

Démarche d'Ingénierie Système pour les systèmes de management

Application à l'ingénierie d'un processus de conception et développement

Jean-Yves BRON^{1,2} et Bruno SALZEMANN¹

¹Pôle AIP-Priméca Lorraine

²Centre de Recherche en Automatique de Nancy, CNRS UMR 7039

Université de Lorraine, UL

Nancy, France

{jean-yves.bron, bruno.salzemann}@univ-lorraine.fr

Résumé¹— Le pôle AIP-PRIMECA Lorraine est un centre de ressources de l'Université de Lorraine, il met à disposition des filières de formation des plateformes à caractères industriels. Dans cette publication, nous proposons une démarche d'ingénierie d'un processus de son système de management. L'originalité de notre contribution repose principalement sur l'usage de méthodologies issues de l'Ingénierie des Systèmes Complexes pour la conception d'un processus d'un système de management. Ce dernier étant lui même un processus de conception et développement, nous nous appuyons sur un référentiel de l'ingénierie des systèmes dédié aux Très Petits Organismes. En conclusion, nous montrons comment notre démarche peut être transposée à un usage pédagogique (projet, stage, étude de cas ...) mais aussi à de nombreuses structures de type « Très Petits Organismes ».

Mots-clés—Système de management; processus; ingénierie de systèmes; ISO29110; ISO9001; SysML.

I. INTRODUCTION

Le pôle AIP-PRIMECA Lorraine [18] est un centre de ressources de l'Université de Lorraine dont le rôle est de dynamiser la formation dans les domaines de la Conception Intégrée en Mécanique et de la Productique en mettant à disposition des filières de formation des plateformes à caractères industriels. Il est certifié ISO 9001 depuis 2005.

En cohérence avec les évolutions de l'ISO 9001 dans sa version 2015 [11] et en particulier lors d'une analyse des risques portant sur le processus de conception et développement de nos plateformes, une remise en cause de sa structure a été décidée (cf. Fig. 1.) en revue de direction.

Depuis plusieurs années, le pôle et certaines de ses filières utilisatrices ont développé de nombreuses compétences en Ingénierie de Systèmes :

- Ingénierie du besoin et des exigences ;

- Approche d'ingénierie système basée sur les modèles (Model-Based Systems Engineering) ;
- Gestion de projet d'Ingénierie Système ;
- Maîtrise des informations ;
- Modélisation SysML ;
- ...

Dans un rôle d'exemplarité pour les étudiants et les professionnels qui utilisent nos ressources, au-delà de la définition de notre propre processus nous avons cherché à intégrer l'ensemble de ces compétences dans une approche qui se veut rester pragmatique et adaptée à la taille d'un service comptant sept personnes. Engagé dans une démarche de management intégré, le pôle de part son contexte universitaire cherche à exploiter au mieux les référentiels existants [13].

La modélisation des processus dans les organisations, au sens de l'ISO 9001, relève souvent de savoir-faire spécifiques comme ceux des consultants du domaine [17], même s'il est toujours possible de s'appuyer sur des préconisations comme celle de l'AFNOR [1], [2] ou sur des référentiels sectoriels [3]. Par ailleurs, les nombreux résultats des travaux menés en recherche dans les domaines de l'informatique sont des sources incontournables, que cela soit au travers des langages de modélisation comme le BPMN [16] ou des cadres de références comme Zachman [19], CMMI [6], DoDAF [7], MoDAF [15], etc. Aujourd'hui encore, la dynamique dans ce domaine reste importante [4], [5]. Pour autant, la mise en œuvre reste délicate en particulier dans les petites structures qui ont besoin d'avoir un outil bien adapté à leurs besoins et efficient rapidement.

Dans la suite de cet article, nous montrons comment la réflexion a été menée à partir d'une analyse des risques jusqu'à la définition d'un nouveau processus, en passant par la définition d'objectifs et d'exigences. Notre démarche d'ingénierie s'appuie sur des démarches d'ingénierie de systèmes proposées pour les Très Petites Organisations. Nous utilisons ici le formalisme BPMN avec l'atelier de modélisation MEGA [14].

Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, CPI 2015, 2-4

Décembre 2015, Tanger - Maroc.

Xth International Conference on Integrated Design and Production, CPI 2015, December 2-4, 2015, Tangier - Morocco.

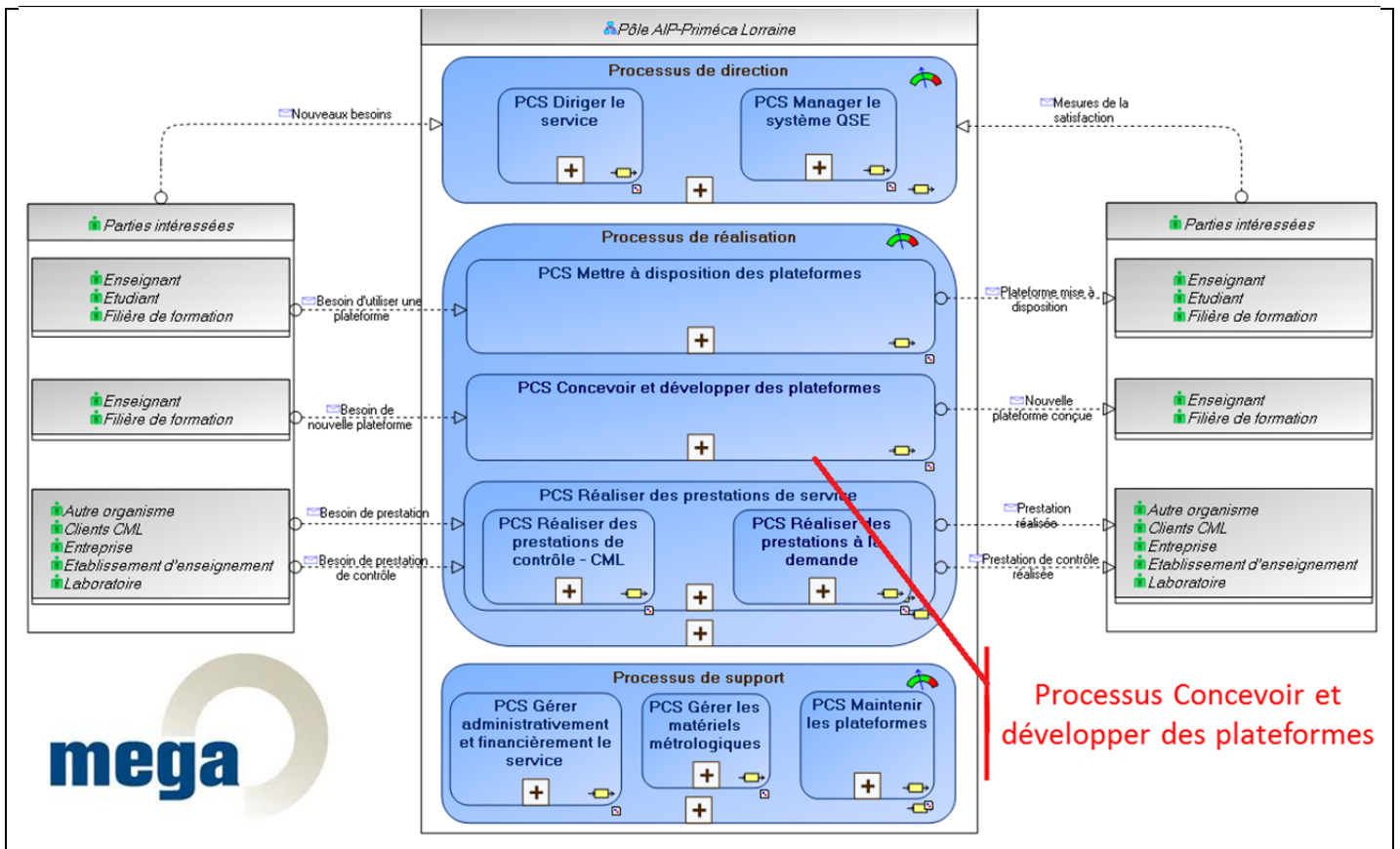


Fig. 1. Cartographie des processus du pôle AIP-Priméca Lorraine (www.aip-priméca.net/aip1)

II. DÉFINITION DES BESOINS

Fin 2014, en accord avec les évolutions de l'ISO 9001 prévues en 2015, nous avons mené une analyse des risques pour chacun de nos processus. La figure 2 en est un extrait concernant notre processus « PCS Concevoir ... », on y voit deux risques identifiés et trois facteurs de risques associés. En effet, le processus est jugé perfectible, car même si les résultats sont toujours acceptés et les coûts respectés, il est très difficile de tenir les délais au regard des besoins qui évoluent souvent durant le projet.

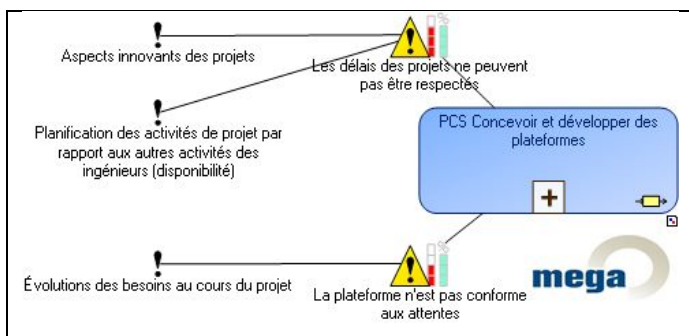


Fig. 2. Extrait de l'analyse des risques du processus « PCS Concevoir ... »

Dans ces conditions, un désengagement des uns et des autres était ressenti. La figure 3 met ceci en évidence par la mise en place d'un projet d'évolution de notre processus pour

résoudre ce problème. En ingénierie Système, le « système » projet est souvent nommé « système pour faire ».

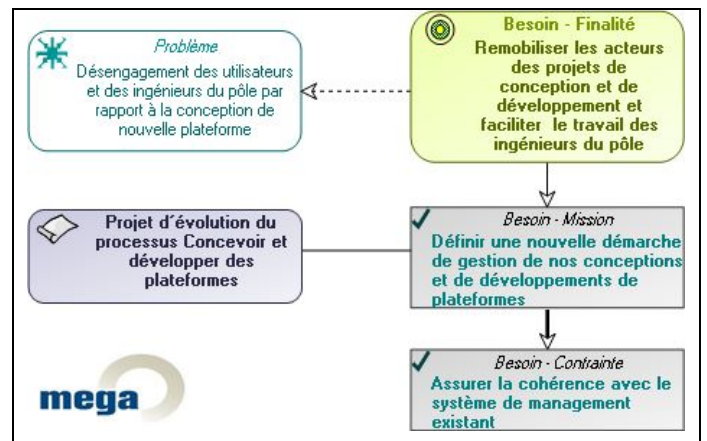


Fig. 3. Extrait de l'analyse du projet : problème à résoudre, ...

Le nouveau processus, en IS le système à faire, peut alors être caractérisé comme le montre la figure 4. En particulier sa mission est définie (le quoi ?) et sa finalité (le pourquoi ?).

Dans cette phase de définition des besoins, différentes étapes sont réalisées, elles sont de la responsabilité du management, dans son rôle de maîtrise d'ouvrage vis à vis du projet. Elles ne sont pas détaillées ici, pour se concentrer sur les

phases de conception et de réalisation du système, pour autant on y retrouve :

- L'identification des parties prenantes de ce processus (utilisateurs des plateformes, ingénieurs du pôle, direction du pôle, ...);

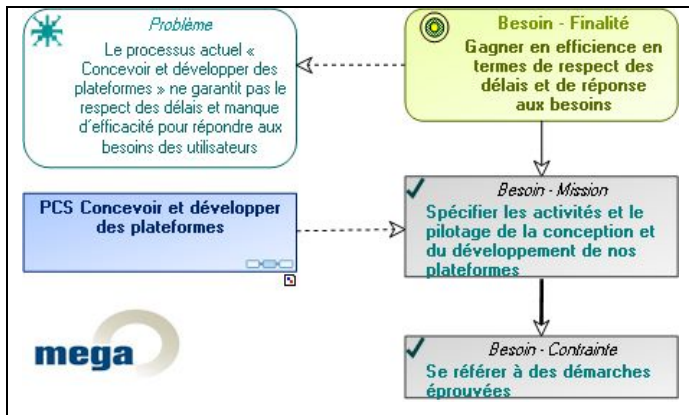


Fig. 4. Extrait de l'analyse du processus visé : problème à résoudre, ...

- L'identification des principales activités comme par exemple :
 - Gérer le projet : Planifier le projet - Contrôler le projet - Manager l'information ;
 - Réaliser le système : Définir le besoin - Analyser les exigences - Concevoir le système - Développer le système et Valider le système.
- Leurs descriptions, qui peuvent être faites textuellement en décomposant et spécifiant chaque tâche majeure (qui, quoi, quand, comment, ...).

Ceci permet de spécifier les besoins en faisant apparaître outre les besoins de service attendu déduits de ces activités, des besoins opérationnels, d'interface, de performance ou de contrainte. La figure.5 en donne un extrait à titre d'exemple.

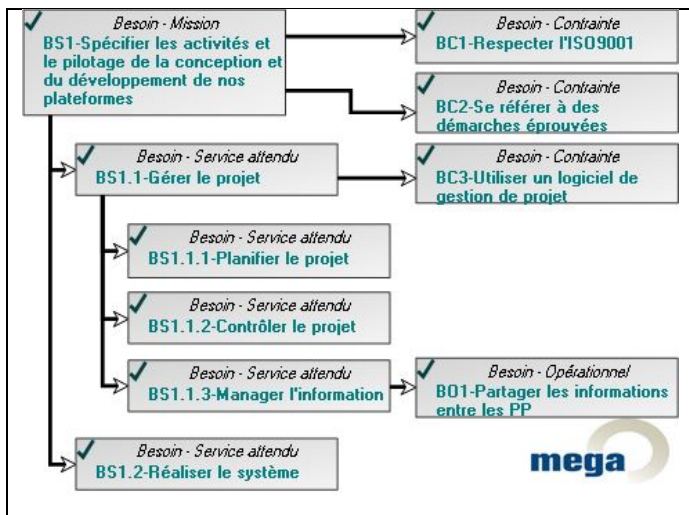


Fig. 5. Extrait de la définition des besoins

Cette expression du besoin une fois vérifiée par l'équipe projet puis validée par les parties prenantes est le point de départ de l'ingénierie de notre processus.

III. ANALYSE DES EXIGENCES

La première phase de cette analyse consiste à s'approprier les besoins exprimés en reprenant l'ensemble des éléments fournis : problème, finalité et mission - parties prenantes - cas d'utilisation - différents types de besoin. Ensuite, l'équipe projet peut, sur la base de son expertise et de sa compréhension du problème, définir des concepts systèmes opérationnels ou d'architecture tout en restant autant que faire ce peu dans le domaine du problème et non de la solution. La figure 6 en propose un extrait.

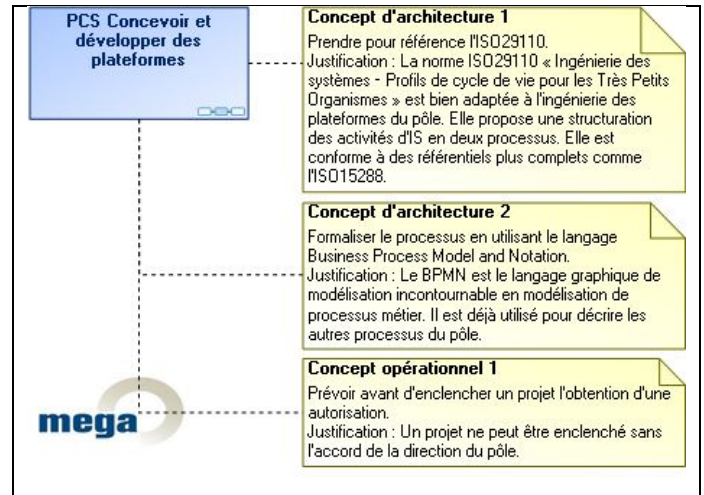


Fig. 6. Extrait de la définition des concepts systèmes

La norme ISO 29110 [12] propose un référentiel d'ingénierie des systèmes adapté aux Très Petites Organisations : entreprise, organisation, département, service ou projet mobilisant jusqu'à 25 personnes. Elle est déclinée de l'ISO 15288 [10]. Elle est orientée vers le management des activités d'IS, sans être aussi détaillée que d'autres référentiels comme EIA 632 [8] ou IEEE 1220[9]. Elle préconise de s'appuyer sur deux processus principaux comme le montre la figure 7, l'un pour assurer la gestion du projet, l'autre pour concevoir et réaliser le système/produit en réponse aux besoins.

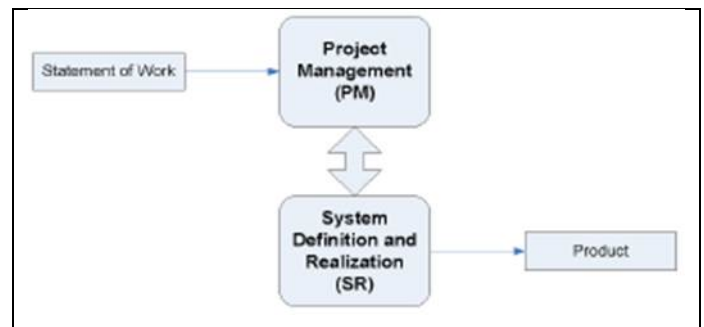


Fig. 7. Processus de l'ISO 29110

Dans notre cas, l'application des concepts systèmes précédents nous amène à une proposition basée sur trois sous-processus comme le montre la figure 8. Le fait de s'appuyer sur

un référentiel qui décrit chacune des activités du processus en termes de données d'entrée, tâches élémentaires, données de sortie et acteurs, permet de s'affranchir d'une spécification avancée à ce niveau.

Néanmoins, la norme permet rapidement d'obtenir les interactions de chaque processus. La figure 9 en montre un extrait pour le processus « Gérer le projet ».

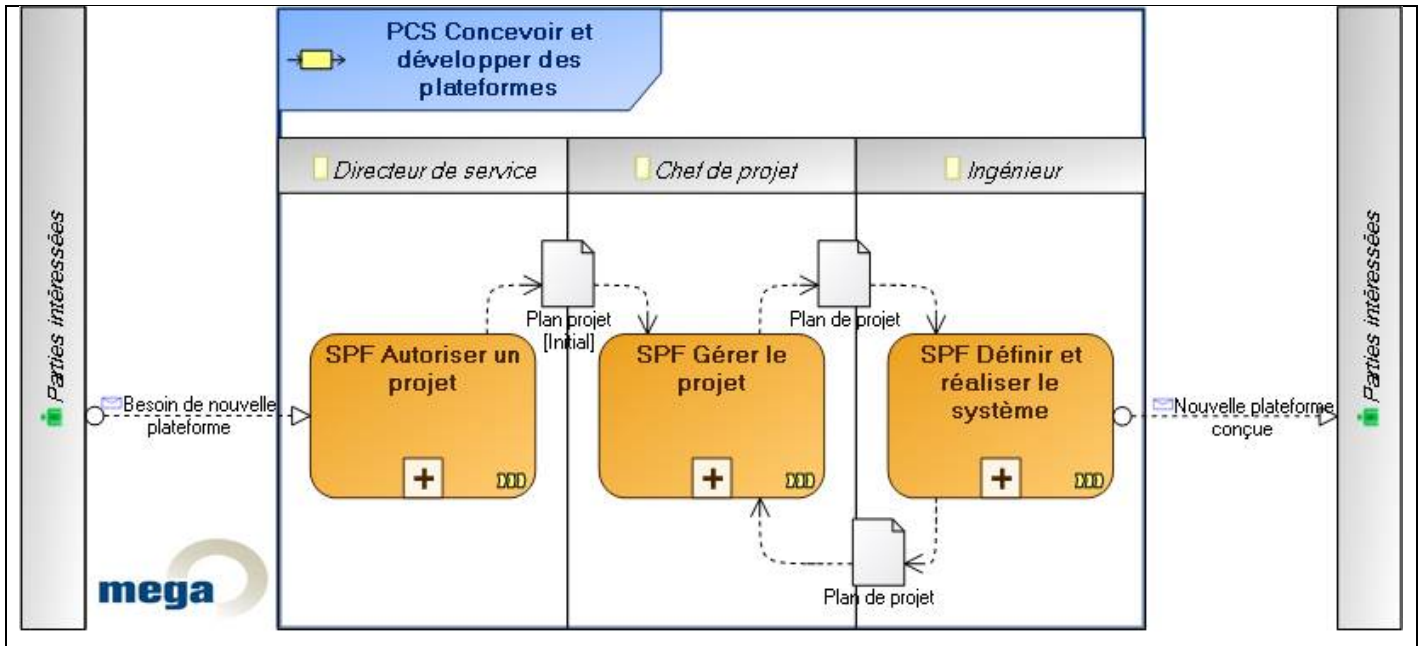


Fig. 8. Décomposition du processus « PCS Concevoir ... »

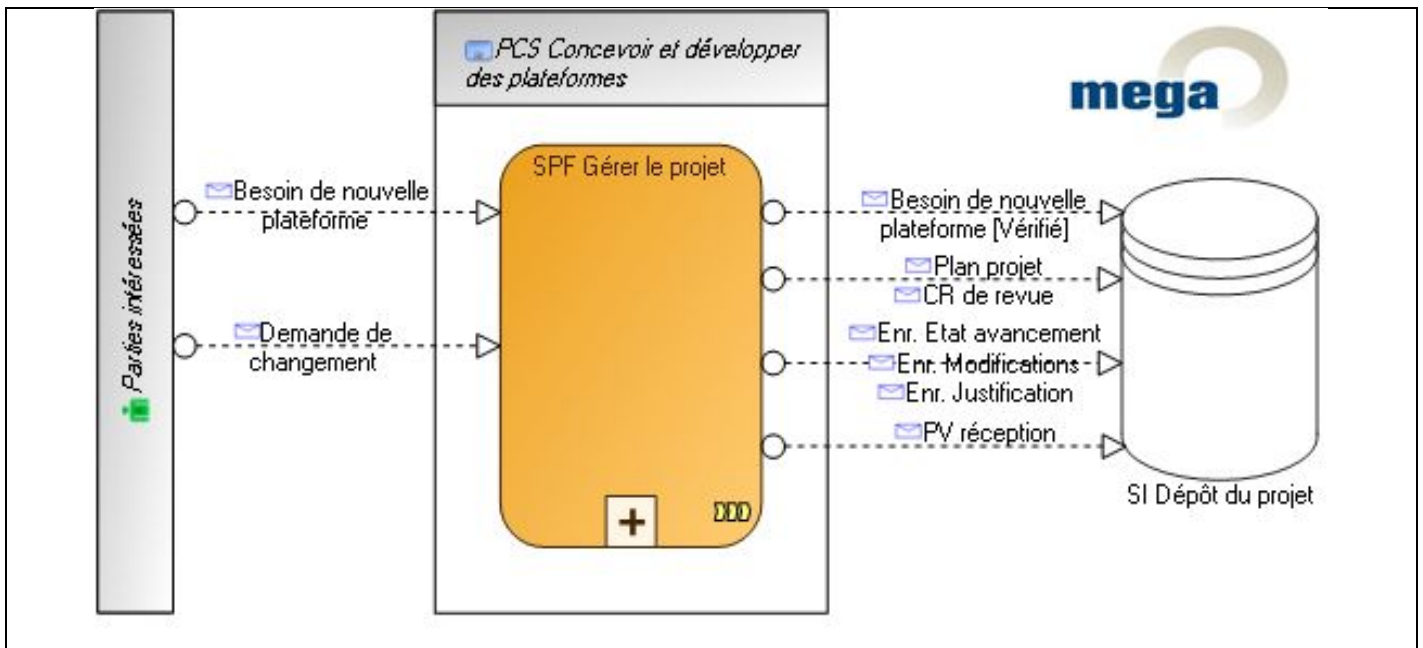


Fig. 9. Extrait du processus de Gestion de projet avec ses interactions

L'ensemble des spécifications précédentes permettent d'analyser et de spécifier les exigences que doit satisfaire le processus de conception (Cf. Fig. 10.).

L'analyse d'autres phases de vie comme la conception permet de compléter ces exigences. Par exemple, pour répondre au besoin exprimé de cohérence avec le système de

management existant, des exigences « Formaliser avec l'outil MEGA » et « Utiliser le SGDT Advitium » sont précisées.

Cette spécification peut alors être vérifiée, une matrice de traçabilité Besoins / Exigences peut faciliter ce travail. La figure 11 en est un exemple.

IV. CONCEPTION DE L'ARCHITECTURE

L'étape suivante consiste à réaliser l'analyse fonctionnelle de notre processus. Ce travail est grandement facilité par la prise en compte de l'ISO 29110. Néanmoins il est nécessaire de se l'approprier pour converger avec les usages de notre organisation. Dans notre cas, il s'agit de modéliser le déroulement de chacun des trois sous-processus jusqu'à l'obtention d'un consensus de l'ensemble des concepteurs du pôle. Si nécessaire, des compromis doivent être trouvés pour répondre au mieux aux exigences. Cette modélisation fait clairement apparaître : les activités, les responsabilités, le séquençement, les interactions et les données comme le formalise la figure 12. On peut déjà noter la richesse de la modélisation en particulier au regard des flux d'information dont l'apport est fondamental pour le bon usage de ses modèles par les utilisateurs. Chaque activité peut être documentée comme le propose la figure 13 afin de décrire plus finement les tâches à accomplir. On aurait pu aussi aller plus loin dans la formalisation en transformant l'activité en sous-processus pour la décrire en BPMN. Mais ce niveau de détail n'est pas toujours justifiable et dans notre cas est reporté au niveau de la structuration des documents échangés (cf. §V). La traçabilité

avec les exigences doit être assurée pour permettre la vérification de l'architecture proposée : pas de manque ni de surenchère (Cf. Fig. 16.).

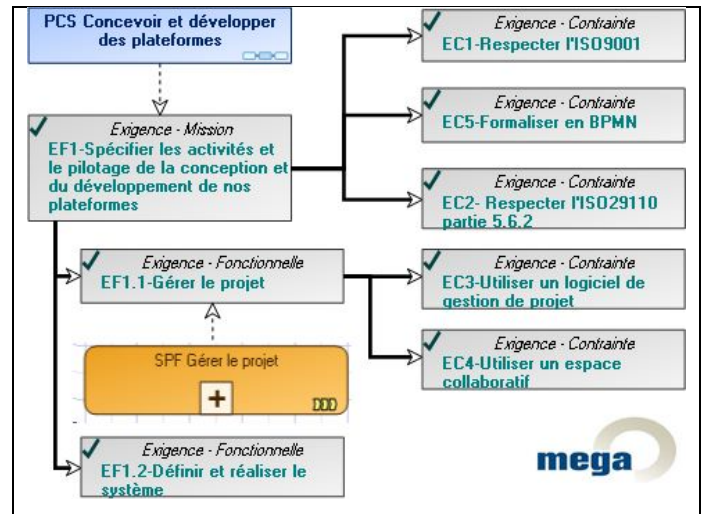


Fig. 10. Extrait de l'analyse des exigences


		Matrice Exigences / Besoins						
	Assurer la cohérence avec le système de management existant	BC1-Respecter l'ISO9001	BC2-Se référer à des démarches éprouvées	BC3-Utiliser un logiciel de gestion de projet	BO1-Partager les informations entre les PP	BS1-Spécifier les activités et le pilotage de la conception et du développement	BS1.1-Gérer le projet	
EC1-Respecter l'ISO9001	X	X						
EC2-Respecter l'ISO29110 partie 5.6.2			X					
EC3-Utiliser un logiciel de gestion de projet				X				
EC4-Utiliser un espace collaboratif					X			
EC5-Formaliser en BPMN	X							
EF1-Spécifier les activités et le pilotage de la conception et du développement de nos p						X		
EF1.1-Gérer le projet							X	

Fig. 11. Extrait d'une matrice de traçabilité Besoins / Exigences

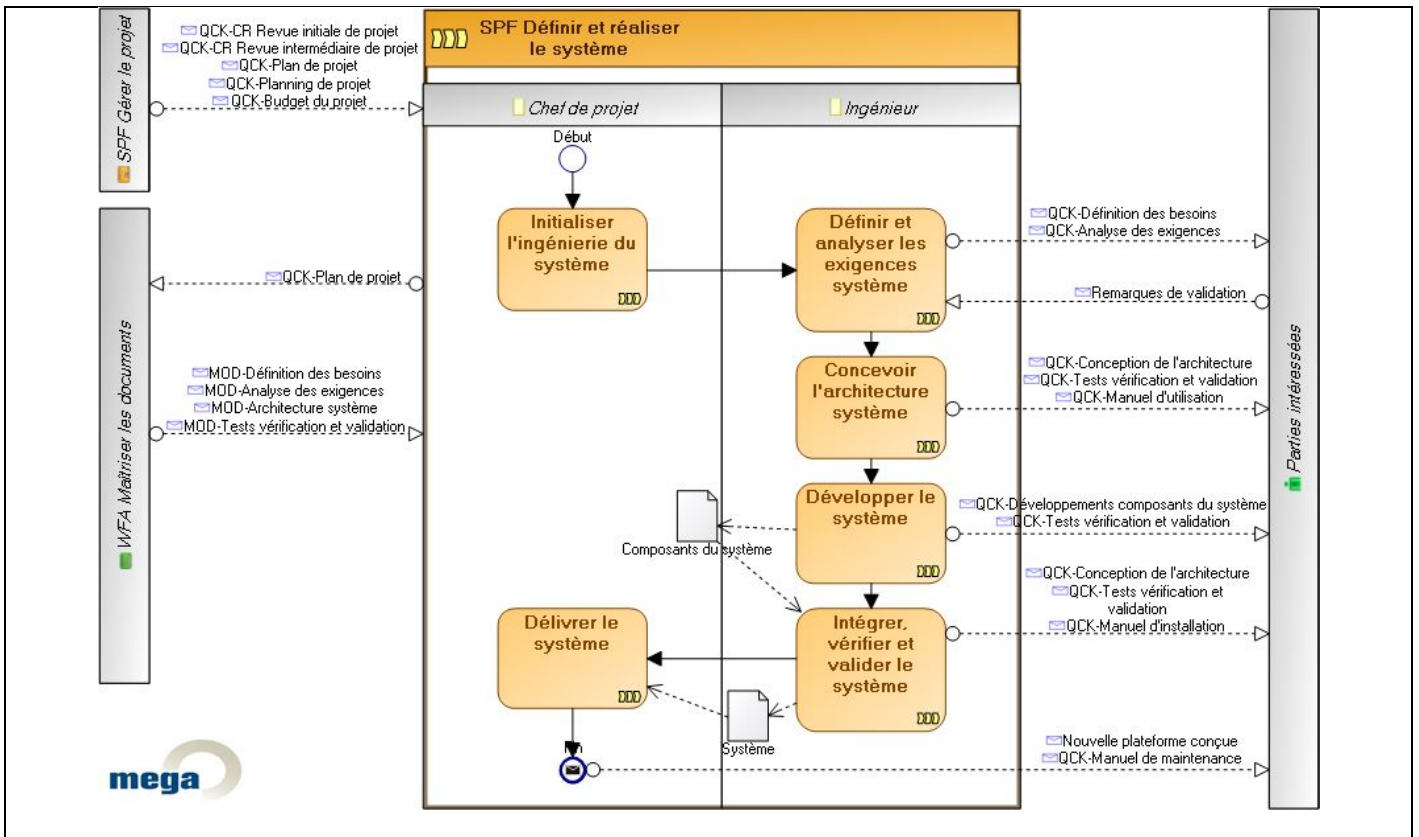


Fig. 12. Extrait de la formalisation du sous-processus « Définir et réaliser le système »

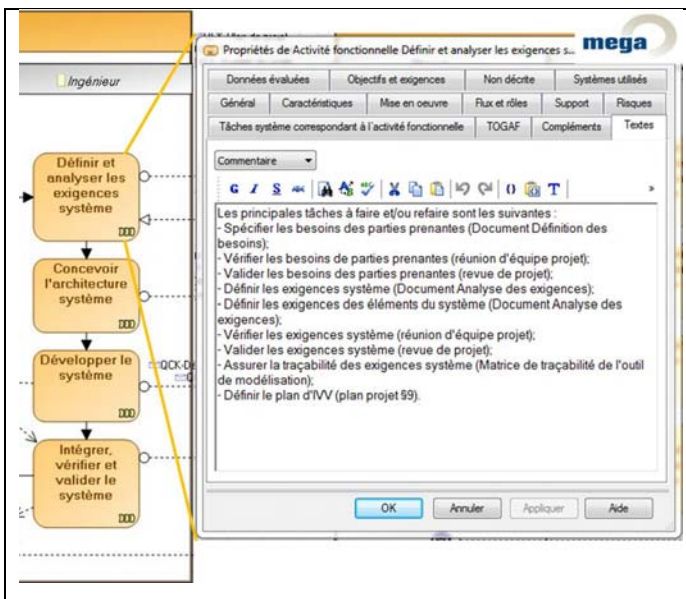


Fig. 13. Extrait d'une activité documentée

L'architecture physique à mettre en place doit permettre de supporter l'architecture fonctionnelle (-allocation-) et doit aussi faire consensus entre les exigences (y compris d'interopérabilité) et les usages internes à l'organisation. L'expertise des acteurs du projet et leurs retours d'expérience permettent de converger vers une solution en s'appuyant

largement sur la structure du Système de Management déjà en place (cf. Fig. 14.).

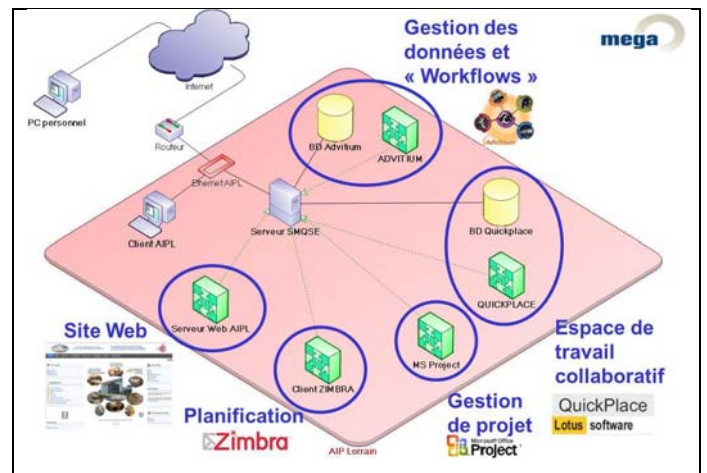


Fig. 14. Extrait de l'architecture physique du système de management

Les principaux éléments d'architecture retenus sont :

- Le système Advitium qui permet de supporter le workflow associé aux processus (cf. Fig. 15.) ;
- L'application MSProject pour supporter la planification et le suivi des projets ;
- Le site web du pôle qui diffuse l'ensemble des processus modélisés ;

- L'espace collaboratif Quickplace qui permet de supporter l'ensemble des documents et enregistrements nécessaires aux processus.

Comme pour les exigences, les spécifications d'architecture doivent être vérifiées, des matrices de traçabilité peuvent à nouveau faciliter ce travail (cf. Fig. 16. et 17.).

Relativement à ce dernier, le projet a permis de mettre en évidence sa future obsolescence. Son utilisation est donc transitoire, une étude supplémentaire permettra de le remplacer.

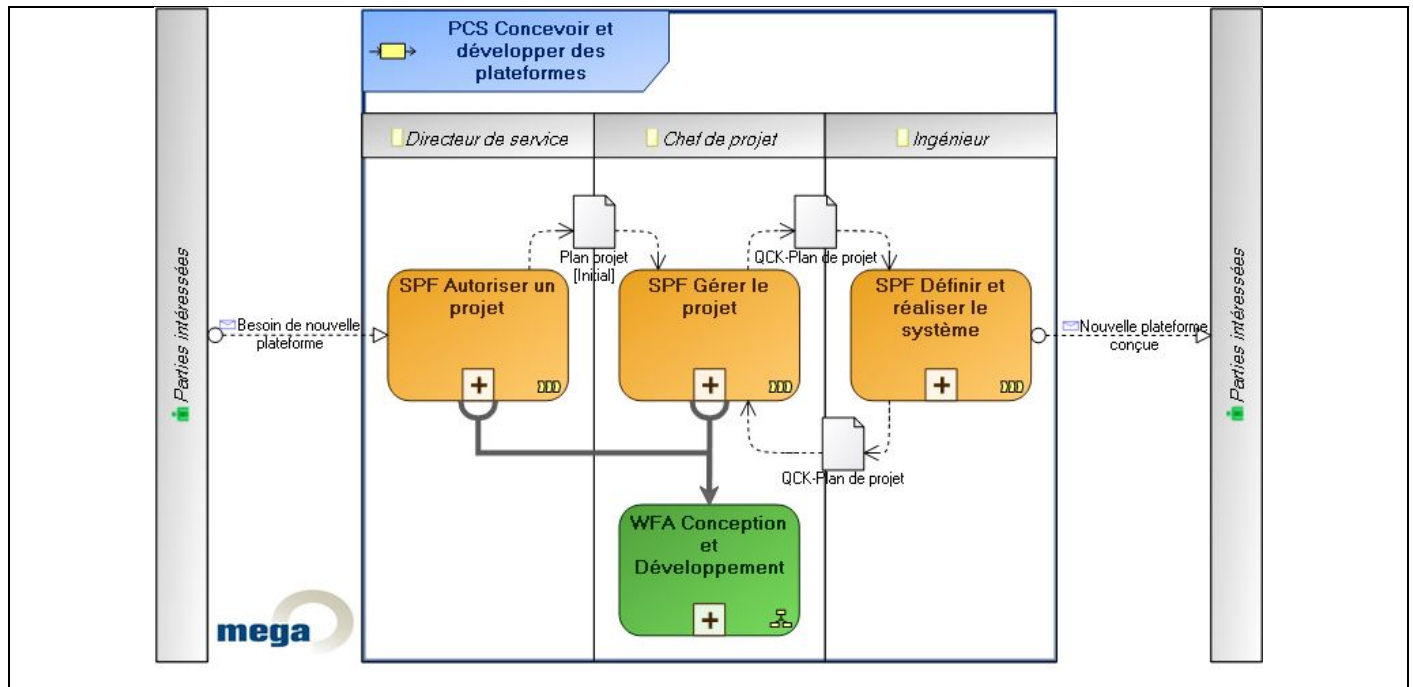


Fig. 15. Décomposition du processus avec un workflow (WFA ...) en support


 Matrice Exigences / Sous-Processus			
	SPF Autoriser un projet	SPF Définir et réaliser le système	SPF Gérer le projet
EC1-Respecter l'ISO9001			
EC2-Respecter l'ISO29110 partie 5.6.2			
EC3-Utiliser un logiciel de gestion de projet			
EC4-Utiliser un espace collaboratif			
EC5-Formaliser en BPMN			
EF1-Spécifier les activités et le pilotage de la conception et du développement de nos pl	X	X	X
EF1.1-Gérer le projet			X
EF1.2-Définir et réaliser le système		X	

Fig. 16. Extrait d'une matrice de traçabilité Exigences / Sous-Processus


		ADVTIUM	MSPProject	Quickplace	Serveur Web AIPL
Matrice Exigences / Applications					
EC1-Respecter l'ISO9001					
EC2-Respecter l'ISO29110 partie 5.6.2					
EC3-Utiliser un logiciel de gestion de projet			X		
EC4-Utiliser un espace collaboratif				X	
EC5-Formaliser en BPMN					
EF1-Spécifier les activités et le pilotage de la conception et du développement de nos pl					
EF1.1-Gérer le projet					
EF1.2-Définir et réaliser le système					

Fig. 17. Extrait d'une matrice de traçabilité Exigences / Applications

Lorsque l'architecture est approuvée, un plan d'intégration doit être défini pour spécifier de quelle façon le processus va être Intégré (stratégie de déploiement, aspects temporels, ...), Vérifié et Validé en lien avec d'éventuelles exigences de validation (audit interne, audit de certification, ...).

V. RÉALISATION, VÉRIFICATION ET VALIDATION

La phase de réalisation consiste à passer de l'architecture à un processus opérationnel. Les principales actions réalisées dans cette phase sont les suivantes :

- Raffinement des modèles des processus ;

- Structuration du contenu des documents du processus Gérer le projet : « Plan projet », « CR de revue », ... au travers de modèles de document (cf. Fig. 18.) ;
- Structuration du contenu des documents du processus Définir et réaliser le système : « Définition des besoins », « Analyse des exigences », ... au travers de modèles de document (cf. Fig. 19.) ;
- Structuration des plannings MSPProject : « Planning de projet type », « Planning des ressources », ... ;
- Structuration de l'espace collaboratif sur la base d'un espace projet type servant de modèle ;
- Développement du workflow sous Advitium.

TABLE DES MATIÈRES			
1. ÉTAT D'AVANCEMENT DU PROJET			
1.1. SUIVI DES DÉCISIONS.....			
1.2. ANALYSE DU PROJET.....			
2. DÉCISIONS PRISES.....			
3. ECARTS			
4. POINTS IMPORTANTS NÉCESSITANT D'ÊTRE CAPITALISÉS.....			
1.1. Suivi des décisions (depuis la N°1)			
<i>Coller ici une copie de l'état d'avancement des décisions dans le fichier Excel de suivi).</i>			
N° Décision D ou DI	Libellé de la décision État d'avancement : Soldée – En cours – En retard - Abandonnée	Responsable	Pour le
D1	Favoriser ici une phrase avec un verbe d'action à l'infinif.	X	25/12/15
D2	Favoriser ici une phrase avec un verbe d'action à l'infinif.	Y	26/12/15
D3	Favoriser ici une phrase avec un verbe d'action à l'infinif.	X	27/12/15
D4	Favoriser ici une phrase avec un verbe d'action à l'infinif.	Z	28/12/15

Fig. 18. Extraits du modèle de document « CR de revue »

Table des matières	Table des matières
1 Introduction	1 Introduction.....
1.1 Objet	1.1 Objet.....
1.2 Documents de référence.....	1.2 Documents de référence
1.3 Terminologie	1.3 Terminologie
2 Définition de la mission principale du système	2 Définition de la mission principale du système.....
3 Définition du contexte du système	3 Définition du contexte du système.....
3.1 Phases de vie	3.1 Phases de vie.....
3.2 Contexte des phases de vie	3.2 Contexte des phases de vie
4 Services attendus du système.....	4 Définition des concepts système
4.1 Identification des services attendus	5 Définition des missions du système
4.2 Description des scénarios.....	5.1 Identification des missions du système.....
4.2.1 Scénario <service attendu 1>	5.2 Description des missions du système.....
4.3 Contraintes générales	6 Définition des exigences système.....
5 Liste des besoins des parties prenantes	6.1 Identification des exigences fonctionnelles
	6.2 Caractérisation des exigences fonctionnelles...
	6.3 Exigences de contrainte
	6.4 Exigences de validation.....
	7 Liste des exigences système
	8 Traçabilité des exigences système.....

Fig. 19. Extraits des modèles de document « Définition des besoins » et « Analyse des exigences »

Les documents du processus « Définir et réaliser le système », au-delà d'apporter une rigueur par leur structuration, sont aussi le lien avec les démarches de conception et développement que le pôle a associées. Pour exemple, dans le document « Définition des besoins » à chaque paragraphe est indiqué la possibilité d'utiliser des artefacts de modélisation, comme :

- §2 Définition de la mission principale du système :
 - Peut être rédigé à partir d'un diagramme d'exigences SysML ;
- §3.2 Contexte des phases de vie :
 - Peut être rédigé à partir de diagrammes de définition de bloc SysML ;
- §4 Services attendus du système:
 - Peut être rédigé à partir de diagrammes de cas d'utilisation SysML.

Des modes opératoires complémentaires sont disponibles pour décrire ces démarches. Ils sont issus de travaux de l'équipe pédagogique du Master Ingénierie des Systèmes Complexes de l'Université de Lorraine ou d'éditeurs de

logiciel. Ils sont essentiellement basés sur l'usage de SysML et de l'ingénierie système dirigée par les modèles (MBSE).

Chaque élément du processus ainsi défini doit être vérifié relativement aux exigences qui s'y appliquent. Après la correction d'éventuels défauts, la phase d'intégration de ces éléments peut être menée conformément au plan d'intégration. En particulier, la cohérence de l'ensemble et les interfaces des différents éléments doivent être vérifiés.

La satisfaction de l'ensemble des exigences est ensuite vérifiée avant de pouvoir valider le système vis-à-vis des besoins. Cette validation doit être réalisée dans l'usage, ce qui dans notre cas, consiste à éprouver le processus lors de la conception et le développement d'une nouvelle plateforme. Des corrections et des ajustements sont ensuite apportés si nécessaire pour obtenir la « meilleure efficacité possible » de notre processus vis-à-vis des risques à l'origine du projet.

Dans un système certifié ISO 9001 comme le nôtre, l'audit de certification permettra aussi de valider le respect des exigences de ce référentiel.

VI. CONCLUSION

L'originalité de notre contribution repose principalement sur l'usage de méthodologies issues de l'Ingénierie des

Systèmes Complexes pour la conception d'un processus d'un système de management. La démarche que nous proposons peut paraître quelque peu compliquée. Néanmoins, pour un processus de conception souvent problématique et complexe, elle peut s'avérer très efficace en apportant une grande rigueur. Il en serait de même au niveau de l'étude d'un système complet de management par les processus. La démarche se doit aussi d'être outillée, comme ici avec le logiciel MEGA, pour gagner en simplicité et efficacité.

La mise place de tout ou partie d'un système de management relève d'un projet de conception interne à une organisation, certes le système considéré n'est pas un système industriel, néanmoins nous pensons que notre proposition valide la pertinence de l'utilisation des bonnes pratiques issues de l'ingénierie des systèmes. Ceci doit permettre en outre d'impliquer l'ensemble du personnel dans la démarche, ce qui lors de la conception des systèmes de management est essentiel pour en garantir le succès.

Nous utilisons la norme ISO 29110 « Ingénierie des systèmes – Profils de cycle de vie pour les Très Petits Organismes » à la fois comme cadre de référence pour structurer notre processus d'un point de vue principalement fonctionnel mais aussi pour mener à bien la conception et le développement de notre processus. Les deux aspects complémentaires que sont la gestion de projet et l'ingénierie sont traités. Notre démarche met aussi en évidence les livrables du processus et intègre son outillage basé sur l'utilisation structurée du langage SysML.

Ce processus est aussi déployé, au moins en partie, au sein du Master Ingénierie des Systèmes Complexes de l'Université de Lorraine pour piloter les projets de première et deuxième années : respect de l'ISO 29110, documents types, SysML et MBSE, gestion de projet et espace collaboratif. Les étudiants transposent aussi souvent cette démarche lors de leur stage en entreprise.

Par cette contribution, nous montrons que l'utilisation d'un cadre de référence comme l'ISO 29110 peut être considéré comme un guide pour la construction et le pilotage d'activités de conception et de développement au sein des « Très Petits Organismes ». L'efficacité du processus doit alors pouvoir favoriser l'innovation et donc la croissance et la compétitivité.

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements vont à l'équipe du pôle AIP-Priméca Lorraine de Nancy : Catherine, Eric, Géraldine, Olivier M. et Olivier N. pour leur participation active à la dynamique de notre système de management et à la qualité du service rendu à nos utilisateurs.

REFERENCES

- [1] AFNOR, FD X 50-176 Management des processus, Octobre 2005.
- [2] AFNOR, FD X 50-819 Lignes directrices pour mettre en synergie Lean Management et ISO 9001, Juillet 2011.
- [3] AFNOR, NF X 50-553 Management des activités de recherche, Juillet 2014.
- [4] Association INFORSID, Groupe Ingénierie des SI et des méthodes : Modélisation, Abstraction et Réutilisation, inforsid.fr.
- [5] Association OMG, Object Management Group, www.omg.org.
- [6] CMMI Institute, CMMI Capability Maturity Model + Integration, cmmiinstitute.com.
- [7] US Department, DoDAF Department of Defense Architecture Framework, dodcio.defense.gov.
- [8] EIA, EIA 632 Processes for Engineering a System, Septembre 2003
- [9] IEEE, IEEE 1220, Application and management of the systems engineering process, Janvier 2005
- [10] ISO, ISO 15288 Ingénierie des systèmes et du logiciel - Processus du cycle de vie du système, Mai 2015.
- [11] ISO, ISO 9001 Systèmes de management de la qualité – Exigences, Octobre 2015.
- [12] ISO, ISO TR 29110-5-6-2 Ingénierie des systèmes et du logiciel - Profils de cycle de vie pour très petits organismes (TPO) - Partie 5-6-2 ingénierie des systèmes, Août 2014.
- [13] J.-Y. Bron, B. Salzemann, O. Nartz, De la modélisation des processus à la mise en œuvre d'un Workflow - Application à l'instrumentation d'un système qualité certifié, hal-00202689, CPI'2007, Octobre 2007
- [14] MEGA International, MEGA Process BPMN, www.mega.com.
- [15] UK Ministry, MoDAF Ministry of Defense Architecture Framework, www.gov.uk.
- [16] OMG BPMN groupe, Business Process Model and Notation Version 2.0, www.bpmn.org, Janvier 2011.
- [17] P. Briol, Bpms - L'automatisation des processus métiers, ISBN:978-1326021573, Octobre 2014.
- [18] Pôle AIP-Priméca Lorraine, Université de Lorraine, www.aip-priméca.net/aip.
- [19] Zachman International, Cadre Zachman d'architecture d'entreprise, www.zachman.com.