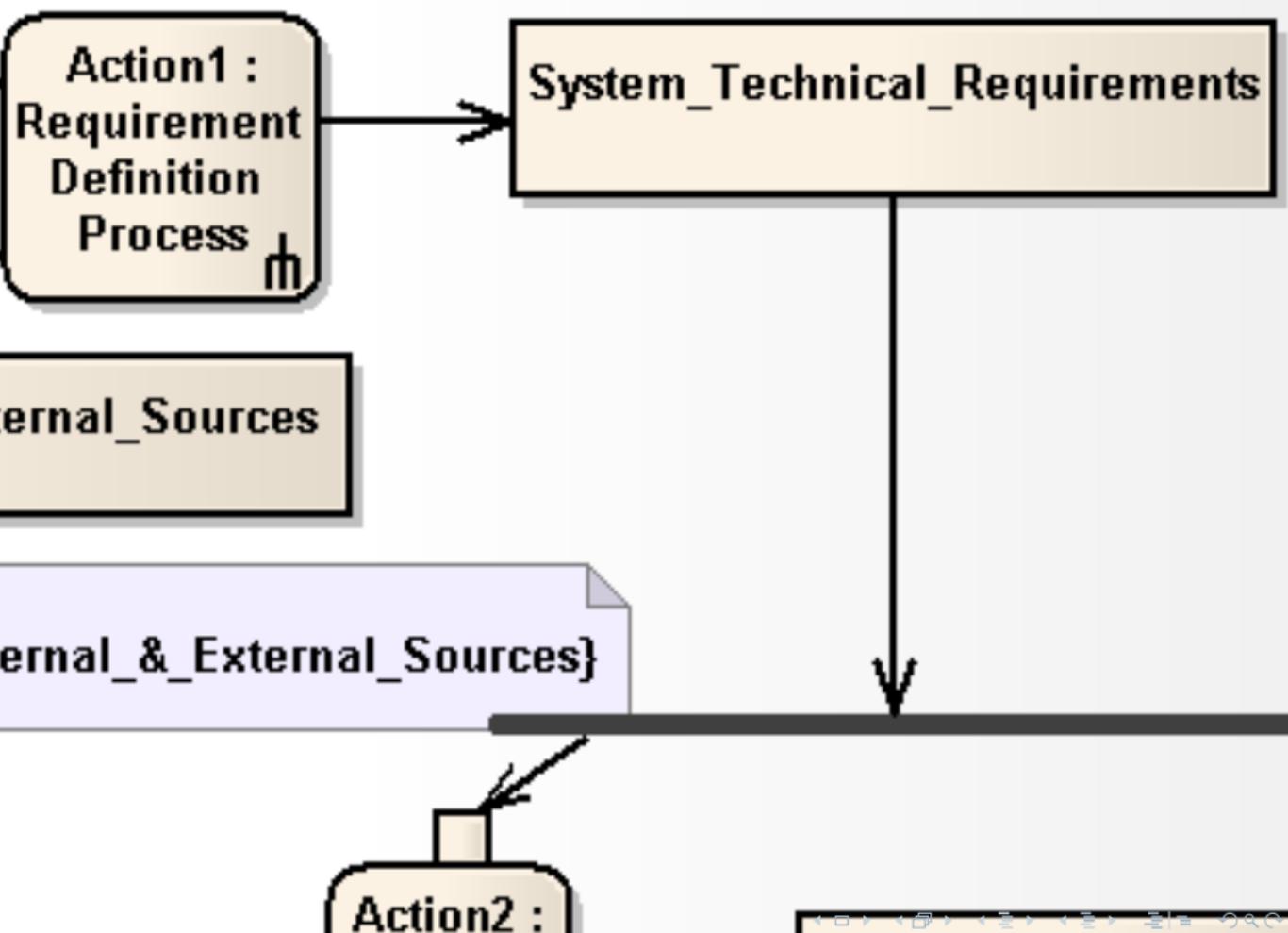
- projet ANR **ATLAS**
- collaboration scientifique avec le **LAAS-CNRS**
- projet **TOPCASED**



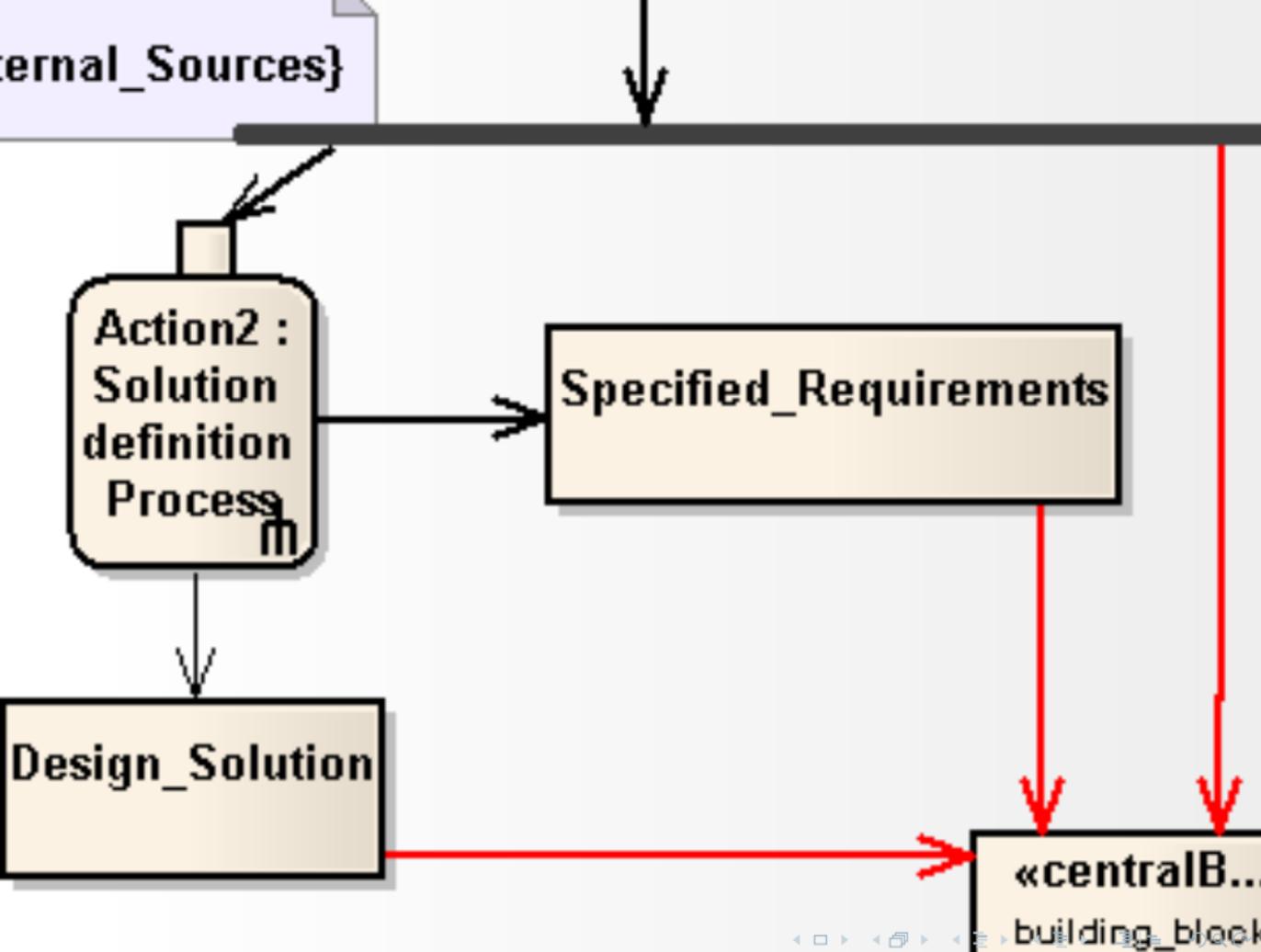
Merci de votre attention...



«transformation»
{building_block.Other_Requirements_from_Internal_&_External_Sources}



Internal_Sources}

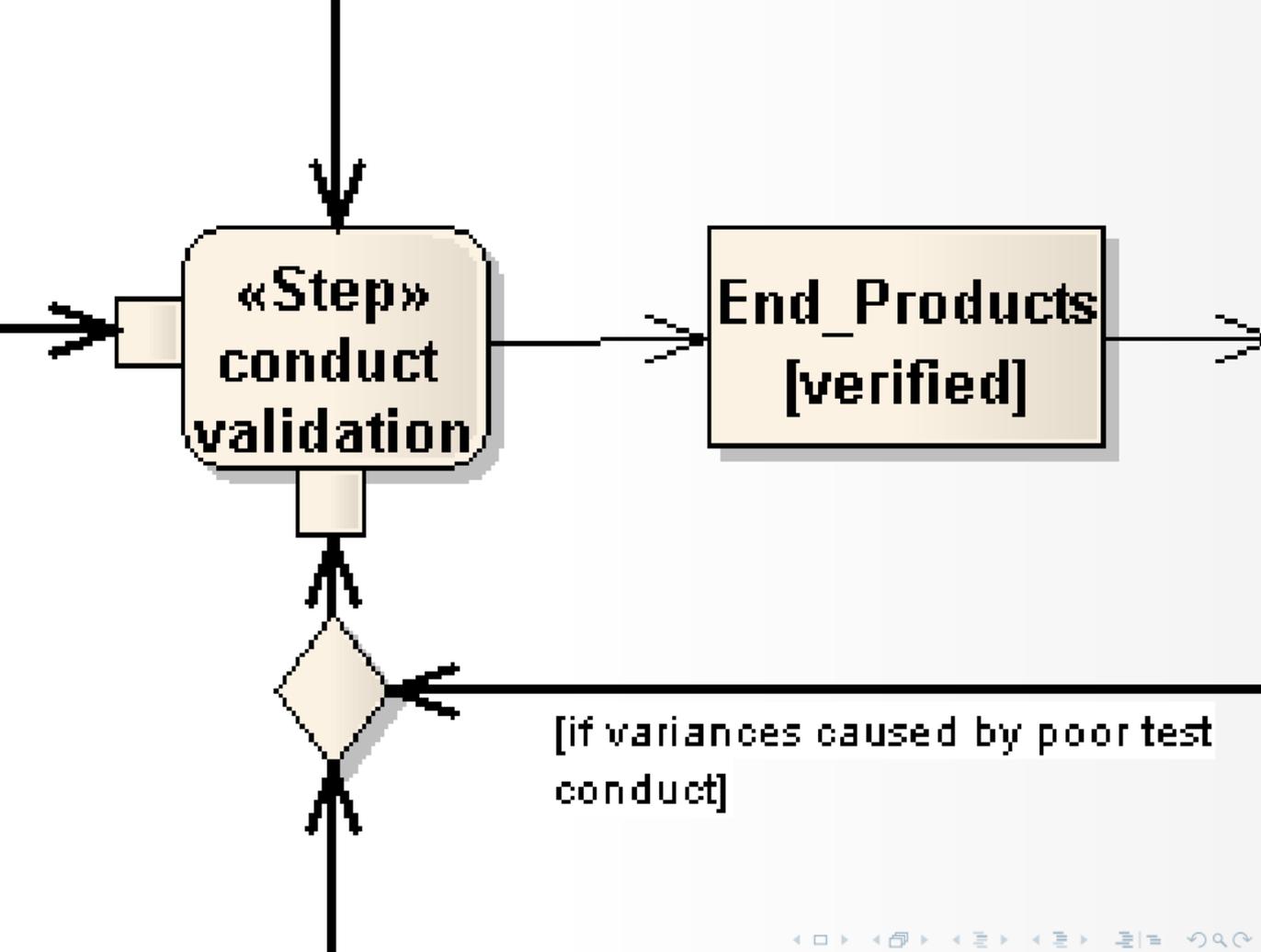


Action2 :
Solution
definition
Process

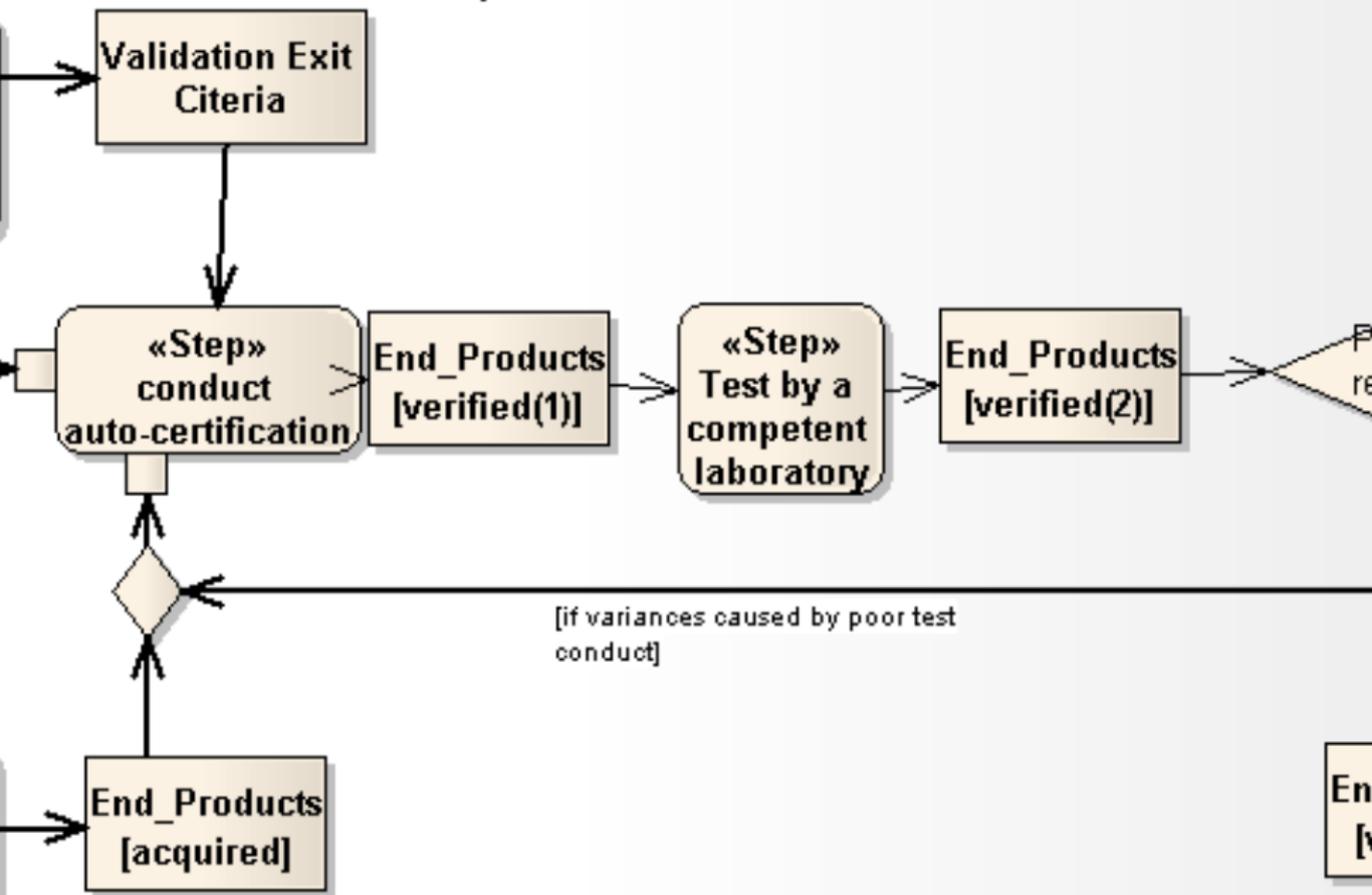
Specified_Requirements

Design_Solution

«centralB...
building_block



R33 End products validations



Bibliographie I

-  James N. Martin.
Overview of the EIA 632 Standard – Processes for Engineering a System
1998.
-  Electronic Industries Alliance.
EIA-632 – Processes for Engineering a System.
January 1999.
-  AFIS (Association Française d'Ingénierie Système).
Pratiques et outils de l'Ingénierie Système
15 Septembre 2004.



Hugues Malgouyres.

Définition et détection automatique des incohérences structurelles et comportementales des modèles UML – Couplage des techniques de métamodélisation et de vérification basée sur la programmation logique.

Thèse de doctorat, LESIA, INSA de Toulouse, 28 novembre 2006.