

Interopérabilité et système d'information. Aide à la conception de système d'information interorganisationnel à partir de processus collaboratifs

Jihed Touzi, Frederick Benaben, Hervé Pingaud

▶ **To cite this version:**

Jihed Touzi, Frederick Benaben, Hervé Pingaud. Interopérabilité et système d'information. Aide à la conception de système d'information interorganisationnel à partir de processus collaboratifs. Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série ISI : Ingénierie des Systèmes d'Information, 2006, 11 (3), pp.31 - 52. 10.3166/isi.11.3.31-52 . hal-01787077

HAL Id: hal-01787077
https://hal.science/hal-01787077

Submitted on 7 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Interopérabilité et système d'information

Aide à la conception de système d'information interorganisationnel à partir de processus collaboratifs

Jihed Touzi — Frédérick Bénaben — Hervé Pingaud

Ecole des mines d'Albi-Carmaux
Centre de Génie Industriel
Campus Jarlard, Route de Teillet
F-81013 Albi cedex 09

{jihed.touzi, frédérick.bénaben, hervé.pingaud}@enstimac.fr

RÉSUMÉ. *Cet article s'articule autour de deux parties. La première considère que l'interopérabilité des entreprises passe par celle de leurs systèmes d'information et projette cette notion d'interopérabilité sur le concept même de système d'information. Cette opération permet de positionner ce type de partenariat non pas comme une problématique d'interaction directe entre SI, mais plutôt au niveau de la mise en place d'un système d'information intermédiaire (support des composants de cette interopérabilité : conversion de données, gestion des applications et pilotage des processus). La seconde partie s'intéresse à la conception d'un tel système d'information collaboratif et décompose la démarche proposée selon ses projections logique, puis physique. Les pratiques proposées s'apparentent à l'approche MDA et permettent d'anticiper sur l'outillage d'un atelier de conception.*

ABSTRACT. *This article is based on two main parts. The first one assumes that enterprises' interoperability needs partners' information systems interoperability. It also aims at defining interoperability in order to project that definition on IS concept (to identify concrete requirements for interoperability of IS). From these conclusions, it is possible to propose a collaborative information system centralizing interoperability constraints (such as data conversion, applications management or process orchestration). The second part of the article deals with the design of such a system and presents the proposed approach, based on logical and physical architectures. These exposed practices are compliant with MDA concept and the translation rules concerned prefigure a potential tool for design support.*

MOTS-CLÉS : *interopérabilité, collaboration, systèmes d'information, processus, modélisation, traduction, MDA, BPMN, UML.*

KEYWORDS: *interoperability, collaboration, information systems, process, modelling, translation, MDA, BPMN, UML.*

1. Introduction

L'ouverture des entreprises vers différentes formes d'interaction avec des partenaires (institués, réguliers ou opportunistes) est une composante indiscutable de l'évolution du contexte économique. La concurrence, les progrès de la communication (d'informations comme de biens) et la complexification des produits sont parmi les facteurs principaux qui incitent à la mise en réseau des entreprises. La qualité et le potentiel de collaboration des entreprises deviennent par conséquent, des éléments-clés de succès et de pérennité. Pour caractériser cette appartenance privilégiée de l'entreprise à certaines parties de son environnement socio-économique, on parle d'écosystème. L'agilité, ce nécessaire pouvoir d'adaptation de l'entreprise à des contextes évolutifs, passe donc par le développement de capacités à interagir efficacement avec un écosystème industriel auquel elle appartient : l'interopérabilité constitue une notion cruciale dans cette perspective.

La notion d'interopérabilité d'entreprises est un concept vaste qui peut s'appliquer à bon nombre de cas de figure : groupes d'entreprises aux compétences complémentaires (augmentation de la couverture), groupements de partenaires positionnés sur le même segment (augmentation de la puissance), rassemblements de fournisseurs d'un même donneur d'ordre (optimisation et sécurisation) et toutes autres sortes de réseaux inédits (issus de contraintes spécifiques imposées au tissu flexible du milieu économique et industriel).

La question de l'interopérabilité des entreprises, de leur capacité à interagir efficacement et rapidement, sous forme de réseaux collaboratifs ou d'écosystèmes industriels, impacte nécessairement le domaine des SI. Le comportement, la réactivité et la dynamique de l'entreprise reposent en grande partie sur le système d'information au travers des processus qu'il supporte, des applications qu'il propose et des données qu'il gère. Les questions sur lesquelles cet article se penche sont donc les suivantes : Comment assurer l'interopérabilité de SI ? Quelles considérations doit-on prendre en compte pour amener des SI hétérogènes issus d'entreprises distinctes à interopérer ?

La section 2 présente un certain nombre de raisonnements relatifs à cette problématique de l'interopérabilité des systèmes d'information, et vise à en identifier les composantes principales. La section 3 propose alors de déduire une configuration interorganisationnelle propice à l'interopérabilité des SI, puis se penche sur la connaissance nécessaire à la mise en place de cette proposition de solution. La section 4 s'intéresse ensuite aux moyens (démarches et outils) permettant de construire cette solution avant que la section 5 ne se concentre sur les entrées prérequises au bon déroulement de l'approche présentée en section 4. Enfin, la section 6 détaille certains aspects techniques associés à ces considérations. La dernière section permet de présenter quelques perspectives et réflexions venant conclure cet article.

2. Problématique de l'interopérabilité des systèmes d'information

La notion d'interopérabilité constitue un concept vaste sur lequel il est intéressant de revenir afin de le positionner par rapport aux considérations de *communication*, *coordination*, *collaboration* ou *coopération* et d'en construire une représentation précise et fiable. Cette définition du concept d'interopérabilité pourra ensuite être projetée sur le plan qui motive cet article : la collaboration de systèmes d'information d'entreprise.

2.1. *Définition et positionnement de l'interopérabilité*

La qualification des formes de partenariat entre organisations est une difficulté, et a fait l'objet de préoccupations diverses de la part de plusieurs communautés scientifiques. La nature et la variété de ces partenariats sont, en effet, telles qu'on ne sait plus les distinguer parmi la collection des qualificatifs possibles : communication, collaboration, coordination ou encore coopération (Pingaud, 2004).

Pourtant, force est de constater que certaines expressions sont fortement colorées par des pratiques bien ancrées dans le quotidien. Et s'il faut les situer les unes par rapport aux autres, nous pouvons sans doute affirmer que communication, collaboration et coopération se distinguent d'abord par des valeurs d'usage : nous dirons que ce sont des valeurs d'usage de la communication. La communication est alors comprise comme une première modalité simple (échanger des données et des informations) sur une échelle d'évolution des usages. Ainsi, la communication prend de l'envergure lorsqu'on la conjugue avec les objectifs individuels et collectifs des partenaires impliqués. Ainsi, collaborer, par construction, c'est travailler ensemble, donc partager le même objectif collectif. Pour exemple, citons les espaces de travail collaboratif qui regroupent sous une même structure des acteurs qui souhaitent contribuer à un même sujet. La coopération se distingue de la collaboration par un rapport de forces qui s'institue entre objectifs individuels des partenaires, et objectifs partagés du collectif. C'est la base de la théorie des jeux coopératifs. Cette même théorie associe à ce rapport de force, une notion de coordination entre les partenaires, coordination qui repose sur les informations échangées et sur l'ordre d'intervention de chacun au cours du temps. La coordination est, en effet, une notion très attachée au pilotage des systèmes qui invoque une notion d'ordre dans le déroulement des activités, et dans l'attribution des moyens requis, afin de remplir une mission. La coordination est donc transversale à ces valeurs d'usage, elle est invoquée dans la plupart des formes de communication pour obtenir une bonne qualité dans les pratiques. Ainsi, dans les travaux sur les workflow interorganisationnels, la coordination regroupe tous les travaux nécessaires pour regrouper des processus traversant des organisations, et pour réussir à les faire collaborer (Andonoff, 2005).

Dans cet article, nous utilisons des résultats de travaux réalisés en gestion de chaîne logistique, qui restent en accord avec ce que nous venons d'énoncer, mais dont le mérite pour notre champ de préoccupation, est de présenter des déclinaisons opérationnelles de ces concepts. Ces travaux sont synthétisés dans (Lauras *et al.*, 2003). L'étude fournit les résultats suivants :

– *Communication* : échange de données ponctuel ;

– *Coordination* : partage de données, structuré et durable ;

– *Collaboration* : échange de données et de traitements ponctuel ;

– *Coopération* : partage de données et de traitements, structuré et durable.

Notre point de vue est de positionner l'interopérabilité encore au-delà de la notion de *coopération* en ajoutant aux éléments d'intégration que sont les *données* et les *traitements*, la notion de *processus*. Temporairement, et dans la continuité des conclusions de (Lauras *et al.*, 2003), nous proposons le positionnement du concept d'interopérabilité en tant qu'*intégration par les données, les traitements et les processus* (tableau 1). Nous allons développer cette définition et affiner cette localisation dans les paragraphes suivants en nous basant sur d'autres définitions.

	Données	**Données et traitements**	**Données, traitements et processus**
Echange ponctuel	Communication	Collaboration	Interopérabilité
Intégration permanente	Coordination	Coopération	

Tableau 1. *Positionnements relatifs des concepts liés à l'entente industrielle*

D'après (Konstantas *et al.*, 2005), l'interopérabilité peut être définie comme *l'aptitude de systèmes à pouvoir travailler ensemble sans effort particulier pour les utilisateurs de ces systèmes*. Cette vision, issue du réseau d'excellence européen INTEROP[1] met en évidence un point crucial : l'interopérabilité se traduit par la capacité des « systèmes entreprises » – hors intervenants humains – à supporter, de manière transparente pour les utilisateurs les contraintes et conséquences des besoins d'interopérabilité.

1. INTEROP NoE (*Network of Excellence*), réseau de recherche européen travaillant sur l'interopérabilité des entreprises et de leurs applications. http://www.interop-noe.org/

De plus, d'après l'IEEE[2] (IEEE, 1990), l'interopérabilité est définie comme *la capacité de systèmes (deux ou plus) à échanger des informations et à pouvoir utiliser ces informations récoltées*. Si cette définition s'avère moins précise vis-à-vis du concept lui-même, on retrouve un aspect important de l'interopérabilité : ce sont, les constituants de l'entreprise responsables de la gestion des informations qui doivent supporter les répercussions de l'interopérabilité des entreprises.

La confrontation de ces deux définitions et des deux points mis en évidence par leur analyse rapide nous amène naturellement à constater que *l'interopérabilité d'entreprise est soutenue par les composants non-humains des partenaires et par leur capacité à gérer les informations*. A la lumière de ces observations, il semble légitime de considérer que l'interopérabilité d'entreprises repose grandement sur l'interopérabilité de leur SI ; c'est-à-dire **la faculté des systèmes d'information des partenaires à travailler ensemble sans effort particulier des utilisateurs**.

2.2. *Interopérabilité et système d'information*

Le système d'information d'une entreprise est généralement représenté (Reix, 2002) comme un *ensemble organisé de ressources : matériel, logiciel, personnel, données, procédures permettant d'acquérir, traiter, stocker, communiquer des informations (sous formes de données, textes, images, sons, etc.) dans les organisations*. (Bernus *et al.*, 1998) considère qu'un *SI doit garantir que la bonne information est disponible au bon endroit et au bon moment*. Les notions de *bon endroit* et de *bon moment* font directement référence à un système de gestion de *processus* qui synchronise les échanges de *données* entre les *applications* du système d'information. Nous proposons de voir le système d'information comme **un ensemble de données, d'applications et de processus interagissant**. Cette définition est cohérente avec la représentation fournie dans (Morley, 2002) où le SI est vu comme la composition de deux sous-systèmes : *le système d'administration des informations* (comprenant les *acteurs*, les *données* et les *processus*) et *le système informatique* (comprenant les *ressources matérielles* et *logicielles*, *les bases de données* et *les fonctions*).

La projection de la notion d'interopérabilité d'entreprises (*faculté des systèmes d'information des partenaires à travailler ensemble sans effort particulier de la part des utilisateurs*) sur le plan de la représentation des SI (*données, applications et processus interagissant*) permet d'identifier trois exigences principales à la question de l'interopérabilité :

– *conversion des données* : l'interaction fluide des SI nécessite de disposer d'outils de conversion des données (format, style) permettant leur transmission efficace (quelle que soit leur origine et quel que soit le destinataire). Plus précisément, même si chacun doit pouvoir préserver sa confidentialité et déterminer

2. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

les droits d'accès et les périmètres informationnels qu'il ouvre, l'interopérabilité d'entreprise passe par la possibilité de séparer la sémantique des données de leur syntaxe afin d'intégrer efficacement l'information ;

– *gestion des applications* : les applications et services des partenaires ne sont généralement pas conçus pour être compatibles. Pourtant, l'interopérabilité des SI passe par la fluidification des interactions entre applications issues de SI hétérogènes. Il est important de pouvoir gérer les accès (et droits associés) à l'utilisation externe des services. Des solutions techniques, telles que l'EAI (*enterprise application integration*) ou les ESB (*enterprise service bus*) fournissent un support concret à l'interopérabilité des applications et des services ;

– *orchestration des processus* : les processus correspondent à la partition que le système d'information doit interpréter (par l'intermédiaire de son système de gestion de workflow) en pilotant la manipulation des données et l'appel aux services ou applications. Dans un contexte d'interopérabilité, les processus collectifs (impactant l'ensemble des partenaires) doivent donc être gérés de manière transparente pour les partenaires (afin de préserver la notion de *travail sans effort*) et répercutés sur l'ensemble des processus internes qu'exécutent les SI des partenaires. Il est donc nécessaire de définir et de construire ces processus collaboratifs en intégrant les composantes relatives aux processus internes des partenaires (Adam, 2005). Finalement, ces processus *privés* qui doivent être protégés contre une lecture externe malveillante, doivent également présenter une certaine visibilité (que ce soit par le biais de leurs performances, contraintes ou autres) pour entrer en jeu dans la construction des processus collaboratifs.

En outre, si l'interopérabilité, projetée sur le plan des SI peut être stigmatisée par ces trois exigences concrètes (conversion des données, gestion des applications et pilotage des processus), il existe également des composantes « mineures » de cette projection : ce sont les interactions transniveaux telles que celles résultant du fait que les applications utilisent, modifient ou créent des données, ou que les processus font appel aux applications et transmettent des données. Néanmoins, les trois exigences principales présentées précédemment permettent de retrouver la proposition héritée de (Lauras *et al*., 2003), *l'interopérabilité est l'intégration par les données, les traitements et les processus*, ou encore celle issue de (Chen *et al*., 2003) qui affirme que *l'interopérabilité est effective si les interactions entre systèmes interopérables peuvent avoir lieu aux niveaux des données, applications et processus (avec la sémantique relative au contexte métier)*. La question est alors de proposer une solution permettant de répondre à ces définitions, à ces exigences.

3. Répondre à ces exigences : propositions

L'objectif de cette troisième section est tout d'abord de proposer une structure logique d'entente entre entreprises partenaires (et leur SI) répondant aux trois exigences principales identifiées par projection de la notion d'*interopérabilité*

(objectif) sur le concept de *système d'information* (support opérationnel). Dans un second temps, cette section tend également à présenter une approche d'aide à la conception de cette solution (en tant que système logiciel).

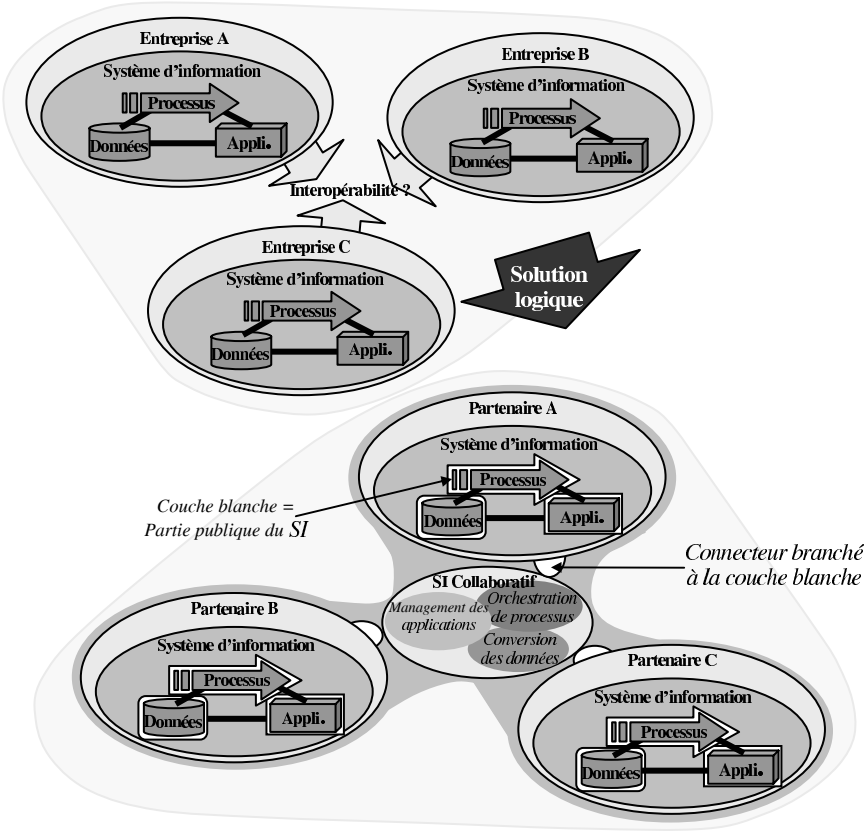


Figure 1. *Une proposition de solution logique à l'interopérabilité des SI*

3.1. *Notion de système d'information collaboratif*

La nécessité de gérer conjointement la *conversion des données entre partenaires*, le *management des applications disponibles dans le réseau* et l'*orchestration des processus mis en jeu par la définition du réseau* met en évidence la nécessité :

– d'accéder à certaines composantes et caractéristiques des SI des partenaires ;

– de disposer d'une entité indépendante et intermédiaire (tiers de confiance), positionnée au cœur du réseau des partenaires, maîtrisant les spécificités de chaque partenaire et les conventions associées au réseau. Ce support de l'interopérabilité est désigné sous la dénomination *système d'information collaboratif* (SIC).

La solution que présente cet article est donc basée sur un *système d'information collaboratif*, placé au cœur du réseau de partenaire et ayant pour but de prendre en charge les trois exigences principales identifiées en section 2 (il s'agit d'un choix d'architecture logique mais le point de vue technologique n'est pas évoqué). Ce SIC s'appuie sur des *modules* (ou *connecteurs*), adjoints aux SI des partenaires et destinés à supporter les concepts public/privé. Ces connecteurs disposent d'accès au SI des partenaires (et donc à leurs processus, applications et données) et alimentent le SIC à l'aide des informations qu'il sollicite (en gérant les droits d'accès et les attributs de la collaboration prédéterminés). Grâce à l'action de ces modules, le SIC est en mesure d'œuvrer pour l'interopérabilité du réseau en *pilotant les processus collaboratifs*, *gérant les appels aux applications des partenaires* et en *convertissant les données d'un partenaire à l'autre lorsque c'est légitime et nécessaire*.

Concernant la gestion des notions public/privé, la visibilité et l'accès aux *processus*, *aux applications et aux données* des systèmes d'information des partenaires résultent de l'application des conventions d'interopérabilité prédéfinies (par le biais des connecteurs et du SIC). Dans cette optique, nous proposons que les *processus internes du SI* soient privés, partagés ou semi-privés si une partie seulement est visible, que les *applications* soient privées, partagées ou contrôlées si l'accès à ces services est conditionné, et que les *données* soient quant à elles privées ou partagées.

3.2. *Eléments de définition du système d'information collaboratif*

A partir de cette vision du *système d'information collaboratif* en tant que pierre angulaire de l'interopérabilité, il est légitime de poursuivre par une réflexion sur le contenu de ce système : de quelle connaissance doit-on disposer pour pouvoir définir précisément ce SIC ? Et plus concrètement, quels éléments caractéristiques du réseau de partenaires doit-on rassembler afin de disposer du savoir nécessaire à la construction du SIC ?

Morley (2004) explique que si de nombreux auteurs se sont focalisés sur le rôle de la notion d'*information* dans le SI, les approches qui font aujourd'hui référence sont orientées vers le concept de *processus*. (Aubert *et al.*, 2002) précise qu'*un système d'information interorganisationnel a pour fonction particulière de supporter des processus qui traversent les frontières d'une organisation*. Or, Vernadat (1996, 1999) définit un processus comme *un ensemble partiellement ordonné d'étapes exécutées en vue de réaliser au moins un objectif*. Ainsi, de systèmes de gestion de l'information, les SI sont passés au statut de systèmes de conduite de l'activité informationnelle (en particulier grâce à l'apport des outils de gestion de workflows). Fort de ces considérations, il semble légitime d'affirmer que la conception d'un SIC doit particulièrement s'appuyer sur la définition, la plus complète et exploitable possible, des *processus interorganisationnels* mis en jeu.

Se pose alors la question de la représentation des processus collaboratifs, d'une part (source de connaissance) et du SIC solution, d'autre part. La représentation des processus constitue un sujet très classique, et de nombreux résultats permettent d'orienter les choix associés à ces travaux. Différentes familles de formalismes de modélisation de processus existent (représentation fonctionnelle type *IDEF0* ou comportementale type *organigramme événementiel*) et plusieurs études et recherches ont été faites sur la nature et l'adaptation des modèles par rapport aux besoins de l'entreprise : Touzi (2005) propose d'utiliser le formalisme BPMN (*business process modelling notation* établi par le BPMI[3]) pour représenter les processus caractéristiques de la collaboration et le formalisme UML (*unified modelling language* établi par l'OMG[4]) pour représenter le SIC :



Figure 2. *Objectif global*

Puisque notre approche de support de l'interopérabilité propose de se consacrer à la construction d'un modèle UML de *système d'information collaboratif* à partir de la connaissance contenue dans des modèles BPMN, il est nécessaire de nous poser la question de l'homogénéité de cette équation :

– quelle est la couverture de l'espace de connaissance relatif au réseau d'entreprises assurée par les modèles BPMN des processus collaboratifs ?

– quels sont les points de vue couverts par un modèle UML d'un SI ?

La méthode CIMOSA (Vernadat, 1996), décrit quatre points de vue des **systèmes entreprises** qui permettent de répondre à la première question : vue *fonctionnelle* (scénarios et processus), vue *organisationnelle* (organigramme et structure hiérarchique), vue *informationnelle* (ensemble des données et informations) et vue *des ressources* (organisation des compétences et des disponibilités). Comme tout modèle de processus, un diagramme BPMN est principalement centré sur la vue *fonctionnelle*. Cependant, le formalisme BPMN entre dans la catégorie des langages dont Saven (2004) précise qu'*un modèle de processus peut fournir une définition complète du processus et le lier à d'autres vues d'entreprise*. En effet, un diagramme BPMN supporte les relations à l'information (par le biais des messages) et surtout, il autorise le parallélisme et la synchronisation (éléments essentiels pour la représentation et la prise en compte des ressources). Le langage BPMN couvre donc, superficiellement, les vues organisationnelle, informationnelle et de ressources.

3. *Business Management Initiative*. Groupe de réflexion sur le domaine des processus.
4. *Object Managment Group*. Groupe de réflexion sur les domaines orientés objet.

Concernant la seconde question, le formalisme UML permet de décrire un système selon différentes vues complémentaires supportées par des diagrammes. On peut proposer une organisation de ces points de vue des **systèmes informatiques** inspirée par (Booch *et al*., 2004) et (Roques, 2004) et organisée en quatre vues : *structurelle* (agencement des composants logiques : diagrammes de classes et d'objets), *architecturale* (agencement des composants physiques : diagrammes de composants et de déploiement), *fonctionnelle* (arborescence des différentes fonctions disponibles dans le système : diagrammes de cas d'utilisation), et *comportementale* (description de la dynamique : diagrammes de séquence, d'activité, de collaboration et d'états-transitions). Dans notre contexte de génération de modèle UML à partir de modèle BPMN, l'ambition est de couvrir au maximum les différents points de vue de modélisation du SIC (afin de faciliter au maximum l'implémentation du système). On peut alors représenter cette situation par le schéma de la figure 3 (où les flèches entre points de vue signifient « fournit de la connaissance pour »).

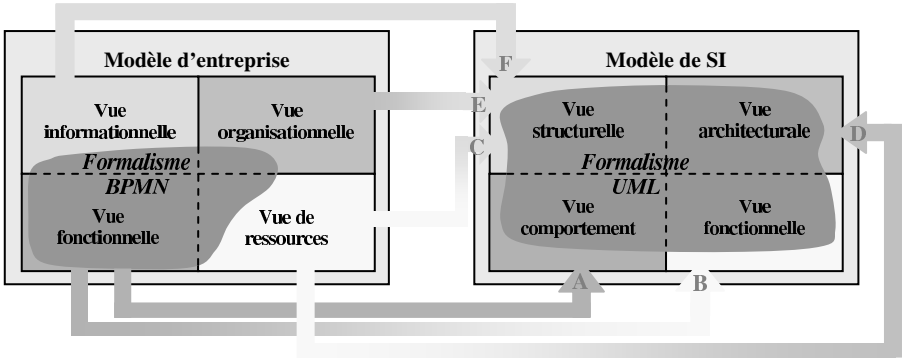


Figure 3. *Espace des modèles d'entreprises et espace des modèles de SI*

La figure 3 permet de constater que des modèles de processus collaboratifs BPMN peuvent permettre la construction des diagrammes relatifs aux vues *comportementale* et *fonctionnelle* (A et B). Quant aux vues *structurelle* (C, E et F) et *architecturale* (D), il sera visiblement indispensable de compléter la connaissance extraite des modèles BPMN pour obtenir les diagrammes correspondants.

Ces observations semblent logiques : il est difficile d'imaginer construire une description de l'architecture d'un SI (qu'elle soit logique pour la vue *structurelle* ou physique pour la vue *architecturale*) à partir d'une description de processus sans apporter un savoir sur ces structures (type d'architecture, nature des composants). De plus, le « débordement » du formalisme BPMN sur les vues *informationnelle*, *organisationnelle* et *de ressources* ne couvre pas suffisamment les attributs du partenariat : il faut compléter le savoir extrait des diagrammes BPMN à l'aide de connaissances issues de modèles décrivant plus précisément le réseau d'entreprises.

4. Conception du système d'information collaboratif

Les sections précédentes ont permis de proposer un concept de solution à la question de l'interopérabilité des entreprises (et de leurs systèmes d'information). La nature et la forme de la connaissance à partir de laquelle on peut légitimement amorcer la conception de cette solution ont également été étudiées. Dans cette quatrième section, nous proposons de discuter de la conception du SIC.

4.1. *Discussion sur la conception*

La conception d'un système d'information collaboratif fait naturellement écho aux travaux sur la conception des systèmes informatiques de toute nature. Suite aux considérations des sections précédentes et en particulier de la section 3, nous envisageons de baser cette démarche sur la définition d'un traducteur chargé d'extraire, à partir des diagrammes BPMN, les informations nécessaires à la construction du modèle UML du SIC associé au support de ces processus.

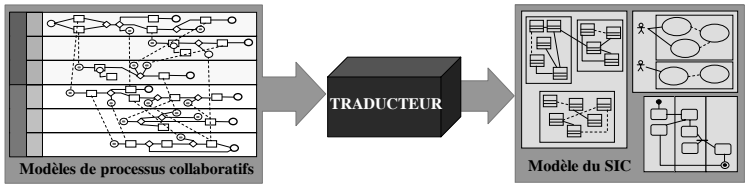


Figure 4. *Vision macro du principe de conception du SIC*

Compte tenu de ce principe général de traduction et dans notre contexte général d'aide à la conception de système d'information collaboratif, nous proposons tout d'abord un chaînage empirique (du modèle de processus au SI) destiné à repérer les étapes essentielles et à discuter de la démarche que nous souhaitons adopter.

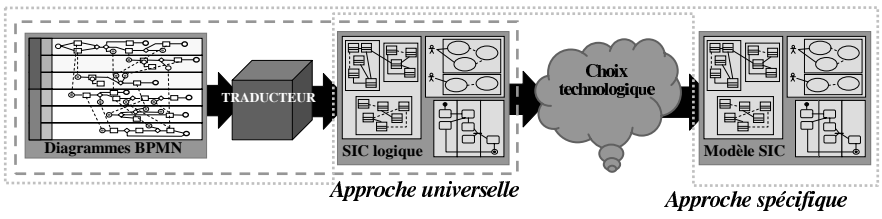


Figure 5. *Chaînage générique de l'aide à la conception de SIC*

Relativement à cette séparation des aspects liés aux points de vue *logique* et *physique* du système d'information collaboratif, se pose la question de l'instant de prise en compte des contraintes technologiques (et de leur impact sur le modèle UML généré). Deux démarches d'aide à la conception du SIC apparaissent alors :

– *approche universelle* : l'étape de *choix technologique* est ignorée, on construit un modèle de SI logique. Dans notre contexte, cette approche présente l'inconvénient de générer un modèle de SI trop haut-niveau et donc peu exploitable ;

– *approche spécifique* : l'étape de *choix technologique* est figée dès le début de la chaîne. L'étape de *génération du modèle logique* est inutile et on configure directement le SI (selon l'architecture cible). Cette approche présente l'inconvénient d'être uniquement dédiée à une architecture conceptuelle et technologique donnée.

Nous proposons de nous concentrer sur une troisième approche désignée comme *intermédiaire* : il s'agit de ramener l'étape de « choix technologique » en début de chaîne (sans la figer) et en considérant que ce choix s'accompagne de la transmission de la structure technologique cible associée.

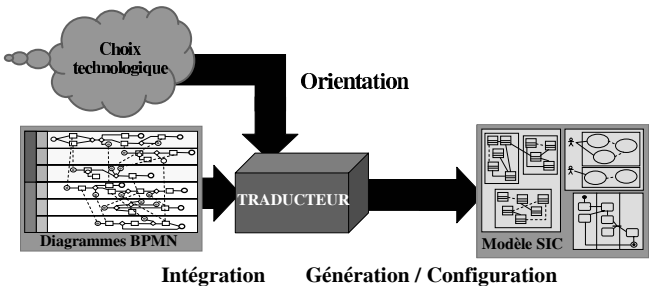


Figure 6. *Chaînage propre de l'aide à la conception de SIC*

Cette architecture doit être transmise sous une forme utilisable par le traducteur (qui devient le cœur de la conception) et il semble logique d'imaginer qu'il s'agisse d'un modèle générique. Le traducteur peut alors orienter son action à partir de ce modèle générique et construire un modèle spécifique de SIC.

4.2. *Une approche de conception proche des pratiques MDA*

Suite aux considérations précédentes, nous proposons dans cette sous-section une démarche de conception du *système d'information collaboratif*.

4.2.1. *Présentation de notre approche*

Nous avons vu (section 3.2) la nécessité d'intégrer, aux informations extraites des modèles de processus BPMN, une connaissance relative aux structures logiques et technologiques des systèmes d'information. De plus, nous avons également vu (section 4.1) dans quelles circonstances il semblait le plus cohérent d'apporter la connaissance complémentaire relative à l'organisation logique du SIC. Les observations issues de ces deux sous-sections nous permettent alors de proposer la démarche de conception du *système d'information collaboratif* suivante.

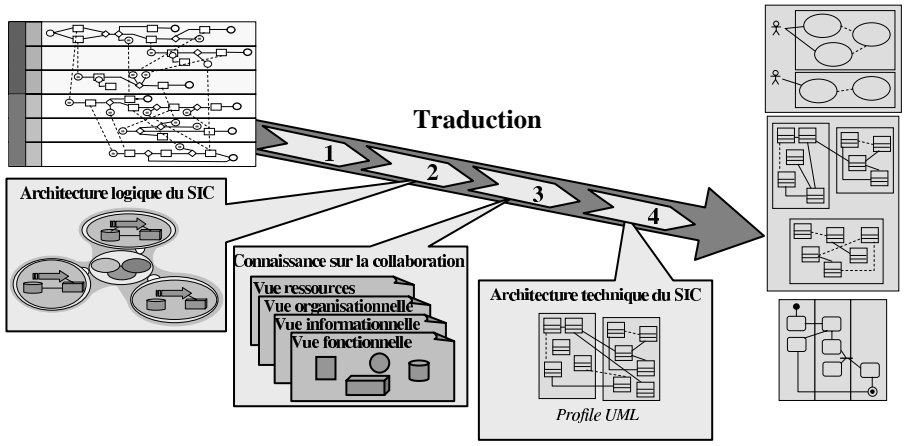


Figure 7. *Démarche de conception du système d'information collaboratif*

Conceptuellement, le principe de la démarche de traduction est le suivant :

– étape 1: le traducteur extrait des modèles BPMN de processus collaboratifs, les informations relatives au réseau d'entreprises considéré (nous verrons des exemples de règles de traduction en section 6) ;

– étape 2 : cette connaissance est alors intégrée dans une architecture logique choisie pour le SIC (culture propre du traducteur) ;

– étape 3 : le résultat obtenu est enrichi à l'aide d'information provenant du domaine de la modélisation d'entreprise et plus particulièrement de modèles et de savoirs relatifs au réseau d'entreprise global (plus que de modèles spécifiques des partenaires). Cette étape nécessite une intervention humaine concrète pour compléter efficacement les caractéristiques de la collaboration.

– étape 4 : le modèle logique obtenu est finalement projeté sur l'architecture technologique cible afin de fournir un modèle UML exploitable.

Nous verrons que si l'identification de ces étapes permet de décomposer la conception du SIC, elles ne sont pas forcément aussi clairement identifiées lors de la

mise en pratique. Les étapes 1, 2 et 3 qui correspondent bien à des actions conceptuelles différentes s'intègrent pourtant dans une seule et même activité globale de construction du modèle logique. Cette activité nécessite la mise en action conjointe et quasi simultanée de ces trois étapes : ces trois actions entrent dans un cycle itératif leur permettant de s'enrichir mutuellement.

4.2.2. *Cohérence avec MDA*

Notre démarche apparaît compatible avec l'approche MDA[5] puisque, d'après (OMG, 2003) les connexions suivantes peuvent être effectuées (figure 8) :

– *platform independent model* (PIM) : cette partie regroupe les étapes 1, 2 et 3 de la figure 7, soit la représentation des processus collaboratifs en BPMN et sa transformation en un modèle UML logique du SIC ;

– *platform model* (PM) : cet élément correspond à la structure technologique générique cible pour le SIC (sur la base par exemple d'un Profile UML) ;

– *platform specific model* (PSM) : cette partie concerne le résultat de l'étape 4.

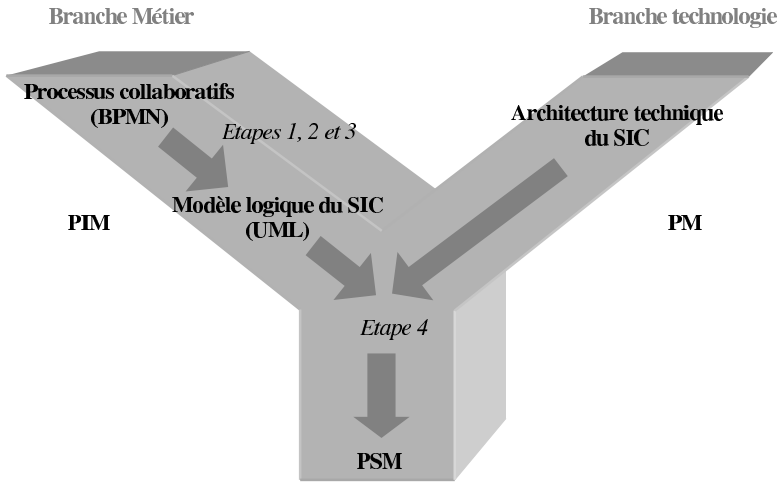


Figure 8. *Approche model-driven architecture (MDA) et conception du SIC*

On peut également faire le lien entre l'approche de conception du SIC et les travaux présentés dans (Elvaester *et al*., 2005) qui souligne la nécessité d'une intégration des entreprises par le biais de modèles *conceptuel* (vue logique) puis *technique* (vue physique) implémentés à partir d'une analyse *métier* (processus collaboratifs par exemple).

5. *Model Driven Architecture*, disponible sur http://www.omg.org/mda/

5. Les entrées de la démarche

La section précédente a permis de mettre en évidence les éléments nécessaires à la conduite de la démarche de conception du SIC (architecture logique, modèle du réseau, architecture physique). Nous allons détailler ces éléments dans cette section.

5.1. *Architecture logique*

La notion d'architecture logique, basée sur les observations de la section 3, peut être décrite à l'aide de diagrammes UML. Cette organisation reprend concrètement les concepts de *système d'information collaboratif* et de *connecteurs* de la figure 1 et formalise cette structure. Le modèle de cette architecture (figure 9) est composé de :

– paquetage SIC (*collaboration*) : le noyau de l'interopérabilité ;

– paquetages connecteurs (*partner*) : éléments de manipulation des données, applications (ou services) et processus des partenaires du réseau.

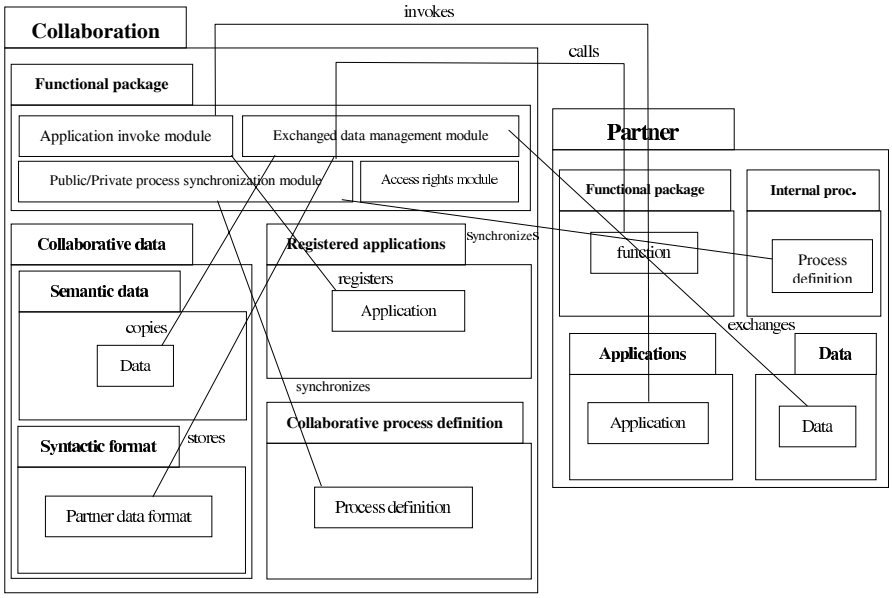


Figure 9. *Modélisation UML de l'architecture logique*

Dans la figure 9, nous avons représenté quelques liens[6] qui expriment les mécanismes de notre approche d'interopérabilité des SI. Le module *Public/Private*

6. Pour des raisons de clarté de la figure nous présentons que les liens les plus intéressants.

process synchronization est chargé de vérifier la synchronisation des définitions des processus internes et des processus collaboratifs. Le module *Exchanged data management* est responsable de la gestion de la circulation des données entre les partenaires. Le module *Application invoke* a pour rôle de gérer les appels externes des applications d'autres partenaires. Enfin le module *Access rights*, permet de gérer les accès externes à toutes les ressources (données, applications).

5.2. *Modélisation d'entreprise*

Il ne nous paraît pas légitime d'envisager réaliser cette opération de génération d'un *système d'information collaboratif* à partir de modèles de processus sans inclure une intervention humaine permettant d'assurer la pertinence du résultat en apportant une connaissance subtile du fonctionnement du réseau. Ce savoir peut être extrait du domaine de la modélisation d'entreprise. Touzi (2005) présente une étude de ces outils, formalismes et méthodes de modélisation (CIMOSA, GRAI, PERA, Framework de Zachman) permettant de couvrir les vues *informationnelle*, *organisationnelle*, *fonctionnelle* et *des ressources* déjà évoquées.

La construction de tels modèles autorise l'intervenant humain à compléter les manques issus de la traduction brute et permet en particulier de répondre aux remarques que nous avons faites à partir de la figure 3. On peut schématiser cette intervention comme une action alliant *l'apport de nuances* et le *lissage* du modèle.

5.3. *Architecture physique*

Cette architecture physique doit constituer un canevas technologique sur lequel projeter le modèle logique. Il n'en existe donc pas qui fasse référence puisque elle est dépendante de l'implémentation opérationnelle cible. Cependant, ces travaux sont menés en partenariat avec un industriel (entreprise EBM WebSourcing) et visent donc à permettre une instanciation du modèle produit vis-à-vis de leur solution technologique : une architecture orientée-services (SOA[7]) implémentée à l'aide d'un bus ESB[8] libre JBI[9]. Cette technologie de *plate-forme d'intégration* est aujourd'hui développée dans le cadre de la communauté *ObjectWeb* au travers du projet *Petals*[10]. Chappell (2004) définit un bus ESB comme une plate-forme permettant de gérer l'utilisation conjointe d'applications mises en commun par les partenaires.

---

7. *Service Oriented Architecture*.
8. *Enterprise Service Bus*.
9. *Java Business Integration*.
10. http://petals.objectweb.org

Le pilotage des processus associés à ce partenariat peut par ailleurs être assuré par l'intermédiaire du bus et de ses outils de gestion de workflows. Le bus joue finalement le rôle de médiateur entre les partenaires en assurant les fonctions de connexions et de gestion des accès. La structure en couches de la figure 10 décrit l'organisation et le positionnement d'un ESB vis-à-vis des partenaires du réseau.

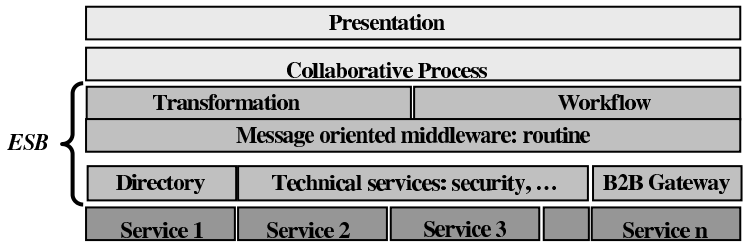


Figure 10. *Les différentes couches d'un ESB*

Cet exemple d'étude relatif à un type d'architecture physique ne constitue qu'une illustration puisque la préoccupation du concepteur est bien d'être ouvert à diverses formes de solutions techniques. Aujourd'hui, l'enjeu est de construire des *profiles UML* en guise d'architecture physique. Certains travaux ont déjà été menés dans cette optique et un *profile UML* de SOA a été réalisé (Johnson, 2005). EBM WebSourcing travaille sur la définition d'un *profile UML* pour les ESB.

6. Le traducteur et la traduction

Les sections précédentes aboutissent à la désignation d'un traducteur, chargé d'extraire des modèles de processus BPMN un savoir suffisant pour compléter un canevas d'architecture logique de SIC qui puisse ensuite être projeté sur une architecture physique par le biais d'un profil UML adapté. Ce traducteur constitue alors le cœur de la conception du SIC. Dans cette section, nous allons exposer le principe de fonctionnement de ce traducteur ainsi que certaines des règles de conversion qu'il devra être en mesure d'appliquer. Cette notion de traduction (ou transformation) consiste à trouver les correspondances sémantiques (entre éléments de langages) en dépit de l'hétérogénéité des paradigmes mis en correspondance. De nombreuses recherches existent dans ce sens : Bézivin (1999) met en relation des modèles de produits (données) et des modèles de procédés (processus), Vanderhaeghen (2005) s'intéresse à l'intégration d'un modèle défini en BPMN avec

un modèle défini en EPC[11] et Loos (1998) propose d'établir quelques règles de correspondance entre un modèle EPC et UML.

6.1. *Des étapes théoriques à la traduction pratique*

Vis-à-vis du schéma de la figure 7, idéalement le traducteur doit prendre en charge les quatre étapes identifiées de la conception du *système d'information collaboratif*. D'un point de vue pratique, il est indispensable que les trois premières étapes (*i.e.* celles relatives à l'obtention du PIM) soient assurées. Il est important de se rendre compte que ces phases, identifiées de manière formelle, constituent des phases théoriques destinées à l'appréhension des concepts liés à la traduction et à la génération du SIC et que ces niveaux ne correspondent pas à la mise en pratique réelle qui se trouve beaucoup moins décantée (délimitations des étapes plus floues).

Ainsi, le point-clé de cette mise en correspondance (d'un modèle BPMN de processus collaboratifs et d'un modèle UML de système d'information), conformément aux travaux présentés dans (Roque, 2005), concerne les correspondances sémantiques entre métamodèles (de processus collaboratifs BPMN et de systèmes d'information collaboratifs UML). Ces connexions entre méta-modèles doivent permettre de tisser les règles d'identification, d'extraction et de conversion de la connaissance contenue dans les diagrammes BPMN vers les diagrammes UML. Ces règles de traduction sont destinées à remplacer le travail d'un humain en charge de la modélisation qui considèrerait les diagrammes BPMN comme les spécifications d'un système d'information interorganisationnel et qui devrait se conformer à une architecture logique prédéfinie. Ces règles correspondent donc à des correspondances systématiques entre des éléments de modélisation BPMN et les modèles UML déductibles (d'où les concepts de métamodèle).

Aujourd'hui, les correspondances sémantiques entre métamodèles ne sont pas à l'ordre du jour, remplacées par l'identification de règles élémentaires de traduction (prérequises à la mise en correspondance des métamodèles). Le principe mis en œuvre pour définir ces outils de traduction repose sur trois points :

– identification des composants des diagrammes collaboratifs BPMN associables à des éléments des diagrammes UML en regard de l'architecture logique proposée. Ce sujet correspond à un travail empirique à base d'exemples et d'abstraction sur les mécanismes de modélisation pour extraire et systématiser un jeu de règles élémentaires de traduction graphique ;

– conversion de ces règles graphiques en règles formelles par passage des formalismes visuels BPMN et UML aux langages formels BPEL4WS[12] et XMI[13].

---

11. *Event-driven Process Chain* est un formalisme de modélisation de processus utilisé par des outils de type ERP (*enterprise resource planning*) tels qu'ARIS.
12. *Business Process Execution Language for Web Services* (usuellement désigné BPEL).
13. *XML Métadata Interchange*.

Ces deux formalismes graphiques présentent effectivement l'avantage d'être en relation directe avec ces deux langages basés sur XML[14]. Ces nouvelles règles de traduction formelles s'appuient alors sur XSLT[15] pour permettre la lecture de documents BPEL et la construction de fichiers XMI (par traduction à l'aide des règles héritées des constatations graphiques).

Le mécanisme de traduction revient alors à une lecture de documents BPEL (obtenus à partir des diagrammes BPMN), suivie d'une traduction automatique en XMI (par le biais de XSLT), ce qui fournit des diagrammes UML. Ces diagrammes peuvent ensuite être complétés par le biais de la modélisation d'entreprise avant d'être confrontés à un profile UML représentatif de la solution technique cible.

6.2. *Règles de traduction*

Nous allons présenter quelques pistes de règles informelles de traduction, héritées du traitement d'exemples évoqué au paragraphe précédent et dont le but est essentiellement de fournir une base expérimentale à la construction du traducteur.

Diagramme de cas d'utilisation. Une *activité* en BPMN correspond à l'exécution d'un traitement. Ce dernier est lié à l'appel d'un service (fonction) d'une entreprise partenaire dans le processus de collaboration. Or, une fonction du système collaboratif (qui gère cette collaboration) peut être modélisée (en UML) par l'élément de modélisation *cas d'utilisation*. Nous déduisons une correspondance sémantique de type (activité BPMN → cas d'utilisation UML). Par ailleurs, Les partitions organisationnelles *pool* et *lane* d'un processus BPMN présentent la hiérarchisation des rôles dans ce processus. Ce savoir sur l'organisation du processus collaboratif présente une correspondance avec l'*Acteur* de la modélisation (UML).

Diagramme de classe. BPMN permet de représenter les échanges transversaux de données entre les entreprises partenaires de la collaboration en utilisant l'élément de modélisation *message flow*. Cet élément, illustre indirectement une *donnée publique* échangée. BPMN permet de présenter également les échanges internes avec l'élément de modélisation *sequence flow*. Ce connecteur fait référence à une *donnée privée* de l'entreprise. La construction du modèle de données peut ainsi être facilitée mais, nous n'avons pas encore de propositions quant aux classes fonctionnelles.

Diagramme d'activités. Ce diagramme est le plus proche nativement du modèle BPMN. Une *activité* en BPMN correspond bien à une *activité* dans le diagramme d'activités d'UML. Le spectre couvert par ce dernier est plus large que celui de BPMN : la perte d'information concerne particulièrement les éléments BPMN comportant un typage sémantique (compensation, événements typés).

---

14. *eXtensible Markup Language*.
15. *eXtensible Stylesheet Language Transformation*.

Diagramme d'états-transitions. Ce type de diagramme permet de modéliser les états d'un objet accessibles lors de l'exécution des processus collaboratifs. Il nous semble que les seuls facteurs de changement d'états d'un objet soient l'exécution des activités des processus et certaines occurrences d'événements. Ce constat permet de déduire la correspondance entre l'exécution des *activités* dans un diagramme BPMN et les *transitions* du diagramme d'états-transitions d'un objet.

Dans cette section, nous avons présenté un travail initial d'investigation sur les principes de transformation d'une connaissance « modèle de processus collaboratif BPMN » en une connaissance « modèle de SI collaboratif UML ». Cette dernière connaissance est modélisée au travers de diagrammes UML représentant des vues différentes de la collaboration. La connaissance « modèle de processus collaboratif » joue un rôle de structuration et de spécification des diagrammes UML obtenus.

7. Conclusion

Cet article repose sur deux parties. La première vise à exploiter le fait que la notion d'interopérabilité d'entreprises passe par l'interopérabilité de leurs systèmes d'information. Cette constatation permet ensuite de dériver l'interopérabilité de ces systèmes, non pas comme une question d'interaction directe entre eux, mais bien comme l'ajout d'un système intermédiaire, médiateur de l'écosystème d'entreprise et vecteur de cette interopérabilité (en tant que support de la circulation des données, de la gestion des services et du pilotage des processus) : le système d'information collaboratif. Cette première partie résulte finalement de la projection du concept d'interopérabilité sur le plan des systèmes d'information.

La seconde partie de cet article s'intéresse au moyen de conception de ce type de système d'information collaboratif. La nature technologique de ce type de système et les avancées courantes relatives à la conception de système informatique nous ont amené à proposer une démarche basée sur des notions très proches des considérations MDA. Les notions de plates-formes logique et physique interviennent successivement afin de garantir l'efficacité et la pertinence de la solution construite. En outre, des règles de traduction entre processus collaboratifs et points de vue du système d'information collaboratif peuvent constituer un moyen de remplir la structure vide du SIC logique à partir de la connaissance contenue dans les diagrammes BPMN, représentative du réseau d'entreprises considéré. Le modèle partiel ainsi construit nécessite l'apport de connaissances complémentaires sur ce réseau (modélisation du réseau) mais constitue une base saine, fidèle et avancée. En outre, ce modèle peut ensuite être confronté à un profile UML dédié à une solution technologique particulière (architecture physique) afin de spécifier, non plus un modèle de solution abstrait, mais un modèle quasi implémentable.

Ces travaux proposent une vision de mise en œuvre de l'interopérabilité des entreprises à partir de la caractérisation du groupement qui nous semble la plus pertinente : les modèles des processus collaboratifs du réseau d'entreprise.

8. Bibliographie

Adam O., Chikova P., Hofer A., Vanderhaeghen D., "Customer-Driven Process Management in Value-Added Networks Using an Architecture for Collaborative Business", *Actes de CollECTeR1 Europe*, Furtwangen, Allemagne, 2005.

Andonoff E., Bouzguenda L., Hanachi C., "Specifying Web Workflow Services for finding partners in the context of loose inter organizational workflow", *3rd International Conference on Business Process Management, BPM'05*, Nancy, France, September 2005.

Aubert B., Dussart A., Systèmes d'Information Interorganisationnels, Rapport Bourgogne, CIRANO, mars 2002.

Bernus P., Schmidt G., *Architectures of information systems*, Springer Verlag, 1998.

Bézivin J., Bouchet J.P., Breton E., "Revisiting the P&P Pattern with Explicit Meta-Models", INCOSE/LA, Pasadena, USA, avril 1999.

Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J. *UML 2.0 Guide de référence*, Paris, CampusPress, 2004.

Chappell D. A., *Enterprise Service Bus*, O'Reilly, 2004.

Chen D., Doumeingts G., "European initiatives to develop interoperability of enterprise applications basic concepts, framework and roadmap", *Annual reviews in control*, n° 27, 2003, p. 153-162.

Elvaester B., Hahn A., Berre A.-J., Neple T., "Towards an interoperability framework for model-driven development of software systems", *Actes de INTEROP-ESA'05*, Genève, 21-25 février 2005, Springer-Verlag, p. 409-420.

IEEE, *Standard Computer Dictionnary – A compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*, 1990.

Johnson S., UML 2.0 Profile for Software Services, rapport IBM, 2005.

Konstantas D., Bourrières J.-P., Léonard M., Boudjlida N., Preface, "Interoperability of Enterprise Software and Applications", *Actes de INTEROP-ESA'05*, Genève, 21-25 février 2005, Springer-Verlag, p. V-VI.

Lauras M., Parrod N., Telle O., « Proposition de référentiel pour la notion d'entente industrielle : trois approches dans le domaine de la gestion des chaînes logistiques », *Revue française de génie industriel*, vol. 22, n° 4, 2003, p. 5-29.

Loos P., Allweyer T., "Process Orientation in UML through Integration of Event-Driven Process Chains", UML'98, Mulhouse, France, juin 1998.

Morley C., « La modélisation des processus : typologie et proposition utilisant UML », *Actes des journées ADELI : processus et systèmes d'information*, Paris, France, 2002.

Morley C., *Processus métiers et SI*, Paris, Dunod, 2004.

OMG, MDA Guide Version 1.0.1., document omg/2003-06-01, 2003.

Pingaud H., « Modélisation du système d'information et de l'entreprise : convergence ou complémentarité ? », Actes de la deuxième Ecole de modélisation d'entreprise, Nîmes, 2004.

Reix R., *Systèmes d'information et management des organisations*, 4e éd., Vuibert, 2002.

Roque M., Contribution à la définition d'un langage générique de modélisation d'entreprise, Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, LAP-GRAI, 2005.

Roques P., *UML 2 par la pratique*, Paris, Eyrolles, 2004.

Saven R., "Business process modelling: Review and framework", *International Journal of Production Economics*, vol. 90, n° 2, 28 July 2004, p. 129-149.

Touzi J., Rapport bibliographique sur la conception de systèmes d'information dans un cadre d'interopérabilité d'entreprises, rapport interne, mai 2005, ENSTIMAC.

Vanderhaeghen D., Zang S., Hofer A., Adam O., "XML-based Transformation of Business Process Models - Enabler for Collaborative Business Process Management", Workshop de la German informatics Society, Karlsruhe, Allemagne, 1er Mars 2005.

Vernadat F., *Enterprise modelling and integration*, Chapman & Hall, 1996.

Vernadat F., *Techniques de modélisation en entreprise : application aux processus opérationnels*, Economica, 1999.